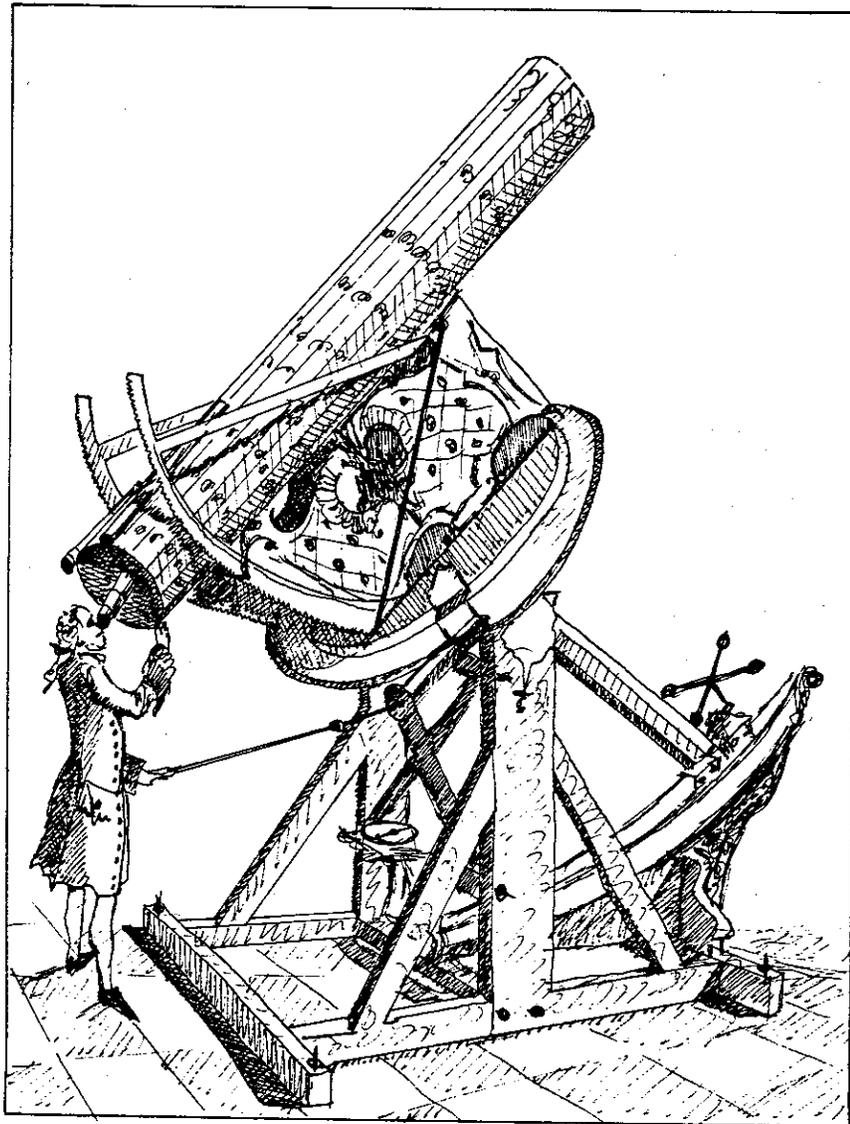


# les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n°31-hiver 1985

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 31 Hiver 1985

page
L'effet de marée 3
La comète 1759 8
Astronomie, mathématiques et algorithmes 9
Courrier des lecteurs 13
La Lune au CMI 17
Les jeux de la comète 18
Construction d'un cosmographe 19
Université d'été 1986 27
Assemblée Générale du CLEA 27
Construction d'un calendrier perpétuel 28
Lectures pour la Marquise 37
Vénus et les Pleiades 39
Les potins de la Voie Lactée 41
Chronique du CLEA 42

EDITORIAL

C. Paravy et A. Pujol avaient participé à un stage à Orsay, il y a quelques années; ils nous avaient enthousiasmé en nous parlant de leur "cosmographe". Nous avons beaucoup insisté pour le voir et un jour ils se sont donné la peine de le transporter, pour le plus grand plaisir des stagiaires. Les rédacteurs des Cahiers avaient immédiatement demandé un article ... Christiane et André nous l'ont promis et, fidèles nous l'ont envoyé. Il est resté quelques mois dans nos cartons: pas facile à transformer en feuilleton! Alors il a fallu attendre une circonstance favorable du point de vue de la mise en page. Notre infatigable secrétaire-trésorier-chef de rubrique(s) l'a dactylographié sur la belle machine à écrire qu'il s'est offerte il y a déjà un certain temps pour améliorer le "standing" des Cahiers.

Merci aussi à tous les auteurs de ce numéro: H. Gié, J.C. Allard, L. Sarrazin, J.P. Parisot, J.P. Rosensthiel, A.M. Louis, sans oublier V. Hugo!

Bonne année nouvelle à tous et peut-être à bientôt, pour l'Assemblée Générale d'Orsay qui, cette année pour faire plaisir à ceux qui ne sont jamais libres le samedi se tiendra un dimanche!

La Rédaction

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

Nom (en caractères d'imprimerie) .....

Adresse .....

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

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

LIBELLER LES CHEQUES A L'ORDRE DU CLEA

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

## L'effet de marée

Dans cet exposé, on se propose de faire comprendre pourquoi et dans quelles conditions se produit l'effet de marée, ceci en ayant recours au minimum de calculs pour mieux dégager les principes qui entrent en action dans le phénomène. L'étude complète des marées, même en se limitant aux océans terrestres, sort des limites de cet exposé.

### Trois rappels préliminaires

1°) Dans les mouvements d'un corps, nous ne manquerons pas de bien distinguer mouvements de translation et mouvements de rotation. Par exemple, le mouvement annuel de la Terre autour du Soleil peut être assimilé à un mouvement de translation : la ligne des pôles terrestres Sud-Nord reste très approximativement parallèle à elle-même. Le mouvement diurne de la Terre est un mouvement de rotation autour de cet axe Sud-Nord.

2°) La loi de Newton exprime que deux masses  $m_1$  et  $m_2$  placées en des points distincts 1 et 2 interagissent par attraction mutuelle, la masse  $m_2$  subissant par attraction de la masse  $m_1$  la force  $\vec{F}_{12}$  dirigée du point 2 vers le point 1, le module de cette force étant  $F_{12} = G m_1 m_2 / r^2$  où  $r$  est la distance des points 1 et 2, où  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  SI est la constante de la gravitation universelle. Dans l'espace, la masse ponctuelle  $m_1$  crée un champ gravitationnel dont la valeur en 2 est  $\vec{H}_1 = -G (m_1 / r^2) \vec{u}$  où  $\vec{u}$  est le vecteur unitaire de l'axe orienté de 1 vers 2 ; ce champ dérive vectoriellement du potentiel  $-Gm_1/r$  (il est équivalent de dire que le champ est l'opposé du gradient de ce potentiel).

3°) La loi fondamentale de la dynamique exprime que, dans un référentiel galiléen, le corps de masse inertielle  $m$  soumis à la force  $F$  est animé d'une accélération  $\vec{a}$  telle que  $\vec{F} = m \vec{a}$ .

Cet énoncé postule l'existence d'un tel référentiel galiléen. Dans ce référentiel, par définition, un point matériel isolé y serait animé d'un mouvement rectiligne et uniforme. En fait, les référentiels galiléens ne peuvent être définis qu'approximativement. Une très bonne approximation est réalisée par les axes de Copernic ayant pour origine le centre des masses du système solaire (pratiquement le centre du Soleil) et des axes invariables par rapport aux étoiles (voir à ce sujet la note de Jacques Dupré : "Repères galiléens et étoiles fixes" dans le n°14 des Cahiers Clairaut). Tout référentiel en translation rectiligne et uniforme par rapport aux axes de Copernic est galiléen. Par conséquent, le référentiel géocentrique ayant son origine au centre de la Terre et des axes parallèles aux axes de Copernic n'est pas strictement galiléen du fait du mouvement orbital

de la Terre. A fortiori, le référentiel terrestre n'est pas non plus galiléen puisqu'il faut tenir compte, outre le mouvement orbital de la Terre, du mouvement de rotation propre de cette dernière. Le référentiel terrestre constitue toutefois encore une bonne approximation pour un référentiel galiléen.

Une loi extraordinaire : la chute des corps

Dans le vide, une bille de plomb et une plume tombent selon la même loi. Un point matériel de masse gravitationnelle  $m$  placé dans un champ gravitationnel  $\vec{H}$  est soumis à la force  $\vec{F}$  telle que  $\vec{F} = m \cdot \vec{H}$  ; placé dans un référentiel galiléen, il acquiert une accélération  $\vec{a}$  telle que  $\vec{F} = m' \cdot \vec{a}$  où  $m'$  est la masse inertielle du point matériel.

L'expérience montre l'identité de la masse gravitationnelle et de la masse inertielle,  $m = m'$ . Par conséquent  $\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \vec{H}$  soit  $\vec{a} = \vec{H}$ . Le facteur masse a disparu de l'égalité, l'accélération de la bille est la même que celle de la plume.

Une remarque pour justifier le qualificatif "extraordinaire" attribué à la loi de chute des corps : soit  $m$  la masse placée dans un champ électrostatique  $\vec{E}$  où elle serait dotée d'une charge électrique  $q$  ; elle soumise à la force  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$  ; dans le même référentiel galiléenque plus haut, on aurait encore  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  ; il en résulte  $m \cdot \vec{a} = q \cdot \vec{E}$  ; la bille et la plume dotées de charges électriques et de masses différentes n'auront pas nécessairement la même accélération. Il en est de même pour tout autre type de force, excepté précisément les forces de gravitation.

Conséquence remarquable de l'égalité  $\vec{a} = \vec{H}$  dans un champ seulement gravitationnel : tous les éléments d'un corps subissent la même accélération, le corps ne se disloque pas, à condition que dans l'étendue du corps considéré le champ gravitationnel soit pratiquement uniforme. C'est le cas pour la Terre dans le champ gravitationnel du Soleil, elle ne se disloque pas mais elle se déforme un peu ... car le champ gravitationnel du Soleil n'est pas exactement uniforme : on touche là du doigt le phénomène des marées.

Soit un champ gravitationnel  $\vec{H}$  non uniforme et deux points 1 et 2 dans un référentiel galiléen. En 1, égalité de l'accélération  $\vec{a}_1$  et du champ  $\vec{H}_1$  ; de même en 2,  $\vec{a}_2 = \vec{H}_2$  . On en déduit la formule différentielle de base, vraie dans tout référentiel galiléen  $\vec{a}_2 - \vec{a}_1 = \vec{H}_2 - \vec{H}_1$  . Elle restera vraie dans tout référentiel en translation quelconque par rapport à un référentiel galiléen en raison de la loi de composition des accélérations. Ainsi elle sera vraie dans le référentiel géocentrique mais elle sera inexacte, en toute rigueur, dans le référentiel terrestre du fait de la rotation de la Terre.

L'effet dislocateur

Etudions ce qui se passe dans une cage d'ascenseur en chute libre dans le vide. L'égalité  $\vec{a} = \vec{H}$  exprime que la cage et les billes qu'elle est supposée contenir sont soumises à la même accélération et elles descendent donc ensemble.

Ce serait tout à fait vrai si le champ gravitationnel était uniforme mais il ne l'est pas. Soit J le centre d'inertie de la cage supposée rigide;  $\vec{a}$ , accélération de la cage, est très sensiblement égale au champ  $\vec{H}_J$ . Le champ n'étant pas uniforme, la bille 1 en haut de la cage subit l'attraction  $\vec{H}_1$  ( $H_1 < H_J$ ); la bille 2 placée en bas de la cage subit l'attraction  $\vec{H}_2$  ( $H_2 > H_J$ ). Par rapport à la cage, la bille 1 subit l'attraction différentielle  $\vec{H}_1 - \vec{H}_J = \vec{a}_1 - \vec{a}$  qui la repousse vers le plafond alors que la bille 2 subit l'attraction différentielle  $\vec{H}_2 - \vec{H}_J = \vec{a}_2 - \vec{a}$  qui l'applique sur le plancher (fig 1). L'attraction différentielle d'un champ gravitationnel non uniforme provoque cet effet dislocateur qui est l'effet de marée.

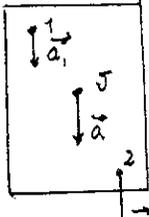


fig 1

En résumé, il n'y a effet de marée que dans un champ gravitationnel non uniforme; cet effet est dislocateur. Nous allons passer en revue plusieurs applications significatives de ce résultat.

L'effet de marée de la Lune sur la Terre

Dans le référentiel géocentrique, comparons le champ gravitationnel de la Lune en deux points 1 et 2 situés à la surface de la Terre; pour simplifier prenons ces deux points diamétralement opposés sur l'axe TL qui joint les centres de la Terre et de la Lune à l'instant considéré (D distance TL, R rayon de la Terre, M masse de la Lune,  $\vec{u}$  vecteur unitaire de l'axe orienté de T vers L; cf fig 2).

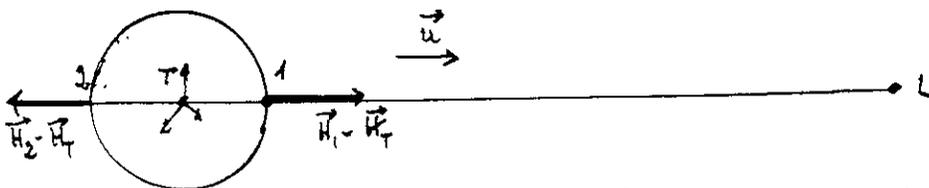


fig 2

Champ gravitationnel de la Lune en 1 :  $\vec{H}_1 = G (M/(D-R)^2) \cdot \vec{u}$   
 Champs en 2 et en T :  $\vec{H}_2 = G(M/(D+R)^2) \cdot \vec{u}$ ;  $\vec{H}_T = G (M/D^2) \cdot \vec{u}$

Le champ gravitationnel de la Lune n'est pas uniforme, donc il y a effet de marée. En 2, par rapport à la Terre, il est donné par  $\vec{H}_2 - \vec{H}_T = G \cdot M (1/(D+R)^2 - 1/D^2) \vec{u} \approx G(M/D^2)(-2R/D) \vec{u}$

l'approximation étant valable si on considère R petit devant D; on peut écrire plus simplement  $\vec{H}_2 - \vec{H}_T \approx \vec{H}_T(-2R/D)$  et on trouverait de même  $\vec{H}_1 - \vec{H}_T \approx \vec{H}_T(+2R/D)$ . Le facteur "réducteur"  $2R/D$  traduit l'effet différentiel.

L'effet de marée produit donc un bourrelet aussi important en 2 qu'en 1, l'effet différentiel est peu intense et symétrique. Peu intense puisque le facteur réducteur du champ en T étant en valeur absolue de  $2R/D$  soit environ  $1/30$ .

Le calcul précédent permet aussi de comparer les effets de marée du Soleil et de la Lune. Du fait de sa masse et malgré sa grande distance, l'intensité du champ gravitationnel du Soleil sur la Terre est environ 175 fois celle du champ de la Lune. Mais le facteur réducteur qui figure dans la formule de l'effet de marée est  $3,3 \times 10^{-2}$  dans le cas de la Lune et  $8,5 \times 10^{-5}$  dans le cas du Soleil. Si bien que l'intensité de l'effet de marée dû à la Lune est plus de deux fois celle de l'effet dû au Soleil.

On peut, de la même façon, comparer l'effet de marée de la Lune sur la Terre (coefficient réducteur du champ gravitationnel de la Lune  $f_L \approx 2R/D$ ) et l'effet de marée de la Terre sur la Lune (coefficient réducteur du champ terrestre  $f_T \approx 2r/D$ ,  $r$  étant le rayon de la Lune). Le champ gravitationnel de la Terre sur la Lune est 80 fois plus grand que celui de la Lune sur la Terre (rapport de leurs masses respectives) mais du fait que le rayon de la Lune est environ le quart du rayon terrestre, l'intensité de l'effet de marée de la Terre sur la Lune est seulement  $80/4 = 20$  fois celle de l'effet de marée de la Lune sur la Terre. Cet effet de marée est quand même important et il provoque des effets de déformation de notre satellite ; les mesures effectuées par la mission Apollo 12 ont montré que l'effet de marée est à l'origine de séismes lunaires, en particulier lorsque la Lune est à son périgée.

### Stabilisation d'un satellite par gradient de gravité

Soit un satellite en orbite circulaire autour de la Terre ; le problème posé est de le stabiliser pour que, dans son mouvement, il reste toujours orienté de la même façon par rapport au rayon TA qui joint le centre de la Terre au centre d'inertie A du satellite (fig 3 ; on peut dire que le satellite doit tourner toujours la même face vers la Terre, que son mouvement autour de la Terre est alors un mouvement de rotation). Pour cela on fixe

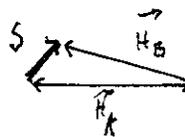
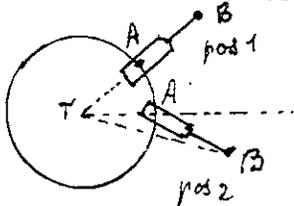


fig 3

à l'extrémité du satellite la plus éloignée de la Terre une petite masse B au bout d'un long bras (fig 3, position 1). Si le satellite s'écarte de la position souhaitée (fig 3, position 2), la différence des champs de

gravité en B et en A produit un effet différentiel, un "effet de marée"  
 $S = H_B - H_A$  qui tend à ramener le satellite dans la position souhaitée.

La théorie catastrophique de la formation des planètes

Buffon, en 1749, émit l'hypothèse que le Soleil aurait été heurté par une comète laquelle lui aurait arraché des globules de matière à partir desquels se seraient formées les planètes. Buffon ignorait alors que la masse d'une comète est trop faible pour provoquer une telle "catastrophe". L'idée a été reprise par Jeans et Jeffreys au début du XX ème siècle : ils imaginaient le choc d'une étoile. La théorie est pourtant généralement abandonnée aujourd'hui car il est facile de montrer qu'un globule de gaz arraché au Soleil subirait un effet dislocateur considérable.

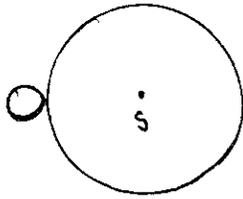


fig 4

Soit D le rayon du Soleil et R celui du globule qui s'en détacherait ; M la masse du Soleil, m celle du globule. L'effet de marée du Soleil sur le globule a pour intensité  $G(M/D^2)(2R/D)$  où R est très petit par rapport à D. A la surface du globule, il y a l'effet "collapse" qui tend à faire s'affaisser le globule sur lui-même du fait de son propre champ gravitationnel,

soit  $Gm/R^2$ . Pour qu'une planète puisse se former à partir du globule, il faudrait que l'effet collapse l'emporte sur l'effet de marée, soit :  $m/R^2 > 2(M/D^2)(R/D)$  ou  $m/R^3 > 2M/D^3$

Autrement dit, il faudrait que la masse volumique moyenne du globule soit au moins le double de la masse volumique moyenne du Soleil. C'est impossible, le globule ne pouvant se détacher que des couches supérieures du Soleil qui sont évidemment de densité inférieure à la densité moyenne de l'astre entier. Pour le globule, l'effet dislocateur l'emporte sur l'effet collapse.

De la même façon, au voisinage d'une planète très massive, un satellite ne peut résister aux effets de marée, il se disloque, ce qui explique la formation d'anneaux autour de ces planètes.

Le trio Soleil, Terre, Lune

Dans le système solaire, le champ gravitationnel du Soleil est prépondérant. Ainsi l'attraction du Soleil sur la Lune est-elle environ double de l'attraction de la Terre sur son satellite. Alors comment se fait-il que la Lune reste au voisinage de la Terre ?

Le couple Terre Lune, dans le champ gravitationnel non uniforme du Soleil subit l'effet dislocateur de l'effet de marée :

$$\left| \vec{a}_{TS} - \vec{a}_{LS} \right| \approx G(M/D^2)(2R/D)$$

$\vec{a}_{TS}$  et  $\vec{a}_{LS}$  étant les accélérations (dans le référentiel de Copernic) correspondant aux attractions du Soleil sur la Terre et sur la Lune respectivement; M la masse du Soleil, D la distance du Soleil, R la distance Terre Lune.

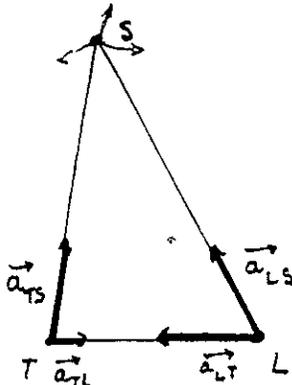


fig 5

La Terre et la Lune par leur attraction mutuelle subissent un effet attracteur ou effet collapse qui se traduit par la différence  $\vec{a}_{TL} - \vec{a}_{LT}$  entre les accélérations dues à l'attraction de la Terre sur la Lune et à l'attraction de la Lune sur la Terre ;  $a_{LT}$  vaut environ 80 fois  $a_{TL}$ , donc l'effet collapse est d'environ  $Gm_T/R^2 = a_{LT}$ . Puisque la Lune reste près de la Terre, c'est que l'effet collapse l'emporte sur l'effet dislocateur soit

$$Gm_T/R^2 > G(M/D^2)(2R/D) \text{ ou encore } R^3 > 1/2 (D^3)m_T/M$$

Autrement dit, la Lune restera au voisinage de la Terre tant que sa distance R à la Terre restera inférieure à  $D(m_T/2M)^{1/3}$  soit environ 1 700 000 km. On notera l'analogie de ce calcul avec celui du paragraphe précédent.

Hubert Gié

\*\*\*\*\*

LA COMETE - 1759

*Il avait dit:- tel jour cet astre reviendra-  
Quelle huée!...*

*Trente ans passèrent.*

*On vivait. Que faisait la foule? Est-ce qu'on sait?  
Et depuis bien longtemps personne ne pensait  
au pauvre vieux rêveur enseveli sous l'herbe.  
Soudain, un soir, on vit la nuit noire et superbe,  
à l'heure où sous le grand suaire tout se tait,  
blémir confusément, puis blanchir, et c'était  
dans l'année annoncée et prédite, et la cime  
des monts eut un reflet étrange de l'abîme  
comme lorsqu'un flambeau rode derrière un mur,  
et la blancheur devint lumière, et dans l'azur  
la clarté devint pourpre, et l'on vit poindre, éclore  
et croître on ne sait quelle inexprimable aurore  
qui se mit à monter dans le haut firmament  
par degrés et sans hâte et formidablement;  
les herbes des lieux noirs que les vivants vénèrent  
et sous lesquelles sont les tombeaux, frissonnèrent;  
et soudain, comme un spectre entre en une maison,  
apparut, par-dessus le farouche horizon,  
une flamme emplissant des milliers de lieues,  
monstrueuse lueur des immensités bleues,  
splendide au fond du ciel brusquement éclairci;  
et l'astre effrayant dit aux hommes : "me voici!"*

ASTRONOMIE, MATHÉMATIQUE ET ALGORITHMIQUE  
=====

III - EQUATION DU TEMPS

Le Soleil ne repasse pas régulièrement toutes les 24 heures au méridien d'un lieu. En effet, les jours solaires vrais sont plus ou moins longs et il se produit un décalage  $\Delta$  entre un soleil fictif S' qui repasserait, lui, très régulièrement toutes les 24 heures au méridien du lieu, et le soleil vrai S.

Si S' passe au méridien à l'instant  $t_{S'}$  et S à l'instant  $t_S$  on pose  $\Delta = t_S - t_{S'}$ .

Cette différence  $\Delta$  entre  $t_S$  et  $t_{S'}$  a deux causes que nous examinerons séparément. L'inclinaison de l'équateur sur l'écliptique donne  $\Delta_R$  et la non uniformité du mouvement de la Terre sur son orbite donne  $\Delta_C$  :

$$\Delta = \Delta_R + \Delta_C$$

$\Delta$ ,  $\Delta_R$  et  $\Delta_C$  sont appelés respectivement équation du temps, réduction à l'équateur, et équation du centre.

Nous voulons étudier les variations de  $\Delta$  sur une année autrement dit construire la courbe de l'équation du temps.

1 - Quelques préliminaires

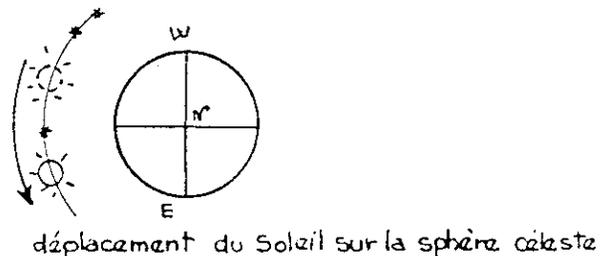
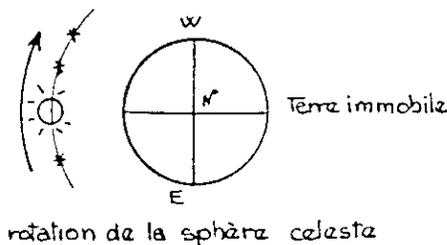
En supposant l'écliptique confondu avec l'équateur et le mouvement uniforme, si  $T_2$  est la période de la rotation de la Terre sur son axe,  $T_1$  la période de sa révolution sur son orbite et  $T$  la période synodique on a :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}$$

Ainsi pour  $T = 24$  heures et  $T_1 = 365,25$  jours on retrouve bien :  $T_2 = 23 \text{ h } 56 \text{ mn } 04 \text{ s}$ .

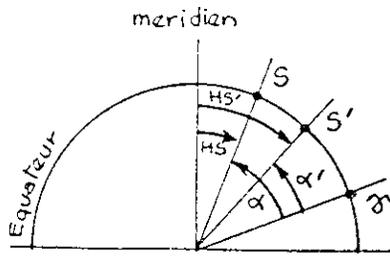
Remarque 1 : Les phénomènes observés sont les mêmes si on considère la Terre immobile et la sphère céleste mobile, tournant d'Est en Ouest avec la période  $T_2$  entraînant avec elle les étoiles et les astres. Le Soleil aura un déplacement relatif sur la sphère céleste d'Est en Ouest et de période  $T_1$ .

f.1

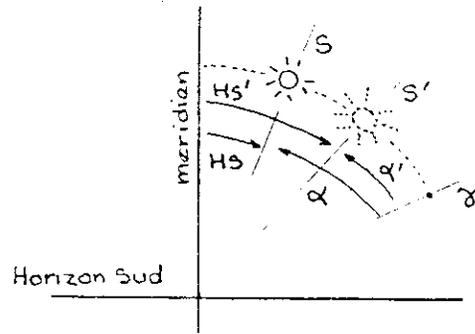


Remarque 2 : Ascensions droites, passages au méridien et angles horaires. Notons  $HS$  et  $HS'$  les angles horaires de  $S$  et  $S'$ ,  $\alpha$  et  $\alpha'$  leurs ascensions droites,  $t_S$  et  $t_{S'}$  leurs heures de passage au méridien. La figure ci-après montre bien que :

$$\Delta = tS - tS' = HS' - HS = \alpha - \alpha'$$

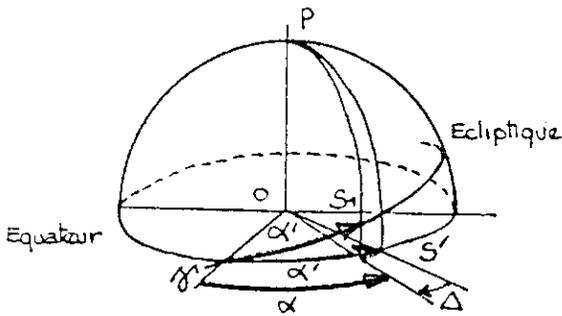


f.2

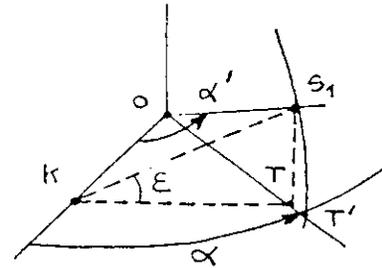


## 2 - Calcul de $\Delta R$

On suppose ici que l'équateur est incliné sur l'écliptique de l'angle  $\epsilon$ , mais que le mouvement du soleil vrai  $S_1$  se fait uniformément sur l'écliptique. La figure ci-dessous montre bien que les variations de l'ascension droite de  $S_1$  ne sont pas uniformes. Soit  $S'$  un Soleil fictif se déplaçant sur l'équateur avec la même période que  $S$  ( $\langle \vec{OS}, \vec{OS}_1 \rangle = \langle \vec{OS}', \vec{OS} \rangle$ ). On fait coïncider  $S_1$  et  $S'$  au point  $\mathcal{O}$ . On va calculer  $\Delta R = \alpha - \alpha'$ .



f.3



Qualitativement :  $S$  et  $S'$  se déplacent à la même vitesse, l'un sur l'équateur, l'autre sur l'écliptique. On s'intéresse aux ascensions droites ;  $S_1$  et  $S'$  coïncident en  $\mathcal{O}$ .  $S_1$  va commencer par prendre du "retard" (en " $\alpha$ " c'est-à-dire qu'il passera plus "tôt" au méridien et  $\Delta R < 0$  !...) puis il rattrapera ce retard pour le combler quand  $S_1$  et  $S'$  auront fait chacun un quart de tour. Puis  $S_1$  va prendre de l'"avance", et il la comblera pour coïncider avec  $S'$  en face du point  $\mathcal{O}$  etc...

Quantitativement : la figure ci-dessus montre que :  $\text{tg } \alpha' = \frac{KS_1}{OK}$ ;  $\text{tg } \alpha = \frac{KT}{OK}$

et  $KT = KS_1 \cos \epsilon$

d'où  $\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha' * \cos \epsilon$  (pour  $\alpha' = k \frac{\pi}{2}$ ,  $\alpha = \alpha'$ )

Si  $n$  est le nombre de jours écoulés depuis le dernier équinoxe de printemps on a

$\alpha' = \frac{2\pi}{T} * n = \frac{2\pi}{365,25} * n$ . On a l'habitude de noter  $\alpha' = M$ , et cette valeur

est appelée l'anomalie moyenne du Soleil.

Algorithme de calcul de la réduction à l'équateur  $\Delta R$  :

n est le nombre de jours écoulés depuis le dernier équinoxe de printemps et  $\Delta R$  est en minutes décimales

Début

```

 $\epsilon \leftarrow 23.5 ;$ 
lire n ;
 $M \leftarrow n * 2 * \pi / 365.25 ;$ 

Si  $M = \pi/2$  ou  $M = 3 * \pi/2$  alors  $\alpha \leftarrow M ;$ 
sinon  $\alpha \leftarrow \text{Arc tg} (\text{tg} M * \cos \epsilon) ;$ 
      si  $\pi/2 < M < 3\pi/2$  alors  $\alpha \leftarrow \alpha + \pi ;$ 
      si  $M > 3\pi/2$  alors  $\alpha \leftarrow \alpha + 2\pi ;$ 

fsi

 $\Delta R \leftarrow \alpha - M ;$ 
 $\Delta R \leftarrow \Delta R * 24 / (2 * \pi) * 60 ;$ 
Afficher R ;

```

fin

3 - Calcul de  $\Delta C$

On tient compte maintenant des lois de Kepler pour le mouvement du Soleil sur l'écliptique.

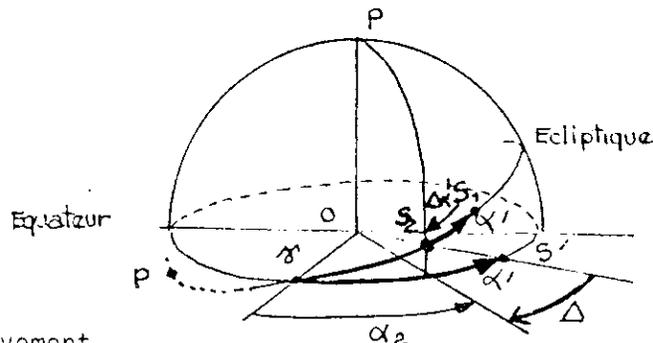
Le Soleil  $S_1$  des calculs précédents devient un Soleil fictif, le soleil réel est maintenant  $S_2$  ;  $S_1$  et  $S_2$  se déplacent tous deux sur l'écliptique, l'un uniformément, l'autre non; d'où une différence angulaire  $\Delta\alpha'$  entre les deux. On fait coïncider  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S'$  en  $\gamma'$  ;

$\alpha_2$  est l'ascension droite de  $S_2$ ,  $\alpha'$  celle de  $S'$ . La figure ci-dessous montre que :

$$\alpha_2 = \text{proj} (\alpha' + \Delta\alpha') = \text{proj} (\alpha') + \text{proj} (\Delta\alpha') \simeq \text{proj} (\alpha') + \Delta\alpha'$$

$$\Delta = \alpha_2 - \alpha' = \text{proj} (\alpha') + \Delta\alpha' - \alpha' = \text{proj} (\alpha') - \alpha + \Delta\alpha' = \Delta R + \Delta\alpha'$$

L'équation du centre est donc  $\Delta C = \Delta\alpha' = v - M$  où  $M$  est l'anomalie moyenne et  $v$  l'anomalie vraie. (les figures 4 et 5 montrent que  $\Delta\alpha' = \langle \vec{OS}_2, \vec{OS}_2 \rangle - \langle \vec{OS}_2, \vec{OS}_1 \rangle = \langle \vec{OP}, \vec{OS}_2 \rangle - \langle \vec{OP}, \vec{OS}_1 \rangle = v - M$  ; on change seulement d'origine  $\gamma' \rightsquigarrow P = \text{Périhélie}$ )



f.4

Qualitativement

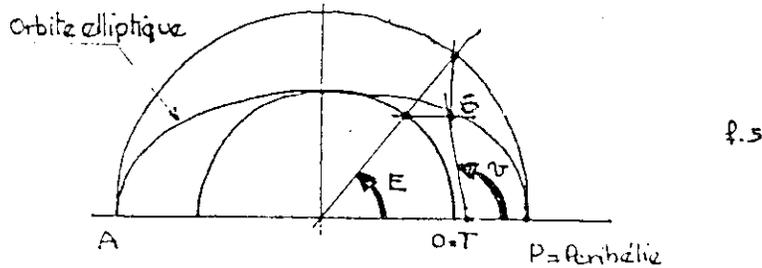
On imagine équateur et écliptique confondus,  $S'$  est le Soleil fictif animé d'un mouvement uniforme sur un cercle,  $S_2$  le Soleil réel qui décrit l'orbite elliptique. On les suppose confondus en P. Proche de la Terre le Soleil prend de l'avance puis il la rattrape pour la combler totalement en A, à l'aphélie ;  $S_2$  et  $S'$  coïncident à nouveau. Puis  $S_2$  continue de prendre du retard, enfin il le comble pour rattraper  $S'$  en P.

Quantitativement :

Remarque : Nous avons décidé de considérer la Terre immobile, c'est donc le Soleil qui décrit une ellipse Keplerienne ! Au lieu de considérer  $O\mathcal{S}$  comme origine, on considère  $OP$  où  $P$  est le passage du Soleil au périhélie.

L'équation de Kepler (1)  $E - e \sin E = M$  et la relation (2)  $\text{tg } \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \text{tg } \frac{E}{2}$  (pour  $E = k\pi$  on a  $v = E$ )

vont nous permettre de calculer  $\Delta C$ . La figure ci-dessous précise le sens de  $E$  (anomalie excentrique) et de  $v$  ;  $e$  est l'excentricité de l'ellipse.



Pour résoudre (1) c'est-à-dire calculer  $E$  connaissant  $M$  on utilise la méthode de Koenig :

Considérons la fonction  $f$  définie par  $f(x) = e \sin x + M$ . Comme  $e < 1$ , on a

$$|f(x) - f(x')| = e|x - x'| < |x - x'|$$

ce qui permet d'affirmer que la suite récurrente définie par  $x_0 = M$  et  $x_n = f(x_{n-1})$  est convergente et que sa limite est la solution de (1). Cela permet de calculer  $E$  avec la précision désirée.

Algorithme de calcul de l'équation du centre  $\Delta C$  :

$n$  est le nombre de jours écoulés depuis le dernier équinoxe de printemps ;  
 $n_0$  le nombre de jours séparant cette équinoxe du passage au périhélie.  
 $\Delta C$  est en minutes décimales

Début

```
lire PREC ; lire n ;
e ← 0,016 ; C ← √(1+e)(1-e)
n₀ ← 77,5 ;
M ← (n + n₀) * 2 * π / 365,25 ;
E ← KEPLER (M,PREC)
Si E = 0 ou E = π ou E = 2 * π
  alors v ← E
  sinon v ← 2 * Arctg (C * tg E/2)
  si E > π alors v ← v + 2 * π
fsi
ΔC ← v - M ;
ΔC ← C * 24 / (2 * π) * 60 .
Afficher ΔC
```

fin

KEPLER (M,PREC)

Début

```
X ← M ; Y ← e * sin (X) + M
Action à répéter
  Sortie : |Y - X| ≤ PREC
  X ← Y ;
  Y ← e * sin (X) + M
Recommencer
KEPLER ← X
```

fin

On retrouve bien ainsi la courbe de l'équation du temps donnée dans les éphémérides !

COURRIER DES LECTEURS  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Le devoir de vacances

Voici le corrigé du "devoir de vacances" que j'avais proposé dans le Cahier 30. Il m'a bien occupé pendant un week-end pluvieux. Vénus intrigue toujours; ce matin même, mon marchand de journaux m'a fait part de sa surprise de voir tous les matins à 6 h, un point très lumineux juste au-dessus de la cheminée de notre maison (lettre de J-P. Rosenstiehl du 30 mai 1985).

Rappel de l'énoncé : On désigne par S, V, T, les centres du Soleil, de Vénus et de la Terre. On admet que les orbites de V et de T autour de S sont circulaires et coplanaires. Soient  $T_1$  et  $T_2$  les durées des révolutions sidérales de Vénus et de la Terre.

1. Calculer le rapport des rayons  $a_1$  et  $a_2$  des orbites de V et de T en prenant les valeurs suivantes  $T_1 = 224,701$  j et  $T_2 = 365,256$  j.
2. Le 3 avril 1985 à 14 h UT, Vénus était en conjonction inférieure avec le Soleil (alignement SVT dans cet ordre). Exprimer l'angle  $\theta = \angle TSV$  à un instant  $t$  compté à partir de la date indiquée ci-dessus. En déduire la date de la prochaine conjonction inférieure.
3. Vénus atteint sa plus grande élongation lorsque l'angle  $\angle STV$  devient maximal. Déterminer cet angle et en déduire la prochaine date où ce phénomène aura lieu.
4. Exprimer la distance Terre-Vénus en fonction de  $t$ , l'origine étant la date donnée en 2. Faire la représentation graphique de l'expression obtenue. En déduire la date à laquelle la Terre est équidistante du Soleil et de Vénus pendant l'année 1985.

Solution : 1. L'application de la troisième loi de Kepler donne

$$a_1 / a_2 = (T_1 / T_2)^{2/3} = 0,72333$$

2. En partant de la conjonction inférieure notée  $SV_0T_0$  à l'instant  $t = 0$ , on exprime les angles balayés par les rayons vecteurs :

$$\text{Vénus } \theta_1 = (2\pi / T_1)t ; \text{ Terre } \theta_2 = (2\pi / T_2)t \text{ ce qui donne } \theta = 2\pi \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] t$$

En posant  $Y = T_1 T_2 / (T_2 - T_1)$  on obtient  $\theta = 2\pi t / Y$  et  $Y = 584$  j

Soit en radian  $\theta = 2\pi t / 584$  et en degrés  $\theta = 360t / 584$  ( $t$  en jours)

Prochaine conjonction inférieure, 584 jours après le 3 avril 85 soit le 8 novembre 1986.

3. Posons  $\widehat{STV} = u$  ;  $u$  est maximal lorsque  $\widehat{SVT} = 90^\circ$  ; alors  $\sin u = a_1 / a_2$

soit  $u = 46^\circ,33$  ; à ce moment  $\theta = 90 - u = 43^\circ,67$  ; en utilisant le résultat de la question 2, on calcule  $t = 584 \theta / 360 = 70,84$  j. L'instant cherché se situe 70,84 jours après la date initiale soit le 12 juin 1985.

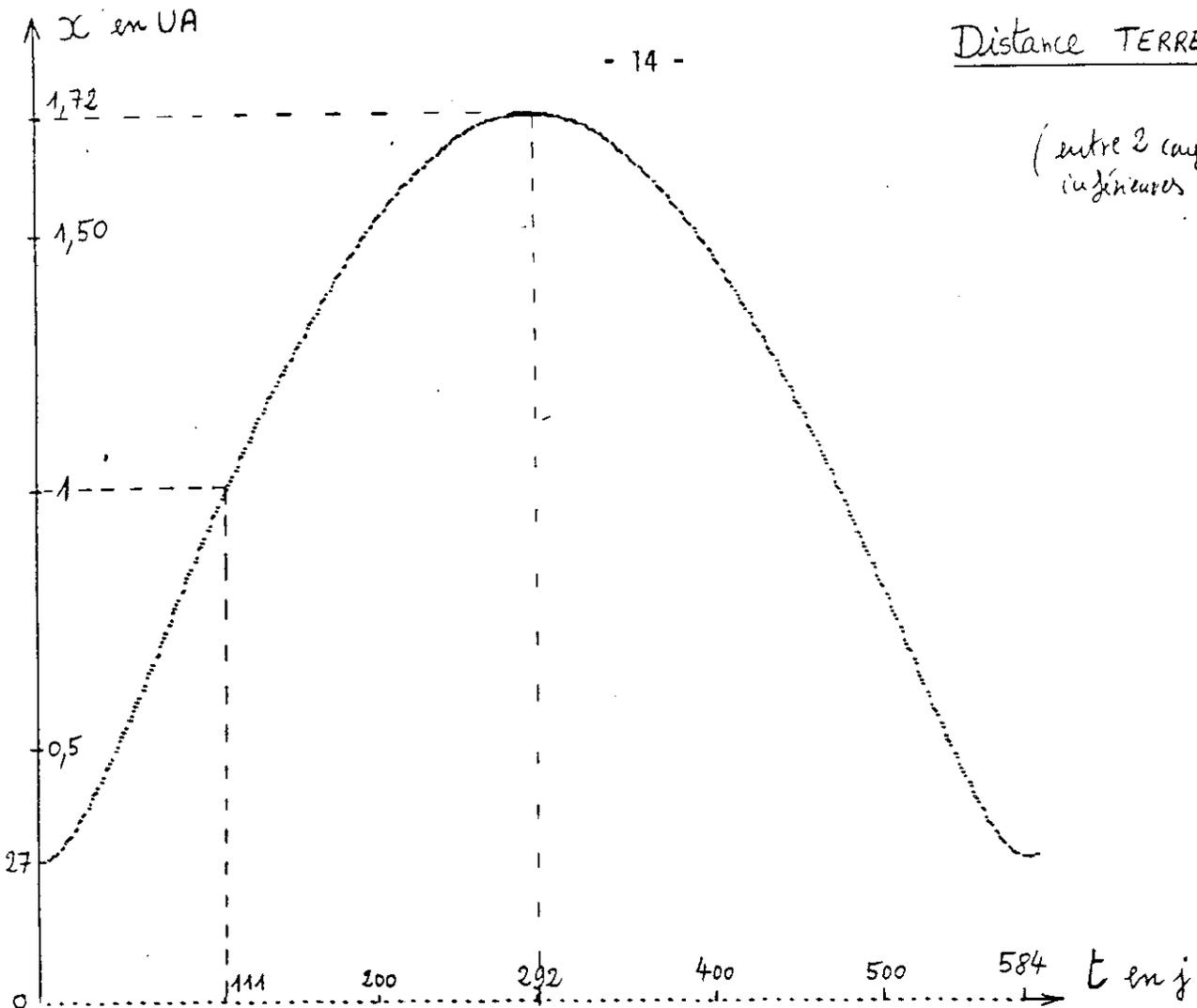
4. Dans le triangle isocèle STV,  $a_1 = 2 a_2 \cos \theta$  soit  $\cos \theta = 0,3616$  et  $\theta = 68^\circ,797$  et d'après la formule de la question 2,  $t = 111,59$  j ce qui donne le 24 juillet 1985 à 4 h TU.

D'une façon plus générale, la distance  $x$  de la Terre à Vénus est donnée

$$x^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2 a_1 a_2 \cos \theta \text{ et par conséquent, en unités astronomiques}$$

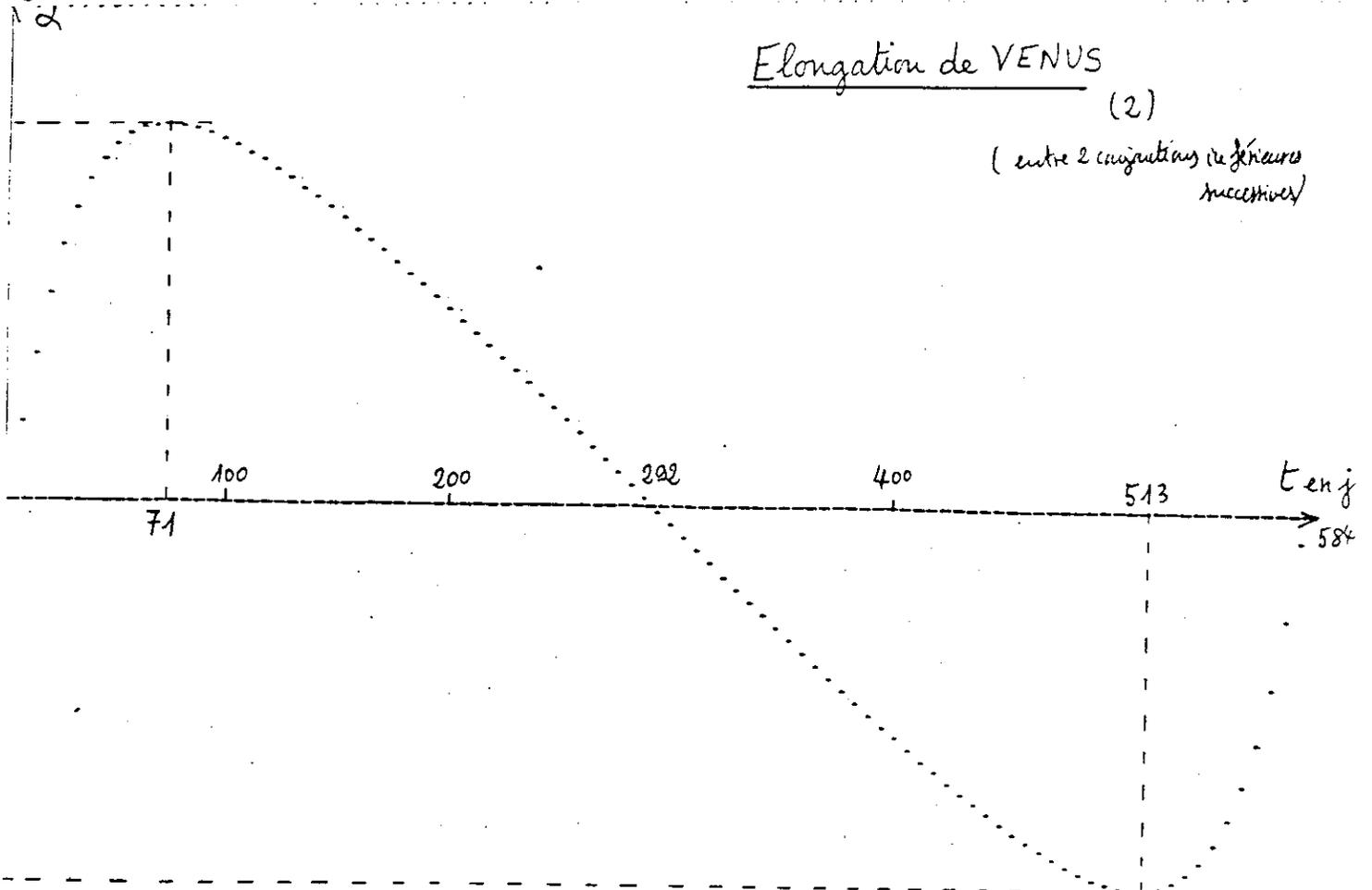
$$x = (A - B \cos (360t/584))^{1/2} \text{ avec } A = 1,52316 \text{ et } B = 1,4466$$

Distance TERRE - VENUS



(1)  
(entre 2 conjonctions  
successives)

Elongation de VENUS



(2)  
(entre 2 conjonctions successives)

On trace la courbe pour  $t$  variant de 0 à 584 en profitant de la symétrie par rapport à  $t = 292$ . La première intersection avec  $x = a = 1$  ua donne également  $t = 111j$  mais la précision est sans doute moindre (voir courbe (1) tracée à l'imprimante reliée à un ordinateur Commodore 64.

Question subsidiaire : Donnez l'expression de  $u = STV$  en fonction de  $t$ ; tracez ensuite la courbe  $u = f(t)$  et retrouvez les résultats du jeu proposé dans les CC n° 28, page 4.

Solution  $a_1 / \sin u = x / \sin \theta$  soit  $\sin u = (a_1 / x) \sin \theta$  ce qui donne  $u$ .

La courbe est facile à tracer... avec un ordinateur : voir courbe (2).

#### Les stages CEMEA en 1985

CEMEA = Centre d'Entraînement aux Méthodes d'Education active. Chaque année son groupe "Ciel" organise des stages.

Compte rendu du stage "Découverte du ciel", août 1985 à Aniane.

Cinq animateurs ou animatrices, 19 stagiaires.

Objectifs : Acquérir (en y prenant plaisir...) des connaissances fondamentales nécessaires à l'amateur d'astronomie. Vivre une démarche scientifique. Réfléchir sur les méthodes vécues et sur la retransmission des connaissances (à l'école, dans les centres de vacances, dans les clubs,...)

Quelques uns des moyens : Apports techniques progressifs (relevés météo, observations à l'oeil nu puis avec des instruments, photo, ...). Variété des supports (maquettes diverses dont un planétarium BAADEO, diapositives, films). Apport d'informations intégrant les souhaits et préoccupations des stagiaires (ateliers, exposé-débat en fin de stage, visite d'une station météo). Trois démarches pédagogiques proposées (voir plus loin). Aménagement de "coins" permettant des travaux individuels. Disponibilité réelle des instructeurs pour prendre en compte la diversité des attentes.

Démarches utilisées : a) Démarche scientifique - A partir d'une question posée, émettre des hypothèses ; se donner ensuite les moyens d'une expérimentation permettant de tester ces hypothèses ; faire cette expérimentation puis conclure. Méthode très souvent à rebondissement, la conclusion soulevant de nouvelles questions

Après le vécu et l'analyse de cette démarche, réflexion sur l'environnement ouvert à créer autour des enfants pour les amener à vivre cette démarche dans tous les domaines d'observation (astronomie, météorologie mais aussi "nature") et leur permettre ainsi une appropriation personnelle des découvertes d'un groupe, la formation d'un esprit critique vis à vis de toute information.

b) Démarche du projet - La démarche étant exposée, les stagiaires font un projet (de préférence par petits groupes) qu'ils doivent mener à terme dans un temps donné, la partie retransmission étant incluse comme étape du projet. A partir de leur vécu commun et de leurs expériences personnelles, les stagiaires analysent leur démarche et réfléchissent à l'attitude des animateurs vis à vis des projets des enfants pour en permettre éclosion et réussite.

c) Démarche par objectifs - Quel intérêt l'animateur veut-il éveiller chez les enfants ? Quelle notion l'éducateur souhaite-t-il faire acquérir à ses élèves en fonction de leur âge ? Quel genre d'apprentissage mettra-t-il en place pour atteindre son objectif (histoire, jeu, construction, observation, ...). Ainsi le stage conduit les participants à une recherche de jeux, de chants, d'histoires, à la construction de petits instruments ...

En guise de bilan : le stage s'est déroulé dans d'excellentes conditions climatiques favorisant au maximum l'observation des astres. Le groupe réunissait des personnes d'âges et de formations très divers mais, contre toute

apparence, cette situation a été vécue comme enrichissante. La nourriture était variée, copieuse et très bonne ; de bonnes relations ont existé avec les personnes travaillant au centre H.Laborde. La visite de la station météo de Fréjorgues, la soirée des astronomes amateurs, les deux exposés-débats sur "l'évolution des idées et des connaissances en astronomie" ont eu un impact important. Beaucoup de stagiaires ont découvert à ces occasions la place et le rôle joués par les mathématiques, par la physique et aussi par l'imagination des hommes.

Comptes tenus des bilans personnels exprimés par les stagiaires, il apparaît que ce stage peut valablement servir, non seulement à former des animateurs scientifiques pour les clubs et les centres de vacances mais aussi contribuer à une meilleure formation pédagogique des enseignants de tous niveaux.

Stages CEMEA prévus pour 1986 1) Météorologie (31 mars-5 avril) à Biarritz.  
2) Découverte du ciel, astronomie météorologie (18 août, 26 août) à Aniane.  
3) Astronomie, maquettes et instruments de mesure (10-19 juillet) à Aniane.  
Renseignements et inscriptions : CEMEA Bureau des stages, 75 bd de la Villette  
75940 PARIS CEDEX 19.

Club du Dragon Raymond Hernandez (d'Auxerre) nous annonce la naissance du club du Dragon qui sera inauguré le 9 novembre, au Gymnase St Georges avec une conférence de Hubert Reeves "L'évolution du cosmos" suivie d'une exposition. L'astronomie en fête à Auxerre, grâce à un fidèle du CLEA.

Association Astronomique d'Anjou Astro Infos Anjou est le bulletin de l'AAA. Son numéro 39 de septembre-octobre 85 témoigne de sa vitalité. L'association projette l'installation d'un observatoire. Avis aux lecteurs des Cahiers de la région, notez l'adresse : AAA, appart 93, 12 sq des Caléides 49000 ANGERS.

Club astro de Wittelsheim Le groupe d'astronomes amateurs de Wittelsheim, déjà connu par ses activités au sein de la section de la MJC-Maison pour tous, vient de changer de structure. Il a créé une association type 1901 sous la dénomination CLUB ASTRO DE WITTELSHEIM. Dans la continuité de ses travaux: réunions du club deux fois par mois ; aide concrète des débutants par les aînés ; cinq ou six week-ends dans les Vosges ; un camp d'été peut-être dans les Alpes ; ouverture vers l'extérieur, animation, rédaction du bulletin PROCYON. Adhésions et participation : CAW, BP 54 68310 WITTELSHEIM.

A propos de la sphère armillaire D'une lettre d'Anne-Marie Louis, à propos de la sphère armillaire proposée par Béatrice Sandré dans le CC 30 : " Très bien cette sphère, mais Béatrice se rend-elle compte du boulot que cela va nous donner de peindre toutes ces petites fleurs sur le carton ?"

Mizarreries Dans une classe de Quatrième du Collège Jules Ferry à Paris, une Collègue avait demandé à ses élèves pourquoi, à leur avis, on ne voit pas les étoiles en plein jour. Voici une réponse assez remarquable : "Parce qu'on leur tourne le dos, du fait de la rotation de la Terre."

A propos de la science moderne, Paul Valéry écrivait dans ses Carnets (XI, 846) :

"Il se livre aujourd'hui le bizarre combat d'une nature qui ne fait point de bonds et d'une nature qui ne va que par bonds."

La Lune au Cours Moyen première année

Séquences vécues dans la classe de Mme Leclerc, école du Roussillon à Limoges, CMI de 28 élèves avec Mme Liliane Sarrazin PEN (décembre 82-janvier 83).

Première séquence : "discussion libre sur la Lune"

M : Que savez-vous de la Lune ?

A cette question, les réponses sont nombreuses, passionnées, divergentes: elle est ronde ; elle tourne autour de la Terre ; non, c'est la Terre qui tourne autour ; on flotte dessus ; il y a un côté qui est chaud, un côté qui est froid (le Soleil ne l'éclaire que d'un côté).

M : Quand la voit-on ?

Le soir ; l'après-midi affirme un élève qui se fait vivement rabrouer par ses copains ; tous les jours. Bref, les élèves ne sont pas du tout d'accord entre eux ; la discussion reprend avec ardeur : "parfois y'a la pleine lune, d'autres fois de petits morceaux ; "c'est parce que l'ombre de la Terre cache la demi-lune". Cette réflexion revient fréquemment, plusieurs élèves en sont convaincus.

M : La Lune change-t-elle de forme tous les jours ?

Oui (C'est séduisant ça) ; non pensent d'autres ; vive discussion entre les élèves. Bref, les élèves ne se représentent absolument pas le phénomène, ils décident de noter sur un carnet leurs observations au sujet de la Lune. La Maîtresse, au cours des trois mois que dureront ces observations, leur fera compléter sur un grand calendrier à quel moment de la journée ils ont vu la Lune et quel était son aspect.

Deuxième séquence : "périodicité des phases de la Lune"

Les élèves ont consigné leurs observations de la Lune sur un grand tableau. La Maîtresse demande d'observer ce tableau et de dire ce qu'il apprend : Tiens ! On peut voir la Lune l'après-midi ; le matin aussi ; parfois on ne la voit pas ; elle est maigre, elle grossit et devient pleine lune; elle recommence...

M : Qu'est-ce qui peut nous indiquer les aspects de la Lune ?

La météo le soir ; le calendrier des Postes.

La Maîtresse distribue à chaque élève une feuille de calendrier ; les élèves tous intrigués découvrent les abréviations P.Q., P.L., D.Q., N.L. et finissent par trouver leur signification : "c'est pareil tous les mois" ; "ça se suit" ; "on peut calculer le nombre de P.L. en un an (cette année là on en compte treize).

M : Que peut-on encore calculer ?

Un élève "combien il y a de jours entre deux P.L." La recherche est lente mais on parvient au résultat "la P.L. revient tous les 29 ou 30 jours".

L'idéal serait de compléter ces calculs par des observations de la Lune avec une lunette ou des jumelles, d'admirer ses montagnes afin de bien voir que "la Lune est faite de terre", que ce n'est pas un soleil. Faut<sup>ed</sup> d'observations directes, on montre quelques diapositives représentant la surface de la Lune (les élèves savent que des astronautes ont marché sur la Lune).

Troisième séquence : "les phases de la Lune"

La Maîtresse rappelle les observations précédentes. Le temps a été favorable pendant les vacances de Noël. Les élèves avaient prédit (à partir du calendrier)

qu'il y aurait P.Q. le jour de Noël, P.L. le jour de l'an et D.Q. à la rentrée : c'est bien ce qui a été observé. Un élève remarque : "c'est la même Lune mais on ne la voit pas pareil" ; on ne comprend pas. D'ailleurs "pourquoi dit-on quartier de Lune ?"

La Maîtresse demande : "qu'est-ce qu'un quart de tarte ?"

Un élève dessine au tableau un quart de tarte ; "ça ne ressemble pas à un quartier de Lune".

La Maîtresse montre un ballon en l'éclairant de plusieurs façons :

Réponses des élèves : "à la pleine lune, on ne voit qu'un demi ballon"; "au P.Q., on voit la moitié de la P.L. donc un quart de ballon".

La Maîtresse propose de figurer ou d'imaginer le Soleil, la Terre et la Lune. Les élèves sont habitués à cette idée: "le Soleil est le projecteur de diapositives", "la Lune est le ballon" ; "la Terre sera le globe".

La Maîtresse objecte : "Oui mais quand on observe la Lune, on est sur la Terre." Alors un élève : "on se met à la place du globe et on fait tourner la Lune autour de nous. La Maîtresse : "En combien de jours ?" Les élèves: "en 28 jours".



La Maîtresse fait un tour autour du groupe d'élèves, en tenant le ballon éclairé par le projecteur. Immédiatement les élèves voient les phases. C'est une joie énorme ; ils énumèrent P.Q., P.L., D.Q., N.L.. Les élèves qui affirmaient que c'était l'ombre de la Terre qui provoquait les phases reconnaissent leur erreur.

Les questions fusent alors sur "la face cachée de la Lune". La Maîtresse refait un tour autour du groupe d'élèves en restant bien toujours face au groupe : de même la Lune tourne toujours le même hémisphère, "la même face", vers la Terre.

Sur 28 dessins réalisés ensuite par les élèves, six seulement sont inexacts ou incomplets. Nous avons été étonnés de voir avec quelle rapidité les enfants ont compris le phénomène. Un travail précédent sur les saisons a sûrement favorisé cette représentation.

Leclerc et Sarrazin

---

---

### Les jeux de la Comète

Maurice Carmagnole, fidèle lecteur des Cahiers et grand amateur de nombres, a relevé les coïncidences suivantes :

$$1986 = 530 + 1456$$

or la comète de Halley est passée à son périhélie le 27 septembre 530 et le 9 juin 1456 et doit y passer le 9 février 1986.

Ce n'est pas tout : trois cent trente ans nous séparent de la naissance de Halley. Or, en base "trois cent trente", 1986 s'écrit (66) et la comète est passée à son périhélie le 25 janvier 66. De plus l'indicatrice d'Euler est égale à  $3302$  ; 330, encore Halley.

QUI DIT MIEUX ?

## CONSTRUCTION D'UN COSMOGRAPHE

Voici un exemple d'étude pluridisciplinaire que nous avons mené à bien, entre collègues de sciences physiques et de géographie, en classe de Seconde de lycée agricole, sur 12 heures environ, en trois séances de quatre heures. Ce sujet fait appel à des notions de géographie (mouvement de la Terre autour du Soleil et de la Lune autour de la Terre) et à des notions de sciences physiques, comme le mouvement circulaire, les vitesses linéaire ou angulaire...

### 1. But de cette étude

1.1. Permettre aux élèves de mieux visualiser le mouvement de la Terre dans l'espace ; comprendre plus aisément certains phénomènes fondamentaux comme ceux des saisons, des éclipses, des phases de la Lune et de la précession des équinoxes. Par la suite, la maquette construite sera utilisée dans le cours de géographie afin de faciliter la compréhension de ces notions.

1.2. Permettre aux élèves de pouvoir "s'exprimer" librement, en dehors du contexte du cours, sur différents matériaux, bois ou métal, dans l'atelier du lycée. Certains sont heureux de montrer à leurs camarades de classe qu'ils ont l'habitude de faire du bricolage et qu'une perceuse ou une scie n'a pas de secret pour eux. D'autres, au contraire, plus gauches, prennent bien vite de l'assurance (quelques pièces peuvent être préfabriquées par des gens plus compétents).

### 2. Construction de la maquette

Quatre maquettes ont été réalisées dans la classe de 36 élèves. Les données de base étaient les suivantes :

- distance Terre, Lune : 356410 à 406740 soit 381 000 km en moyenne ;
- distance Soleil-Terre : 147 millions à 152 millions de km (périhélie, aphélie)
- révolution synodique de la Lune : 29 j 12 h 44 min (lunaison)
- précession des équinoxes : le point vernal rétrograde de 50",2 par an ;
- obliquité de l'écliptique : 23° 27' ;
- les noeuds de l'orbite lunaire rétrogradent, un tour en 18,6 ans ;
- diamètre du Soleil = 109 diamètres de la Terre ;
- diamètre de la Terre = 12 756 km ;
- diamètre de la Lune = 3 476 km = diamètre terrestre/3,64.

Si nous choisissons de représenter la Terre par une sphère de 4,5 cm de diamètre (taille crayon en forme de globe terrestre), les autres dimensions seront les suivantes : diamètre du Soleil = 5 m ; diamètre Lune = 1,22 cm ; distance Soleil, Terre = 529 m ; distance Terre, Lune = 1,35 m.

C'est irréalisable ; il faudra choisir diverses échelles, de telle sorte que dans un encombrement réaliste, le cosmographe fasse apparaître les phénomènes à l'observation directe - phases et éclipses de Lune - ou étalés sur des durées plus longues - précession des équinoxes et saisons.

L'ellipse décrite par la Terre a 149,6 millions de km de demi grand axe et 149,557 millions de km de demi petit axe. Si nous ramenons le demi grand axe noté (a) à 20 cm, le demi petit axe sera égal à 19,994 cm : sur la maquette, l'ellipse ne pourra être distinguée d'un cercle de 20 cm de rayon. Le Soleil, l'un des foyers de l'ellipse, sera à 4 mm du centre du cercle.

Ce petit décalage de 4 mm est réalisé, sur la maquette, par un percement excentré de certains trous (cf schémas de la "poulie fixe" et du "bras"). Ainsi, grâce à cette astuce, la Terre est plus proche du Soleil durant l'hiver (cela se voit à gauche du bras de métal ; il dépasse de la poulie fixe de 4 mm alors qu'en été, il est au ras de la poulie).

Sur la maquette, la distance Terre, Lune sera choisie égale à 11 cm environ ; ce qui nous donne trois échelles différentes, celle de la trajectoire de la Terre, celle de la trajectoire de la Lune (cent fois plus grande) et celle des diamètres des planètes.

### 3. Utilisation de la maquette

La construction ayant été réalisée par les élèves (durée du travail 8 heures environ), on utilise la maquette pour expliquer différents phénomènes. Les élèves se répartissent en quatre groupes devant chaque maquette et réfléchissent aux questions suivantes :

3.1. Comment peut-on dessiner une ellipse, à l'aide d'une plaque de bois, de deux punaises et d'un fil sachant qu'une ellipse est une courbe plane, fermée, dont chaque point est tel que la somme de ses distances à deux points fixes, appelés foyers, est constante ?

3.2. Comment est positionné l'axe terrestre, actuellement ? (par rapport au plan de l'écliptique représenté par la plaque de bois du cosmographe)

3.3. Prévoir les différentes phases de la Lune. En s'aidant du calendrier PTT de 1982 ou des Ephémérides, nous remarquons une éclipse totale de Lune, visible à Paris, le 30 décembre 1982. Mettre alors le cosmographe à jour et prévoir les phases de la Lune que nous observerons dans quelques jours pour savoir si nous verrons la Lune la nuit ou en plein jour.

3.4. Etudier les éclipses totales de Lune. Quelle durée sépare deux éclipses totales de Lune (les élèves essaient de comprendre sur la maquette puis vérifient leurs observations en consultant le calendrier : en 1982, éclipses de Lune les 9 janvier, 6 juillet et 30 décembre.

Quelle durée sépare une éclipse de Lune et une éclipse de Soleil ? Dates données par le calendrier pour les éclipses de Soleil en 1982 : 25 janvier, 26 juin, 20 juillet, 15 décembre.

3.5. Comment l'axe de la Lune est-il orienté par rapport au champ magnétique terrestre, c'est à dire comment peut-on s'aider de la Lune (pleine ou en croissant), la nuit ou le jour, pour s'orienter ?

Le cours de physique de Seconde ne comporte pas l'étude du magnétisme terrestre, mais des notions succinctes en seront données dans le cadre d'un travail en collaboration avec les collègues d'éducation physique. Cette étude débouchera sur l'apprentissage de l'orientation en s'aidant d'une carte et d'une boussole, en forêt par exemple.

Les élèves réfléchissent à toutes ces questions en s'aidant mutuellement par petits groupes. Ultérieurement, ils expliqueront à leurs camarades d'une autre classe comment fonctionne le cosmographe et quels sont les phénomènes qu'il permet de visualiser.

3.6. Réponses. a) Les élèves tracent différentes ellipses et voient ce qui les différencie les unes des autres. On définit les termes suivants : grand axe, petit axe, foyer, excentricité. On en déduit les couples suivants de paramètres qui sont nécessaires pour déterminer entièrement une ellipse:  $F, F'$  et  $a$  ;  $a$  et  $b$  ;  $e$  et  $a$  ;  $e$  et  $b$ . Sur l'ellipse de l'écliptique on positionne les saisons (axe des solstices et axe des équinoxes perpendiculaires l'un à l'autre).

b) Sur la maquette, les élèves orientent l'axe de la Terre par rapport au plan de l'écliptique. Au solstice de décembre, l'axe de la Terre est dans le plan perpendiculaire au plan de l'écliptique et passant par l'axe des solstices. Aux équinoxes, l'axe de la Terre se trouve dans le plan perpendiculaire au plan de l'écliptique et à l'axe des équinoxes. La précession de l'axe de la Terre est égale à 26 000 ans. On peut mettre en évidence

ce phénomène à l'aide d'une toupie. Il est dû à l'attraction de la Lune et du Soleil sur le bourrelet équatorial de la Terre ; il y a création d'un couple de forces qui tend à ramener ce bourrelet vers le plan de l'écliptique. A cause de ce phénomène, les saisons se déplacent, dans le plan de l'écliptique. Dans 13 000 ans par exemple l'équinoxe de printemps sera dans la position actuelle de celle d'automne et le solstice d'hiver dans celle actuelle d'été.

### 3.7. Comment mettre le cosmographe à jour ?

On se réfère pour cela à l'éclipse totale de Lune du 30 décembre 1982. Ce jour-là le Soleil, la Terre et la Lune sont sur le même axe. Cet axe est parallèle à la "ligne des noeuds"(cf planche C). Dans le cas d'une pleine Lune ordinaire, les trois corps ne sont pas alignés, la Lune est soit trop haute, soit trop basse par rapport à la Terre et nous n'observons pas d'éclipse.

On immobilise alors le disque en bois, qui comporte 19 trous (cf planches C et F), avec le cylindre tronqué, en bois, grâce à une petite goupille métallique. On fait alors décrire un tour au bras métallique Soleil-Terre du cosmographe, pour arriver au 30 décembre 1983. Mais alors, pendant ce temps, le plan de la trajectoire de la Lune a précédé de  $360/18,6$  degrés. On déplace donc la goupille métallique d'un trou, en faisant tourner le cylindre tronqué d'un dix-neuvième de tour.

Ainsi, dans cette position du 31/12/83, on remarque que nous n'observons plus d'éclipse de Lune car la ligne des noeuds n'est plus parallèle à l'axe Terre-Lune.

Puis on déplace le bras métallique pour amener la Terre au jour J de 1984, date à laquelle nous faisons la mise à jour de la maquette. Ainsi, à la fin de chaque année, nous faisons tourner la ligne des noeuds de  $1/19$ ème de tour par rapport à sa position précédente.

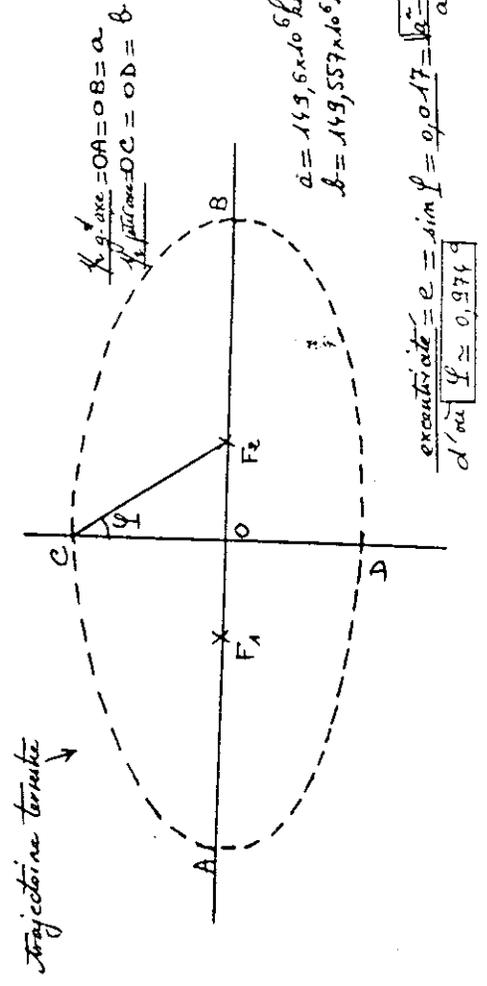
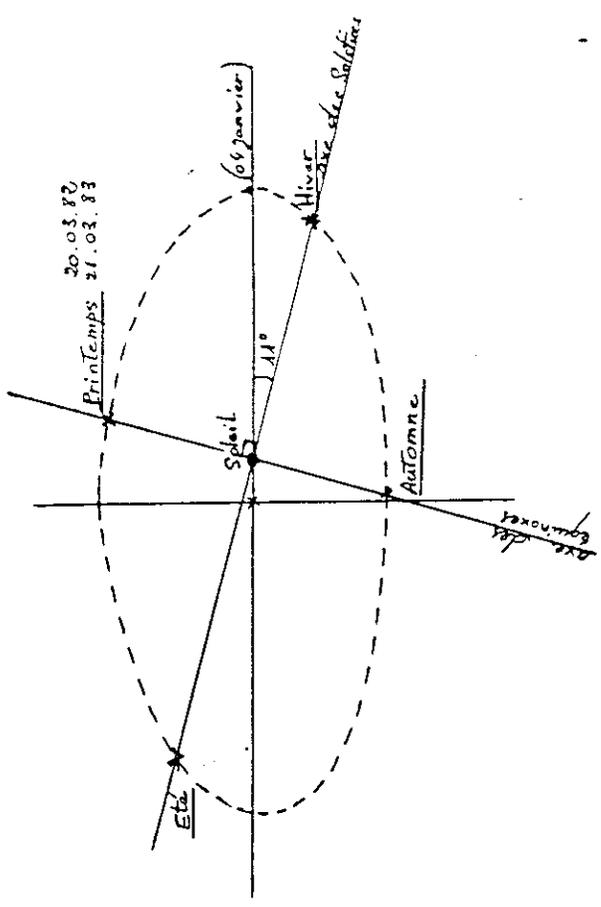
Remarquons que lors de son déplacement autour du Soleil, l'axe de la Terre reste parallèle à lui-même; grâce à une courroie de caoutchouc passée autour des deux poulies de bois, celle située sous le globe terrestre et celle située sous le Soleil.(Une transmission à chaîne serait plus fidèle mais elle est plus difficile à réaliser).

## 4. Comment s'orienter à l'aide de la Lune ?

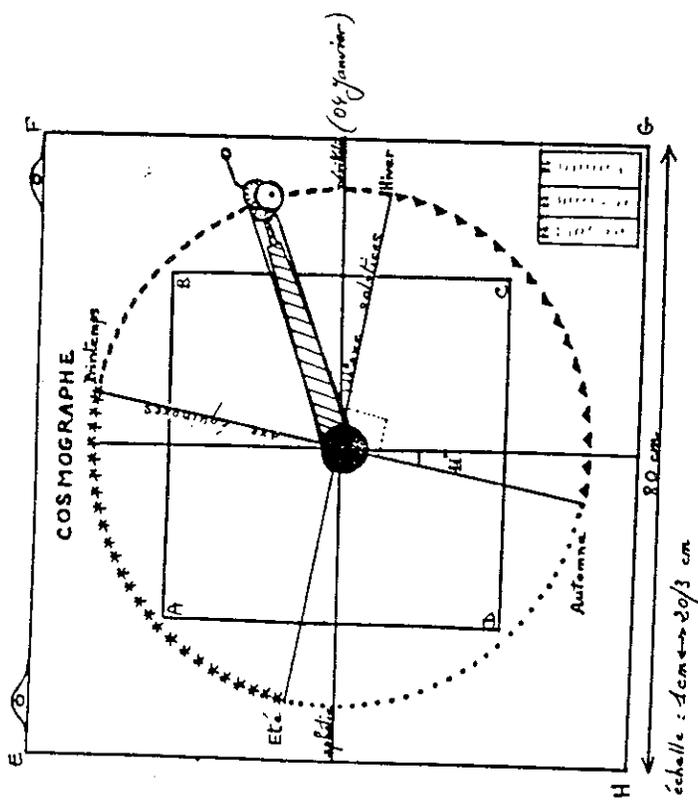
4.1. La Lune est éclairée par le Soleil : la Lune nous permet alors, la nuit, de retrouver la direction du Soleil. Connaissant la position du Soleil et l'heure solaire, nous pouvons en déduire où est le Nord, sachant que le Soleil se trouve au Sud à midi, à l'Ouest vers 18 h et au Nord à minuit.

4.2. Autre méthode. 4.2.1. Réflexions à partir de l'observation de la maquette  
Branchons l'ampoule électrique qui représente le Soleil. Celui-ci éclaire la Lune. La ligne d'ombre sur la Lune (le terminateur) est dans un plan presque perpendiculaire au plan de l'écliptique, c'est à dire que la ligne qui passe par les deux cornes de la Lune lorsque nous observons celle-ci en quartier est presque perpendiculaire au plan de l'écliptique.

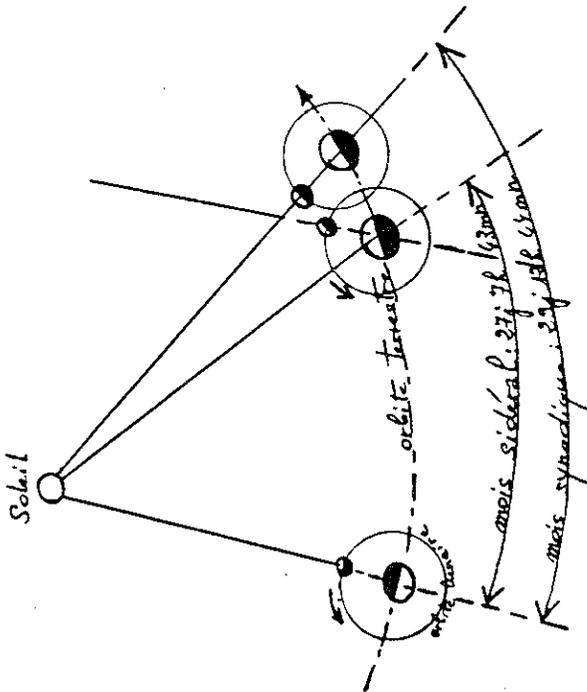
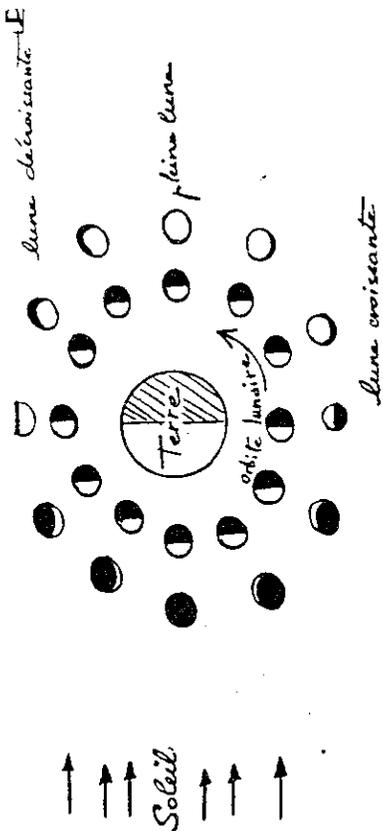
Posons un petit aimant sur le petit globe terrestre à l'emplacement de la France. La surface de cet aimant matérialise alors le plan horizontal en ce lieu. Un axe métallique soudé à une petite plaque posée sur l'aimant (comme l'indique la figure) symbolisera donc la verticale en ce lieu ; un fil à plomb fixé à cet axe est alors perpendiculaire au plan de l'écliptique et il symbolise la ligne des cornes de la Lune. L'axe métallique et le fil à plomb forment un plan qui, soit rencontre le pôle nord géographique (c'est la situations aux solstices à midi ou minuit) soit passe à l'Est de ce pôle, soit à l'Ouest. C'est à dire que le vecteur AB passe soit par le pôle, soit à sa gauche soit à sa droite.



$a = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$   
 $b = 149,557 \times 10^6 \text{ km}$   
 $\text{excentricité} = e = \sin \varphi = 0,017 = \frac{b^2 - a^2}{a}$   
 $d'axe \varphi \approx 0,9719$

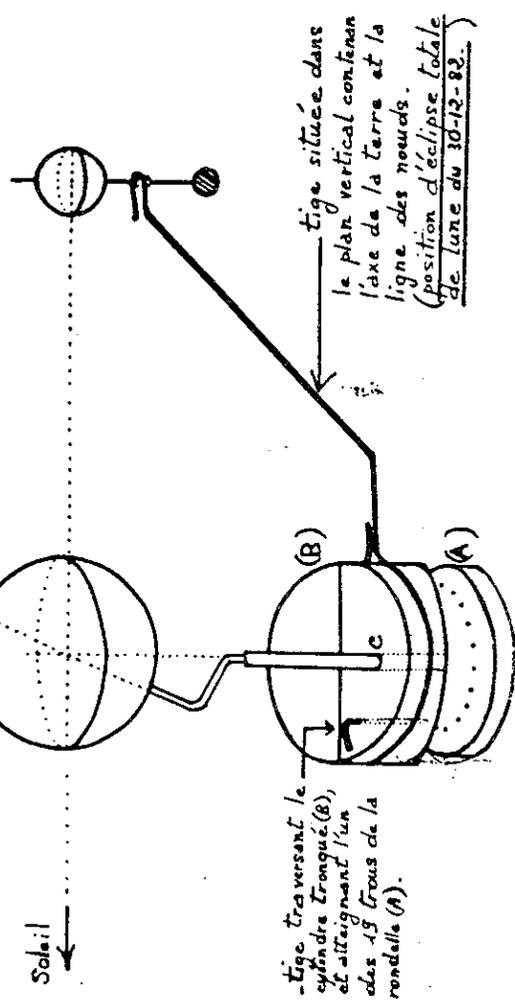
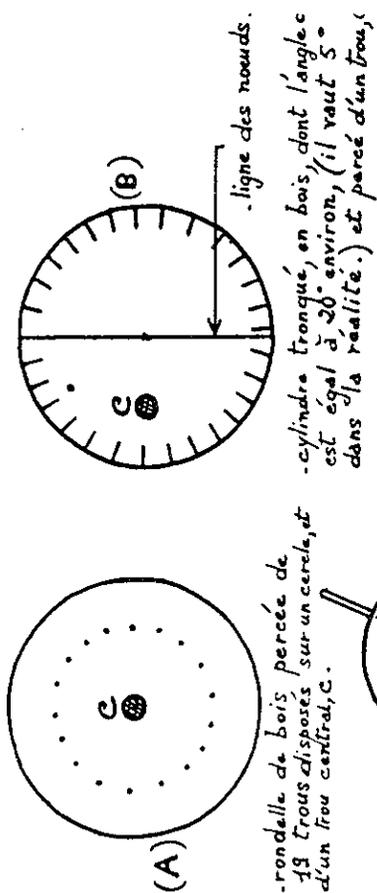
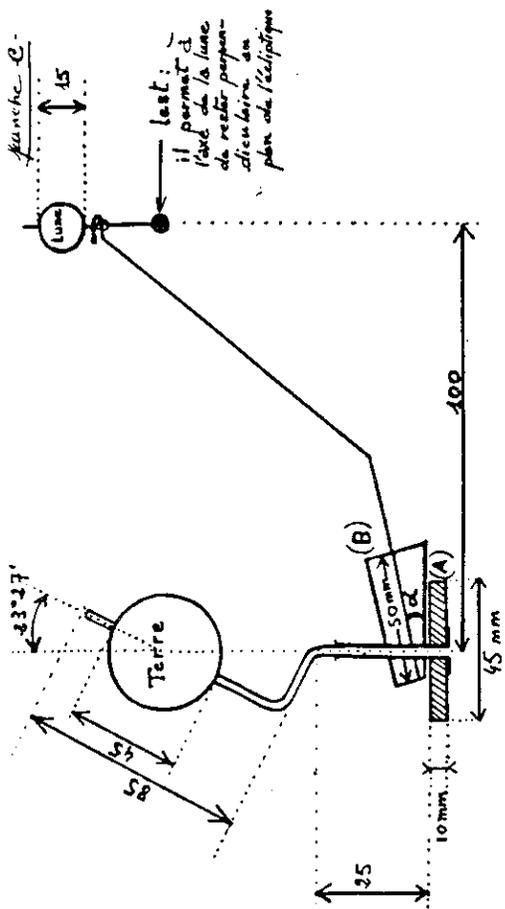


- cadre de la maquette : soleil symbolisé par une ampoule électrique.
- plaque métallique ABCD : elle est recouverte de vernis blanc ou de couleur sur lequel sont inscrites les caractéristiques du système solaire (dimensions, vitesses de rotation, périodes, saisons Terre et lune... et les définitions des saisons).
- plaque de bois EFGH : elle symbolise le plan de l'écliptique. On peut y noter les diverses positions de la lune tout le long de l'année, et les dates des éclipses, ce qui permet de faire le cosmographe à jour.
- bias métallique qui symbolise le rayon de la trajectoire de la Terre; il peut être immobilisé, grâce à quelques aimants dans une position quelconque.

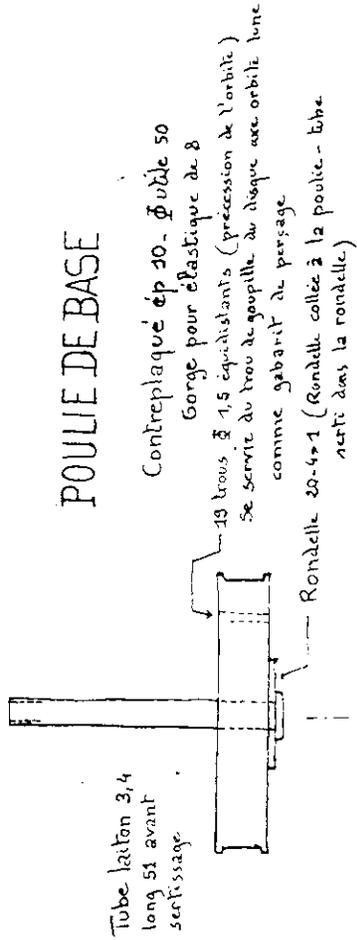


mois synodique : intervalle de temps entre deux aspects successifs de la lune. (deux nouvelles lunes, par exemple. (29j 12h 44mn 2,91s))

mois sidéral : intervalle de temps entre deux passages consécutifs par le pôle boréal de la lune de la même étoile. (27j 7h 43mn 11,5s)



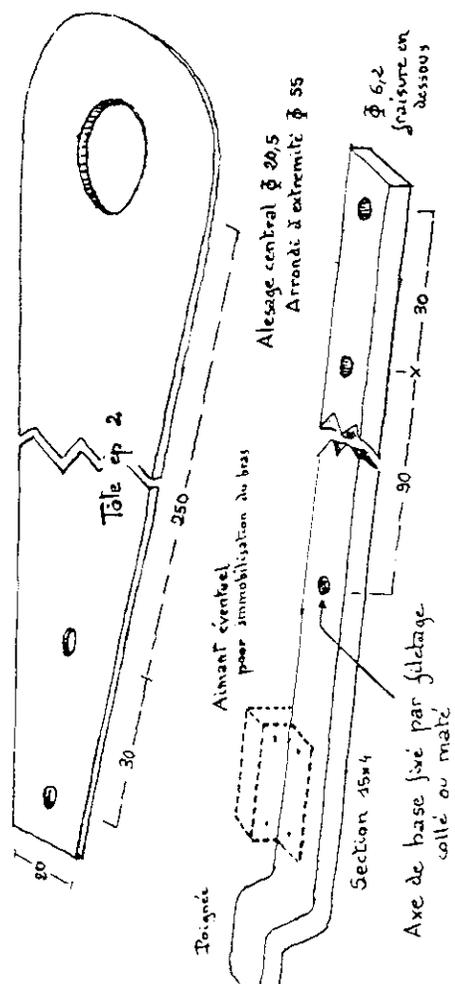
### POULIE DE BASE



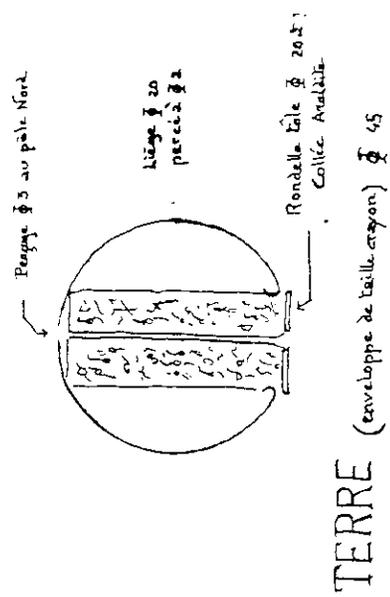
### AXE DE BASE

$\phi$  2,95 INOX ou LAITON (rodage à la toile émeri  
d'un axe de  $\phi$  3 jusqu'à libre rotation de la  
poulie.)

### BRAS (long utile 370)

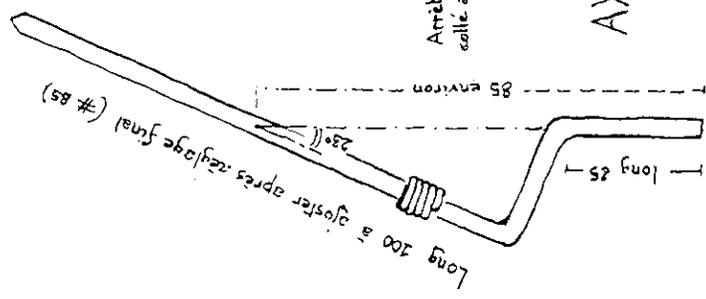


Assemblage 2 vis à métaux fraisés  $\phi$  6

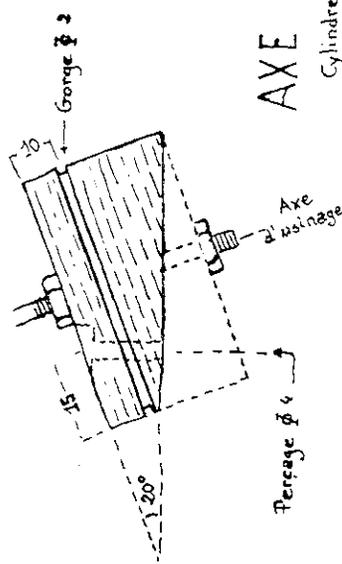


Arrêt fil Cu  $\phi$  1  
collé après réglage final.

### AXE TERRE (fil Inox au laiton $\phi$ 3)

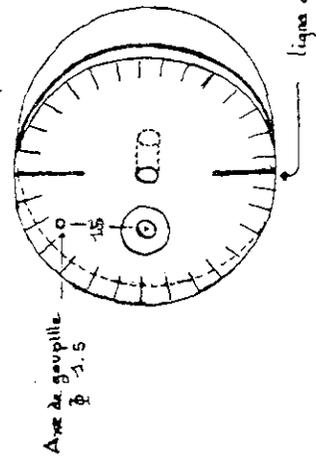


- Dans l'ordre :
- Montage de l'axe à usinage.
  - Calibrage du cylindre.
  - Tracé de la gorge (avec scie à mét).
  - Coupe biseau.
  - Perçage  $\phi$  4 (axe) et  $\phi$  1,5 (gouille) les 2 verticaux.



### AXE ORBITE LUNE

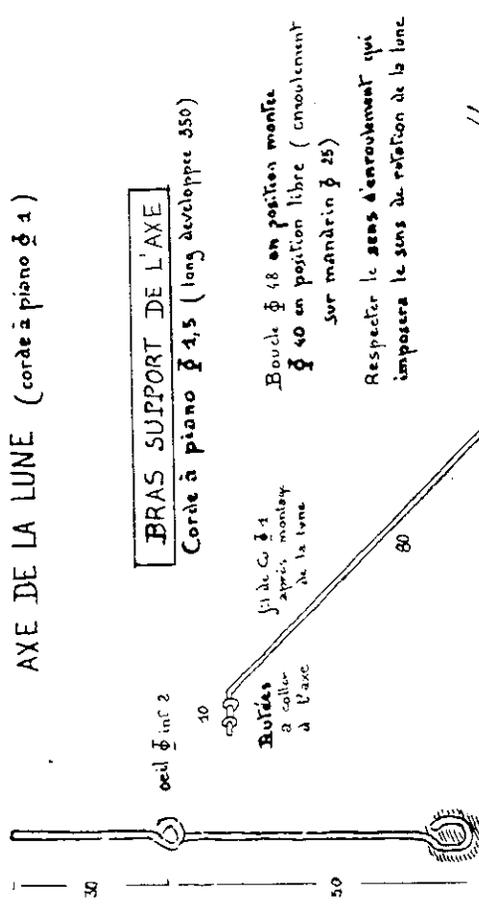
Cylindre  $\phi$  50 haut 30 contreplaqués collés





LUNE  $\phi$  15 (Boule plastique légère ou papier froissé encollé.)  
 La lune sera collée sur son axe après réglage définitif.

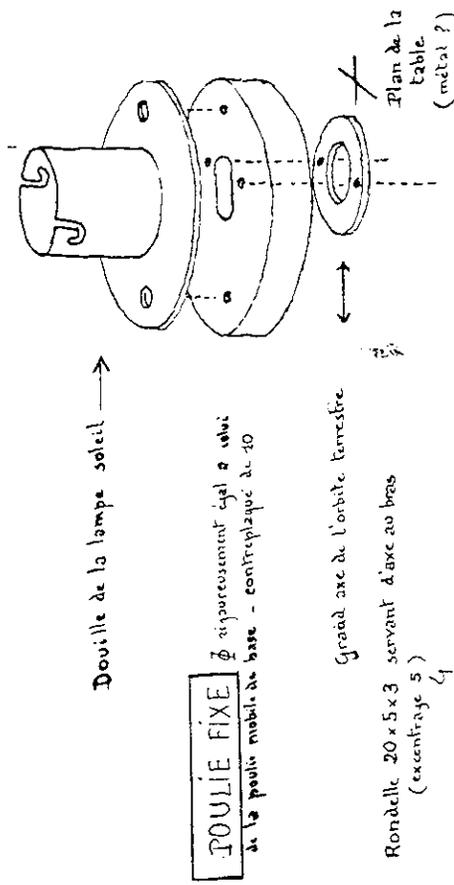
AXE DE LA LUNE (cordé à piano  $\phi$  4)



Lest pour maintenir l'axe vertical

Angle à ajuster au réglage final

Le bras est dans un plan perpendiculaire à celui de la boule

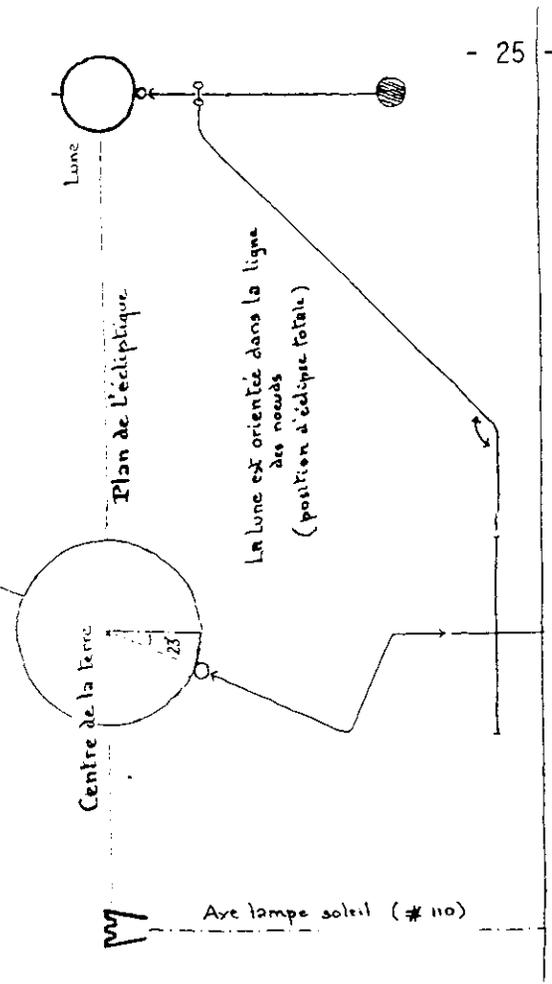


DOUILLE FIXE  $\phi$  approuvément égal à celui de la poulie mobile de base - contre-plaqué de 40

Grand axe de l'orbite terrestre

Rondelle 20 x 5 x 3 servant d'axe au bras (excentrique 5)

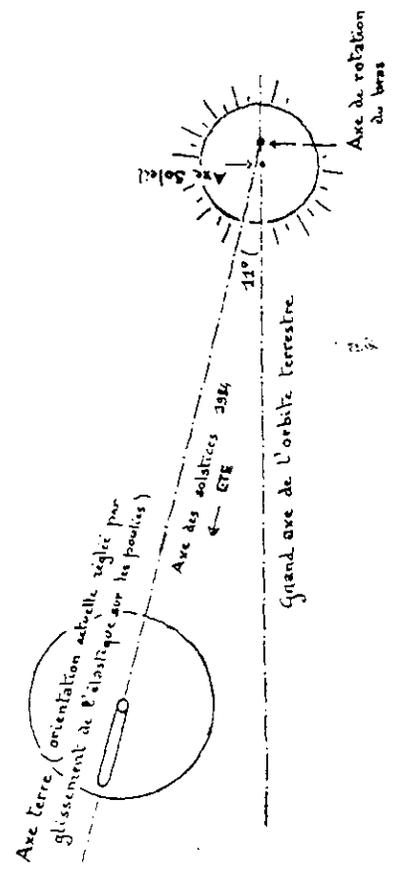
REGLAGE FINAL



La Lune est orientée dans la ligne des nœuds (position d'éclipse totale)

longueurs à régler  
 bulles à coller (aralite)

MISE A JOUR de la précession des équinoxes



Axe terre (orientation actuelle réglée par glissement de l'élastique sur les poulies)

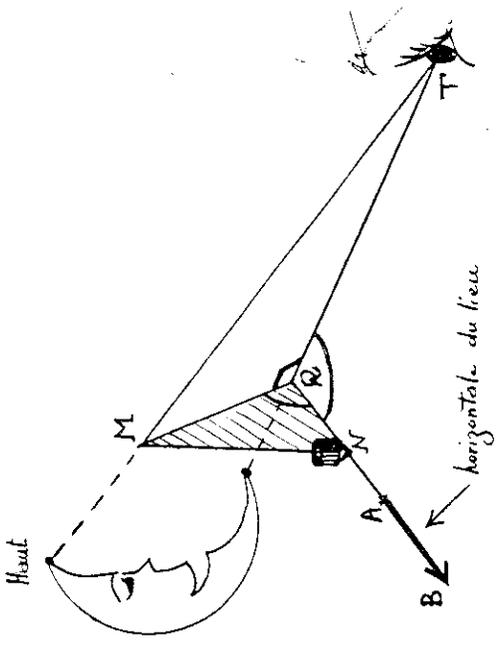
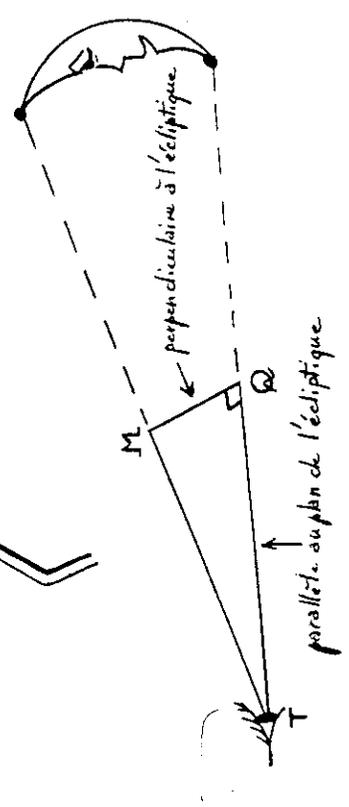
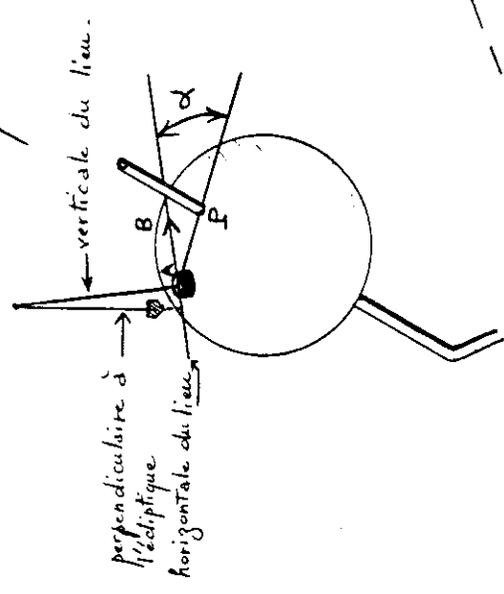
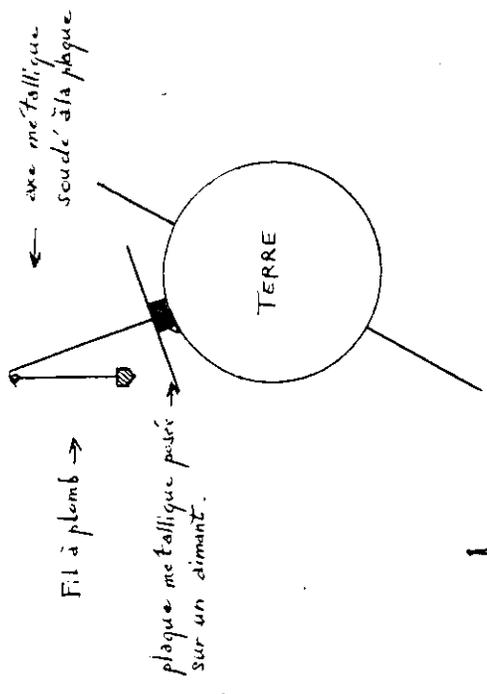
Axe des solstices 23° 27'

Grand axe de l'orbite terrestre

23°

27'

Axe de rotation du bras



La perpendiculaire à l'écliptique,  $MQ$ , et la verticale du lieu (le fil à plomb  $MN$ ) forment un plan (hachuré) qui définit le vecteur horizontal  $AB$  qui nous permet de connaître la direction du Pôle Nord Géographique en un lieu donné.





CONSTRUCTION ET MODE D'EMPLOI D'UN CALENDRIER PERPETUEL

Pour retrouver le jour de la semaine correspondant à une date donnée, il faut partir d'une situation connue, compter le nombre de semaines nous séparant de la date cherchée et en déduire le jour après un calcul qui peut être long. On appelle Calendrier perpétuel des tableaux ou abaquages qui facilitent ce genre de calcul. Il en existe de nombreuses présentations pour le calcul du jour de la semaine, des phases de Lune, dates de Pâques, ... Le calendrier tournant que nous proposons permet une lecture directe du jour de la semaine pour toutes les dates postérieures à l'après J.C. Ce même calendrier est présenté également sous forme de tables dont la lecture est moins aisée que celle du calendrier tournant.

1- Utilisation des tableaux

Les tableaux sont en fait une présentation différente et beaucoup plus lisible des tables qui sont publiées tous les ans dans l'annuaire du Bureau des Longitudes. La date (en julien avant le 4/10/1582 et en grégorien après le 15/10/1582) donne lieu au calcul de 3 indices donnés dans les tableaux I, II et III. Pour obtenir le jour de la semaine correspondant à cette date on relève les indices relatifs :

- au mois (Table I). Pour les années bissextiles on utilise les valeurs de janvier et février suivies de la lettre B.
- Au siècle (Table II). Le tableau est partagé en deux parties suivant que l'on se trouve en grégorien ou en julien.
- Au quantième (dizaine et unités d'années) (Table III).

On fait la somme de ces trois indices à laquelle on ajoute le jour du mois. Le reste de la division par 7 donne le numéro du jour de la semaine (1 = lundi, 2 = mardi, ...).

Exemples :            1 juillet 2000

juillet (Table I)	---	>	6	
(20)00 (Table II)	---	>	0	
20(00) (Table III)	---	>	6	
1er		---	>	$\frac{1}{13}$
				13 ---> 6 ---> samedi

4 octobre 1582

octobre	(Table I)	---	>	3
(15)82	(Table II)	---	>	4
15(82)	(Table III)	---	>	3
4		---	>	$\frac{4}{11}$
				11 ---> 4 ---> jeudi

A la réforme grégorienne, on est passé directement du jeudi 4 octobre au vendredi 15 octobre 1582 sans interruption dans les jours de la semaine.

14 juillet 1789

juillet	(Table I)	---	>	6
(17)89	(Table II)	---	>	5
17(89)	(Table III)	---	>	5
14		---	>	$\frac{14}{30}$
				30 ---> 2 ---> mardi

Ces tableaux, comme tous les calendriers perpétuels, permettent de résoudre le problème inverse

- Au 20ème siècle, quelles sont les années dont le 1er mai est un dimanche

1er mai (Table I)	---	>	$1 + 1 = 2$
20e siècle : 19 (Table II)	---	>	$\frac{1}{3}$

Il faut ajouter x l'indice du quantième tel que  $x + 3 = 7$  c'est-à-dire  $x = 4$ . En se reportant à la Table III on trouve les années : 1904, 1910, ... 1988 et 1994 dont le 1er mai est un dimanche.

- En 1969, la lère Pleine Lune de printemps est tombée le 2 avril ; sachant que le dimanche qui suit cette date est le dimanche de Pâques, quelle est la date de Pâques de l'année 1969 ?

La date cherchée est le dimanche x avril 1969

avril 1969	---	>	$6 + 1 + 1 = 8 (-7) = 1$
D'où $x + 1 = 7$	---	>	$x = 6$

C'est-à-dire le dimanche 6 avril 1969.

On aurait pu également chercher quel jour de la semaine est tombé le 2 avril 1969. On aurait trouvé  $2 + 6 + 1 + 1 = 10 (-7) = 3$  ou encore un mercredi ; le dimanche qui suit est bien le 6.

janvier	0	3B
février	3	2B
mars	3	
avril	6	
mai	1	
juin	4	
juillet	6	
août	2	
septembre	5	
octobre	0	
novembre	3	
décembre	5	

B pour les années bissextiles

TABLE I : indice du mois

		CENTAINE										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
M	0	5	4	3	2	1	0	6	5	4	3	Julien*
I	1	2	1	0	6	5	4/1	0	5	3	1	
L	2	0	5	3	1	0	5	3	1	0	5	Grégorien*
L	3	3	1	0	5	3	1	0	5	3	1	
E	4	0	5	3	1	0	5	3	1	0	5	

Ex (10)00 ----> 2  
 (19)85 ----> 1

\* Julien jusqu'au 5 octobre 1582  
 Grégorien à partir du 15 octobre 1582

TABLE II : indice du siècle

		UNITE									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0	6	0	1	2	4	5	6	0	2	3
D	1	4	5	0	1	2	3	5	6	0	1
I	2	3	4	5	6	1	2	3	4	6	0
Z	3	1	2	4	5	6	0	2	3	4	5
A	4	0	1	2	3	5	6	0	1	3	4
I	5	5	6	1	2	3	4	6	0	1	2
N	6	4	5	6	0	2	3	4	5	0	1
E	7	2	3	5	6	0	1	3	4	5	6
	8	1	2	3	4	6	0	1	2	4	5
	9	6	0	2	3	4	5	0	1	2	3

Ex : 10(00) ----> 6  
 19(85) ----> 6

TABLE III : indice du quantième

2 Construction du calendrier :

Le calendrier perpétuel se compose de cinq disques à découper et à monter à l'aide d'une attache parisienne après avoir évidé les quatre fenêtres hachurées dans lesquelles on lit directement les indices tabulés dans les tables I à III. En partant du disque de plus grande taille au plus petit on rencontre :

- le disque "JOUR". L'indice correspondant est simplement le reste de la division du numéro du jour par 7. Ex. à 25 correspond 4 car  $25 = 4 + 3 \times 7$ .
- Le disque "MOIS". C'est la transposition de la table I. Durant les années bissextiles, on utilise pour janvier et février les indices suivis de la lettre B. Pour les autres mois, les indices sont les mêmes durant les années communes et les années bissextiles.
- Le disque "Quantième". Il correspond à la table III ; les années (dizaines et unités) sont regroupées en 7 secteurs, dans chacun d'eux, l'indice est commun.
- Le disque "Siècle" est équivalent à la Table II. Comme précédemment, les siècles sont regroupés par un indice commun. Dans la table, le siècle 15 apparaît deux fois : 15 J est à utiliser dans le calendrier julien (avant le 4/10/1582) et 15 G dans le calendrier grégorien (après le 15/10/1582).

- Sur le petit disque on peut lire la table des jours ; son but est le suivant : après avoir orienté les quatre disques (jour, mois, quantième et siècle) on additionne les quatre indices visibles dans les fenêtres. Cette somme reportée dans la table des jours donne directement le jour de la semaine : cette table évite de chercher le reste de la division par 7 de la somme des indices.

### 3 Utilisation du calendrier perpétuel

Nous allons reprendre l'un des exemples précédents :

le 1er juillet 2000

- on place le 1er curseur sur le 1 du cercle extérieur "Jour du Mois". Dans la fenêtre on lit ----> 1
- on place le 2ème curseur sur juillet du cercle "Mois" :  
on lit ---> 6
- on place le 3ème curseur dans la zone "quantième" où l'on rencontre 00 (dizaines et unités de 2000).  
On lit ----> 6
- on place enfin le 4ème curseur sur la zone "siècle" en face de 20. On lit ----> 0

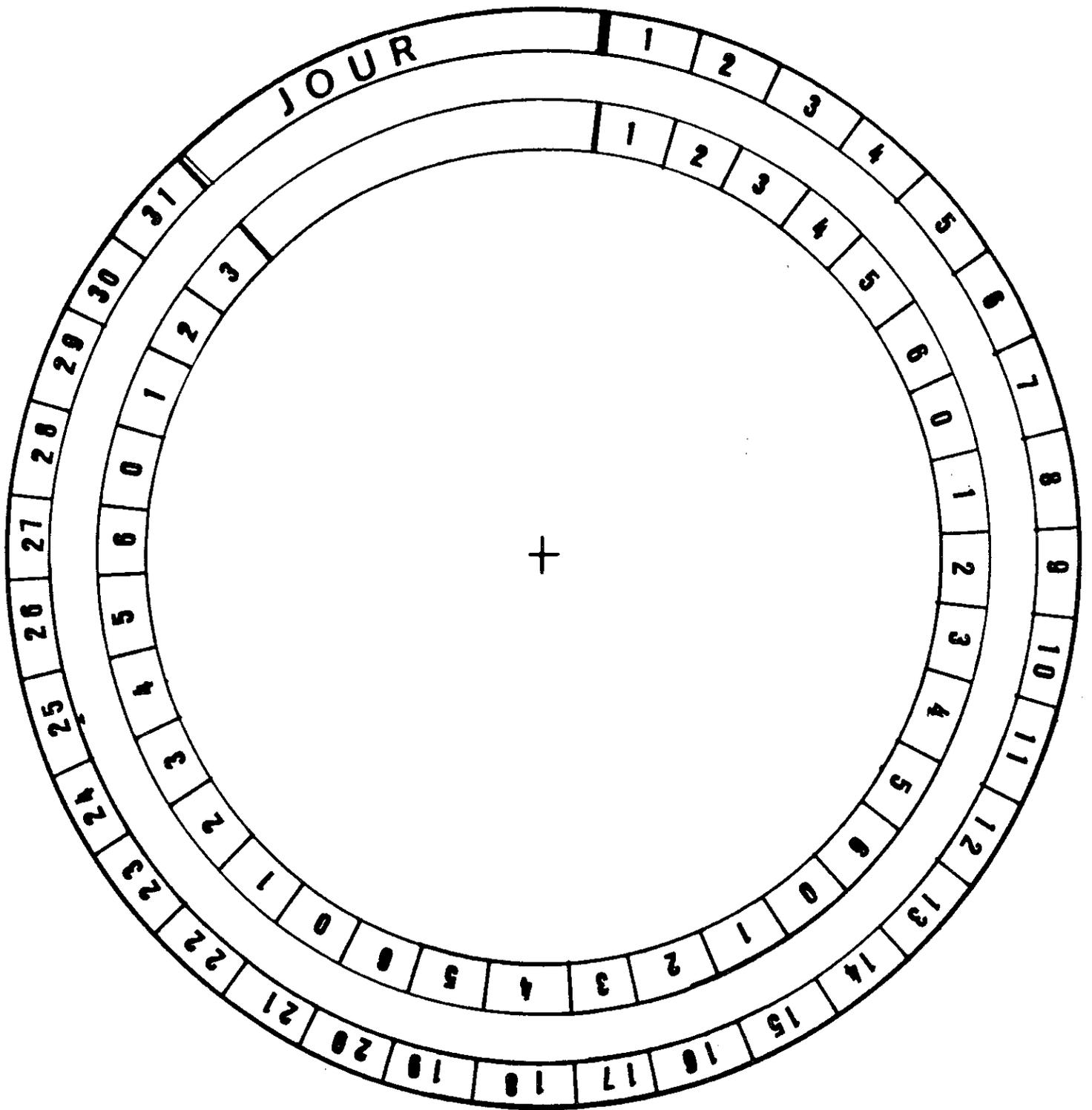
La somme des indices est 13 qui reportée dans le tableau donne samedi.

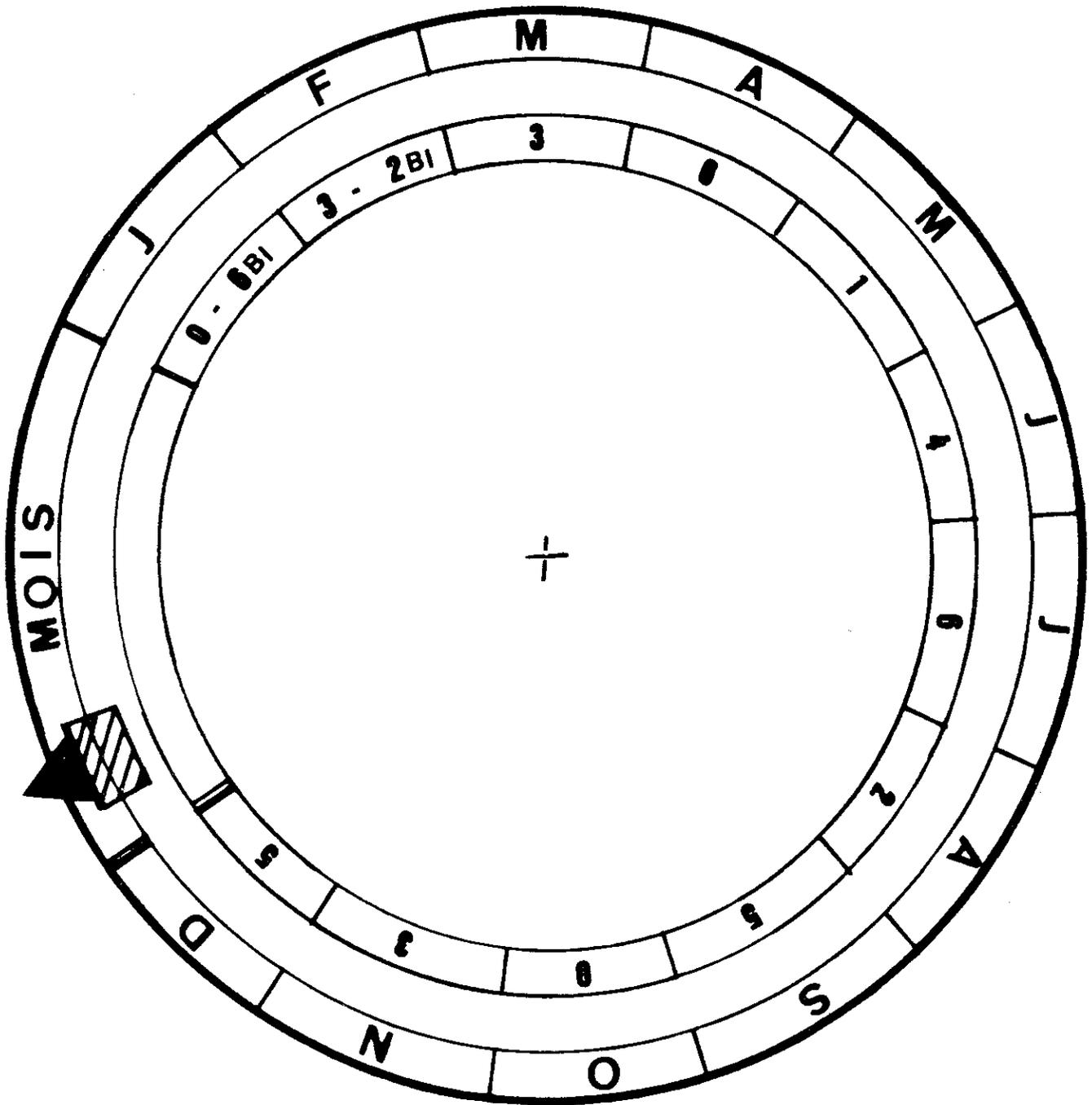
On peut également résoudre le problème inverse : quelles sont les années du 20ème siècle dont le 1er mai est un dimanche. On place

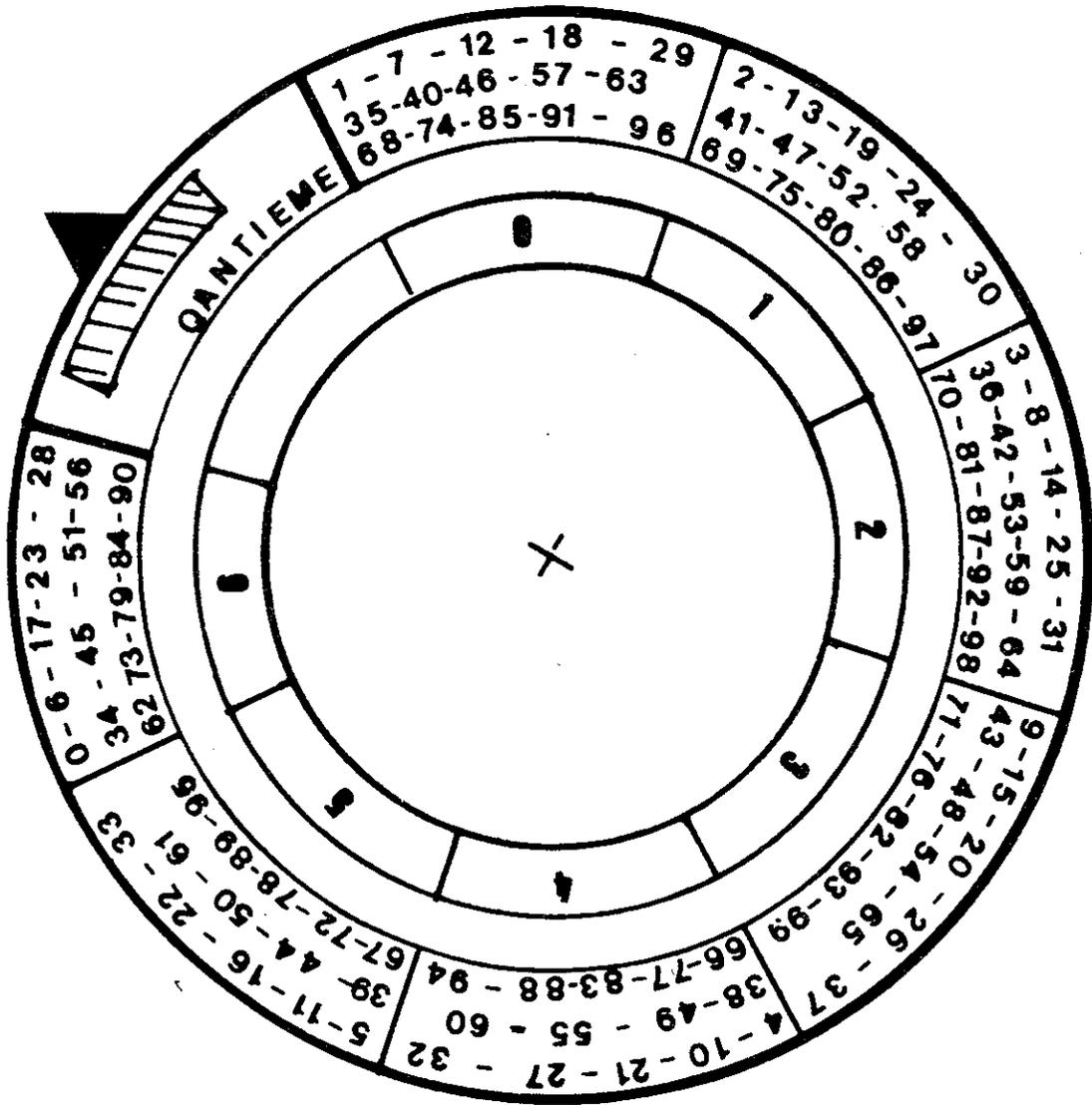
- le premier curseur sur 1 ----> 1
- le deuxième curseur sur mai ----> 1
- le quatrième curseur sur 19 ----> 1

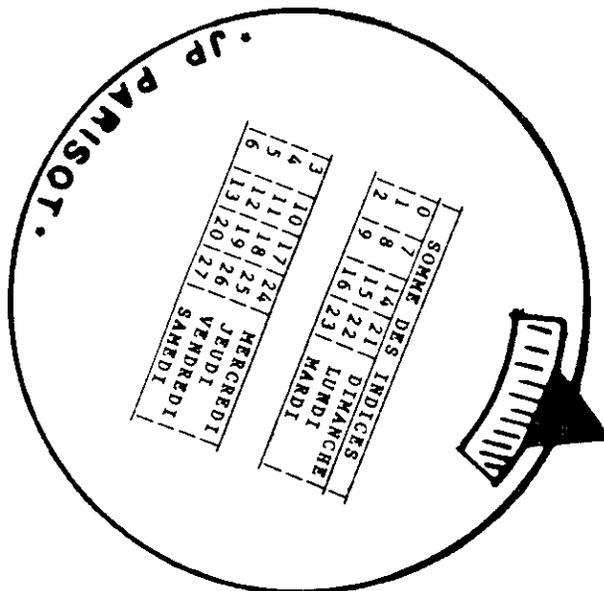
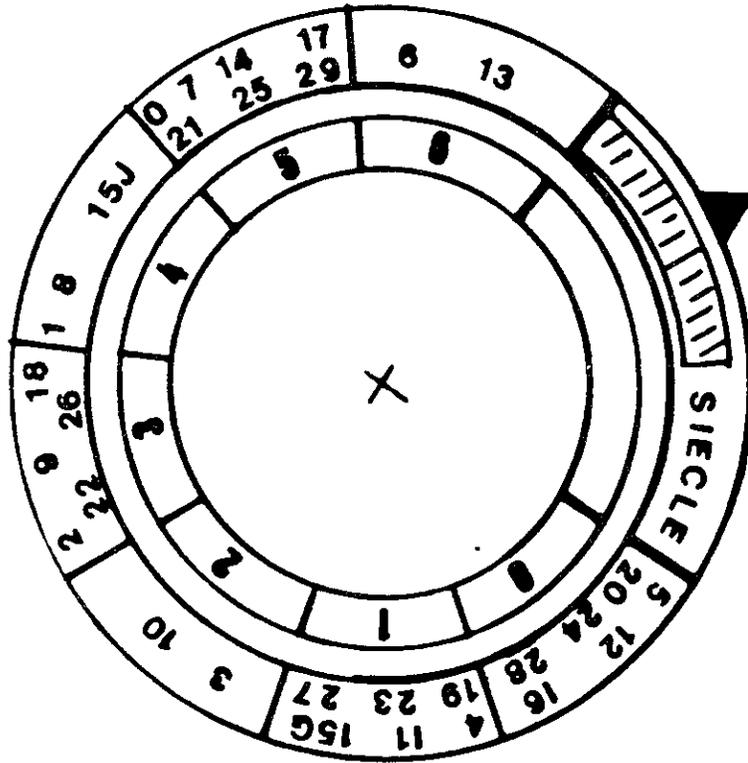
Si  $x$  est l'indice du quantième, on doit avoir  $x + 3 = 7$  d'où  $x = 4$ . En plaçant la fenêtre du troisième disque de telle façon que le 4 soit apparent, dans la zone située en face de la flèche on lit les quantième répondant à la question. En combinant la zone "siècle" et la zone "quantième" on obtient directement toutes les années postérieures à 1 après J.C. dont le 1er mai est un dimanche.

Remarque : il est recommandé de colorier les graduations en indices qui apparaissent dans les fenêtres ; quand le calendrier est réglé, les 4 indices apparaissent en couleur dans les fenêtres ce qui facilite la lecture.









LECTURES POUR LA MARQUISE ET POUR SES AMIS  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

Ciel ! De l'astrologie !

\*\*\*\*\* A propos du livre de Liz Greene "L'astrologie", collection "Découverte", édition Hatier.

C'est Lucette qui avait enlevé ce livre de la bibliothèque de l'école d'été de Formiguères en disant : " pas de ça ici". Mais tout le monde n'approuvait pas cette censure arbitraire : "Pourquoi n'y aurait-il pas des livres de toute sorte ?" "Non, dit Michèle, tout de même pas de l'astrologie ! Dans une collection destinées à la jeunesse, Hatier laisse croire aux gens qu'ils achètent à leur enfant un livre scientifique et qu'y lisent-ils : "A la différence des mathématiques, de l'histoire, de la géographie, de la littérature qui ouvrent l'esprit au monde extérieur, l'astrologie permet une connaissance plus approfondie de la personnalité et du comportement de chacun de nous : c'est très utile et cela rend la vie plus agréable." C'est scandaleux !"

Ayant ainsi rappelé les réactions de nos Amies Lucette et Michèle, examinons le livre. Les illustrations sont belles, surtout la mosaïque représentant les signes du Zodiaque ; le livre n'est pas déplaisant à feuilleter.

L'introduction historique fait nettement la part des choses entre astrologie et astronomie ; à première vue, il pourrait s'agir d'une étude très critique du fatras astrologique. Cependant l'astrologie est qualifiée de science, au même titre que l'astronomie ; une science dont les spécialistes contemporains "continuent à croire qu'il existe des relations entre..." Vous avez bien lu, une science ?

Et page 14, cela devient sérieux : on attend "que l'astrologie devienne pour vous une passion". Voyons les planètes : la liste commence par le Soleil et la Lune ; le premier "symbolise l'autorité, l'organisation, la réussite dans le travail", la seconde "la réceptivité, le changement et les émotions", ce que les lecteurs de Cahiers Clairaut sentaient d'ailleurs confusément depuis longtemps.

Ah, les signes du Zodiaque. Je prend l'exemple du mien, le Capricorne "passe son temps à escalader des sommets inaccessibles" ou encore "le travail doit tenir une grande place dans votre vie". Ca y est ! Je sais pourquoi je suis venue et même revenue à Formiguères, c'était écrit dans les astres.

La conclusion se résume en ces termes : nous ne pouvons pas prouver que c'est juste mais tant de civilisations l'ont étudiée et utilisée qu'il serait "trop simple de tout refuser". Laissons pourtant le mot de la fin à Jean-Claude Pecker (citation tirée de son livre "Sous l'Etoile Soleil", p.35) : " Quel dommage que ces belles constructions aient une valeur nulle ! Et je prends ici mes responsabilités : quand je dis nulle, je me réfère non pas à tel astrologue ou à tel autre, à telle version plus ou moins "scientifique" des rêves de naguère - je parle de toute astrologie qui prétend faire dépendre toute la vie d'un être de la seule configuration du ciel au moment de sa naissance (voire de quelques autres moments de sa vie)."

Anne-Marie Louis

Le retour de la comète

\*\*\*\*\* par Jean-Marie HOMET ; préface de Michel Vovelle ; 208 p. ; 110 F ; édition IMAGO (avec huit pages de documents anciens).

Du même Auteur, j'ai signalé dans le Cahier n°29 le livre très bien documenté sur "Astronomes et astronomie en Provence (1680-1730)". Avec les mêmes qualités, au service d'une documentation très complète, J-M.Homet nous fournit tout ce que nous pouvons chercher sur l'histoire des retours

Du même Auteur, j'ai signalé dans le Cahier 29 le livre très bien documenté sur "Astronomie et astronomes en Provence (1680-1730)". Avec les mêmes qualités au service d'une documentation très complète, J.-M. Homet nous fournit tout ce que nous pouvons désirer savoir sur l'histoire des retours de la comète de Halley.

Dans le chapitre 1, "Nature et forme de la comète", on retrouve toutes les hypothèses imaginées au cours des âges à propos de l'aspect étrange des comètes. Exemple, cette citation des "Métamorphoses" d'Ovide : "Vénus descend des voûtes célestes, invisible à tous les regards et s'arrête au milieu du sénat, du corps de César, elle détache son âme, l'empêche de s'évaporer et l'emporte dans la région des astres. En s'élevant, la déesse la sent se transformer en une substance divine et s'embraser. Elle la laisse s'échapper de son sein, l'âme s'envole au-dessus de la lune et devient une étoile brillante qui traîne dans un long espace sa chevelure enflammée." Chapitre 2 : la Trajectoire ; il s'agit d'abord de prouver que l'apparition d'une comète n'est pas un phénomène sublunaire ; Tycho prouve qu'elle est plus lointaine, c'est un astre ; Newton enfin montre que toute comète est soumise comme les planètes aux conséquences de la gravitation universelle Halley retrouve alors dans les annales historiques les passages antérieurs à celui de 1682. Mais ce n'est qu'après le retour de 1759 que sur proposition de La Caille la fameuse comète sera dite de Halley. Le chapitre 4 revient sur les retours historiques ; 1986 est le trentième passage observé.

Le chapitre 3, le plus détaillé, est intitulé "les dangers, les bienfaits ou l'inocuité de la comète". D'un moindre intérêt astronomique, c'est historiquement passionnant : histoire des peurs cométaires (elles ne sont pas dépassées, j'ai entendu une dame fort inquiète pour sa fille qui devait prendre l'avion alors que la comète s'approche...) ou bien comète porteuse de vie ou plus souvent danger naturel. Des détails savoureux, des croyances diverses. Par exemple, le destin des humains qui ont la chance de naître l'année d'un passage, ils vivront jusqu'au passage suivant ; la preuve, Mark Twain (1835-1910). Hélas, il y a de fâcheuses exceptions, Jacques Monod (1910-1965). Il paraît que c'est à l'occasion du passage de 1456 que le pape Calixte III réhabilita Jean d'Arc. On prétend aussi que les passages de la comète de Halley annoncent des changements de gouvernement et le calendrier électoral en France conduit des esprits imaginatifs à en rêver. Bref, je crois que le livre de J.-M. Homet vous instruira en vous distrayant.

Encore elle

\*\*\*\*\* Son retour de 1986 donne lieu à des manifestations multiples qu'il faut citer.

D'abord un erratum : dans l'excellent article de Toulmonde, CC29, p.30, 1 ère ligne, on a tapé Nord là où il fallait Sud. Rétablissons : "seul l'hémisphère Sud de la Terre bénéficiera de bonnes conditions d'observations." On pourra dire que la dactylo de Cahiers a perdu non le Nord mais le Sud.

Nous connaissons et apprécions depuis longtemps le livre de Philippe Véron et Jean-Claude Ribes "Les Comètes, de l'antiquité à l'ère spatiale" (236 p. éd Hachette, 1979). Des mêmes Auteurs avec le renfort de M. Festou, les libraires nous proposent aujourd'hui "Les Comètes, mythes et réalités" (éd Flammarion, 125 F).

Un lecteur n'a pas trouvé l'adresse pour se procurer le numéro spécial de la Gazette d'Uranie sur la comète (cf CC 30, p.29). Qu'il écrive directement à Christian Dumoulin, 21 rue Corneille, 87110 Condat sur Vienne.

ENFIN N'OUBLIONS SURTOUT PAS QUE LE 26 JANVIER 1986 L'ASSEMBLEE GENERALE DU CLEA NOUS PERMETTRA D'ECOUTER UNE CONFERENCE D'ERIC GERARD SUR LE RETOUR DE 1986. A ne pas manquer.

G.W.

## VENUS ET LES PLEIADES

ou "Visite de la Déesse de l'Amour aux Filles d'Atlas"

Un simple TP réalisé, il y a quelques années avec des élèves de Seconde.

### 1. Déplacement de Vénus

Le document reproduit ci-contre est tiré de deux photographies de l'Amas des Pléiades dans la constellation du Taureau. La grosse tache est la planète Vénus. Son déplacement apparent par rapport au fond du ciel est très net. On le mesure en reportant les positions de la planète et des étoiles sur un papier calque et en utilisant le segment de calibration. Les photographies au téléobjectif 400 mm, durée de pose 2 minutes.

### 2. Construction graphique

Pour simplifier, on admet que la Terre (T) et Vénus (V) décrivent des orbites circulaires coplanaires autour du Soleil (S).

Rayons des orbites : Terre 1 unité astronomique ; Vénus 0,72 ua  
Périodes de révolution sidérale : Terre 365,25 j ; Vénus 224,7 jours.

La droite TS au moment de l'équinoxe de printemps définit une direction de référence, celle du point vernal  $\gamma$ . On trace deux cercles de centre S et de rayons 7,2 cm (V) et 10 cm (T) puis on y place la droite TS  $\gamma$ . L'angle  $(S\gamma, SP)$  est la longitude héliocentrique de la planète P. Ainsi, celle de la Terre à l'équinoxe de printemps est de  $180^\circ$  ; cet angle est mesuré à partir du rayon S dans le sens direct.

On donne les longitudes héliocentriques suivantes (extraites d'Ephémérides):  
date 3 avril 1980, Vénus :  $148^\circ$  ; Terre :  $194^\circ$

Placer ces planètes sur leurs orbites pour cette date, soit  $V_1$  et  $T_1$ .  
En utilisant les données ci-dessus calculer les nouvelles positions le 6 avril 1980 et placer les points correspondants  $V_2$  et  $T_2$ . Tracer  $T_1V_1$  et  $T_2V_2$ . Vénus était-elle visible le soir ou le matin ? Evaluer les distances  $T_1V_1$  et  $T_2V_2$  en unités astronomiques. Mesurer les longitudes géocentriques de Vénus les 3 et 6 avril 1980 (angle entre la direction du point  $\gamma$  et la direction de Vénus vue de la Terre).

Reporter les valeurs obtenues sur une carte zodiacale et comparer avec les clichés reproduits.

Faire de même avec le Soleil. Quel est l'écart maximal entre V et S vus de la Terre ? Quelle conclusion en tirer ?

De quel angle a tourné la droite TV entre le 3 et le 6 avril 1980 ? Comparer avec le résultat obtenu en 1.

Jean-Paul Rosenstiehl  
(Club d'astronomie de l'Université du Maine)

3 Avril 1980  
20h TU

échelle: 

6 Avril 1980  
20h TU

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE  
RENCONTRES AVEC LA COMETE DE HALLEY

L'observation de la comète de Halley donne lieu à une coopération internationale remarquablement développée qui met particulièrement bien en évidence la complémentarité des observations au sol et dans l'espace. C'est aussi un exemple où l'Europe joue un rôle essentiel.

Les temps forts de cette campagne d'observations se situeront en mars 86 au moment où successivement les sondes soviétiques Véga, la sonde japonaise Planet A et la sonde européenne Giotto rencontreront la comète. Cette date est choisie parce qu'elle correspond au moment où la comète traverse le plan de l'écliptique et qu'il serait beaucoup plus difficile et plus coûteux d'envoyer une sonde en dehors du plan de l'écliptique.

L'objectif le plus ambitieux est celui de Giotto qui doit passer à seulement 1000 km de la comète. Elle devrait mesurer avec précision sa composition chimique et détecter son noyau, ce qui serait une grande première: en effet les noyaux des comètes sont trop petits pour qu'on puisse les voir de la Terre, même avec le télescope spatial qui doit être lancé bientôt. Comme la comète a un mouvement rétrograde alors que la sonde, comme toute sonde lancée depuis la Terre, a le même mouvement direct que celui de la Terre, le véhicule traversera la chevelure, qui s'étend sur une distance plus grande que celle de la Terre à la Lune, en à peine une heure et demi!

La mission Véga consiste à lancer deux satellites en direction de Vénus, puis à les réorienter en direction de la comète en utilisant l'assistance gravitationnelle de Vénus. La première sonde Véga 1 passera à 10 000 km de la comète, Véga 2 à moins de 7 000 km. Les sondes Véga sont plus perfectionnées que la sonde Giotto parce qu'elles sont stabilisées selon 3 axes, alors que Giotto n'est stabilisé, par rotation, que selon un seul axe. Ceci a permis de mettre à bord des dispositifs assez complexes, d'imagerie et de spectroscopie IR, visible et UV grâce à deux spectromètres.

Les deux missions sont complémentaires non seulement par les caractéristiques différentes des distances d'approche et des instrumentations, mais aussi parce que la précision nécessaire à la navigation de Giotto ne pourra être obtenue que grâce d'une part aux observations au sol, coordonnées par "International Halley Watch" et aux clichés pris par les sondes Véga qui croiseront la comète quelques jours seulement avant Giotto. Ces observations seront transmises à l'Agence Spatiale Européenne pour permettre les dernières corrections de trajectoire!

Les observations au sol, nous venons de le voir pour ce qui concerne la prévision précise de la trajectoire de la comète, sont aussi très importantes et les Etats-Unis, bien que la NASA n'ait aucune expérience lancée vers la comète, ont joué un rôle important en organisant une coopération internationale d'une ampleur considérable connue sous le nom de "International Halley Watch" (IHW). Parmi bien d'autres choses, IHW assure une circulation rapide et efficace des informations entre ses membres. IHW comporte plusieurs réseaux spécialisés, dont un réseau "amateurs" et un réseau "radioastronomie" dont l'équipe "Comètes" de Nançay fait partie. Cette équipe a été la première à détecter à Nançay l'émission à 18 cm de longueur d'onde due au radical OH dans la comète de Halley, en août dernier, alors que la comète était encore à 2,8 u.a. du Soleil. Les observations radio ont un double avantage par rapport aux observations faites dans d'autres gammes d'onde: (1) elles permettent de suivre au jour le jour l'évolution du dégazage de la comète, en particulier lorsque les conditions d'observation dans le visible ou dans l'UV sont difficiles; (2) leur grande résolution spectrale permet de mesurer la vitesse d'expansion des gaz cométaires, d'étudier la cinématique de la coma et de détecter tout dégazage anisotrope, d'où l'effet de recul sur le noyau appelé force non-gravitationnelle.

Chronique du CLEA

En premier lieu, de bonnes nouvelles des stages. Et nous n'avons pas encore de nouvelles de certaines académies où il se passe sûrement quelque chose, entre autres Grenoble, Nice, Besançon. Citons ce que nous savons.

Limoges - Le stage académique d'astronomie a eu lieu les 14,15 et 16 octobre à l'Ecole Normale grâce à l'organisation dynamique de Liliane Sarrazin. La conférence de Gié sur l'effet de marée ouvrait le stage et nous sommes heureux de pouvoir la publier dans ce numéro des Cahiers. Christian Dumoulin a traité d'astronomie et informatique. En fin de stage, Liliane nous écrit que le logiciel "Carte du ciel" (collection Transware) a eu beaucoup de succès. "Si chaque établissement pouvait se le procurer, écrit-elle, ce serait presque comme si l'ami Victor était sur place." Presque, bien sûr, mais ce n'est pas un mince compliment. Il faudra donc revenir dans les Cahiers sur ce genre de logiciel et celui-ci en particulier.

Poitiers - Le stage académique aura lieu en mars sous le numéro RBA 615 fort explicite. Une journée sur l'astronomie est également prévue pour les instituteurs.

Versailles - L'académie de Versailles a retenu en 1985-86 un plan de formation en astronomie qui se compose de la façon suivante :

1°) Un stage "Astronomie-Initiation" à Orsay (Université Paris XI), 3 heures par semaine pendant six semaines (le mercredi après-midi) ; ouvert à toutes les catégories d'enseignants ; 45 inscrits il a débuté le 9 octobre.

2°) Un stage "Initiation à l'enseignement de l'astronomie" qui doit avoir lieu à Paris dans une salle de l'IAP, 98 bis bd Arago aux dates suivantes 6, 20 et 27 novembre, 4 décembre, 15 et 22 janvier, de 14 h à 17 h ; proposé par le CLEA dans l'académie de Paris, il a été "sauvé" par l'académie de Versailles et est ouvert à toutes les catégories d'enseignants : 11 inscrits de l'académie de Versailles, 12 inscrits des autres académies parisiennes.

3°) Un stage de perfectionnement à Orsay (Université Paris XI) ouvert aux professeurs des disciplines scientifiques des lycées et collèges ; 40 inscrits ; 3 h par semaine pendant 9 semaines le lundi après-midi ; première séance le 25 novembre. Thème : "l'Univers extragalactique et la cosmologie".

4°) Trois journées de construction d'instruments à Orsay, à des dates qui restent à fixer et qui seront des mercredis toute la journée.

N.B. - Il n'y a pas de décharge pour les stagiaires, les séances ayant lieu en général le mercredi après-midi. Le rectorat finance globalement de telle sorte que les documents et les fournitures matérielles sont données gratuitement aux stagiaires.

Les réabonnements aux Cahiers Clairaut

En octobre, 568 lettres de rappel ont été envoyées à des abonnés qui n'avaient pas renouvelé leur abonnement. Ils avaient pourtant reçu gracieusement le N°29 qui les avertissait qu'il était temps de penser à nos finances. Au moment où nous écrivons cette chronique, les retours commencent à arriver. Mais il aurait été bien plus simple et avantageux de se réabonner dès la réception du n° 28. Une règle à retenir pour l'avenir:

DES QUE VOUS RECEVREZ UN EXEMPLAIRE DES CAHIERS DONT LE NUMERO SERA UN MULTIPLE DE 4 SORTEZ VOTRE CHEQUIER ET ECRIVEZ AU TRESORIER DU CLEA, il vous en remercie tout de suite.

UN MULTIPLE DE 4 VOUS RETENEZ !

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin de liaison du CLEA

Directeur de la publication: L. Gouguenheim Université Paris Sud

Laboratoire d'Astronomie Bât. 470 91405 ORSAY CEDEX

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

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

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

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

Attention à la modification de notre adresse: le numéro du Bâtiment est 470