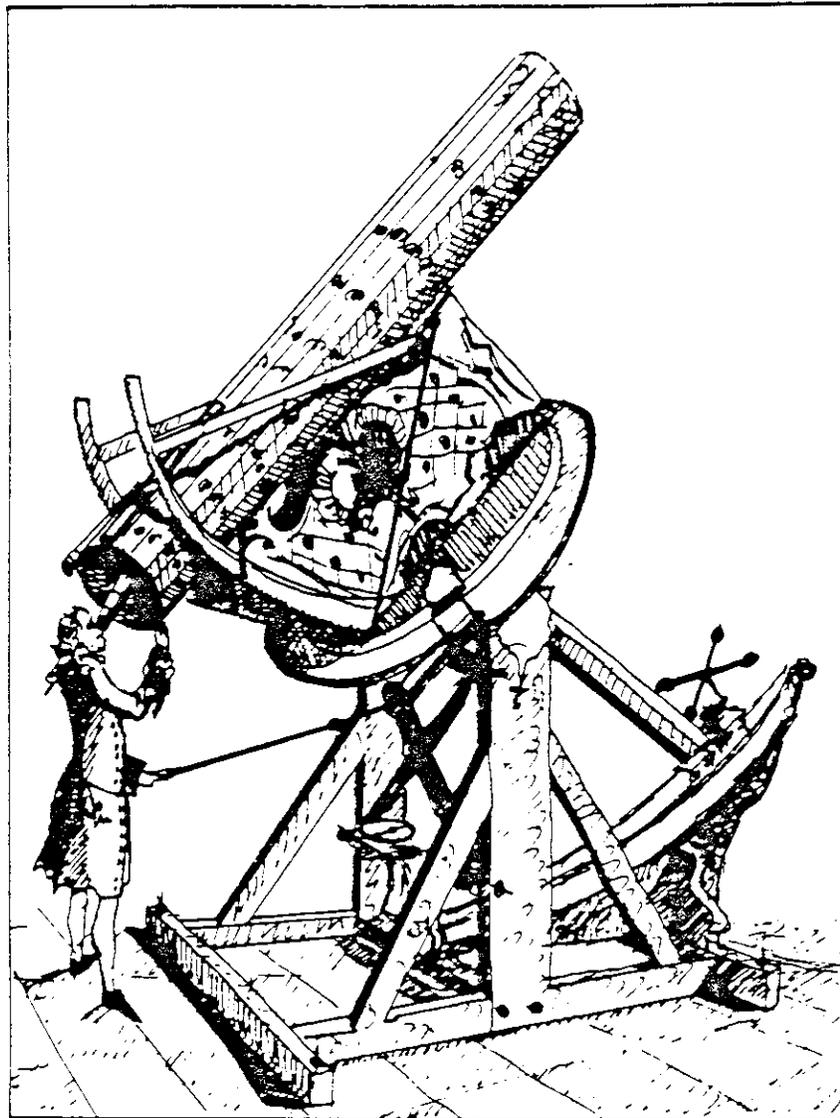


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n° 26 - automne 1984

	p
A propos de comètes	3
Le paradoxe de l'expansion	9
La recherche, activité ludique	10
L'univers est au bout du tunnel	13
Les marées océaniques: une interprétation malheureuse	14
Etoiles à neutrons et pulsars: descente au sein d'une étoile à neutrons	15
Les potins de la Voie Lactée: les étoiles très peu massives sont-elles rares ?	19
L'éclipse de Soleil de 1983 au Cours Préparatoire	20
Chronique du CLEA	24
Courrier des lecteurs	25
L'astronomie dans le calendrier des PTT	27
Le paradoxe de l'expansion (réponse)	28
L'équation de Kepler	29
Des nouvelles de Pionnier 10	34
Astronomie et philosophie: les tentatives métaphysiques en cosmologie	35
Lectures pour la Marquise et pour ses amis	37
Lunophase	41
Le compte rendu de l'école d'été de Grasse 1983 est paru	44

EDITORIAL

Le Comité de Rédaction maintient ses efforts pour différencier les sujets traités. Merci à tous ceux qui nous envoient des articles: à Denis Vallarché pour les dessins d'enfants extraits du "journal de classe" à propos de l'éclipse de Soleil de décembre 1983, aux collègues de Besançon qui nous ont aimablement communiqué le mode de construction du "lunophase", la suite du feuilleton sur le calendrier, une réflexion sur les marées océaniques et une autre sur le paradoxe de l'expansion. Merci aussi à Michel Toulmonde qui alimente dans ce numéro la rubrique "microinformatique" avec l'équation de Kepler; à Annie-Chantal Levasseur Regourd qui ouvre la série "Comètes" alors que la comète de Halley commence sérieusement à se rapprocher de nous. Des nouvelles de la science aussi, avec les "potins de la Voie Lactée" où il est question des étoiles de toute petite masse et un extrait du beau texte de notre Président d'Honneur, Evry Schatzman, sur l'activité de recherche.

Bonne rentrée à tous

La Rédaction

FICHE D'ADHESION AU CLEA ET D'ABONNEMENT AUX CAHIERS CLAIRAUT
(A REMPLIR EN CARACTERES D'IMPRIMERIE)

NOM

ADRESSE

désire adhérer au CLEA

désire s'abonner ou se réabonner aux Cahiers Clairaut (n° 25 à 28)

désire recevoir la collection complète des numéros parus (1 à 24)

tarifs:

- { cotisation seule: 20f; abonnement seul (n°25 à 28): 35f (soutien 70f)
- { abonnement et cotisation: 50f (soutien: 80f)
- { prix de la cotisation complète des numéros parus (n°1 à 24): 160f

LIBELLER LES CHEQUES A L'ORDRE DU CLEA

Retourner la commande à Madame F. Delmas, IAP, 98bis Brd Arago 75014 PARIS

NB: si possible, donnez l'adresse de votre établissement scolaire, afin de pouvoir bénéficier de la franchise postale, mais n'oubliez pas de signaler vos changements d'affectation.

A PROPOS DE COMETES

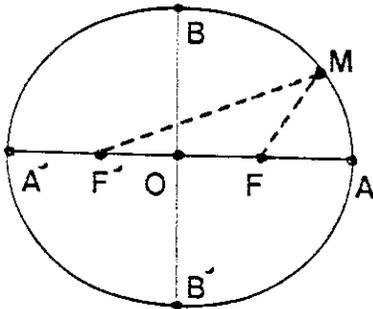
Les comètes sont des petits astres du système solaire formés, semble-t-il, d'un mélange de glaces et de grains de matière solide. Lorsqu'un noyau cométaire se rapproche du Soleil, les composants volatils se subliment et entraînent avec eux les poussières solides. Une atmosphère passagère se forme, à l'aspect de chevelure diffuse, qui s'étire dans le sens opposé à celui du Soleil en formant une ou plusieurs queues qui, depuis la Terre, peuvent paraître spectaculaires.

De toutes les comètes, la plus célèbre est sans doute la comète de Halley qui, tous les 76 ans, revient dans le système solaire interne. Elle repassera au périhélie le 9 février 1986. En mars de la même année, lorsqu'elle traversera le plan orbital de la Terre, quatre sondes spatiales automatiques survoleront sa chevelure. Cette "première" devrait nous permettre d'obtenir des images du noyau, d'identifier les processus physico-chimiques se développant dans la chevelure, de déterminer la composition des poussières, et d'étudier l'interaction entre la comète et le vent solaire.

La proximité de ces missions spatiales, qui seront complétées par un vaste effort d'observation au sol des comètes en général et de la comète de Halley en particulier, font qu'on parle beaucoup des comètes actuellement. Nous aurons sans doute l'occasion de reparler ici de la comète de Halley. Mais, dès à présent, on peut remarquer que les comètes peuvent fournir aux enseignants divers thèmes d'exercices élémentaires sur les ellipses, les lois de Képler, les magnitudes, etc...

1. QUELQUES RAPPELS DE GEOMETRIE TRES ELEMENTAIRE...

Les sections coniques sont des intersections entre cônes à section droite et plans. Si un plan coupe complètement la surface d'un cône, l'intersection est une ellipse ou, éventuellement, un cercle. Sinon, l'intersection peut être une parabole ou une hyperbole.



Une ellipse peut tout simplement être définie comme l'ensemble des points M dont la distance à deux points fixes FF' appelés foyers est une constante. Les géomètres ont coutume de désigner par a la longueur du demi-grand axe passant par FF' (OA), par b la longueur du demi-petit axe perpendiculaire à FF' (OB), par c la demi distance entre les foyers (OF), et par e ou excentricité le rapport c/a .

Question 1 : Tracer une ellipse, à l'aide d'une ficelle non élastique fixée à ses deux extrémités. On pourra prendre une ficelle longue de 15 cm et deux foyers distants de 14,5 cm pour obtenir une représentation approximative de l'orbite de la comète de Halley.

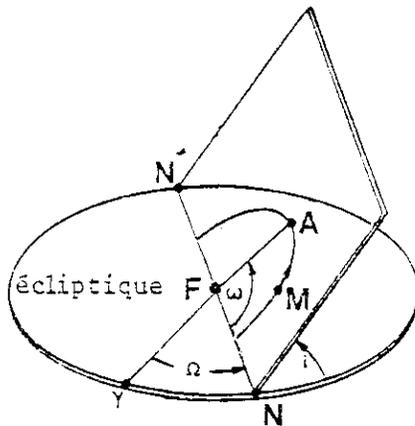
Question 2 : Déterminer, pour une ellipse quelconque, c en fonction de a et b en appliquant la définition aux points A et B.

Question 3 : Expliciter e en fonction de a et b . Quelle est la valeur de e lorsque l'ellipse est un cercle ?

2. LES LOIS DE KEPLER ET LE MOUVEMENT DES COMETES

D'après les lois de Képler, les orbites décrites par les corps du système solaire sont des ellipses dont le Soleil occupe l'un des foyers F. Les aires balayées par le rayon vecteur FM pendant des temps égaux sont égales. Le rapport a^3/T^2 du cube du demi-grand axe au carré de la période de révolution sidérale est une constante.

En première approximation, un noyau cométaire décrit une ellipse autour du Soleil. Dans l'espace, cette ellipse, qui n'est pas en général dans le plan de l'orbite terrestre (écliptique), est définie par 5 paramètres, plus un 6ème paramètre qui situe la comète dans le temps :



- Ω longitude du noeud ascendant N (intersection entre l'écliptique et le plan orbital cométaire), mesurée à partir de la direction du point vernal γ ($F\gamma$, FN)
- i inclinaison du plan orbital sur l'écliptique
- ω distance angulaire entre le noeud ascendant et le point le plus proche du Soleil ou périhélie (FN , FA), appelée argument du périhélie
- e , excentricité de l'orbite
- q distance au périhélie ($FA = a(1 - e)$)
- T instant de passage au périhélie

Question 4 : Quelle est la valeur de la constante a^3/T^2 dans le système solaire ? On fera le calcul pour la Terre, dont le demi-grand axe est, par définition, égal à une unité astronomique (u.a) et dont la période de révolution orbitale est égale à une année.

Question 5 : La distance moyenne de la comète de Halley au Soleil (a) est égale à 17,8 u.a. En déduire sa période de révolution sidérale. Elle est passée au périhélie en 1910,3. Quand y repassera-t-elle, en première approximation ? Son excentricité est égale à 0,967. Calculer sa plus petite distance au Soleil FA (au périhélie) et sa plus grande distance au Soleil FA' (à l'aphélie).

Question 6 : La comète Encke a une période sidérale de 3,3 ans. C'est d'ailleurs la plus petite période cométaire connue. Quelle est, en unités astronomiques, la distance moyenne a de cette comète au Soleil ? Son excentricité est égale à 0,85. En déduire la distance c du centre de son orbite au Soleil.

Question 7 : Dans "Hector Servadac", Jules Verne décrit une comète imaginaire dont la période de révolution est de 2 ans alors que sa distance au Soleil à l'aphélie est de 820 millions de km. Que peut-on en penser ?

3. LE MOUVEMENT REEL DES COMETES

Des points matériels s'attirent en raison inverse du carré de leur distance et proportionnellement à leur masse. Dans l'hypothèse où l'un des deux points est fixe, on démontre... et c'est là un des grands classiques de la mécanique... que la courbe décrite par l'autre point M est contenue dans un plan et a pour équation, en coordonnées polaires r (distance FM), ϑ (angle entre un axe fixe passant par F et FM)

$$r = \frac{de}{1 + e \cos \vartheta}$$

On peut établir que c'est là l'équation d'une conique d'excentricité e dont la directrice est à une distance $d = b^2/c$ de F. La conique est une ellipse et l'énergie est négative si $e < 1$; c'est une parabole et l'énergie est nulle si $e = 1$; enfin c'est une hyperbole et l'énergie est positive si $e > 1$.

Ainsi, s'il n'existait dans l'univers qu'un Soleil et une comète (de masse négligeable par rapport à celle du Soleil), la gravitation universelle impliquerait que la comète décrit une conique autour du Soleil immobile. Mais (heureusement pour nous d'ailleurs), il y a aussi des planètes dans le système solaire. Les orbites cométaires sont donc perturbées par l'action gravitationnelle des planètes massives, et évoluent dans le temps.

D'autres perturbations gravitationnelles jouent sur les comètes. Il semble qu'il existe un vaste nuage de comètes appelé nuage de Oort, en attente entre 40 000 et 150 000 u.a. du Soleil. Si le système solaire était isolé, ce réservoir de comète serait stable, et aucune comète ne serait jamais observable depuis la Terre. Mais, sous l'influence de perturbations engendrées par les étoiles proches, les orbites de ces objets situés aux confins du système solaire sont susceptibles de se modifier. Alors, la distance de leur périhélie au Soleil peut décroître, et ces objets glacés, qui sont restés inchangés depuis l'origine du système solaire, peuvent venir nous apporter un témoignage sur la composition primitive de notre système...

En fait, il semble bien que des centaines de milliards de comètes peuplent le système solaire. Et une infime partie seulement d'entre elles ont pu être observées depuis la Terre. Moins de 800 comètes distinctes sont actuellement connues et répertoriées. Une centaine d'entre elles circulent sur des ellipses faiblement allongées et ont des périodes inférieures à 20 ans ; leurs orbites semblent résulter de la capture par Jupiter de comètes qui se déplaçaient antérieurement sur des orbites plus allongées. La plupart des comètes évoluent sur des orbites elliptiques très allongées, ou même sur des orbites faiblement hyperboliques provenant d'ellipses ayant subi des perturbations gravitationnelles.

Il est encore d'autres perturbations qui influent sur le mouvement des comètes lors de leur passage au périhélie. Sous l'effet du rayonnement solaire, des jets de gaz et de poussières s'échappent du noyau ; ils induisent par réaction une force dans la direction opposée. Mais les comètes, (tout comme les planètes d'ailleurs), tournent en permanence autour de leur axe de rotation. La composition de la force de réaction avec la rotation propre fait gagner de l'énergie à la comète si la rotation est directe, et lui en fait perdre si elle est rétrograde. Ainsi s'expliquent les perturbations non gravitationnelles par lesquelles des comètes repassent un peu plus tard ou un peu plus tôt au périhélie que ne le prévoient les calculs gravitationnels.

Question 8 : Une ellipse est l'ensemble des points M dont la distance r à un point fixe F est égale à la distance à une droite fixe D, multipliée par une constante a inférieure à 1. En déduire son équation en polaires en fonction de $\theta = (\overline{Fx}, \overline{FM})$; on supposera que D est perpendiculaire à Fx et la distance de F à D sera appelée d.

Question 9 : Etablir l'expression de d en fonction des demi-grand axe a et demi-petit axe b.

Question 10 : Quelle serait la période de révolution d'un noyau cométaire du nuage de Oort, situé par exemple à 100 000 u.a. du Soleil en moyenne ? Comparer cette distance à celle de l'étoile la plus proche du Soleil, α Centauri.

Question 11 : Comment distinguer une comète sans queue d'une nébuleuse ? Comment mettre en évidence le fait qu'une comète n'est pas, ainsi que le croyaient les anciens, située dans l'atmosphère terrestre ?

4. LA MAGNITUDE DES COMETES

Lorsqu'une comète est très éloignée du Soleil, son éclat provient uniquement de la lumière solaire réfléchi sur le noyau. La luminance totale J varie donc, en fonction de la distance r au Soleil et Δ à l'observateur terrestre selon une loi de la forme $J = J_0/r^2\Delta^2$

Lorsque la comète se rapproche du Soleil (typiquement, lorsqu'elle est à moins de 1 ou 2 u.a.), elle développe une chevelure et une queue qui deviennent très lumineuses sous l'effet de la diffusion du rayonnement solaire sur les poussières et surtout de sa fluorescence sur les gaz émis. On estime alors que la luminance varie selon une loi de la forme $J = J_0/r^n\Delta^2$

Le paramètre n est en général compris entre 2 et 8, avec une valeur moyenne de 4. Il semble que n soit plus élevé (ce qui signifie que la magnitude évolue plus rapidement) pour une comète à courte période que pour une comète à orbite quasi-parabolique. Pour une même comète, n n'est pas rigoureusement constant dans le temps. On observe parfois des asymétries lors du passage au périhélie ou encore des sursauts de magnitude associés à des fragmentations du noyau.

En terme de magnitude, avec $m - m_0 = 2,5 \log J/J_0$, la loi précitée s'écrit $m \sim m_0 + 2,5 \log r + 5 \log \Delta$

Il est donc possible d'estimer, de façon approximative, la valeur que prendra la magnitude d'une comète.

Question 12 : Un jour donné, une comète est à 0,389 u.a. de la Terre et à 0,806 u.a. du Soleil. La magnitude apparente est égale à 3 et le paramètre n est estimé égal à 4. Quelle serait la valeur de sa magnitude, si elle était à 1 u.a. de la Terre et à 1 u.a. du Soleil ?

Question 13 : Six jours plus tard, la même comète est à 1 u.a. de la Terre et à 0,912 u.a. du Soleil; quelle est alors sa magnitude apparente ?

Question 14 : Peut-on déterminer avec précision la longueur d'une queue cométaire ? Une comète périodique demeure-t-elle inchangée à chacun de ses retours vers le Soleil ?

Question 15 : Nous récapitulons ici les caractéristiques orbitales actuelles de la comète de Halley, ainsi que l'ordre de grandeur de sa magnitude

$$\Omega = 58,153^\circ$$

$$i = 162,238^\circ$$

$$\omega = 111,853^\circ$$

$$e = 0,967$$

$$q = 0,587 \text{ u.a.}$$

Passage au périhélie 09.02.1986

$$m = 5 + 5 \log \Delta + 13,1 \log r \text{ avant périhélie}$$

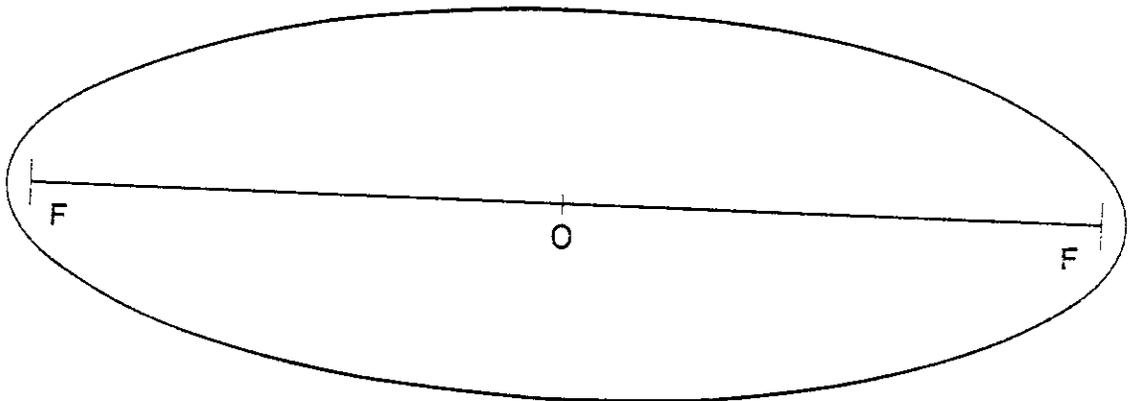
$$m = 7,5 + 5 \log \Delta + 10 \log r \text{ après périhélie}$$

Représenter la comète dans l'espace. Quand son orbite coupe-t-elle l'écliptique ? Le 13 mars 1986, la comète sera survolée par la sonde européenne Giotto, qui aura quitté la Terre en juillet 1985. Elle sera alors à 0,89 u.a. du Soleil et à 0,98 u.a. de la Terre. Pourquoi cette époque de survol a-t-elle été choisie ? Quelle sera alors, depuis la Terre, la magnitude apparente de la comète ?

5. REPONSE AUX QUESTIONS

Question 1 :

Ci-dessous, dessin à l'échelle de l'orbite de la comète de Halley



Question 2

$$F'A + FA = \text{constante} = 2a$$

$$F'B + FB = \text{constante} = 2a = 2 \frac{FB}{\cos \theta}$$

$$FB^2 = a^2 - b^2 = c^2 \quad c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

Question 3

$$e = c/a = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sqrt{1 - b^2/a^2}$$

$$0 \leq e < 1 \quad e = 0 \quad \text{l'ellipse est un cercle}$$

Question 4

$$a^3/T^2 = 1$$

Question 5

$$T = a^{3/2} = 75,1 \text{ ans}$$

Date de retour au périhélie, en négligeant les perturbations gravitationnelles ou non gravitationnelles = 1985,4

$$FA = a - c = a(1-e) = 0,59 \text{ u.a.}$$

$$FA' = a + c = a(1+e) = 35,01 \text{ u.a.}$$

Question 6

$$a = T^{2/3} = 2,22 \text{ u.a.}$$
$$c = ea = 1,38 \text{ u.a.}$$

Question 7

$$a = T^{2/3} = 1,59 \text{ u.a.}$$
$$FA' = a(1-e) = 5,47 \text{ u.a.}$$
$$e = 2,44$$

La comète n'est pas périodique !

Question 8

$$r = MF = eMH$$
$$r = e(d - r \cos \theta)$$
$$r = de / (1 + \cos \theta)$$

Question 9

$$r_A = de / (1 - e) = a(1 - e)$$
$$d^A = (1 - e^2) a / e = (1 - c^2/a^2) a^2/c = b^2/c$$

Question 10

$T = a^{3/2} = 31,6$ millions d'années
 $100\,000 \text{ u.a.} \sim 1,5 \times 10^{13} \text{ km}$
 α Centauri est à environ 4,22 années lumières
 $1 \text{ année lumière} \sim 9,46 \times 10^{12} \text{ km}$
La distance de α Centauri est de l'ordre de 2,7 fois la distance du noyau cométaire au Soleil.

Question 11

La comète présente un déplacement par rapport aux étoiles perceptibles en quelques heures. Des mesures de parallaxe mettent en évidence le fait qu'une comète n'est pas un phénomène atmosphérique.

Question 12

À 1 u.a. de la Terre et du Soleil, la magnitude est égale à m_0

$$3 = m_0 + 10 \log 0,806 + 5 \log 0,389$$
$$m_0 = 6,0$$

Question 13

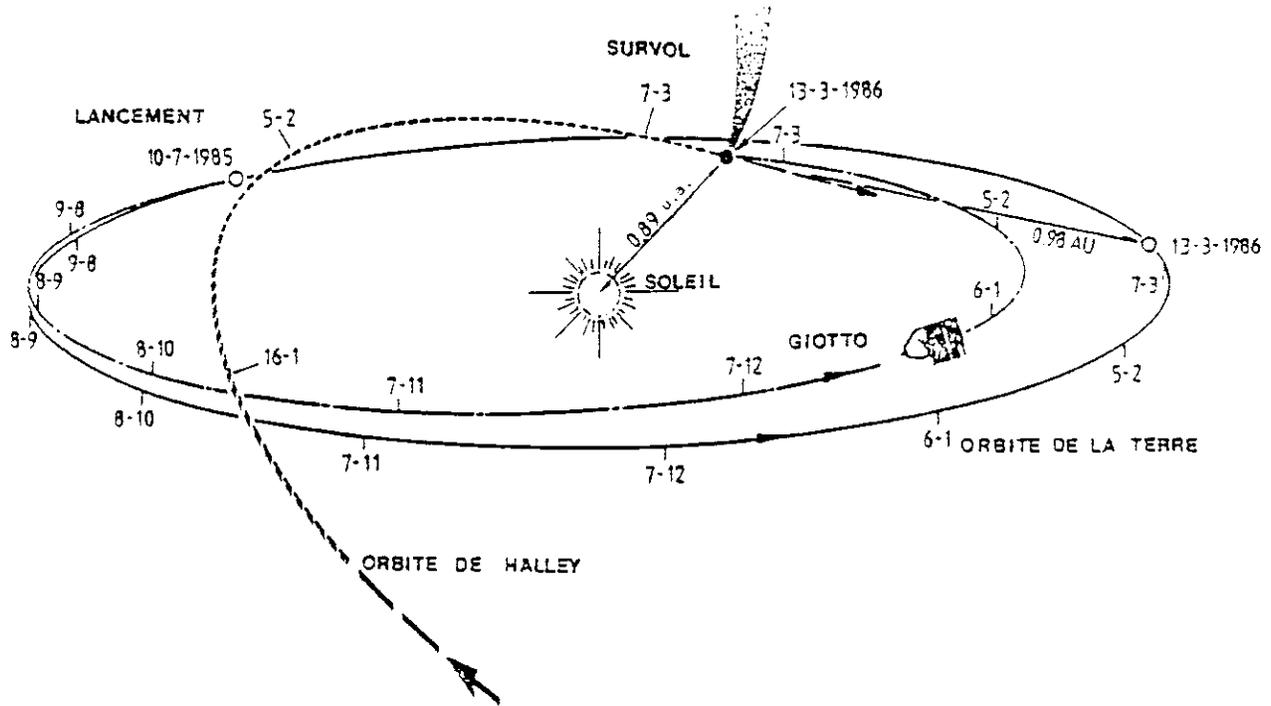
$$m = 6,0 + 10 \log 0,912 + 5 \log 0,397 = 3,6$$

Question 14

La queue s'amenuise progressivement. A chacun de ses retours, des gaz s'échappent de la comète entraînant avec eux des poussières, et le noyau se tarit en devenant moins actif.

Question 15

La figure ci-dessous présente l'orbite de la Comète de Halley, ainsi que la trajectoire de la sonde Giotto. On remarque que la comète a une orbite rétrograde par rapport à la Terre ($i > 90^\circ$), et que donc les vitesses relatives des sondes spatiales et de la comète seront considérables (de l'ordre de 70 km.s^{-1}). La comète traverse l'écliptique au début du mois de novembre 1985 (noeud ascendant) et en mars 1986 (noeud descendant). C'est alors que les sondes spatiales la survoleront, afin de minimiser l'énergie au lancement, tout en restant à proximité du passage au périhélie. Le 13 mars 1986, la magnitude apparente sera voisine de 5 ; mais, avec $\alpha = 20 \text{ h } 3,9 \text{ mn}$ et $\delta = -21^\circ 21'$, les conditions d'observations seront plus que médiocres dans l'hémisphère nord. A la fin novembre 1985, la magnitude apparente sera de l'ordre de 6 et, avec $\alpha = 1 \text{ h } 17 \text{ mn}$, $\delta = +14^\circ 32'$, la comète sera relativement bien observable sous nos latitudes.



Références bibliographiques

J. Dufay - Les comètes - PUF, Que sais-je, 1966
 P. Véron et J.C. Ribes - Les comètes de l'antiquité à l'ère spatiale, Hachette, 1979
 M. Festou et P. Lamy - Les comètes "La Recherche", 118 p. 46, 1981
 C. Bertaud - "L'Astronomie" (SAF) n° spécial comètes, 95, mai 1981
 A.C. Levasseur-Regourd - Les comètes, Tome II de l'Encyclopédie du Bureau des Longitudes, 2ème édition, 1984

Annie-Chantal Levasseur Regourd
 (Service d'Aéronomie du CNRS)

 LE PARADOXE DE L'EXPANSION

C'est vers 1930 que Hubble a mis en évidence le phénomène du décalage vers le rouge des spectres des galaxies lointaines, et ceci d'autant plus marqué que ces galaxies sont plus éloignées. Si on explique ce phénomène par un effet Doppler, il faut en conclure que ceci se traduit par un mouvement de fuite, tout se passant comme si nous occupions une position centrale dans l'univers.

Imaginons que le système solaire soit en expansion et plus particulièrement le système Terre-Lune (distance Terre-Lune $d_0 = 380\ 000$ km). Pour fixer les idées, nous allons donner à la Lune une vitesse d'expansion de $380\ 000$ km/h, c'est-à-dire que toutes les heures la distance Terre-Lune augmente brutalement de la distance initiale d_0 . Si t est la durée écoulée depuis l'instant initial, la distance Terre-lune est égale à : $d = d_0 + d_0 (t - 1) = d_0 t$

Imaginons une sonde voyageant vers la Lune à la vitesse constante de $38\ 000$ km/h.

Va-t-elle atteindre la Lune? Et si oui, au bout de combien d'années ?

Jean-Paul Parisot

(réponse page 28)

La recherche, activité ludique, peut-elle être exercée aux frais de l'Etat ?

Notre Président d'Honneur, Evry Schatzman aborde cette question dans le discours qu'il a prononcé le 21 décembre 1983 à l'occasion de la remise de la Médaille d'Or du CNRS par le Ministre de l'Industrie et de la Recherche. Nous reproduisons un passage de ce discours publié intégralement dans le n°20 (mars 1984) du Journal des Astronomes Français.

"La difficulté avec la recherche fondamentale est que l'activité de recherche, pour le chercheur passionné et désintéressé, est avant tout une activité ludique. Il n'y a pas de succès possible de la recherche fondamentale si le chercheur ne prend pas plaisir à sa recherche. En fait, on retrouve le même plaisir chez celle ou celui qui crée une oeuvre, quelle qu'elle soit. Au plaisir de la difficulté vaincue s'ajoute le plaisir de la découverte de la vérité, et le sentiment intime, presque ineffable, d'un pouvoir sur la nature. Je dirais, en écho sur le terme de "pouvoir sur la nature", que la critique acerbe, à la Mumford (1964) ou à la Michel Serres (1982), de la phrase de Descartes sur l'homme "maître et possesseur de la nature", confondant les processus physiques et les phénomènes politiques, oublie précisément que c'est le savoir qui peut permettre de contrôler et de maîtriser les dégâts de l'ère industrielle, si l'on en a la volonté politique.

Mais je reviens à mon propos. Comment est-il acceptable qu'une activité ludique se poursuive aux frais de l'Etat ? Où est le bénéfice que la nation en tire, et qu'est-ce qui justifie ces coûteuses dépenses ? J'ai à cette question trois réponses à donner.

La première est la suivante. Les découvertes scientifiques ouvrent la porte à de nouvelles applications et M. Abragam en a donné en physique, il y a quelques années, des exemples admirables. L'histoire prouve que, en aucun cas, ces découvertes ont été induites par une finalité quelconque d'applications.

Les ondes hertziennes n'ont pas été trouvées en vue de la communication à distance, l'effet photoélectrique en vue du cinéma parlant, la fission nucléaire en vue de la bombe atomique, les semi-conducteurs en vue de réaliser des récepteurs radio compacts et de puissants ordinateurs, la résonance magnétique nucléaire en vue de l'étude du corps humain, le laser en vue de la géodésie ... La liste est interminable: celle que j'ai donnée est là pour montrer que l'accumulation des découvertes est comme la constitution d'un trésor dans lequel il n'y a qu'à puiser au fur et à mesure des besoins. L'astrophysique a-t-elle contribué à cet enrichissement du savoir fondamental en ouvrant d'autres applications ? Oui, elle l'a fait, avec la fusion à l'intérieur des étoiles, qui a donné l'idée de la fusion contrôlée, elle l'a fait en mettant en évidence à la surface du Soleil une incroyable variété

de situations physiques dont l'étude est finalement à la base des Tokomaks et autres engins de fusion contrôlée, en donnant l'idée à partir de l'étude de la couronne solaire de puissants moyens d'investigation des plasmas de fusion.

On pourrait dire que l'accumulation des découvertes est le trésor collectif de l'humanité. On sait cependant qu'il y a au bout, cette effroyable boîte de Pandore d'où sont sortis des moyens terrifiants de destruction. Et pire encore, nous voilà partagés entre cette menace et une autre, venant d'une abominable déviance de l'esprit scientifique et dont je parlerai plus loin.

Voici maintenant la deuxième raison. L'une des tâches essentielles des scientifiques est de transmettre la connaissance acquise. La connaissance qu'il s'agit de transmettre n'est pas celle de nos parents ou de nos grands-parents, mais la connaissance d'aujourd'hui, celle de la science qui se fait, celle qui prépare les découvertes de demain. Ce faisant, les scientifiques donnent une valeur à la force de travail de tous ceux dont le savoir est l'outil. La transmission du savoir revient à produire une marchandise particulière, une force de travail, celle de ceux qui n'ont rien d'autre à vendre que cette force elle-même ! Plus longues ont été les années d'étude, plus proche du savoir qui se fait est le savoir acquis, meilleure est cette force de travail, même si sur le marché de l'offre et de la demande ce n'est pas toujours celle qui se vend le plus cher...

Oublier que l'avenir est dans l'invention, dans la création, dans la découverte, c'est fabriquer une force de travail valable aujourd'hui peut-être, mais sûrement dévalorisée demain.

La troisième raison, sans importance pratique, mais d'une importance culturelle immense, est que les découvertes dues à la recherche fondamentale changent notre vision du monde, entrent dans notre culture, jouent un rôle complexe et difficile à saisir dans notre civilisation, mais produisent parfois des effets pervers.

Voici l'un d'entre eux. L'irrationnel a trouvé une nouvelle justification, faisant appel au vocabulaire scientifique détourné de son sens pour obtenir une garantie de vérité ; cela porte et lui donne crédit. L'exemple le plus étonnant et le plus détestable se trouve dans l'organisation puis la diffusion intégrale du colloque de Cordoue par France-Culture : si Monsieur Josephson, prix Nobel de physique, croit que son corps astral se promène dans la Galaxie et vient lui apporter des informations sur le monde, c'est son affaire. Mais que France-Culture, usant et abusant de l'argument d'autorité, ne cherche pas à faire croire à son public qu'il s'agit de science ! On a l'impression d'une chose peu importante, de délires qui font sourire. Mais personne ne sait quelles ultimes conséquences politiques la diffusion complaisante de l'irrationnel pourrait avoir.

Un autre exemple est ce que l'on pourrait appeler le scientisme. Ce terme recouvre bien une idée chère à Marcellin

Berthelot, selon qui la science, assurant un progrès indéfini, permettrait à l'humanité de répondre à toutes les questions qu'elle peut se poser. L'enthousiasme que j'avais dans ma jeunesse pour ce thème m'avait conduit à croire que même les décisions politiques pouvaient être des décisions scientifiques. J'ai mis longtemps, trop longtemps, à voir où menait pareille conviction. Elle permettait de justifier la pire des répressions, puisque l'opposant qui refuse la vérité scientifique ne peut être qu'un fou ou un ennemi. Je sais aujourd'hui avec beaucoup d'autres, que la prétention scientifique n'est pas la science ; qu'il existe une frontière entre ce qui est du domaine de la science et ce qui est du domaine de l'opinion ; qu'il y a une différence profonde entre ce qui peut être réfuté et appartient à la science et ce qui est irréfutable et par là même n'appartient pas à la science.

C'est peut-être cet éclaircissement de la méthode scientifique qui permet de mettre mieux en évidence le rôle de la découverte dans l'évolution de notre culture.

Cet impact de la découverte sur la culture est sans doute l'aspect le plus gratuit de la recherche fondamentale et peut-être le plus important. C'est celui qui exige le plus de soins, celui qui doit engendrer un lien étroit entre les institutions scientifiques et les médias : la presse, la radio, la télévision. Dans ce domaine, un immense travail reste à faire. Comment se fait-il, par exemple, qu'il n'y ait pas à la télévision de comité de rédaction de l'information scientifique comme il en existe un pour les sports ? Et cela, alors qu'il en existe un à la BBC."

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

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

Pierre-Simon Laplace

(Exposition du système du Monde
tome 2, p.298 ; édition de l'an IV
de la République Française)

"L'UNIVERS EST AU BOUT DU TUNNEL"

Voici quelques mois a été lancée l'idée d'un projet d'animation et d'exposition dans le métro parisien sur le thème de l'astronomie.

Née d'une rencontre de l'Association Nationale Sciences Techniques Jeunesse (ANSTJ) et l'Association Française d'Astronomie (AFA), cette idée, insolite à première vue, s'est progressivement précisée grâce à la collaboration de nombreux clubs et animateurs parisiens.

POURQUOI L'ASTRONOMIE ?

Ce domaine n'est-il pas connu, exploré dans ses moindres détails et présenté dans des ouvrages très complets ? Oui, mais nous ne disposons cependant que d'une information fragmentée sur une discipline qui réclame un éclairage multiple pour appréhender son éclairage historique, scientifique, ses techniques, sa pratique par les professionnels et les amateurs, son enseignement à l'école...

Au-delà de son intérêt premier, à savoir l'information du grand public et sa sensibilisation à une meilleure connaissance de l'univers, l'exposition pourra être riche d'autres potentialités, puisque réalisée par ceux qui pratiquent l'astronomie, l'enseignent ou souhaitent la faire connaître.

POURQUOI L'ASTRONOMIE DANS LE METRO ?

Faire découvrir l'immense univers qui nous entoure en utilisant comme support le milieu clos et souterrain du métro parisien semble un pari impossible ! Mais c'est oublier que l'astronomie et l'espace figurent parmi les notions difficiles à intégrer aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant, puisqu'elles sont étrangères à notre maîtrise du monde environnant ainsi qu'à nos représentations quotidiennes. Rapprocher l'infiniment grand de l'infiniment petit est un moyen d'améliorer la connaissance d'un univers souvent considéré comme inaccessible car dépassant les limites du cadre dans lequel nous évoluons quotidiennement.

PRESENTATION DU PROJET.

Le dossier a d'ores et déjà recueilli l'avis favorable de la RATP et son accord pour que l'opération se déroule début 1985 pendant une semaine à la station "Châtelet les Halles". Le projet s'articule de la manière suivante:

Une partie "Exposition Permanente" comprendra:

- des expositions réalisées par des professionnels et des amateurs
- des montages diapositives et des films
- du matériel d'observation construit par des amateurs
- un point lecture astronomique
- des logiciels interactifs (simulation de planétarium, d'images de nébuleuses, d'orbites planétaire, éphémérides...)

Une partie "Animation" proposera:

- des tables rondes et des forums-débats sur des sujets d'actualité
- des conférences avec support audio-visuel
- des présentations d'expériences et de manipulations de laboratoire
- des planétariums
- des rencontres inter-clubs
- des ateliers d'observation, de construction d'instruments, de taille de miroirs...
- des jeux de pistes "astronomiques" pour les enfants des centres de loisirs de Paris.

COLLABORATION AVEC LES ENSEIGNANTS DU CLEA.

Durant la semaine, les enseignants pourront utiliser les expositions, les séances de planétarium, les montages diapos, les maquettes, les ateliers... dans le cadre d'une simple visite ou comme support d'une activité "astronomique" menée en classe. De même cette exposition peut être pour les enseignants qui le souhaitent, l'occasion de présenter les PAE ou les activités lancées à l'école autour de l'astronomie.

Dès maintenant, les enseignants qui désirent obtenir de plus amples renseignements sur ce projet ou participer à sa mise en place définitive peuvent s'adresser à l'ANSTJ (17 av. Gambetta 91130 RIS-ORANGIS . tel: (6) 906 82 20) ou à l'AFA (17 rue Emile Deutsch de la Meurthe 75014 PARIS ; tel: (1) 589 81 44)

Pascale Moigner (ANSTJ)

* * * * *

LES MAREES OCEANIQUES: UNE INTERPRETATION MALHEUREUSE

"Alain Bombard, scientifique exigeant"... lit-on dans la préface du livre "La Mer" édité par la société Coop.

Alors, dans un esprit de rigueur scientifique, hâtons-nous de corriger dans ce livre les quelques paragraphes consacrés aux marées (page 8 et 9)!

Que les marées soient dues à l'action conjuguée de la Lune et du Soleil, nul ne le conteste. Mais qu'Alain Bombard affirme que deux fois par jour la Lune se trouve du même côté que le Soleil (par rapport à la Terre) pour provoquer les marées hautes et que deux fois par jour les deux astres s'opposent et engendrent ainsi les marées basses, alors il y a de quoi effarer les esprits avertis. En effet, schéma illustratif à l'appui, Bombard fait effectuer à la Lune un tour de Terre toutes les 12 heures.

Les petites marées se produisent, d'après Bombard, lorsque l'angle Soleil-Terre-Lune n'est ni égal à 180° ni égal à 0°. Mais là aussi, il fait faire à la Lune un demi-tour autour de la Terre en 6 heures et, de plus, il introduit une incompatibilité avec son explication des grandes marées. En effet, entre sa grande marée haute et sa grande marée basse (6 heures après) on doit, d'après son mécanisme et s'il fait tourner la Lune dans le sens direct, observer la configuration d'une petite marée haute. Que de phénomènes en une seule journée ! Sans insister sur la course folle (période de 12 heures au lieu de 27 jours environ) de la Lune dans le ciel avec toute la série de croissants et quartiers se reproduisant sur une journée...

Monde inquiétant.

Inquiétant aussi de penser que des enfants vont accepter et retenir ces explications fantaisistes.

Inquiétant, enfin, d'imaginer au'il existe peut-être des références de ce type consultées par Alain Bombard.

Cette interprétation erronée a servi d'exemple et de mise en garde, envers des littératures non spécialisées, au cours d'un stage d'initiation à l'astronomie qui s'est déroulé à l'École Normale de Lons-le-Saunier (Jura) du 14 au 18 mai 1984 et qui était destiné à des instituteurs. On a bien sûr, rétabli la vérité: bourrelets opposés dûs à l'attraction différentielle d'un astre et effet de la rotation terrestre (théorie due à Newton).

Sonia Clairemidi (Université et Observatoire de Besançon)
Nicolas Porcel (École Normale de Lons-le-Saunier)

+ + + + +

ETOILES A NEUTRONS ET PULSARS
DESCENTE AU SEIN D'UNE ETOILE A NEUTRONS

Les rares tentatives de reconstitution de la structure interne des étoiles à neutrons effectuées avant la découverte des pulsars, avaient pour seul but de trouver des caractéristiques observables qui puissent signaler ces objets sans équivoque possible. De nos jours, avec l'identification des pulsars aux étoiles à neutrons, avec l'afflux prévisible d'informations dans les toutes prochaines années grâce aux expériences spatiales, l'étude de la structure interne a évidemment changé d'objectif.

Essentiellement, il s'agit toujours de relier ce que l'on observe (le dehors) et ce que l'on imagine (le dedans) mais aussi d'évaluer les caractéristiques limites des étoiles à neutrons, afin de les distinguer des trous noirs, pour le moment hypothétiques. Ces derniers sont des objets dont l'existence est prédite par la relativité générale (et par presque toutes les autres théories relativistes de la gravitation) qui sont si massifs et si compacts que rien n'en peut sortir et, en particulier, pas la lumière: ils apparaissent noirs; on ne les voit donc pas! Ils constituent l'un des états finaux possibles de l'évolution stellaire. Pour les distinguer des étoiles à neutrons, il serait intéressant de pouvoir estimer leur masse maximale possible. Si l'on observe dans le ciel un objet très compact (c'est-à-dire massif et de petite taille), par exemple un objet de 20 masses solaires pour un rayon d'au plus 100 km, et si, en outre, on sait que la masse maximale d'une étoile à neutrons est de 3 masses solaires, alors l'objet en question sera peut-être un trou noir: il ne peut exister d'étoile stable ayant ces propriétés et la matière peut seulement s'effondrer sur elle-même jusqu'à former un trou noir. Il est donc crucial d'avoir une idée précise de ce qu'est cette structure interne.

Malheureusement, la physique dont on a besoin pour décrire l'intérieur d'une étoile à neutrons n'existe pas encore tant les conditions qui y règnent sont éloignées de ce qu'on a pu tester en laboratoire. Bien plus, il n'est même pas sûr que l'on dispose actuellement des théories physiques nécessaires à cette description. Aussi en est-on réduit à n'utiliser que des extrapolations plausibles de la physique du laboratoire (physique des solides, superfluidité, supraconductivité, hydrodynamique, physique nucléaire et des particules élémentaires) en espérant qu'elles ne seront pas trop éloignées de la réalité.

La première théorie dont on a besoin pour décrire l'équilibre hydrostatique d'une étoile à neutrons est une théorie relativiste de la gravitation et l'on utilise donc le plus couramment la relativité générale d'Einstein. En effet, le paramètre qui caractérise l'importance des effets relativistes est le facteur GM/Rc^2 où G est la constante de la gravitation, M la masse, R une dimension typique (comme le rayon de l'étoile) et c la vitesse de la lumière. En gros, GM/R est le carré d'une vitesse caractéristique pour un corps orbitant au voisinage de la surface et que l'on doit comparer à la vitesse de la lumière: lorsque les deux vitesses sont voisines, donc lorsque le rapport GM/Rc^2 est voisin de l'unité, la relativité est nécessaire pour la description de l'étoile; en revanche, lorsque ce rapport est très petit, la théorie newtonienne usuelle convient parfaitement. La théorie newtonienne convient d'autant mieux que ce paramètre est plus petit; plus il est voisin de l'unité et plus c'est la théorie relativiste de la gravitation qu'il convient d'adopter. Le tableau A donne la valeur de ce paramètre pour quelques systèmes courants; on constate que les étoiles à neutrons nécessitent l'usage de la relativité générale.

Sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans les détails techniques, mentionnons seulement que l'on doit résoudre les équations d'Einstein compte-tenu de la répartition et du contenu énergétique de la matière dans l'étoile. En clair, cela signifie que l'on doit connaître également l'équation d'état qui régit ce contenu énergétique, c'est-à-dire une relation entre la pression et la densité d'énergie ou de particules en chaque point. On aboutit alors à un système d'équations assez simples (les équations

tions de Tolman-Oppenheimer-Volkov) dont la solution fournit directement (i) les profils de densité et de pression de l'étoile (figure 3), (ii) les masses et les rayons correspondant à une densité centrale donnée et, éventuellement (iii) le moment d'inertie de l'étoile, grandeur qui caractérise son énergie de rotation (son "inertie de rotation" si l'on préfère).

Malheureusement la "bonne" équation d'état de la matière nucléaire n'est pas connue avec précision et l'on ne sait même pas si tous les phénomènes envisagés théoriquement (condensation de mésons pi, excitation de particules élémentaires, superfluidité ou solidification de la matière neutronique, etc...) possèdent une existence réelle. Toujours est-il que l'on s'est formé une image plausible que nous allons expliquer (Figure 4). Naturellement, les nombres indiqués sont purement indicatifs et les structures présentées sont seulement les plus vraisemblables à l'heure actuelle.

On trouve d'abord une croûte de fer, cristalline, d'une masse volumique d'environ 10^6 g cm^{-3} de quelques dizaines de mètres d'épaisseur. On pense que cette croûte est constituée de fer 56 car ce métal n'est pas susceptible de "brûler" dans les réactions thermonucléaires; il est extrêmement stable car les réactions dans lesquelles il est susceptible d'intervenir absorbent de l'énergie au lieu d'en dégager. Ce fer 56 est disposé suivant un réseau cristallin qui est profondément affecté par l'existence du champ magnétique intense de l'étoile. Il constitue ce que l'on appelle un "solide magnétique" aux propriétés encore mal connues.

Puis la densité augmentant, les électrons vont être de plus en plus voisins des noyaux chargés positivement et des réactions de capture β (c'est-à-dire l'absorption des électrons par les protons des noyaux, ce qui fournit des neutrons et des neutrinos)

$$\text{proton} + \text{électron} \longrightarrow \text{neutron} + \text{neutrino}$$

se produisent donnant lieu à des noyaux de plus en plus riches en neutrons et, parallèlement, de plus en plus pauvres en protons. Quant aux neutrinos créés, leur interaction avec la matière est tellement faible qu'ils s'échappent de l'étoile pour la plupart, emportant avec eux une certaine énergie et contribuant par là à son refroidissement. On obtient par ce type de réactions toute une gamme de noyaux tels que du nickel 62 et 64, du germanium 82 etc, jusqu'au krypton 118. Ces noyaux sont généralement instables au laboratoire mais non au sein de l'étoile, leur produit de désintégration ne disposant pas de "place" (d'après le principe d'exclusion de Pauli) de la même manière le neutron qui est instable en laboratoire, est stable à l'intérieur du noyau atomique.

La croûte se dissout peu à peu (car les noyaux qui la composaient comportent de moins en moins de protons dont les interactions électrostatiques sont essentielles à la constitution d'un réseau cristallin) laissant la place à un fluide de neutrons comportant aussi des noyaux riches en neutrons, noyaux tout à fait hypothétiques tel le germanium 982 qui comporterait 950 neutrons!

Arrive alors une masse volumique (environ $10^{11} \text{ g cm}^{-3}$) où les noyaux qui subsistent sont tellement riches en neutrons qu'ils ne peuvent plus les conserver: l'interaction neutron-neutron est beaucoup moins attractive que celle entre un neutron et un proton. Ils prennent alors leur individualité à ce point de lâchage (drip point) et l'on a affaire à un fluide composé de neutrons, de protons, d'électrons et de quelques noyaux. En outre un petit nombre de mésons mu font partir de ce fluide neutronique.

Au delà de cette densité, la situation devient très incertaine tant les interactions entre nucléons (neutrons ou protons) ou entre particules plus lourdes (hypérons: lambda, sigma, delta, etc...) est encore mal connue, sans parler de difficultés de nature technique. La figure 4 représente une coupe typique d'une étoile à neutrons sur laquelle sont indiquées quelques possibilités théoriques concernant l'intérieur.

Arrêtons-nous un peu sur l'éventualité d'une étoile à neutrons comportant un coeur de quarks. Les quarks sont les constituants ultimes d'un grand nombre de particules élémentaires; ainsi les neutrons ou les protons sont composés de 3 quarks. C'est pourquoi si l'on augmente la densité de la matière au point que les neutrons soient

Tableau A : Le paramètre gravitationnel

Objet	Masse (g)	Rayon (cm)	GM / Rc ²
Noyau atomique	10 ⁻²³	10 ⁻¹³	10 ⁻³⁸
Atome	10 ⁻²³	10 ⁻⁸	10 ⁻⁴³
Etre humain	10 ⁵	10 ²	10 ⁻²⁵
Terre	6 x 10 ²⁷	6 x 10 ⁸	10 ⁻⁹
Naine blanche	2 x 10 ³³	10 ⁹	3 x 10 ⁻⁴
Étoile à neutrons	2 x 10 ³³	10 ⁵	0,3
Soleil	2 x 10 ³³	7 x 10 ¹⁰	10 ⁻⁶
Galaxie	10 ⁴⁴	10 ²³	10 ⁻⁷

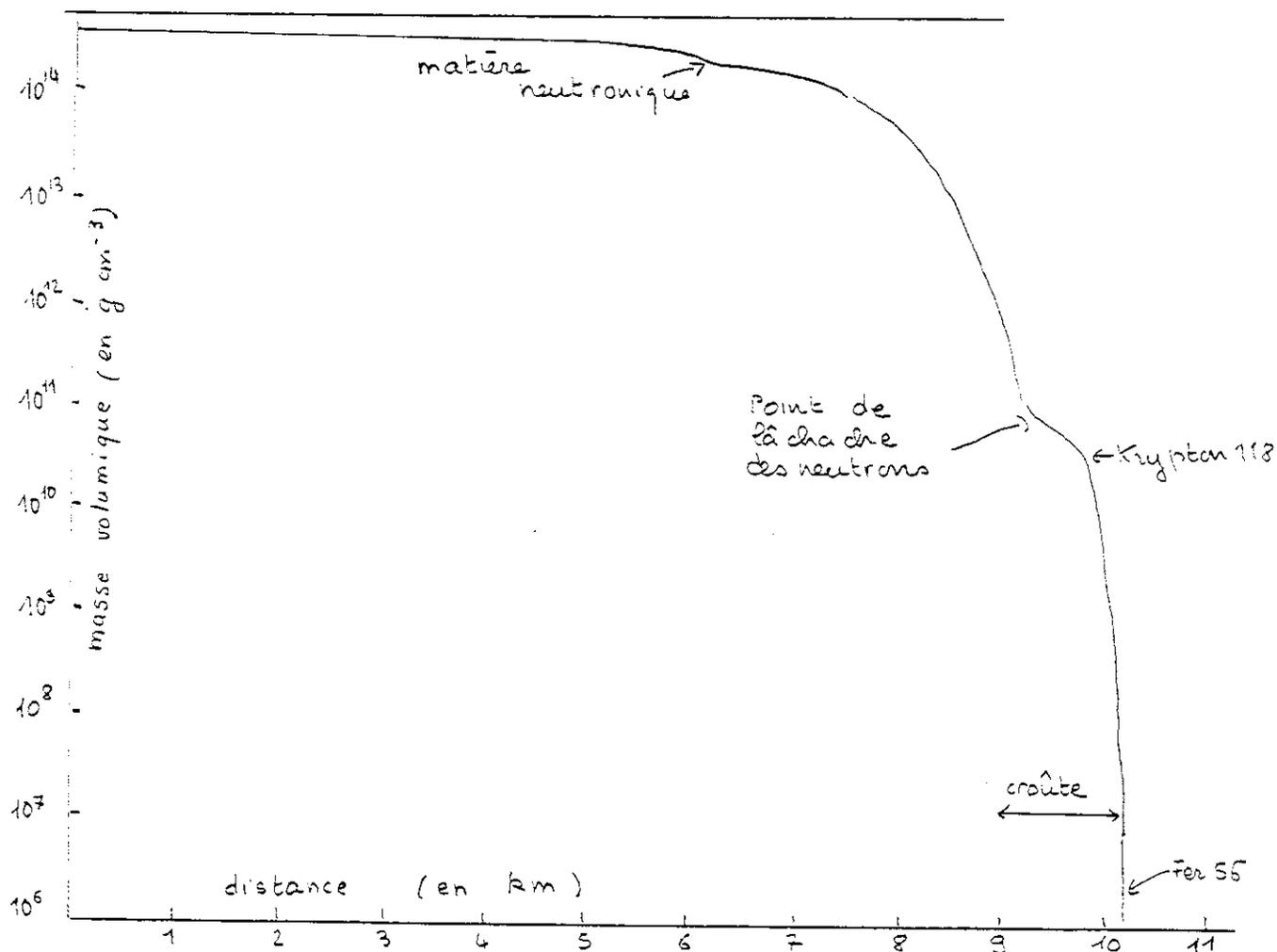


Figure 3 Profil de densité typique d'une étoile à neutrons. les profils de densité calculés sont généralement assez plats avec de brusques discontinuités correspondant à la transition d'un état de la matière à un autre.

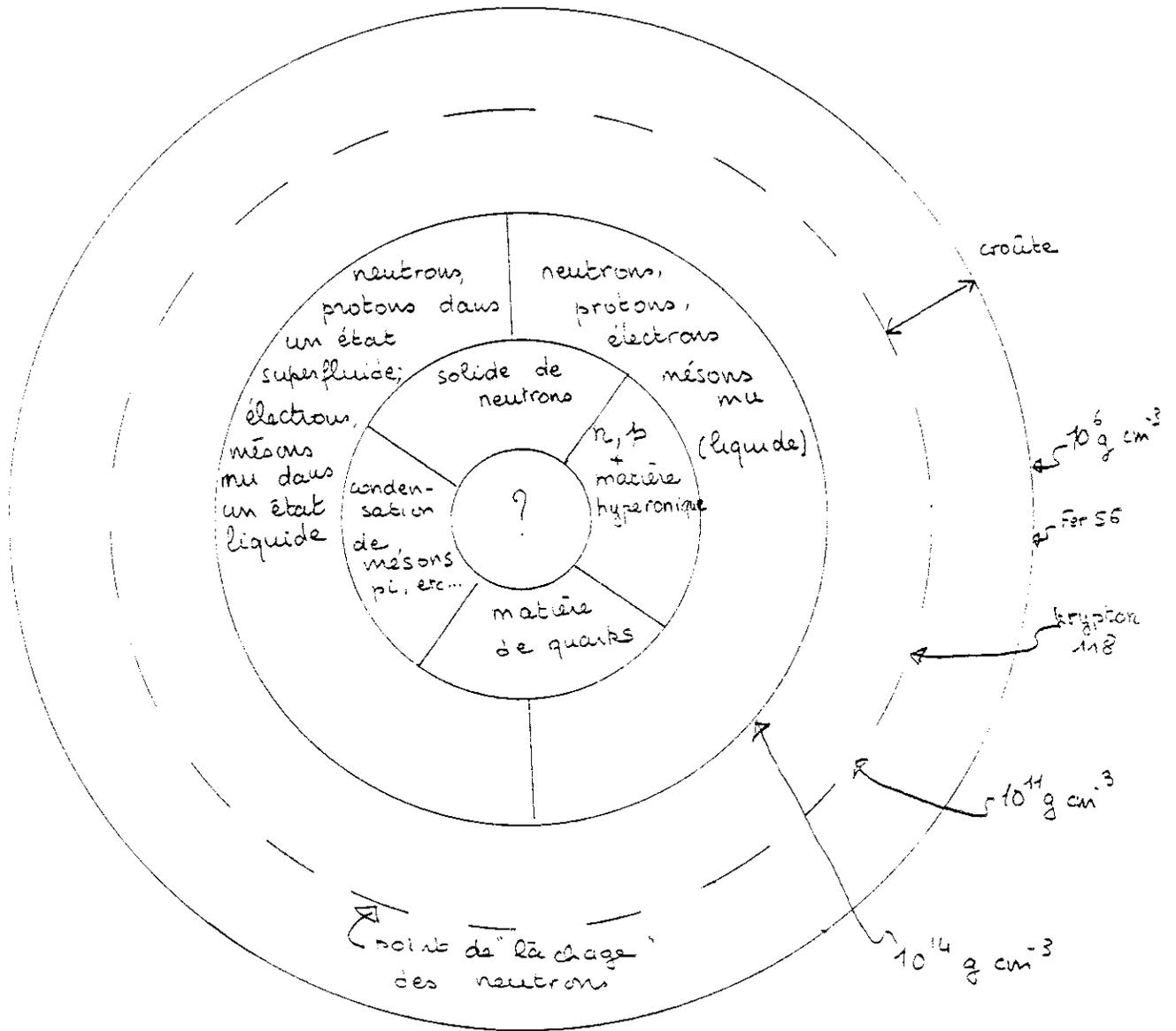


Figure 5 : coupes possibles d'une étoile à neutrons. Les incertitudes sur le comportement de la matière ultra-dense se reflètent sur les diverses structures internes possibles. On espère, dans les prochaines années, que seront levées ces ambiguïtés grâce aux progrès expérimentaux et théoriques de la physique des particules élémentaires et de la physique nucléaire. En l'état actuel des choses, la composition de la croûte semble admissible.

"empilés" les uns sur les autres (ceci arrive à moins de 10 fois la densité nucléaire) ou même davantage, les neutrons perdront leur individualité au profit d'un fluide de quarks. Des calculs théoriques placent cette éventualité à des densités comprises entre 0,1 et 10 fois la densité de la matière nucléaire, selon les modèles. En fait l'existence au sein de l'étoile d'un tel coeur de quarks n'affecte pas profondément, à ce qu'il semble, les propriétés observables des étoiles à neutrons. Par contre l'existence de la matière de quarks permet d'imaginer aujourd'hui l'existence d'étoiles de quarks, tout comme L. Landau imaginait en 1932 les étoiles à neutrons. C'est l'une des raisons pour lesquelles la matière de quarks, imaginée par plusieurs groupes dans le monde (Etats-Unis, Angleterre, URSS, France) est actuellement l'objet de recherches très actives.

(... à suivre)

Rémi Hakim

o o o o o o o o o o o o o p

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE: LES ETOILES TRES PEU MASSIVES SONT-ELLES RARES ?

Les comptages systématiques d'étoiles dans notre voisinage solaire montrent qu'il contient des milliers d'étoiles peu lumineuses, à peine perceptibles, appelées naines qui constituent la population la plus abondante mais aussi la plus difficile à détecter.

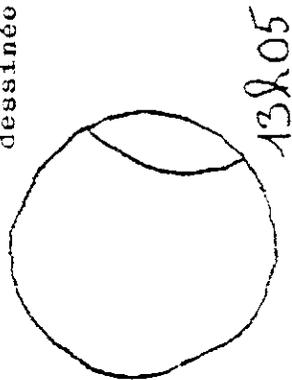
Le Soleil est une étoile moyenne dont la luminosité (4×10^{26} W) correspond à une magnitude absolue visuelle égale environ à 5. Les étoiles deviennent progressivement plus abondantes aux luminosités plus faibles, avec une abondance maximale pour $M_V = 13,6$ et qui tend à diminuer au-delà. Pour chaque étoile analogue au Soleil, il y a ainsi environ 5 étoiles 2 000 fois moins lumineuse que lui. L'étoile connue la moins lumineuse, découverte récemment, a une magnitude apparente visuelle de 19,7 et une distance de 28 années de lumière, obtenue directement par la parallaxe trigonométrique. Cette dernière observation est particulièrement remarquable car elle a été obtenue avec une bonne précision sur une durée courte de quelques mois et pour un objet très faible. Il en résulte que la magnitude absolue visuelle de l'étoile vaut 20. La température effective de l'étoile est seulement de 1 950 K (alors qu'elle est de 6 000 K pour le Soleil). Il s'agit d'une étoile froide, qui émet l'essentiel de son rayonnement dans le domaine infra-rouge. Globalement cette étoile rayonne une puissance 4 500 fois plus faible que celle du Soleil: il s'agit d'une étoile très peu lumineuse. Ses caractéristiques conduisent à conclure que cette étoile particulière est une "naine noire", c'est-à-dire un objet formé à partir d'un nuage protostellaire de masse trop faible (inférieure à 0,05 fois environ la masse du Soleil) pour que les réactions thermonucléaires puissent se déclencher dans les régions centrales comme dans une étoile classique. Un tel objet peut rayonner de l'énergie en subissant une contraction gravitationnelle lente (environ 100 millions d'années) et se stabiliser ensuite sous l'action de la pression du gaz dégénéré d'électrons qui compose alors "l'étoile". Celle-ci se refroidit alors très lentement, en devenant moins brillante.

Un recensement de ce type d'objets très peu lumineux a été développé récemment en utilisant une technique originale consistant à explorer systématiquement un champ de 15" autour d'étoiles du voisinage solaire pour détecter un excès d'infra-rouge indiquant la présence de compagnons nains rouges. La limite de détection permettait d'atteindre la magnitude absolue visuelle 20,7. Sur 107 étoiles ainsi examinées, seulement 7 montrent la présence de tels compagnons. De plus ceux-ci ne sont pas particulièrement très faibles (la magnitude absolue du plus faible est 14,7). D'autres observations indépendantes confirment également que les naines extrêmement peu lumineuses sont rares. Cette faible abondance conduit à estimer que leur contribution à la masse de la Galaxie ne peut dépasser quelques %. Ces étoiles ne pourraient donc être à l'origine d'une part importante de la masse cachée dans l'Univers. Il faut noter cependant que les observations décrites ici fournissent les luminosités des étoiles et non leurs masses. Ces dernières résultent de l'utilisation d'une relation masse-luminosité mal connue et qui pourrait être sensiblement différente pour ces étoiles non classiques.

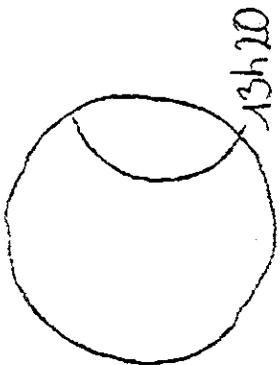
Lucette Bottinelli

L'ECLIPSE DE SOLEIL DE 1983 AU COURS PREPARATOIRE

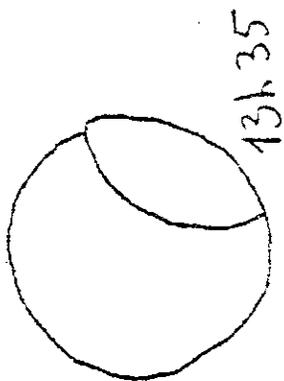
L'éclipse de soleil du 4 Décembre dessiné par Frédéric



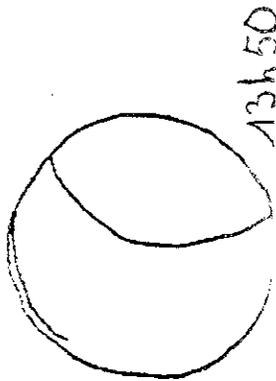
13h05



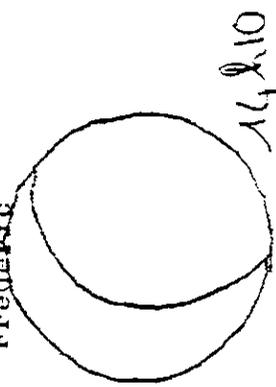
13h20



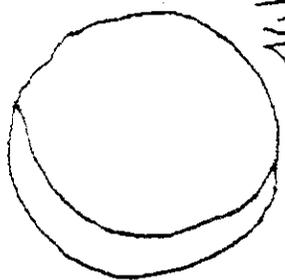
13h35



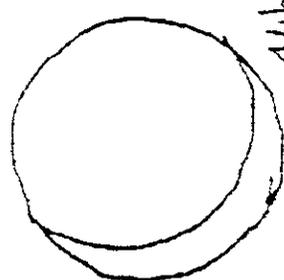
13h50



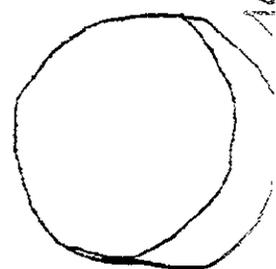
14h10



14h30



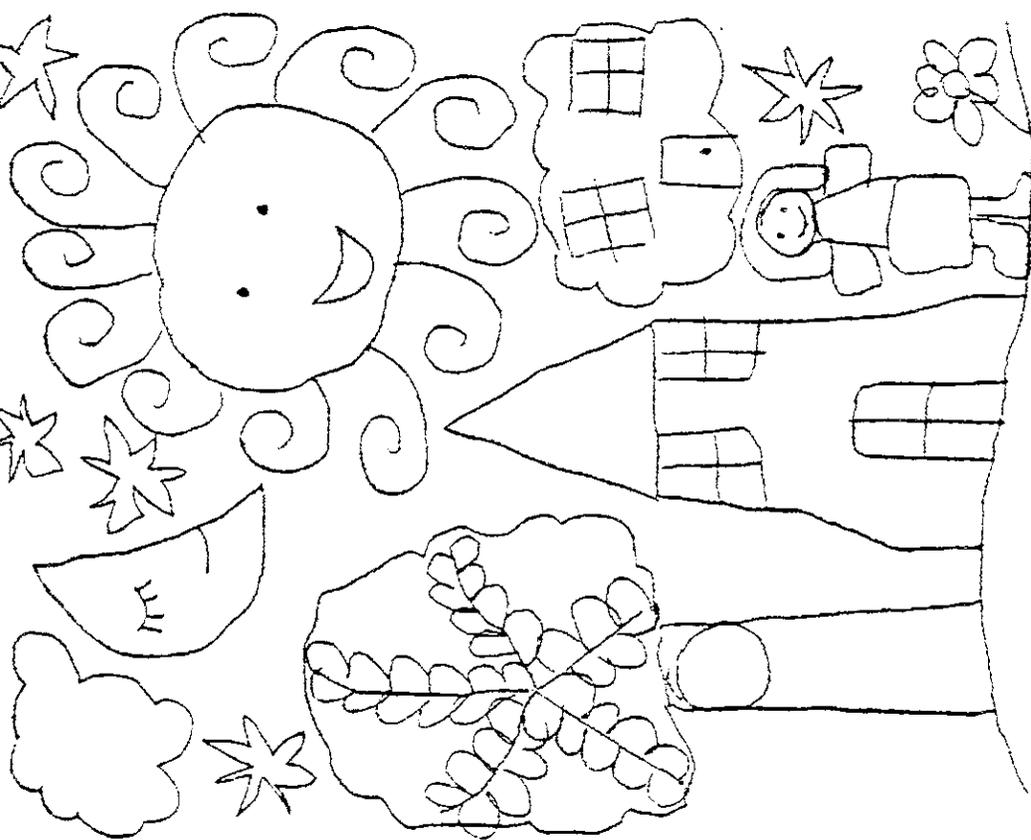
14h50



14h55

ÉCOLE FRANÇAISE DE KINSIASA

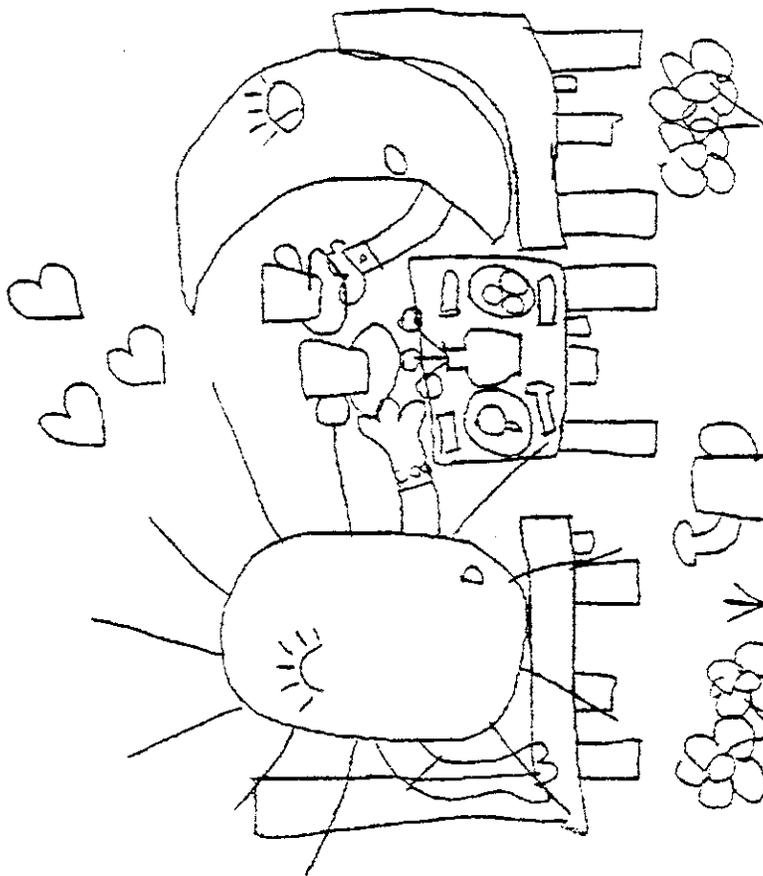
spécial éclipse de soleil 1983



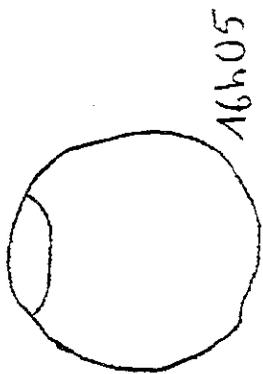
JOURNAL SCOLAIRE

COURS PREPARATOIRE

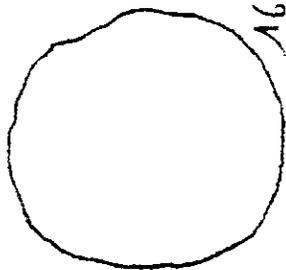
le 4 décembre, monsieur
le soleil a eu rendez-vous
avec madame la lune
pour prendre le thé...



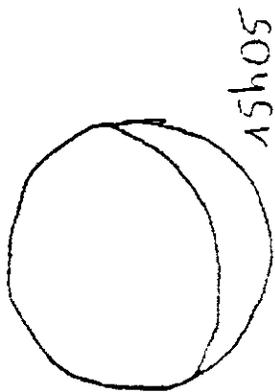
daniella



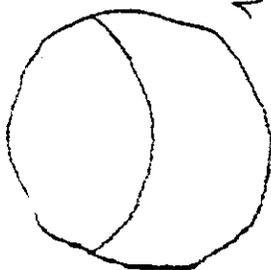
16h05



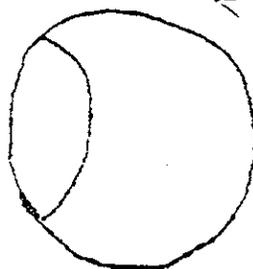
16h20



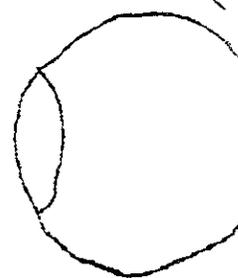
15h05



15h20



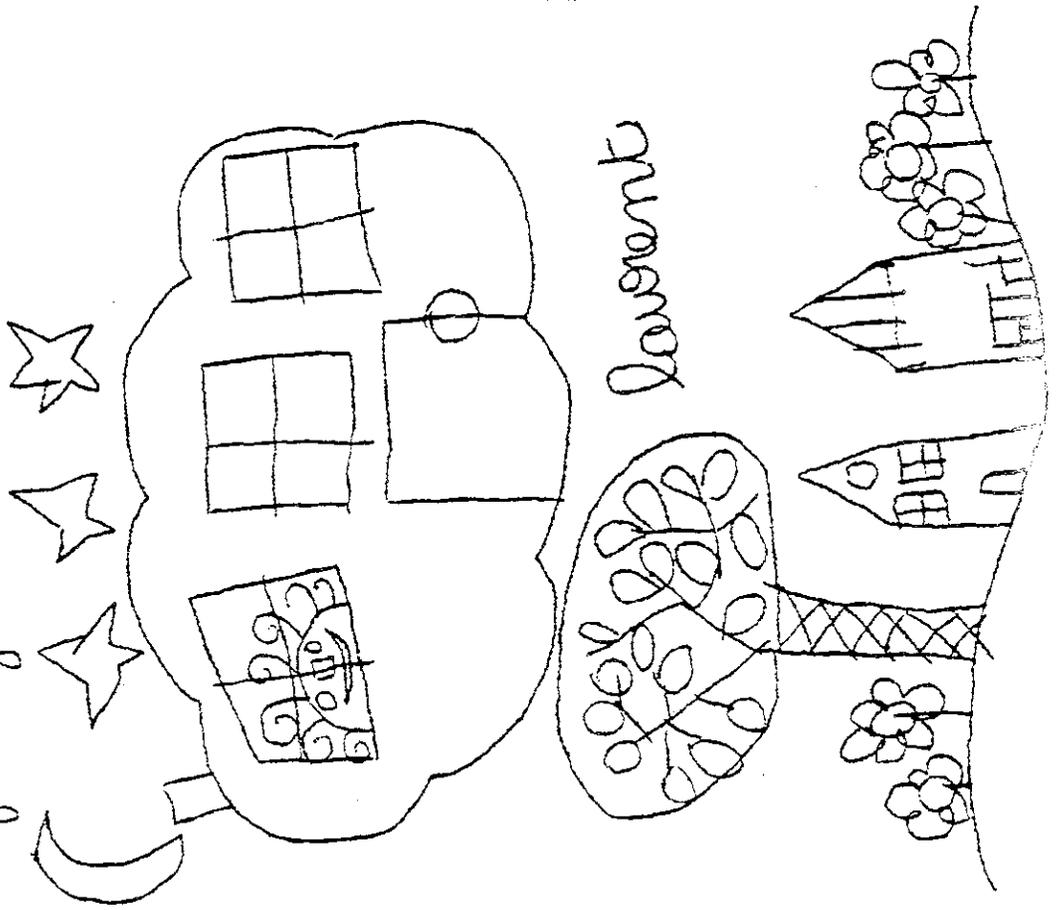
15h35



15h50

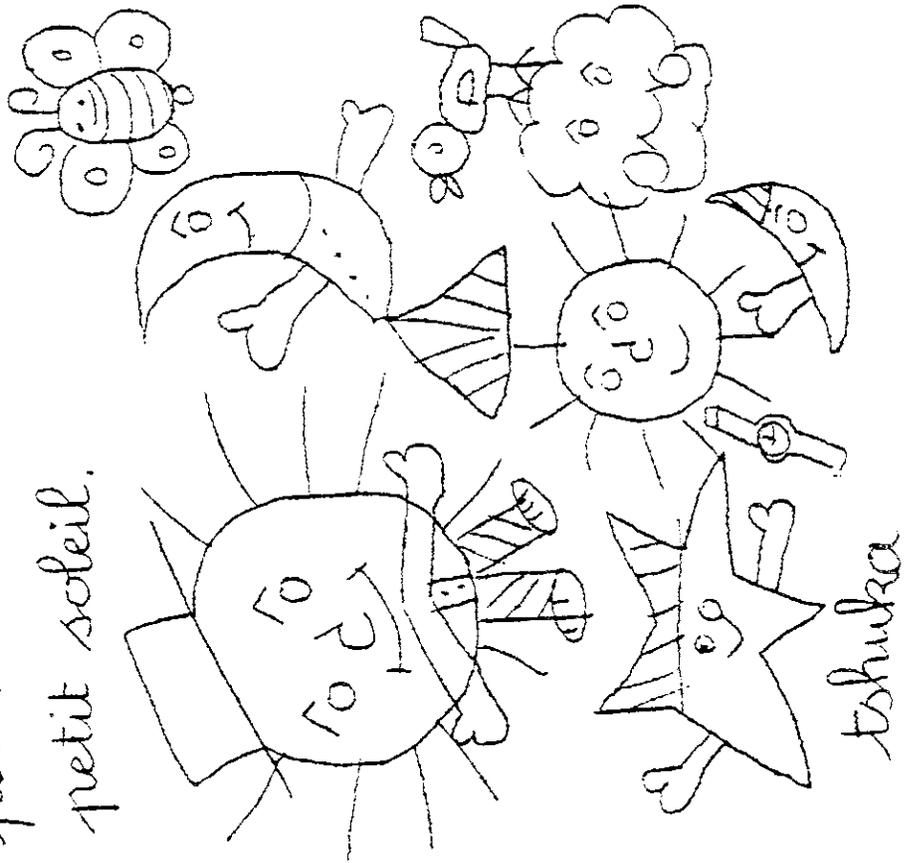
frédéric

<< j'habite dans un beau nuage, dit le soleil. quand je vais dans ma maison, il fait gris sur la terre >>

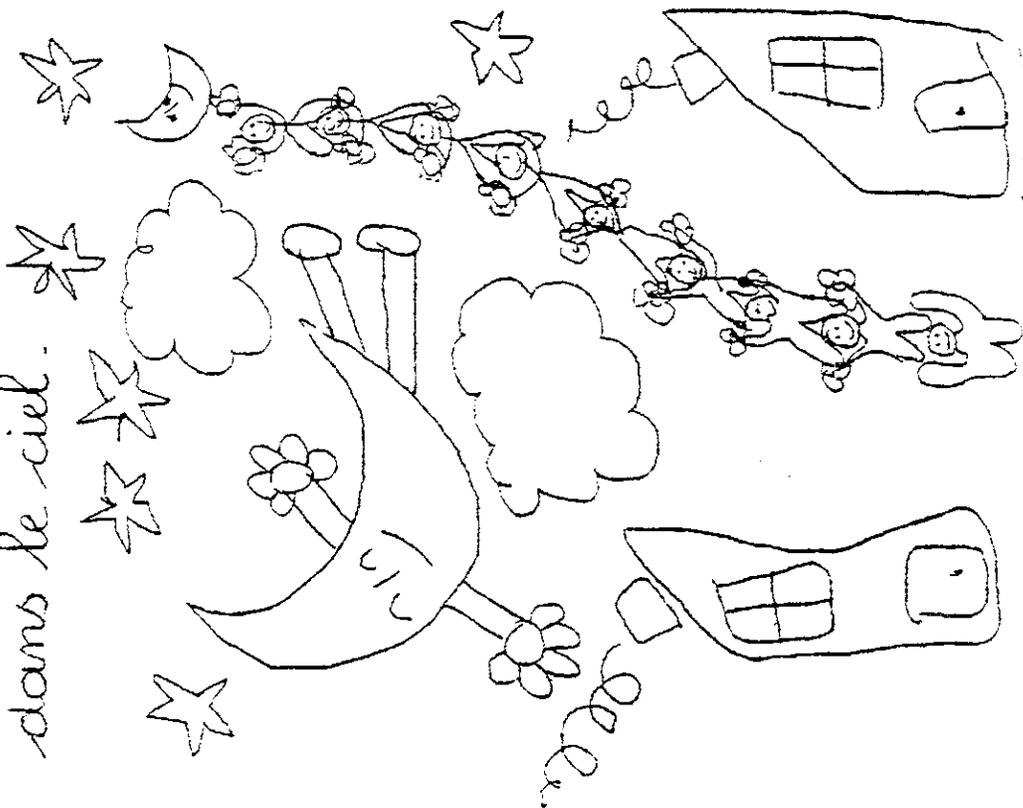


le soleil et la lune se font alors des bisous. tous les habitants du ciel viennent à leur mariage.

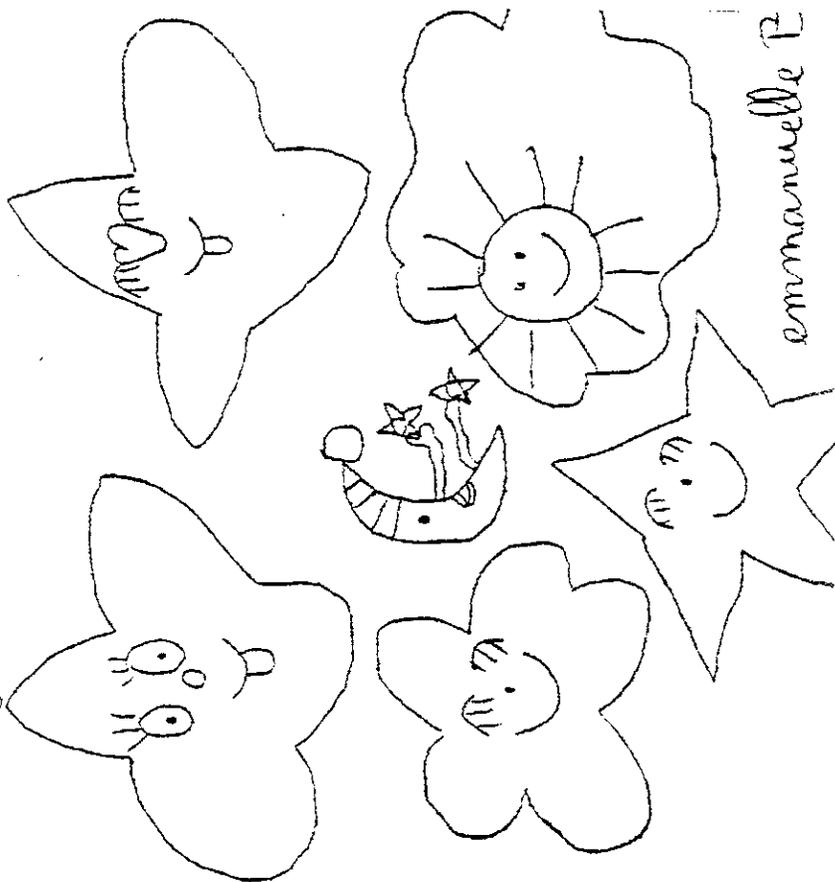
ils ont deux enfants: une petite lune « lunette » et un petit soleil.



alors, tous les enfants
de la terre se montent
sur les épaules, et font
une grande échelle pour
raccrocher la petite lune
dans le ciel.



lunette et son petit
frère jouent à cache-cache
dans les étoiles.
mais lunette glisse sur la
queue d'une étoile filante
et pataugas! elle se casse
la figure sur la terre.



emmanuelle P

Chronique du CLEA

Les abonnements aux Cahiers Clairaut Avec le numéro 25 commençait une nouvelle année des Cahiers Clairaut puisque leur rythme annuel est de quatre numéros, de même qu'il y a quatre saisons. Chaque année, c'est après la parution du numéro qui est multiple de 4 qu'il faut penser au réabonnement. Ne l'oubliez pas et plus vite vous le ferez, plus simple sera la tâche de notre secrétariat-trésorerie. Il y a mille façons de libeller le mandat : consulter le tarif et tenir compte de l'adhésion au CLEA, ajouter un montant de soutien, abonner un ami, commander les numéros anciens ou les comptes rendus des écoles d'été. Surtout profitez-en pour dire ce que vous pensez des Cahiers, posez des questions qui vous intéressent auxquelles nous nous efforcerons de répondre...

Les planétariums à Strasbourg Un colloque des planétariums européens organisé à l'initiative du planétarium de Strasbourg avec le concours du Conseil de l'Europe, a réuni cent vingt participants venus de quinze pays, les 7 et 8 mai 1984.

Parmi ces participants se sont retrouvés bien des membres du CLEA, des animateurs de planétariums qui se connaissaient et d'autres qui ne se connaissaient pas. Une équipe de Cholet prenait ainsi contact, en Alsace, avec une équipe de Nantes. Les animateurs des planétariums de Hambourg, de Vienne ou de Barcelone ont pu confronter leurs expériences avec celle de l'équipe strasbourgeoise de notre amie Agnès Acker. Un collègue de Genève a fait part de ses projets. Dans maintes villes de France, des projets mûrissent.

Quelle leçon tirer de ces échanges ? D'abord, l'accord est général sur l'appoint irremplaçable que l'outil planétarium apporte à tous ceux, astronomes professionnels ou amateurs, qui se préoccupent de diffuser les connaissances astronomiques. Ensuite, on a constaté une certaine diversité des formules d'utilisation au point de vue, soit de l'administration, soit de la pédagogie. Quand des groupes scolaires ont fait un assez long déplacement jusqu'au planétarium, il est assez naturel de leur offrir des séances assez complètes. Au contraire, avec des instruments portatifs comme le "Starlab" ou les petits planétariums, des séances courtes mais diverses permettent un enseignement qui peut être plus efficace.

De toute façon, le planétarium est un outil. Le but poursuivi est la diffusion d'une culture scientifique. Il doit y avoir un "environnement" de la séance de planétarium, une préparation, un accompagnement et une sorte de "service après séance". Ce qu'a très bien réalisé l'équipe du planétarium de Strasbourg et le colloque a trouvé sa meilleure conclusion dans une séance magnifiquement illustrée sur le Soleil.

Enfin, il faut insister sur l'effort de coopération nationale et internationale qui a motivé le colloque et que celui-ci permettra sûrement de développer. Les participants doivent donc remercier et féliciter à l'équipe strasbourgeoise des organisateurs.

L'école d'été 1984

Parce qu'elle a été reconnue "Université d'été", consécration officielle qu'il faut saluer et apprécier, l'annonce de l'école a paru dans le Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale alors que les inscriptions étaient déjà complètes. Des Collègues s'en sont étonnés. La nécessité de retenir un local suffisamment à l'avance nous contraint à ouvrir le registre des inscriptions chaque année en Janvier-février. Que les candidats déçus de 1984 se le disent en janvier 1985 !

Les stages d'Orsay

Cette année, il y a en aura deux.

Le premier, d'initiation aura lieu six mercredis du 17 octobre 1984 au 28 novembre, de 14 h à 17 h.

Le second, d'approfondissement aura lieu six mercredis à partir du 5 décembre ; de plus est également prévue une séance nocturne d'observation dont la date dépendra des conditions du ciel.

Des séances de construction d'instruments et des séances du Starlab sont également prévues.

Toutes ces séances auront lieu au laboratoire d'astronomie, bâtiment 426, université de Paris-Sud, 91405 ORSAY Cedex.

=====

COURRIER DES LECTEURS

Le club d'astronomie du lycée Branly de Dreux

Notre collègue

Gérard Frizet, qui enseigne les mathématiques au lycée Branly, nous donne de bonnes nouvelles du club qu'il a fondé.

Durant le premier trimestre 1983-84, l'IREM d'Orléans a prêté au lycée un planétarium Baader (coupole de diamètre 2,5m mouvement mécanique du Soleil et de la Lune, trajectoires apparentes des planètes inférieures). Un PAE intitulé "Connaissance de l'astronomie" a permis l'aménagement et la décoration de deux salles du lycée pouvant accueillir des groupes de 5 à 30 personnes. Des équipes enseignants-élèves (élèves de 16 à 20 ans membres du club et cinq professeurs coordonnateurs) prenaient en charge des groupes venant soit des écoles élémentaires soit des collèges de la région. Au début d'octobre, une réunion avec des enseignants autour du planétarium avait engagé la collaboration entre établissements.

Un autre PAE d'astronomie a été réalisé sous la responsabilité d'un élève de Terminale F1 pour initier une dizaine d'élèves à la photographie astronomique.

Toutes réalisations qui encouragent notre Collègue à poursuivre ces activités. Il a bien raison et nous attendons de lui d'autres échos.

Les PAE au Palais de la Découverte

Une exposition des travaux réalisés par un certain nombre de PAE a eu lieu les 19, 20 et 21 juin 1984 au Palais de la Découverte, sous l'égide de la Mission de l'Action culturelle et des Cultures et Langues régionales avec le concours de l'ANVAR (Agence Nationale de Valorisation de la Recherche) et de l'ANSTJ (Association

Nationale Sciences et Techniques Jeunesse).

Nous avons eu le plaisir d'y admirer plusieurs travaux astronomiques intéressants. A Narbonne, le lycée technique construit depuis 1982 un observatoire : en 82-83, le télescope de 318 mm ; en 83-84, la coupole et la construction d'un radio-télescope. A Rennes, le LEP Laennec a construit soixante lunettes et un télescope de 200 mm puis un "planétaire" de grande taille dans une coupole de six mètres de diamètre. Au collège de Pont-Aven on a également construit des lunettes. Au lycée international de St-Germain-en-Laye, on s'est intéressé à la télé-détection (voir à ce sujet le n°27 d'Espace Information). Un collègue de l'académie de Versailles dont je regrette d'avoir perdu l'adresse a construit avec ses petits élèves un beau cadran solaire pour orner la façade du Collège qui est heureusement plein Sud.

Il y avait aussi beaucoup de PAE qui s'intéressaient à l'énergie solaire.

Le système solaire au Palais de la Découverte En même temps que l'exposition des PAE, le Palais de la Découverte présentait la nouvelle salle consacrée à la présentation du système solaire. Notre ami Oudenot m'a permis de la visiter avant même l'inauguration par la Ministre de l'Education Nationale.

Au plafond, une belle figuration à l'échelle des orbites des planètes ; on voit très bien Mercure à un bout de la salle et Pluton à l'autre bout. Des maquettes pour les mouvements apparents de Vénus et de Mars : des petites lampes s'allument et réalisent des alignements. Des tableaux suggestifs sur la formation du système solaire. Bien sûr beaucoup de belles photos obtenues par les sondes spatiales. Mais aussi des jolies maquettes du relief de Mars. Enfin un petit planétarium pour de courtes séances d'initiation qui donneront sûrement envie d'assister aux séances du grand planétarium (qui annonce d'ailleurs très souvent complet).

Bref, une présentation rénovée qui fait bien apparaître l'actualité et les progrès de la planétologie. Rien que pour cette salle, une nouvelle visite au Palais de la Découverte s'impose.

Encore les astrologues Bernard Carbonneaux, des Ardennes, nous écrit qu'il vient de recevoir le N° 25 des Cahiers ; il trouve le sommaire très bien équilibré.

Il constate qu'à Charleville-Mézières, dans une "grande surface", il y a un seul livre d'astronomie - "Patience dans l'azur" par Hubert Reeves - pour une dizaine d'ouvrages d'astrologie. Dans son petit bourg, il est connu, non comme astronome amateur mais comme "s'occupant des extra-terrestres". Quand trouvera-t-on le moyen d'éliminer ces idées fausses, se demande notre ami ?

L'ASTRONOMIE DANS LE CALENDRIER DES PTT
A propos de l'équinoxe de printemps

On a vu que l'on pouvait s'attendre à obtenir une bonne estimation de la durée de l'année à partir du retour des saisons. En utilisant deux calendriers consécutifs, (1981 et 1982) on obtient:

saison	1981		1982		différence
printemps	20-03	17h 04	20-03	22h 57	365,2451 jours
été	21-06	11h 46	21-06	17h 23	365,2340
automne	23-09	3h 06	23-09	8h 46	365,2361
hiver	21-12	22h 51	22-12	4h 33	365,2375

Deux remarques surgissent du calcul de ces durées:

- les équinoxes et solstices ne reviennent pas aux mêmes dates
- l'année des saisons fluctue. Ici la moyenne donne 365,2382 jours.

Il est possible d'expliquer la première remarque de façon relativement simple. Avec une année civile de 365 jours, notre calendrier se décale d'environ 6 heures par an sur le déroulement des saisons. Ainsi le solstice d'hiver qui a eu lieu le 21 décembre 1981 vers 23h, le 22 décembre 1982 vers 5h, aura lieu le 22 vers 11h en 1983 et vers 17h en 1984. Mais 1984 est bissextile, il y a avance de 1 jour pour les phénomènes par rapport à leur date, ainsi l'hiver aura lieu non pas le 22 décembre 84 vers 17h, mais le 21; et ainsi de suite.

Pour comprendre le second phénomène on est tenté de calculer la valeur moyenne de l'année des saisons sur plusieurs années.

année	date et heure du printemps		durée de l'année des saisons
1973	20 - 03	18h 13	365,2460 jours
1974	21 - 03	0h 07	365,2431
1975	21 - 03	5h 57	365,2450
1976	20 - 03	11h 50	365,2451
1977	20 - 03	17h 43	365,2440
1978	20 - 03	23h 34	365,2419
1979	21 - 03	5h 22	365,2413
1980	20 - 03	11h 10	365,2458
1981	20 - 03	17h 04	365,2444
1982	20 - 03	22h 56	365,2382
1983	21 - 03	4h 39	
	<u>moyenne</u>		<u>365,2434</u>

Parmi tous les phénomènes qui affectent l'année des saisons, deux sont particulièrement importants et méritent d'être cités. D'abord la nutation, due au mouvement de la Lune, affecte les dates des solstices et des équinoxes de plus ou moins 10 min. , soit 0,007 jours. L'écart varie de façon sinusoïdale sensiblement sur une période de 18,6 ans. D'autre part, ce n'est pas la Terre qui décrit une trajectoire elliptique autour du Soleil, mais le centre de gravité du système Terre-Lune.

Cette remarque peut conduire à une estimation de la masse de la Lune à partir du calendrier des postes, ce qui est une utilisation pour le moins inattendue. Entre 1981 et 1982, nous avons une année nettement plus courte que la moyenne:

$$365,2434 \text{ j} - 365,2382 = 0,0052 \text{ j soit } 7,5 \text{ min}$$

Sur une année l'effet de nutation est pratiquement constant et on peut attribuer l'écart constaté à la position relative de la Terre par rapport au centre de masse du sys-

L'Equation de KEPLER

1- Le problème de Kepler

Après avoir longuement cherché (8 ans) à comprendre le mouvement de la planète Mars, et l'avoir fait "prisonnier" (sic), Johannes KEPLER écrit, à la fin de son livre "Astronomia Nova", en 1609:

"J'exorte les géomètres, afin qu'ils résolvent pour moi ce problème: partager, dans un rapport donné, l'aire du demi-cercle à partir d'un point quelconque du diamètre. Il me suffit de croire que, à cause de l'hétérogénéité de l'arc et du sinus, ce problème ne peut être résolu a priori.

"Quiconque aura montré le chemin (pour le faire) sera pour moi un grand Apollonius."

Cf. "Astronomia Nova", trad. J. Peyroux, Ed. Blanchard (p.384)

Cf. "La Révolution astronomique", A. Koyré, Ed. Hermann (p.280)

Cet énoncé s'appelle "le problème de Kepler". L'équation qui le formule (presque) est dite "équation de Kepler". Celle-ci est fondamentale pour étudier un mouvement "keplerien". C'est dire son importance en mécanique céleste!..

De quoi s'agit-il ?

Grâce aux mesures des positions de Mars dues à Tycho-Brahé, précises à 1' près, Kepler est amené à abandonner les orbites circulaires d'Eudoxe, Aristote, Ptolémée, et Copernic, au profit des orbites elliptiques autour du Soleil.

C'est une "révolution"...

Mais le mouvement elliptique n'est pas simple à analyser (à son époque), et il a encore besoin du cercle.

Considérons donc (fig.1) un cercle de centre C et de rayon $CP_0 = a$. La planète P (Mars) décrit une ellipse de même grand-axe autour du Soleil S.

Soit P' le point du cercle qui se projette en P sur l'ellipse perpendiculairement à A_0P_0 .

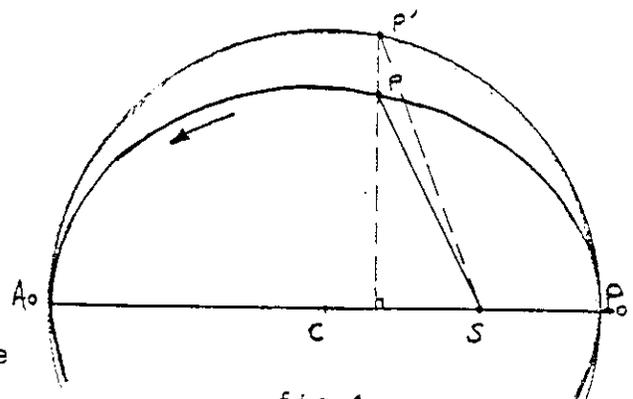


fig.1

Kepler cherche à évaluer l'aire (P_0SP) , limitée par l'arc de l'ellipse, car il a établi que le mouvement de Mars s'effectue autour de S suivant la "loi des aires".

On peut calculer l'aire (P_0SP) si on sait calculer l'aire (P_0SP') . Mais S est un point du diamètre, différent du centre C.

D'où le problème posé par Kepler.

L'étude de ce problème nous fournira les équations de base du mouvement keplerien, c'est à dire nous permettra de positionner la planète sur son orbite elliptique à un instant donné.

2- Rappels sur des propriétés de l'ellipse.

Soit (fig.2) une ellipse de centre C et d'axes $AA'=2a$ et $BB'=2b$. Le point S est un des foyers, et le rapport CS/CA est l'excentricité e. D'où $CS=ae$.

— L'ellipse est l'ensemble des points M tels que $MS+MS'=Cste$. Il est facile de voir que si M est en A :

$$AS+AS'=(a-ae)+(a+ae)=2a=Cste$$

L'ellipse est donc définie par les deux nombres a et e.

Dans le triangle BCS, on peut écrire: $BS^2 = b^2 + a^2 e^2$. Or $BS=a$ d'où: $b/a = \sqrt{1-e^2}$

— Propriété projective.

On démontre que l'ellipse est la projection du cercle sur un diamètre dans le rapport b/a constant. L'aire possède également cette propriété:

$$\begin{aligned} \text{Aire de l'ellipse} &= \text{Aire du cercle} \times b/a \\ &= \pi a^2 \times b/a \\ &= \pi ab = \pi a^2 \sqrt{1-e^2} \end{aligned}$$

— Cercle et ellipse.

Si $e=0$, S est en C : l'ellipse est un cercle.

Si $e=1$, S est en A : l'ellipse est une parabole.

Donc pour l'ellipse: $0 \leq e < 1$

L'écart relatif du cercle à l'ellipse est $BA_1/CA_1=1-b/a$. Dans le cas de la Terre, $e=0,016$; l'écart est de 0,13mm pour un rayon de 1 m, donc contenu dans le trait de crayon... Pour Mars, $e=0,093$ et l'écart atteint 4mm pour 1m de rayon.

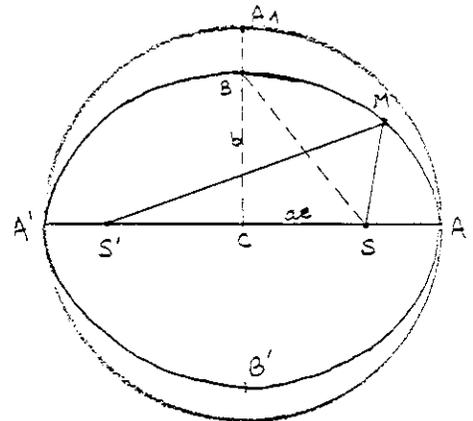


fig.2

B- Calcul de l'aire cherchée.

a). Notations utilisées. (fig.3)

- $a = CP_0$: demi grand-axe (=CP')
 - e : excentricité ($ae = CS$)
 - $r = SP$: rayon-vecteur
 - $u = (\overrightarrow{CP_0}, \overrightarrow{CP'})$: anomalie excentrique
 - $v = (\overrightarrow{SP_0}, \overrightarrow{SP'})$: anomalie vraie
 - T : période de révolution (durée)
- Le terme "anomalie" pour désigner les angles est dû à Ptolémée.

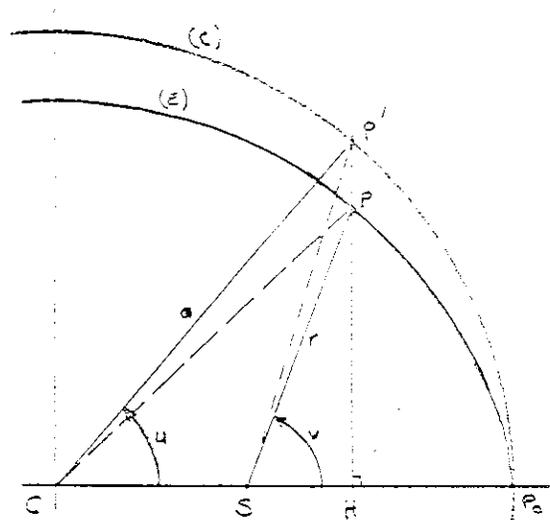


fig.3

b). Problème de Kepler

Avec ces notations, on cherche à placer le point P' sur le cercle (donc l'angle u) tel que l'aire du secteur circulaire (P_0SP') soit une fraction donnée de l'aire du demi-cercle ($\frac{\pi}{2}a^2$).

c). Calcul des aires.

On écrira ici entre parenthèses les aires des triangles, curvilignes ou non.

- Secteur circulaire P_0CP'
 $(P_0CP') = \frac{1}{2} \cdot P_0C \cdot \widehat{P_0P'} = \frac{1}{2} a^2 u$ (u est en radians)
- Triangle CSP'
 $(CSP') = \frac{1}{2} \cdot CS \cdot P'H$ Or $P'H = a \cdot \sin u$
 $= \frac{1}{2} \cdot a^2 e \cdot \sin u$
- Secteur P_0SP' : par différence
 $(P_0SP') = (P_0CP') - (CSP')$
 $= \frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot (u - e \cdot \sin u)$
- Secteur elliptique P_0SP
 En utilisant la propriété projective dans le rapport b/a :
 $(P_0SP) = (P_0SP') \times b/a$ et $b/a = \sqrt{1-e^2}$
 $= \frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot \sqrt{1-e^2} \cdot (u - e \cdot \sin u)$

d). Loi des aires.

Kepler a montré empiriquement (cf. "Astronomia Nova") que l'aire du secteur elliptique (P_0SP) est proportionnelle à la durée du parcours $\widehat{P_0P}$ de la planète sur son orbite.

Suivant cette loi des "aires", on peut écrire:

$$(P_0SP) = S(t) = A \cdot t + B \quad \text{Déterminons les coefficients A et B.}$$

Soit t_0 la date du passage au périhélie P_0 . Donc $S(t_0) = 0$

Après un tour complet (une révolution), l'aire est celle de l'ellipse entière; d'où $S(t_0 + T) = \pi ab = \pi a^2 \cdot \sqrt{1-e^2}$

$$\text{D'où finalement: } S(t) = \pi a^2 \sqrt{1-e^2} \cdot \frac{(t-t_0)}{T}$$

e). Equation de Kepler

En égalant les deux expressions de l'aire (P_0SP), on obtient:

$$1/2 \cdot a^2 \cdot \sqrt{1-e^2} \cdot (u - e \cdot \sin u) = a^2 \cdot \sqrt{1-e^2} \cdot \frac{(t-t_0)}{T}$$

ou, après simplification:

$$u - e \cdot \sin u = \frac{2\pi}{T} \cdot (t-t_0)$$

On pose $M = \frac{2\pi}{T} \cdot (t-t_0)$. C'est l'anomalie moyenne, car elle fait intervenir la période de révolution T et croît proportionnellement au temps.

On obtient donc l'équation:

$$\boxed{u - e \cdot \sin u = M} \quad (\text{EK})$$

dite "équation de Kepler".

Le problème de Kepler consiste donc à déterminer l'angle u tel que (EK) soit vérifiée, avec e et M donnés ($0 < e < 1$ et $0 < M < 2\pi$).

Comme u et $\sin u$ sont de "genres" différents, l'équation ne peut être résolue analytiquement (exactement).

4- Autre méthode pour établir (EK)

a). Force centrale

Newton a étudié le mouvement d'une planète de masse m sous l'action d'une force centrale d'attraction $\vec{F} = -K \cdot m \cdot \frac{\vec{r}}{r^3}$ ($K > 0$).

L'énergie E de la planète est constante car cette planète ne subit aucune autre action que celle due au Soleil S . Cette énergie dépend des conditions initiales du mouvement (distance r_0 et vitesse \vec{V}_0)

Le mouvement est plan, et tel que $\boxed{r^2 \cdot \frac{dv}{dt} = C}$ (Constante des aires).

$$\text{On pose: } \begin{cases} p = C^2 / K & \text{et} \\ e = \sqrt{1 + \frac{2E \cdot C^2}{m \cdot K^2}} \end{cases}$$

Si $V_0^2 < 2 \cdot K / r_0$, l'énergie E est négative et $e < 1$. La trajectoire est alors une ellipse d'excentricité e . (On se reportera à un cours de Mécanique pour les détails).

Dans ce cas, l'équation polaire de la trajectoire $r(v)$ est:

$$\boxed{r = \frac{p}{1 + e \cdot \cos v}} \quad \text{avec} \quad \boxed{p = a \cdot (1 - e^2)}$$

l'angle v étant nul à l'instant $t=0$

La vitesse aréolaire est $1/2 \cdot r^2 \cdot \frac{dv}{dt}$
C'est la vitesse de modification de l'aire hachurée (fig.4)

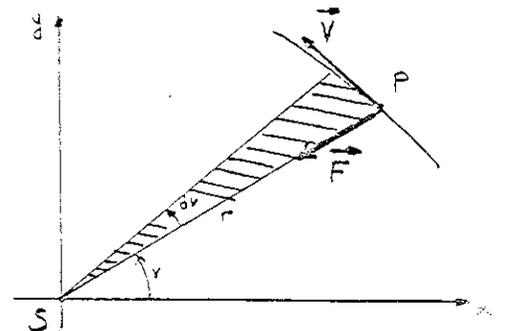


fig.4

b). Calcul de C

Voici deux méthodes permettant de déterminer la valeur de C .

1-Par l'aire de l'ellipse:

On intègre directement l'équation $r^2.dv = C.dt$

$$A = 1/2 \cdot \int_0^{2\pi} r^2.dv = 1/2 \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} C.dt$$

soit: $A = \pi ab = 1/2 \cdot C \cdot T$ où T est la période de révolution.

$$\text{d'où: } C = \frac{2\pi a^2 \cdot \sqrt{1-e^2}}{T}$$

2-Par calcul d'intégration:

avec $r = \frac{a \cdot (1-e^2)}{1+e \cdot \cos v}$ et $r^2.dv = C.dt$

$$\text{soit } a^2 \cdot (1-e^2)^2 \cdot \int_0^{2\pi} \frac{dv}{(1+e \cdot \cos v)^2} = C \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} dt$$

$$\text{Or } \int_0^{\pi} \frac{dv}{(1+e \cdot \cos v)^2} = \frac{\pi}{(1-e^2)^{3/2}} \quad (\text{poser } x = \text{tg} \frac{v}{2})$$

d'où la même valeur de C: $C = 2\pi/T \cdot a^2 \cdot \sqrt{1-e^2}$

c). Recherche de (EK).

1-On cherche d'abord à exprimer r et v en fonction de u seul.

D'après la fig.3 : $\begin{cases} r \cdot \cos v = a \cdot \cos u - ae & (1) \\ r \cdot \sin v = a \cdot \sin u \cdot \sqrt{1-e^2} & (2) \end{cases}$

En élevant (1) et (2) au carré, et avec la condition $r \geq 0$:

$$\boxed{r = a \cdot (1-e \cdot \cos u)} \quad (3)$$

Par rapport direct de (1) et (2) :

$$\text{tg } v = \frac{\sqrt{1-e^2} \cdot \sin u}{\cos u - e}$$

Il est possible de trouver une "meilleure" relation v(u):

En effet:

$$(1) \text{ donne } r \cdot (\cos^2 \frac{v}{2} - \sin^2 \frac{v}{2}) = a \cdot (\cos u - e)$$

$$(3) \text{ donne } r \cdot (\cos^2 \frac{v}{2} + \sin^2 \frac{v}{2}) = a \cdot (1-e \cdot \cos u)$$

En utilisant l'angle moitié u/2 ,et somme et différence de ces relations:

$$2r \cdot \cos^2 \frac{v}{2} = 2a \cdot (1-e) \cdot \cos^2 \frac{u}{2} \quad (4)$$

$$2r \cdot \sin^2 \frac{v}{2} = 2a \cdot (1+e) \cdot \sin^2 \frac{u}{2} \quad (5)$$

d'où finalement: $\boxed{\text{tg} \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \cdot \text{tg} \frac{u}{2}}$ (6)

Cette relation nous sera utile pour trouver v quand (EK) aura "sorti" u.

2-Calculons dv/du en différenciant la relation (6):

$$\frac{dv}{du} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \cdot \frac{\cos^2 \frac{v}{2}}{\cos^2 \frac{u}{2}}$$

Mais, d'après (4): $\frac{dv}{du} = \frac{a}{r} \cdot \sqrt{1-e^2}$ et $= \frac{\sin v}{\sin u}$ d'après (2)

$$\text{d'où } \frac{dv}{du} = \frac{\sin v}{\sin u} \quad (7)$$

3-Cherchons finalement du/dt , avec la loi des aires:

$$\frac{du}{dt} = \frac{du}{dv} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{\sin u}{\sin v} \cdot \frac{C}{r^2} = \left(\frac{2\pi \cdot a^2}{T \cdot r^2} \cdot \sqrt{1-e^2} \right) \cdot \left(\frac{r}{a \cdot \sqrt{1-e^2}} \right) = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{a}{r}$$

Or, d'après (3) : $\frac{a}{r} = \frac{1}{1-e \cdot \cos u}$

On a finalement; en séparant les variables:

$$(1-e \cdot \cos u) \cdot du = 2\pi/T \cdot dt$$

que l'on intègre de t_0 à t (et de 0 à u):

$$\boxed{u - e \cdot \sin u = 2\pi/T \cdot (t - t_0) = M}$$

C'est (EK).

Cette recherche (un peu longue) nous a fourni deux relations importantes pour la suite:

$$\boxed{r = a \cdot (1 - e \cdot \cos u)} \quad (3)$$

$$\boxed{\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \cdot \operatorname{tg} \frac{u}{2}} \quad (6)$$

d). Remarque

Il est important de noter que Kepler et Newton ont des démarches différentes. Kepler utilise uniquement des raisonnements géométriques concernant l'ellipse et "sa" loi empirique (et purement géométrique) des aires. Newton au contraire utilise une loi physique (qu'il a par ailleurs découverte !) et des raisonnements géométriques.

Kepler a ouvert la voie...

(... à suivre)

Michel TOULMONDE (EN d'Etiolles)

DES NOUVELLES DE PIONNIER 10

Le 13 juin dernier, la sonde américaine Pionnier 10 a atteint la distance de 30,3 u.a. du Soleil, devenant ainsi plus éloignée de lui que les 9 planètes du système solaire. A cette distance, tout signal électromagnétique met 4h 20 min pour atteindre la Terre. A la vitesse avec laquelle la sonde s'éloigne, ce retard augmente d'une minute tous les 4 jours.

ASTRONOMIE ET PHILOSOPHIE

V- Les tentatives métaphysiques en cosmologie

Nous reprenons l'histoire de la cosmologie vers les années 1930. A cette époque, Einstein a depuis longtemps déjà renoncé au rêve d'un modèle d'univers unique et déduit des seules équations du champ de gravitation. Hubble a découvert le royaume des galaxies puis leur récession générale traduisant l'expansion de l'univers. C'est là, bien évidemment, la découverte du siècle la plus riche de connaissance, quelque chose d'aussi fondamental, d'aussi structural que la loi d'inertie.

Doit-on voir en effet dans le mouvement rectiligne et uniforme de la masse libre un mouvement particulier ou bien une structure de l'univers que nous analysons en terme d'espace et temps ? Pensez-vous quelquefois que la force d'inertie qui vous projette en avant, lors d'un coup de frein un peu violent, est en fait seulement la manifestation de l'interaction de votre corps avec l'univers tout entier ?

Doit-on de même étudier l'expansion de l'univers comme un mouvement de fuite de toutes les galaxies les unes par rapport aux autres ou comme une structure de l'univers lui-même, analysée aussi en termes d'espace et de temps ? Telle semble bien être la question fondamentale de la cosmologie.

Mais dans l'attente d'une analyse plus profonde de la question, rappelons la multiplicité contenue dans le modèle dynamique le plus général d'univers et la déception dont il entourait la solution cosmologique. Tous les types étaient dans ce modèle de Robertson: des espaces finis ou infinis, recouvrant l'infinitude du temps ou bien présentant, avec une explosion primordiale, une origine temporelle.

C'est donc l'époque où par réaction l'on vit fleurir maints essais cosmologiques basés sur des principes différents de ceux d'Einstein. Nous ferons, à quelques uns d'entre eux une place particulière, à cause de leur originalité ou de leur importance scientifique ou philosophique.

C'est ainsi que se détache le très extraordinaire exposé de Milne qui pose comme seule réalité dans un monde d'apparences le passage du temps et qui cherche à substituer en quelque sorte à l'objectivité spatio-temporelle habituelle une intersubjectivité d'observateurs fondamentaux, dotés de la conscience du temps qui passe et reliés par des signaux lumineux qui réalisent la correspondance entre leurs échelles de temps individuelles.

Naturellement, si les êtres humains sont de tels observateurs, tous ne sont pas nécessairement des êtres vivants et pensants. Ainsi, un atome d'hydrogène qui émet la radiation $H\alpha$ de l'hydrogène réalise à sa manière une échelle de temps local que le signal lumineux reçu de la lointaine galaxie permet de comparer à notre propre échelle de temps.

Il faut alors rendre hommage à la virtuosité mathématique de Milne qui analysa, par la théorie des groupes, ces correspondances entre les différentes échelles de temps et déduisit de tout cela son modèle d'univers dont la métrique apparaissait curieusement comme un cas particulier des modèles de la relativité générale einsteinienne. L'expansion de l'univers s'y traduit très simplement: les termes spatiaux de la métrique, qui traduisent la géométrie de l'espace, comportent en facteur la variable t , temps de l'observateur fondamental. D'esprit profondément religieux, Milne voulut voir dans ce résultat le premier essai de cosmologie scientifique compatible avec le dogme chrétien. En effet, en $t=0$, l'univers n'existe pas puisque toute la géométrie s'annule avec le facteur t . Pour Milne, la solution $t=0$ représente l'acte de création divine, transcendant à la raison humaine. C'est une véritable origine du temps et de l'espace qui existent par contre à tout instant postérieur à $t=0$ et permettent alors la description rationnelle de l'univers dans le cadre de ses structures créées.

La géométrie de l'univers de Milne est euclidienne et son espace est donc

infini mais chaque observateur ne peut y explorer qu'une sphère, dont le rayon est le produit de la vitesse de la lumière par l'âge actuel de l'univers. Ce produit est en effet la distance parcourue par la lumière depuis le temps zéro qui est, en tant qu' instant de création, une limite des observables. Le modèle de Milne aurait eu, sans doute, une grande portée si Robertson, une fois de plus, n'avait démontré sa non-unité. En fait, des hypothèses initiales, il montra qu'on pouvait déduire non seulement le modèle de Milne mais tous les modèles dynamiques de la relativité générale einsteinienne. Nouvelle déception peut-être d'où émergeaient de bien faibles consolations: la souplesse des équations de la relativité générale à recouvrir les hypothèses les plus variées et une certaine confirmation des idées philosophiques, sinon religieuses, de Milne que l'univers est un monde d'apparences que des hypothèses aussi diverses que la loi de gravitation ou la correspondance entre échelles de temps peuvent décrire finalement en termes mathématiques identiques.

Une autre approche de la solution cosmologique fut essayée par l'illustre physicien Dirac en recherchant systématiquement un rapprochement entre la cosmologie, étude de l'infiniment grand, avec la microphysique, étude de l'infiniment petit. Le point de départ de ces considérations avait été déjà posé depuis longtemps par Eddington qui s'était intéressé aux grands nombres sans dimensions. Il va de soi qu'une longueur, par exemple, sera mesurée par un nombre aussi grand que l'on voudra à condition que l'on choisisse une unité de mesure assez petite. Cela est sans intérêt. Mais le rapport de deux grandeurs physiques de même nature est indépendant des unités, c'est un nombre sans dimensions qui n'est jamais très grand. C'est alors une chose surprenante de trouver un rapport fantastique, de l'ordre de 10^{40} , entre la force électrostatique et la force gravitationnelle de deux électrons en présence. C'est aussi une chose surprenante de retrouver ce même rapport, 10^{40} , entre le rayon de l'univers d'Einstein et la plus petite distance atomique que l'on sache exister. Même si l'univers statique d'Einstein n'est pas représentatif de l'univers en expansion, il est une bonne représentation d'un modèle fermé en expansion à l'instant actuel. Et Eddington voyait dans cette similitude de ces grands nombres une preuve de la finitude de l'espace. Certes, il est dangereux de trop jouer avec les nombres; on tombe vite dans le piège attirant de la science ésotérique. Que n'a-t-on pas fait dire aux dimensions des grandes pyramides ? Mais des Eddington ou des Dirac avaient trop de sens physique pour risquer à ce jeu plus que des hypothèses et c'est avec une grande sagesse que Dirac vit dans les grands nombres la signature de l'âge de l'univers.

Ces grands nombres sont inexplicables autrement. Pour Dirac, les nombres sans dimensions sont en effet de deux sortes: les uns sont de l'ordre de l'unité; ils sont, ou comportent, les constantes fondamentales de la physique, invariantes avec le temps cosmique. Les autres sont des grands nombres; ils dépendent directement du temps cosmique. Ainsi Dirac pose son "principe fondamental". Deux grands nombres sont reliés par une relation simple avec des coefficients de l'ordre de 1. Puisque certains dépendent du temps cosmique, tous en dépendent. L'existence de grands nombres traduit donc à la fois une évolution de l'univers et une origine à cette évolution. Mais contrairement à Eddington, qui, comme nous le rappelions plus haut, avait cru déduire de ces grands nombres la finitude de l'espace, Dirac déduit, au contraire, de son principe l'infinitude de l'univers. En effet, si l'univers était fini, sa masse devrait être constante or, exprimée en masse atomique, ce serait un grand nombre qui devrait au contraire, d'après le principe de Dirac, varier au cours du temps.

Curieuse époque d'incertitude cosmologique où l'on vit ainsi les passions religieuses et philosophiques s'immiscer dans les problèmes scientifiques; où l'on vit Dingle traiter la théorie de Milne de "cosmolâtrie" parce que celui-ci avait posé a priori l'infinitude de l'espace, comme la seule hypothèse, selon lui, compatible avec la majesté de Dieu, cependant qu'un abbé Lemaître cherchait, dans l'hypothèse de la désintégration d'un Atome Unique, l'explication de l'explosion primordiale de l'univers, préférant ainsi une hypothèse scientifique à toute allusion au dogme religieux, dans le souci d'éviter, disait-il, toute familiarité avec Dieu. C'était l'époque aussi où les plus grands noms de la recherche physique s'adonnaient aux découvertes de coïncidences entre les grands nombres cosmiques, tels des alchimistes se livrant à quelque exercice de magie. Il était grand temps qu'un vent de positivisme soufflât à nouveau sur l'esprit de la recherche pour faire taire les querelles et reposer le problème cosmologique en termes précis.

Henri Andriolat

++++++
| Lectures pour la Marquise et pour ses amis |
++++++

Le grand siècle de la physique

C'est évidemment le nôtre et en dresser un panorama historique est une tâche bien difficile. Tentée pourtant par Emilio Segré dans le livre qui vient de paraître en français sous le titre Les physiciens modernes et leurs découvertes et le sous-titre très évocateur "Des rayons aux quarks".

Livre passionnant. Sujet important entre tous : depuis 1895 et la découverte de la radioactivité, la physique a complètement changé de visage, même pour qui ne la considère que de l'extérieur, par ses applications par exemple. Pour qui cherche à en comprendre les nouveaux concepts, ce n'est plus seulement le visage mais tout le corps qui a subi, qui subit encore, qui vit une véritable révolution ; le coeur newtonien qui donnait à la description du monde une certaine sérénité a fait place à un organe bien plus complexe, imaginé par des ingénieurs nombreux et divers. Citer les noms des plus prestigieux, les Curie, Planck et Einstein ne suffit pas, il y a la foule de tous les autres dont les travaux furent essentiels et dont il faudrait comprendre la portée.

Emilio Segré a donc entrepris de nous raconter cette révolution. Il a, pour le faire, la compétence d'un participant actif, participation qui lui a valu le prix Nobel de physique en 1959 (pour la découverte de l'antiproton), qui lui a surtout permis de fréquenter maints savants ayant contribué à cette grande oeuvre jamais achevée. Car s'il y a une révolution permanente, c'est bien celle de la physique.

La compétence indéniable de l'auteur n'est pourtant pas suffisante par elle-même. S'adresser au vaste public des non-spécialistes -le cas pour ce livre - requiert aussi des qualités particulières de vulgarisateur. Sur ce plan, l'ouvrage de Segré est un peu décevant. L'auteur n'a pas toujours su ou pu choisir entre écrire l'ouvrage historique, - ce qui exigeait de n'oublier personne parmi les découvreurs -, et l'ouvrage de vulgarisation ce qui aurait demandé l'omission délibérée de certains détails un peu techniques pour mieux faire ressortir les grandes idées. Le renvoi à une dizaine d'appendices ne satisfera que les physiciens. Par contre, les deux index de noms et de sujets, les abondantes indications bibliographiques seront appréciées de tous les lecteurs.

Car, ces réserves faites qui rappellent seulement que la perfection en bonne vulgarisation scientifique n'existe pas, je maintiens que l'histoire est passionnante et vaut d'être lue avec attention. Rappelez-vous dans quelle quiétude s'achevait le XIX ème siècle, je parle des sciences physiques. Les modèles restaient la mécanique de Newton et les équations de Lagrange, en électromagnétisme les équations de Maxwell. L'Univers et ses phénomènes baigâient dans un espace euclidien, familier depuis la classe de Quatrième et donnant l'impression de la stabilité bourgeoise. En chimie, le tableau périodique des éléments de Mendelév, s'il était un rien mystérieux, rendait très bien

compte des faits connus. On pouvait se gausser des alchimistes du Moyen Age, même si la théorie atomique restait contestée par certains savants du genre Saint-Thomas qui refusaient l'atome pour ne l'avoir jamais vu. Et voilà que tout ce beau système va être ébranlé en quelques années.

En 1887, un avertissement sans frais : l'expérience de Michelson-Morley prouve l'invariance de la vitesse de la lumière dans tout référentiel inertiel. C'est en contradiction avec la composition newtonienne des vitesses. Puis de 1895 à 1900, le grand ébranlement, la découverte des rayons cathodiques (des rayons corpusculaires), des rayons X, de la radioactivité, des transmutations. Les théoriciens s'en mêlent. Planck quantifie l'énergie, il y a des grains d'énergie comme il y a des grains de matière. Einstein entame une critique fondamentale de la mécanique de Newton qui commence par la critique de la notion de simultanéité et se prolongera par une théorie de la gravitation liée à l'utilisation d'un espace non-euclidien. Ainsi, le résultat de l'expérience de Michelson n'est plus déroutant...

Il n'est évidemment pas question de résumer ici le livre de Segré dont je n'ai évoqué jusqu'ici que les premiers chapitres. Disons qu'ensuite, les choses ont tendance à se compliquer. En 1932, des bouleversements renouvellent ceux de 1895 : cette année-là voit la découverte du neutron, du positron, du deutérium, de la radioactivité artificielle. Chaque découverte apporte son lot de réponses à des problèmes plus ou moins anciens et pose de nouvelles questions aussi bien aux théoriciens qu'aux expérimentateurs. Telle est la vie de la science, avec la coopération finalement fructueuse, même si elle n'est pas toujours facile, entre savants plus portés vers l'élaboration de grandes théories explicatives et ceux qui sont de plus habiles expérimentateurs, soucieux de vérifier ce que les théoriciens avancent parfois avec audace. Collaboration que le théoricien Einstein exprime ainsi: "Il n'y a pas à envier le théoricien. Parce que la Nature, ou plus précisément l'expérience, est pour son travail un juge inexorable et pas très amical. Elle ne dit jamais oui à une théorie. Dans les cas les plus favorables elle dit peut-être et dans la grande majorité des cas elle dit simplement non... Toute théorie probablement rencontrera un jour son non - la plupart des théories le rencontrent peu après leur conception." (cité par Segré, p 440)

Remarquons en passant que quatrevingts ans après les premiers mémoires d'Einstein, la Relativité se porte bien...

Un des mérites du livre de Segré est de bien situer l'Histoire qu'il nous raconte dans son cadre vivant, celui de cette communauté scientifique d'abord centrée sur l'Europe (Allemagne, France et Grande-Bretagne, Italie aussi). La première guerre mondiale amorce une évolution, ne serait-ce qu'avec la disparition sur les champs de bataille d'une pléiade de jeunes physiciens d'avenir, H. Moseley par exemple. Ensuite le fascisme en Italie, l'hitlérisme en Allemagne entraînent une émigration de savants vers les USA qui deviennent le pays des prix Nobel.

Le physicien d'aujourd'hui ne travaille plus comme Faraday qui avait fait lui-même plus de dix mille expériences. Avec les

grands accélérateurs de particules, une expérience demande cinq ans de travail à des douzaines de physiciens et coûte des millions de dollars. La recherche est devenue plus collective que jamais, même si les rivalités des équipes et des grandes puissances font entrave à la complète liberté de l'information.

Les nombreuses photographies fort bien choisies qui illustrent le livre de Segré donnent encore plus de présence à tous ces savants, hommes et femmes de notre temps, qui ont fait du XX^{ème} siècle le grand siècle de la physique. S'il y a, comme on le sait trop bien, une utilisation malfaisante des acquis de la science, il y a aussi, dans les travaux des chercheurs, avec leurs difficultés et leurs victoires, leurs peines et leurs joies, une sorte d'épopée dans laquelle toute l'humanité se trouve impliquée au moment même où les héros de l'épopée vivent, travaillent dur, souffrent souvent, se réjouissent aussi quelquefois quand un des secrets de la Nature est enfin dévoilé. Le livre de Segré nous aide à participer un peu, même si c'est de très loin, à cette merveilleuse aventure.

[Emilio Segré : Les physiciens modernes et leurs découvertes, "des rayons aux quarks" ; collection "Le temps des sciences", 456 pages, 84 F ; éd Fayard, avril 84. Dommage que pour un tel ouvrage, la traduction ne soit pas toujours sans reproche.]

Un bulletin Inter-IREM sur l'astronomie

Une commission inter-IREM sur l'astronomie avait été constituée et animée par Christian Dumoulin (IREM de Limoges) depuis plusieurs années. Quand a paru le programme d'une option astronomie dans la classe de mathématiques de Terminale A, la commission a aussitôt entrepris de réunir une documentation utile aux collègues chargés de cet enseignement. Des délais, dont Dumoulin et la commission ne sont en rien responsables font que le recueil prévu paraît seulement en mai 84.

C'est un gros cahier de 132 pages (format 21/29,5) qui porte la référence : Bulletin InterIREM n°24, prix 20 F et le titre Astronomie . [se le procurer auprès de l'IREM de l'académie]

Sommaire = Les télescopes et la photographie astronomique (C.Dumoulin, Limoges). Le mouvement de la Terre autour du Soleil (Y.Talfer, E.Varanne, Orléans). Les mouvements apparents des planètes (C.Bréchet, Tours). Les satellites (G.Walusinski, Paris). Exercices d'astronomie pour la classe de mathématiques (G.W.). Mathématiques et astronomie (M.Gremillard, Besançon). Trajectoires de sondes spatiales (J.Francheteau, Lille). La mesure des distances en astronomie (J-M.Poncelet, Strasbourg). Les premières mesures de la vitesse de la lumière (E.Legrand, Strasbourg). Calculs, calculatrices et astronomie (C.Dumoulin) Utilisation d'un rétroprojecteur (M.Bataillou, Nice). Bilan d'un stage de formation continue (M.Mathieu, Reims). Bibliographie. Lexique.

L'ouvrage a été conçu par des enseignants pour des enseignants dans la perspective précise du programme de l'option de Terminale A. Mais il est évident qu'au delà de cet objectif, ce recueil pourra être aussi très utile aux animateurs de clubs et à tout collègue ayant envie d'illustrer son cours par quelque considération astronomique.

Pour l'histoire de l'astronomie C'est encore un IREM, celui de Picardie, qui nous propose sous le titre "Constitution du modèle planétaire de Philolaos à Gassendi" un recueil de textes qui figureront dans l'ouvrage "Textes mathématiques au fil des âges" préparé par la commission d'histoire et d'épistémologie inter-IREM.

Dans cette brochure de 142 pages, on trouve donc des textes anciens, traduits en français quand les originaux ne l'étaient pas et précédés d'une courte présentation.

Sommaire : Duhem : le système de Philolaos. Platon : L'Âme du monde (Timée). Aristote : Le mouvement des sphères (Traité du ciel). Duhem : Aristarque et l'héliocentrisme. Duhem : La mesure de la Terre par Eratosthène. Ptolémée : Trigonométrie ; Epicycles et excentriques ; La nature des hypothèses en astronomie (Composition mathématique). Ostander : Préface au De Revolutionibus. Copernic : la révolution copernicienne. Kepler : Les solides parfaits (Le mystère cosmographique) ; Les trois lois des mouvements des planètes (L'Harmonie du monde). Galilée : La découverte des satellites de Jupiter (Le messager céleste). Gassendi : La postérité de Copernic en 1654 (La vie de Copernic).

Dans les revues L'Astronomie (revue de la SAF), mars et avril 1984, article de T. Gehrels sur les astéroïdes. Dans le numéro de mai, Daniel Bardin présente le spectrographe que les élèves de l'école d'été connaissent bien et qui lui a valu le deuxième prix du centenaire de L'Astronomie.

La Recherche (n°156, juin 1984) "L'avenir de l'Univers" par Nicolas Prantzos et Michel Cassé.

Pour la Science (n°80, juin 1984) "La formation des étoiles et la structure des galaxies" par Nick Scoville et Judith Young.

Je regrette de ne pouvoir tout lire et je suis donc certain d'omettre dans cette rubrique des livres ou des articles qu'il faudrait signaler. Merci donc tout particulièrement à l'ami Jean Ripert qui me dit avoir trouvé beaucoup d'intérêt dans un numéro spécial de Sciences et Avenir sur la mécanique quantique.

G.W.

"Les astronomes n'ont pas besoin de livres élémentaires ; ils peuvent puiser dans les sources, & rassembler eux-mêmes ce qui se trouve dispersé dans les mémoires & dans les ouvrages des autres astronomes ; mais quand on s'est dévoué au progrès des sciences, on doit compte au public du fruit de ses travaux ; on désire qu'il en jouisse, on aime à abréger les premiers pas à ceux qui entreront dans la carrière, pour empêcher qu'ils ne soient rebutés par les difficultés."

Lalande (Préface à son traité d'astronomie
édition de M DCC LXXI)

LUNOPHASE

BUT ET CONSTITUTION DU LUNOPHASE.

Le petit dispositif permet d'expliquer et de mieux visualiser les notions de phases, de périodes (sidérale et synodique) et d'éclipses. Il est constitué de quatre parties:

- une partie formée de plusieurs cercles que nous appellerons, pour plus de commodité, le fond. Ces cercles sont placés dans un repère géocentrique, ce qui signifie que l'expérimentateur imagine être au centre des cercles. Cette partie est fixe. Le cercle extérieur, gradué en jours et en lunaisons, correspond au mouvement du Soleil sur le fond des étoiles dans le sens inverse du mouvement d'une montre. Le cercle médian, gradué en jours, est lié au déplacement de la Lune, toujours sur le fond du ciel, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre: un tour correspond donc à sa période sidérale: 27,3 jours. Le cercle intérieur, gradué en années, permet de positionner la ligne des noeuds (droite d'intersection entre le plan orbital de la Terre et celui où se déplace la Lune au cours de son mouvement autour de la Terre), dont le mouvement se fait dans le sens des aiguilles d'une montre. Son utilité n'apparaîtra que lors de l'étude des éclipses avec le lunophasse. Toutes les échelles de temps sont repérées par rapport à une même origine arbitraire matérialisée par le rayon en trait appuyé.

- trois parties mobiles que nous appellerons tout simplement les mobiles. Le mobile Soleil (S) permet, par rotation autour de l'axe de positionner l'extrémité de la flèche là où l'on désire placer le Soleil. Les mobiles Lune (L) et noeuds (N) fonctionnent de la même façon en se rappelant que la ligne des noeuds se déplace en sens inverse des deux autres.

CONSTRUCTION.

Découper les quatre parties et ouvrir aux ciseaux ou au cutter les petites fenêtres des trois mobiles.

Superposer, à partir du bas, les trois mobiles, noeuds, Soleil, Lune. L'axe de rotation pourra être matérialisé par une punaise retournée. Remarquons que le montage des différentes parties sur une feuille de carton permet une utilisation plus facile.

ETUDE DE LA LUNAIISON.

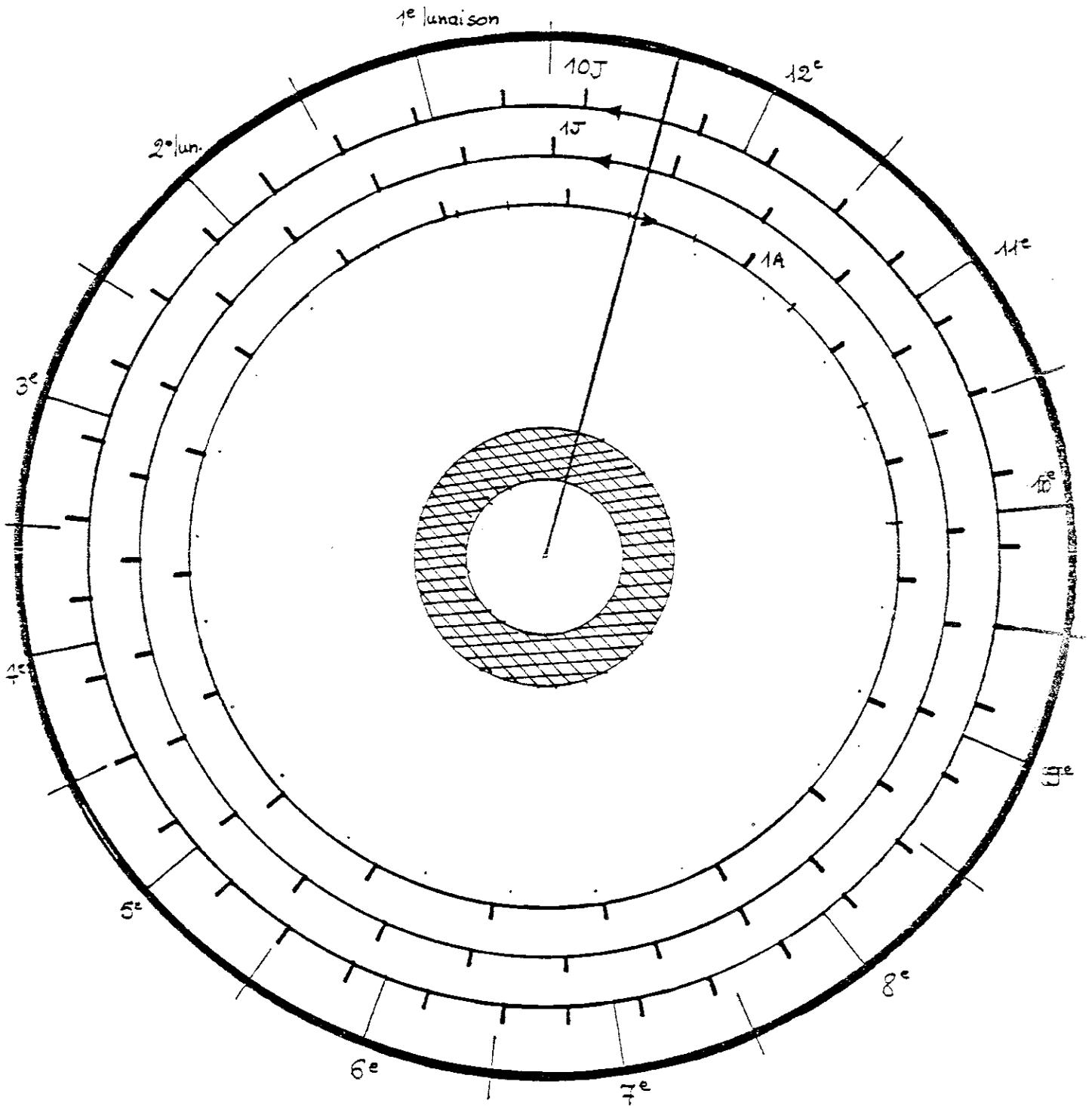
Placer les 3 mobiles à l'origine, la ligne des noeuds restant fixe pendant toute cette manipulation. Nous sommes donc en nouvelle lune. Tourner les mobiles S et L de façon à aboutir à une position où les flèches fassent un angle de 90° , le temps écoulé depuis le départ étant le même, compté sur les deux échelles. On aboutit à une position correspondant à un peu plus de 7 jours: c'est le premier quartier. Continuer le mouvement jusqu'à placer les deux flèches diamétralement opposées, le temps écoulé depuis le départ étant vérifié égal sur les deux échelles. Cette nouvelle position correspond à une date un peu inférieure à 15 jours: c'est la pleine lune.

On fait de nouveau tourner les mobiles de 90° (270° depuis le départ). (Toujours vérifier l'égalité des temps sur les deux échelles): c'est le dernier quartier. Enfin, le tour se termine par une nouvelle superposition des mobiles L et S. Pour l'obtenir, on constate qu'il faut dépasser la position de départ - prise comme origine des temps - d'environ deux jours. Cet intervalle de temps de 29,5 jours est appelé période synodique ecorrespond à l'intervalle de temps entre deux nouvelles lunes.

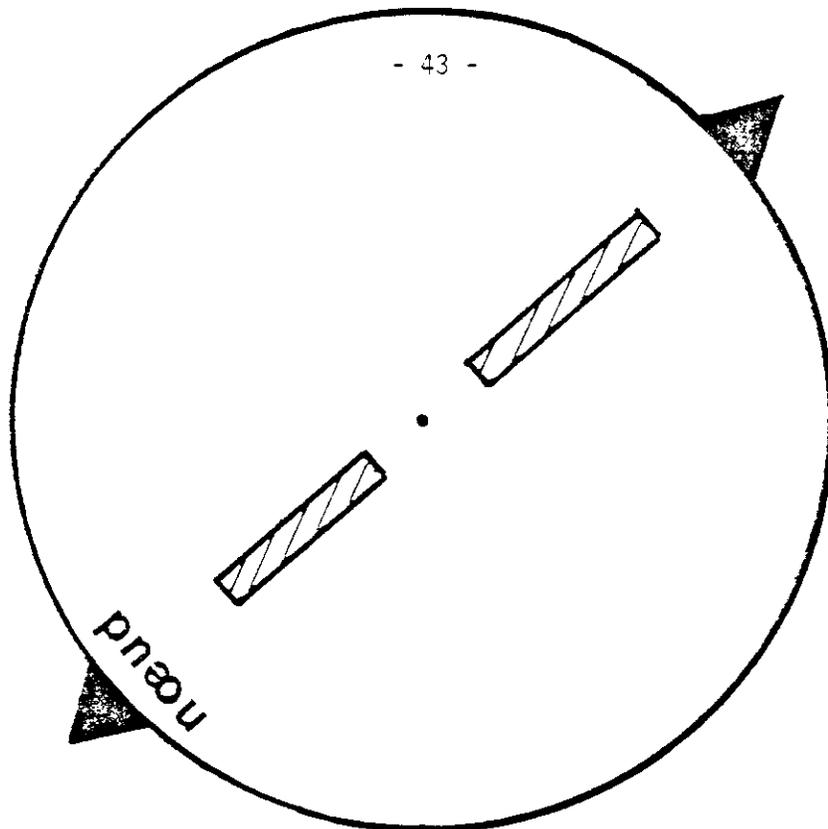
ETUDE DES ECLIPSES.

Rappelons qu'il n'y a éclipse qu'aux conditions suivantes: Il faut être soit à la pleine lune (éclipse de lune) soit à la nouvelle Lune (éclipse de Soleil). L'un

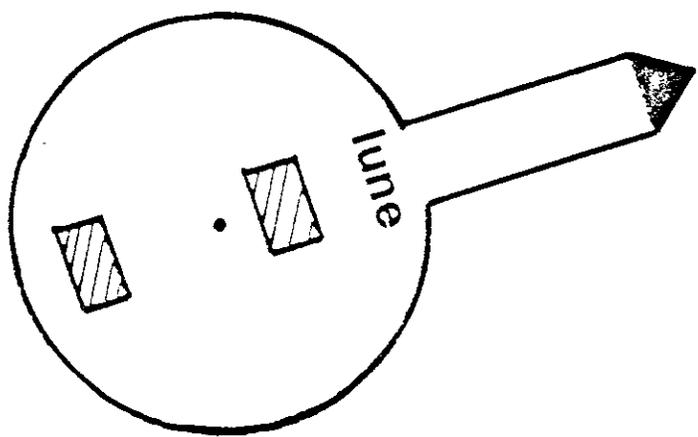
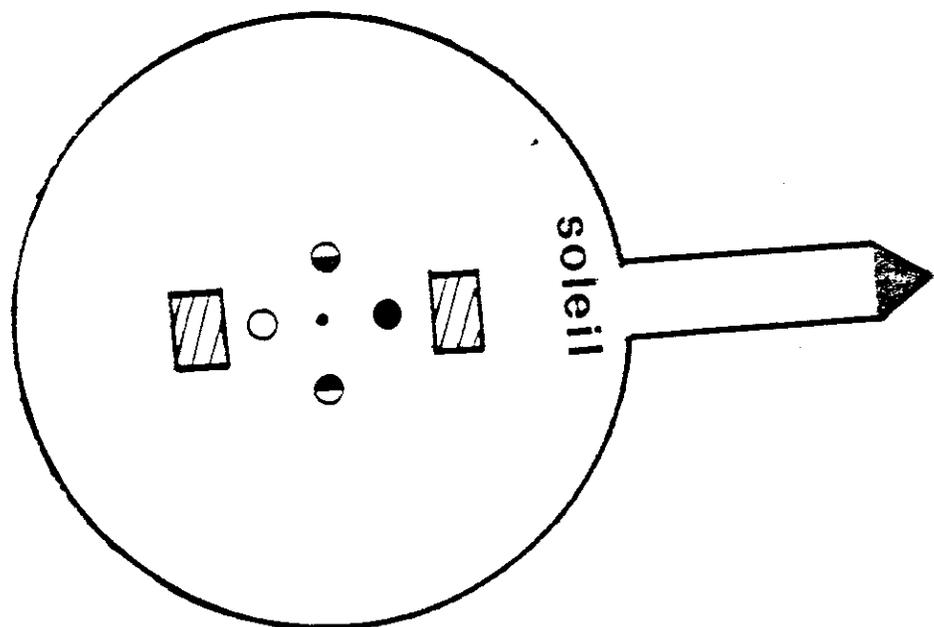
Ne pas découper la zone hachurée centrale.



Les échelles de temps sont comptées à partir du rayon origine.
La graduation en lunaison, sur le cercle extérieur, me sert
que dans l'étude des éclipses.



à découper sur le
pourtour extérieur.



ou l'autre des deux cas précédents doit se produire au voisinage de l'un des noeuds de l'orbite lunaire. En effet, dans le cas contraire, l'ombre de l'éclipsant passe au-dessus ou au-dessous de l'éclipsé.

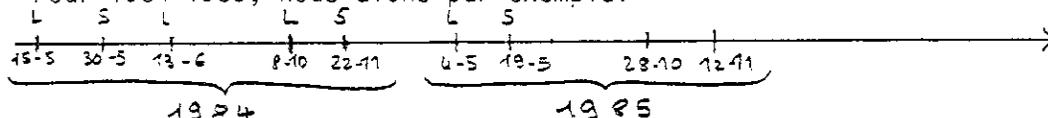
Supposons qu'à l'instant initial de la manipulation nous soyons en nouvelle lune et que L, S et N soient alignés: c'est une éclipse de Soleil. Ceci est matérialisé par l'ouverture de toutes les fenêtres qui permettent de voir la zone hachurée sur le fond. Voyons la nouvelle configuration 15 jours plus tard: S et L sont maintenant diamétralement opposés et N a avancé légèrement: la fenêtre est faiblement ouverte. Il y a possibilité d'éclipse de Lune. Quinze jours plus tard, S a avancé d'une lunaison complète (29,3 jours) et L est de nouveau superposé avec S. le noeud a maintenant avancé d'un mois. La fenêtre est maintenant fermée. La nouvelle lune a lieu trop loin du noeud. Il ne peut plus y avoir d'éclipse. Il faut maintenant attendre d'être à proximité d'un autre noeud. Cela pourra éventuellement se produire à partir de la cinquième lunaison (toujours comptée à partir du point de départ).

On positionne donc: le Soleil S en face de la 5ème lunaison, la Lune L superposée à S, le noeud positionné à 5 mois du départ. La fenêtre est pratiquement fermée. Quinze jours plus tard, on a une possibilité d'éclipse de Lune. Il en est de même pour 6 mois et 6 mois et demi.

On constate donc que tous les 6 mois nous avons la possibilité d'observer 3 éclipses soit:

éclipse de Soleil - éclipse de Lune - éclipse de Soleil
éclipse de lune - éclipse de Soleil - éclipse de Lune

Pour 1984-1985, nous avons par exemple:



Nous constatons que toutes les possibilités ne sont pas confirmées. Ce petit dispositif a l'inconvénient de son avantage: sa simplicité ne permet pas d'en faire, bien sûr, un instrument de prédiction, mais il permet de montrer quelques propriétés du système Terre - Lune - Soleil souvent méconnues du public.

Pierre Magnien

(Association Astronomique de Franche Comté)

LE COMPTE RENDU DE L'ECOLE D'ETE DE GRASSE 1983 EST PARU

Le compte rendu de l'école d'été 1983 vient de paraître. Comme les précédents, il comporte les cours et les activités pratiques, in extenso.

On peut se le procurer auprès de L. Gouguenheim DERADN
Observatoire de Meudon 92195 MEUDON

Son prix est de 58 francs. Les chèques sont à établir à l'ordre de L. Gouguenheim.

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin de liaison du CLEA

Directeur de la publication: L. Gouguenheim Université Paris Sud

Laboratoire d'Astronomie Bât. 426 91405 ORSAY CEDEX

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

Edité à l'Université Paris-Sud, Laboratoire d'Astronomie Bât. 426 91405 ORSAY CEDEX

Prix du numéro: 10 f; abonnement annuel (4 numéros) : 35 f

Dépot légal: premier semestre 1979

Numéro d'inscription à la CPPAP: 61660