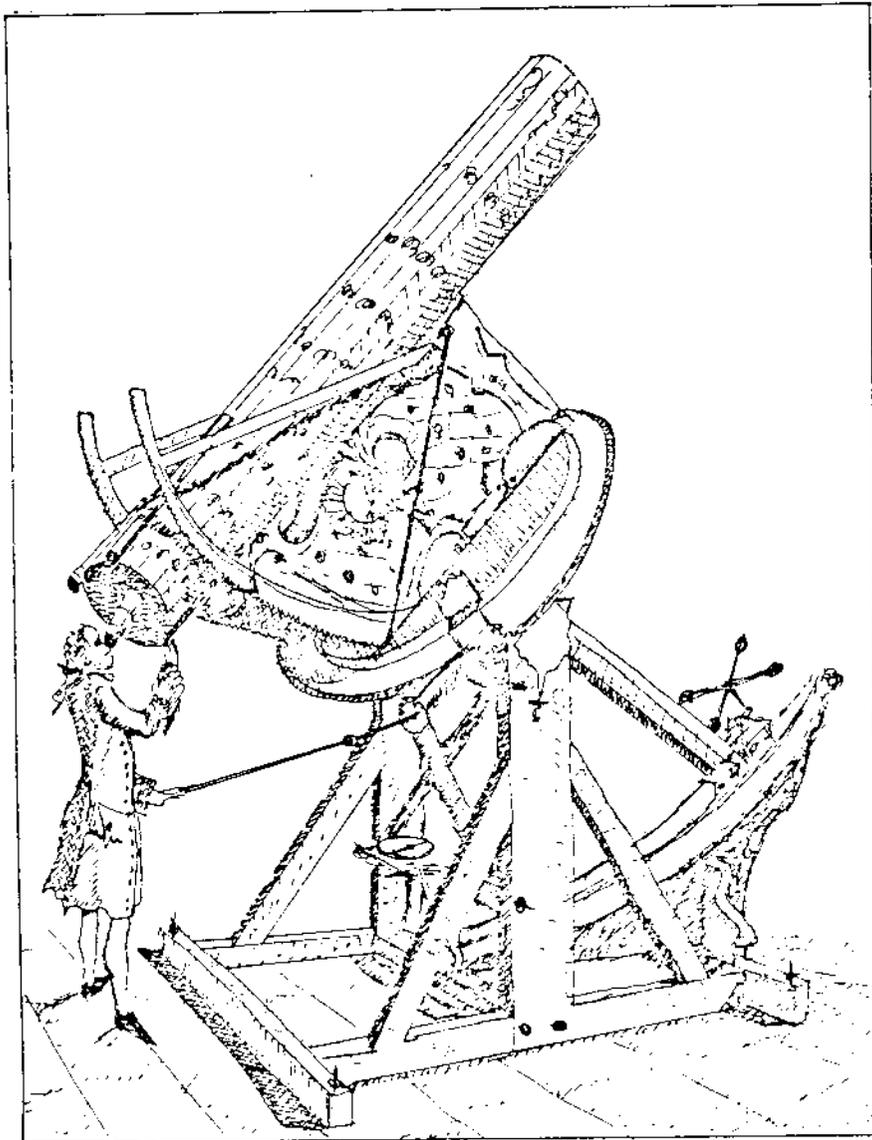


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n°4 printemps 1979

LES CAHIERS CLAIRAUT

N°4 - Printemps 1979

SOMMAIRE

Editorial ... 2
Dossier de construction d'un telescope de phi 200 ... 3
Venus tourne mal ... 8
Observations des taches solaires ... 10
Courrier des lecteurs ... 15
A propos du ciel bleu ... 18
Erratum ... 24
Bibliographie ... 25
Annonces ... 30

EDITORIAL

Ce numero 4 marque le premier anniversaire des Cahiers Clairaut et son bapteme legal sous le numero CPPAP 61 610 (voir question 3, p 16 et 17). Les abonnés aux C.C. se sont enrichis en particulier d'une arrivee massive de nombreux collegues instituteurs et nous atteignons a peu pres le millier d'abonnés. Cela n'est d'ailleurs pas sans poser quelques problemes d'intendance, en particulier a notre service informatique qui a fort a faire ! Notre infrastructure bien que benevole etant limitee, nous demandons votre indulgence et souhaiterions que vous acceptiez quelques regles qui faciliteraient notre gestion. Ainsi, evitez absolument d'adresser un cheque directement aux cheques postaux pour vous abonner, mais adressez nous toujours un bulletin d'abonnement (ou de reabonnement) accompagne de votre reglement. Avec ce numero 4 démarre un nouvel abonnement annuel (4 numeros), selon notre nouveau rythme de parution, pour les abonnés de la premiere heure qui ont deja obtenu les numeros 1 a 3. Nous n'avons pas les moyens d'adresser individuellement a chacun d'eux, un appel au reabonnement; nous comptons donc sur leur discipline pour qu'ils se manifestent. Par ailleurs, pour repondre a l'afflux des demandes, nous avons effectue un nouveau tirage des numeros 1, 2 et 3. Un certain nombre d'exemplaires sont encore disponibles et les lecteurs dont les demandes n'avaient pu etre satisfaites peuvent les obtenir en nous ecrivant. Enfin, ce premier anniversaire devrait aussi etre l'occasion d'un bilan. Nous souhaiterions vivement que vous nous fassiez part de vos suggestions et critiques ! La redaction.

DEMANDE D'ABONNEMENT OU DE REABONNEMENT (4 numeros par an)

Mr, Mme, Melle :
Adresse personnelle:
Adresse de l'Etablissement :
souhaite :

- s'abonner et recevoir les Cahiers Clairaut a partir du n° :
renouveler son abonnement aux Cahiers Clairaut

ci-joint ma contribution financiere (15 Frs pour 4 numeros; cheque a libeller a l'ordre de L.Gouguenheim, CQP 209 3680V Paris)

(remplir, cocher les cases correspondantes et renvoyer cette fiche avec le reglement a Mme F.Delmas, I.A.P., 98bis Boulevard Arago, 75014 PARIS).

| |
|---|
| DOSSIER DE CONSTRUCTION D'UN TELESCOPE ϕ 200 |
|---|

I - REMARQUES LIMINAIRES

Dans le cadre du Club Astronomie du Lycée, nous avons projeté de construire un télescope en utilisant les ateliers de l'établissement (Lycée technique comportant des sections F1).

Les différents documents et manuels que nous avons réunis (1) - (2) - ne comportaient pas de documents suffisamment précis pour être exploités dans un atelier de Lycée technique. Nous avons donc repris l'ensemble du projet.

2 - CAHIER DES CHARGES

- . Télescope équatorial ϕ 200 à fourche - Type Newton -
Ouverture f/6 -
- . Entraînement par secteur et bande et moteur synchrone -
- . Rattrapage en ascension droite : par moteur 2 sens de marche -
- . Rattrapage déclinaison : manuel -
- . Précision de pointage : 1 minute d'angle -
- . Appareil semi-portatif : c'est-à-dire qu'il peut être démonté facilement en 2 parties peu lourdes, déplaçables dans une voiture ordinaire -
- . Exécution dans un atelier classique de Lycée technique -
- . Possibilité d'adjonction d'appareils : appareil photo, spectro ...

3 - QUELQUES SOLUTIONS ADOPTÉES

- . Optique : voir Texereau (I)
- . Fourche : (fig. 1) - Obtenue en ASI3 (Alpax : alliage aluminium-silicium) en fonderie -
Guidage sur 2 roulements à rouleaux coniques classe 0 -
- . Support : (fig. 1 - fig. 4)
Mécano-soudé : tube acier carré 40 X 40
axe horaire : tube 71x45
Sur 3 vis calantes et plaquettes de réglage -

- Mouvement horaire : (fig. 2 - fig. 3)
Secteur circulaire : $R = 257,8$ mm - pose maxi : 4 H
Entraînement par bande : épaisseur 0,2 mm
Mouvement rapide obtenu par rotation du porte satellite du train épicycloïdal constituant le mécanisme (fig. 3). Ce porte satellite est actionné par un moteur 2 sens entraînant une vis sans fin.
Sur ce porte satellite est placé un vernier ajustable permettant de contrôler le positionnement horaire à 4 secondes près (1 minute d'angle).
Disque : gravé toutes les 4 mn de temps (1°).
Vernier de disque : précision : 30 secondes.
- Équilibrage : par ajouts de masse sous le couvercle porte miroir ou (et) sur le côté du fond du tube -
- Mise en station : voir fig. 4
- Transport : en démontant les paliers (fig. 1), on sépare le tube du support ; l'ensemble devient donc transportable.

4 - CONCLUSION

Le prototype de cet appareil est réalisé et fonctionne (fig. 1). Actuellement 2 appareils sont en fabrication selon les plans du dossier.

Ce dossier comprend :

- des dessins d'ensemble (exemple : fig. 4)
- des dessins de définition directement exploitables aux ateliers (exemple fig. 5- fig. 6)

G. REYNAUD
Professeur de Construction
L.T.E. F. Buisson
38500 - VOIRON

Bibliographie :

- (1) - Construction du télescope amateur - TEXEREAU (épuisé dans sa version française) - version américaine : How to make a telescope (The Natural History Library) -
- (2) - Ciel et Espace : N° 147 - 148 - 149.

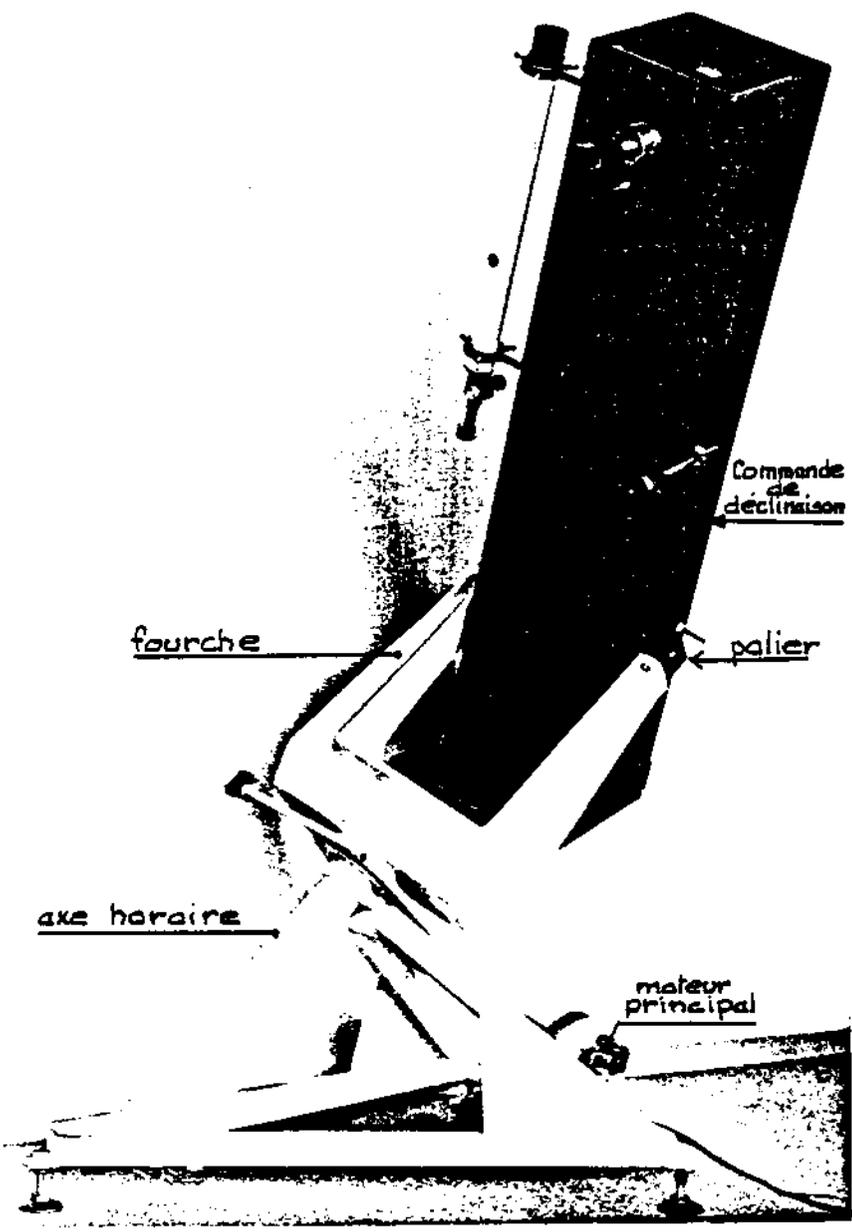


Fig.I: Telescope Newton équatatorial
Ø 200 mm -
(les cercles gradués ne sont pas montés)

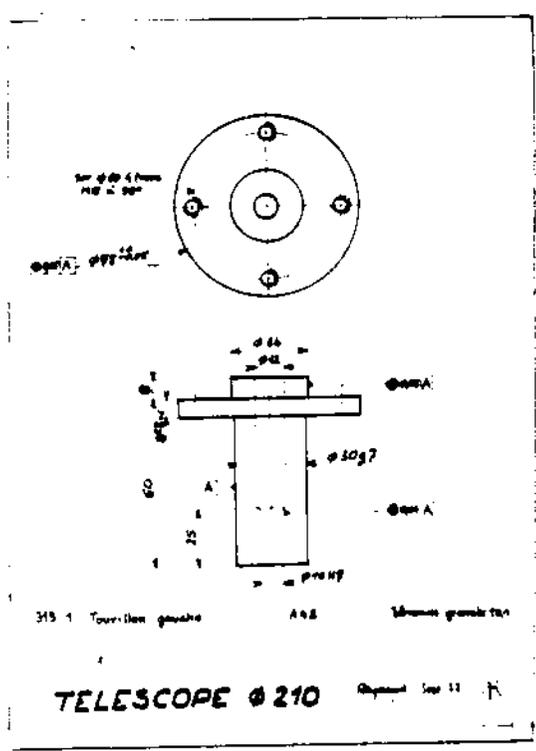


Fig.6: Plan de définition du tourillon gauche

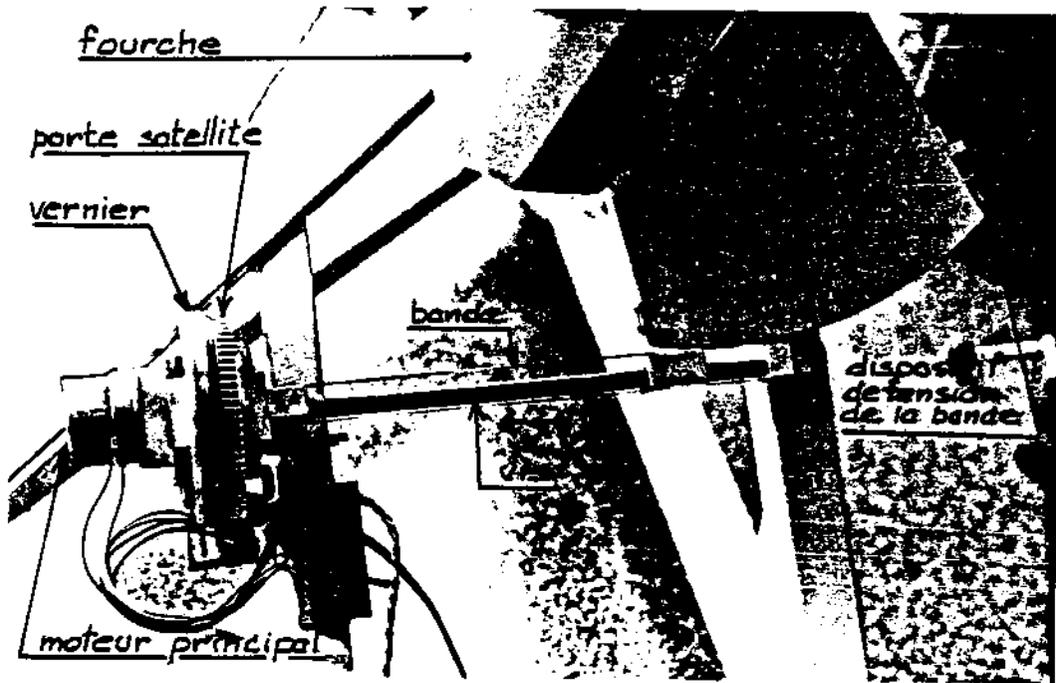


Fig.2: Photo du mouvement horaire

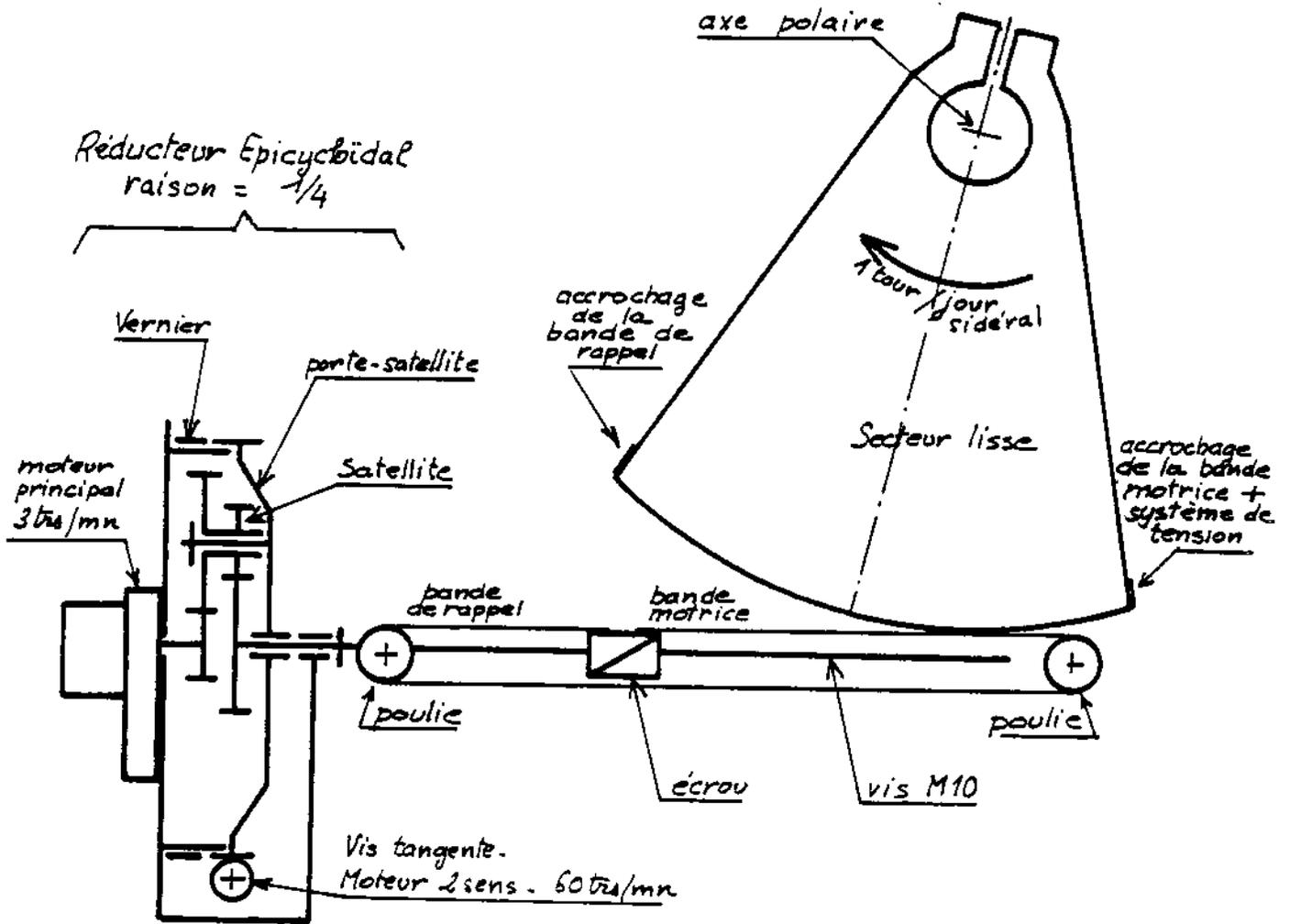


Fig.3: Schéma du mouvement horaire

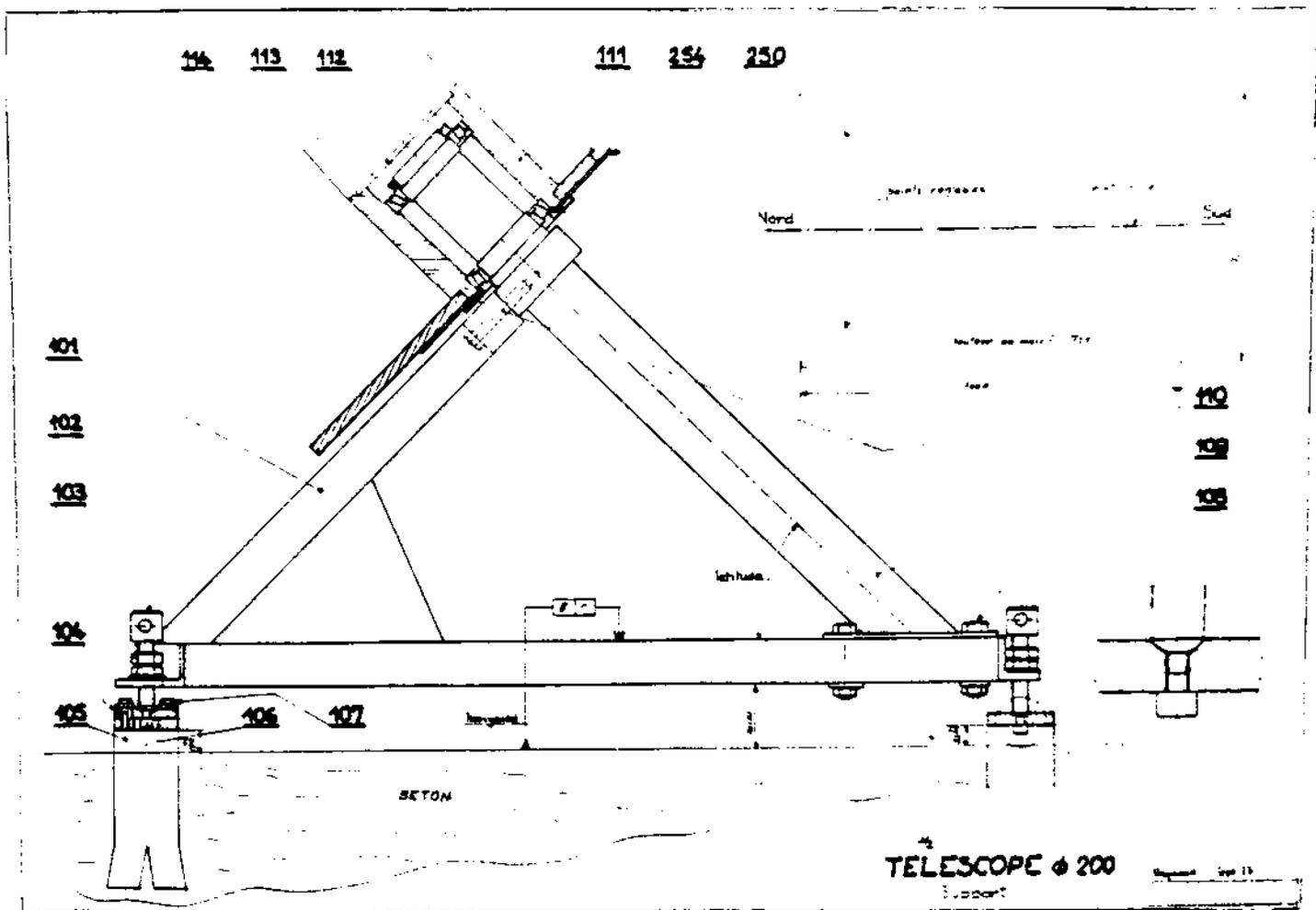


Fig.4: Dessin d'ensemble du support.

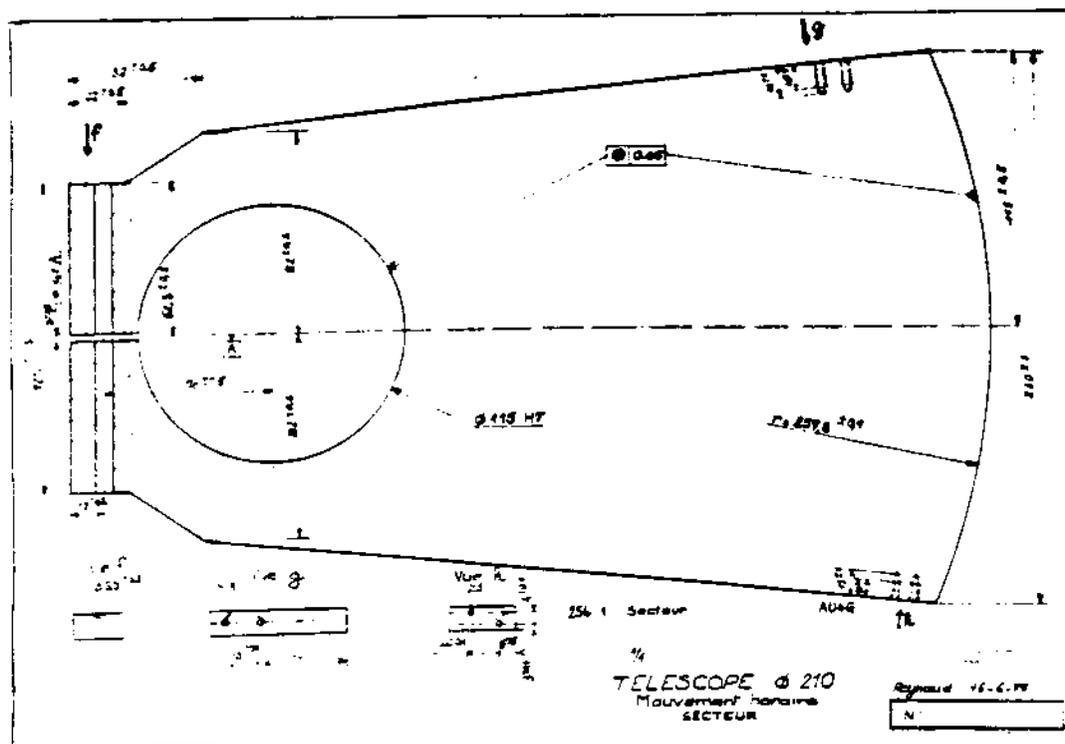


Fig.5: Dessin de définition du secteur lisse.

Vénus tourne mal...

A la suite de la publication dans Le Monde du 19790228 d'un article de Jacques Blamont, professeur à l'Université Pierre et Marie Curie intitulé "Portrait de Vénus en 1979", je me suis amusé à regarder ce que des auteurs anciens disaient de la rotation de Vénus sur elle-même.

Flammarion, dans l'Astronomie Populaire (1880, tome II, p456), rappelle que pour Cassini cette rotation se faisait en 23 h 15 mn puis il écrit: "la période a été définitivement déterminée en 1841 à Rome par De Vico et fixée à 23 h 21 mn 24 s... Ces mêmes observations montrent que l'axe de rotation de cette planète est beaucoup plus incliné que le nôtre et que cette inclination est de 55°."

Flammarion n'ayant pas grands détails à donner sur ces mesures se rattrape en citant le poète Milton qui, dans son Paradis perdu, attribue l'inclinaison de l'axe terrestre à la faute d'Adam. Alors, imaginez un peu : 23,5° pour la faute d'Adam, 55° pour les Vénusiens, qu'est-ce qu'ils ont bien pu faire ?

Pannekoek, dans son Histoire de l'astronomie signale les mesures de Slipher (1903) à Lowell Observatory : sur les spectrogrammes, on ne peut trouver trace d'inclinaison des raies par suite de la rotation ; la vitesse serait inférieure à 0,02 km/s à l'équateur ce qui donne une période de rotation d'au moins quelques semaines.

Danjon, dans l'Astronomie Populaire (1955, p.279) rappelle les mesures anciennes, la critique de Schiaparelli en 1890 et envisage avec prudence une rotation en 225 jours, équateur et plan de l'orbite presque confondus, ce qui signifierait que Vénus tourne toujours la même face vers le Soleil.

Bref, il y a vingt ans, la question n'était pas résolue.

Entre 1955 et 1962, Boyer, repérant des nuages de forme quasi invariante (un peu comme la tache rouge de Jupiter) dans la haute atmosphère de Vénus, trouve que la rotation de celle-ci se ferait en quelques jours dans le sens rétrograde.

Enfin, peu après, vers 1962, on réalisa les premiers

échos radar avec la surface solide de la planète. Surprise : la rotation est de 243 jours dans le sens rétrograde.

Comme toujours en astronomie, un problème résolu de nouvelles questions se posent : 1°) pourquoi ce sens rétrograde ^{pour} comme Uranus et ses satellites ? 2°) comment se fait-il que la rotation en altitude soit plus rapide qu'au sol contrairement à ce qui se passe sur Terre et dans notre haute atmosphère ?

Il y a donc encore du travail pour les astronomes...

Il y a aussi matière à exercices pour nos élèves : si la période de révolution de Vénus autour du Soleil est, dans le sens direct, de 224,7 jours terrestres (jt) et si la période de rotation de Vénus sur elle-même est de 243 jt, combien dure un "jour vénusien", intervalle de temps entre deux passages successifs du Soleil dans le même méridien de Vénus ? [réponse : 117 jt]. A ce propos, Danjon, dans son manuel de Cosmographie montrait combien ce genre de problème est simple si on a la sagesse d'introduire les moyens mouvements, c'est à dire les angles balayés par les rayons vecteurs en un jour terrestre, plutôt que les périodes.

Enfin, il peut être plaisant d'imaginer quel serait le spectacle pour un Vénusien qui saurait "voir" à travers les nuages de son atmosphère fort pesante (pression au sol 93 de nos atmosphères). Les couchers de Soleil sur Vénus doivent être superbes... Quant aux "fautes" commises par les Vénusiens, elles seraient inexistantes, le plan de l'équateur de Vénus étant pratiquement confondu avec le plan de l'orbite: pas des démons, des anges qui connaissent des nuits de 58,5jt.

K.MIZAR

Misères de notre temps

Sur une lettre postée au bureau 108 de Paris (boulevard Haussmann) le 1^{er} février, le timbre dateur a imprimé 32-1-79.

Rappelons à ce sujet que pour faciliter les échanges internationaux, l'organisation internationale de standardisation (ISO) a adopté l'écriture suivante de la date précédente : ou bien 1979-02-01 ou plus simplement 19790201.

K.Mizar a l'intention de proposer au ministre des télécommunications de s'abonner aux Cahiers Clairaut.

OBSERVATION DES TACHES SOLAIRES

Tous décrivons ci-dessous:

- Une méthode d'observation et de photographie des taches solaires
- La mise en évidence de la rotation du Soleil et du sens de cette rotation
- La mise en évidence de l'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil par rapport à l'axe Nord-Sud géographique
- La détermination de la période de rotation du Soleil

I- Dispositif réalisé et ... utilisé.

Schema du dispositif

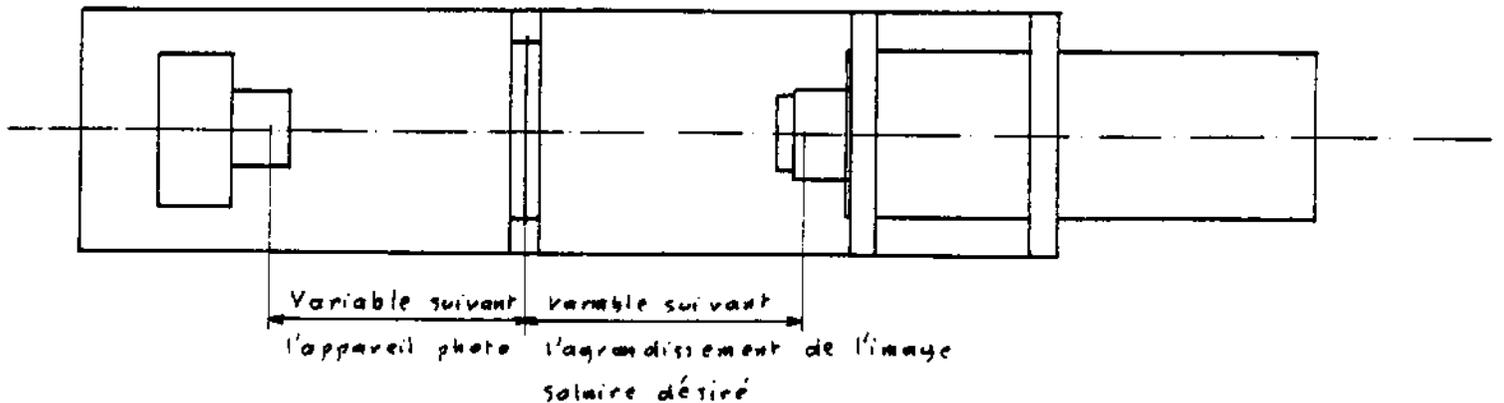
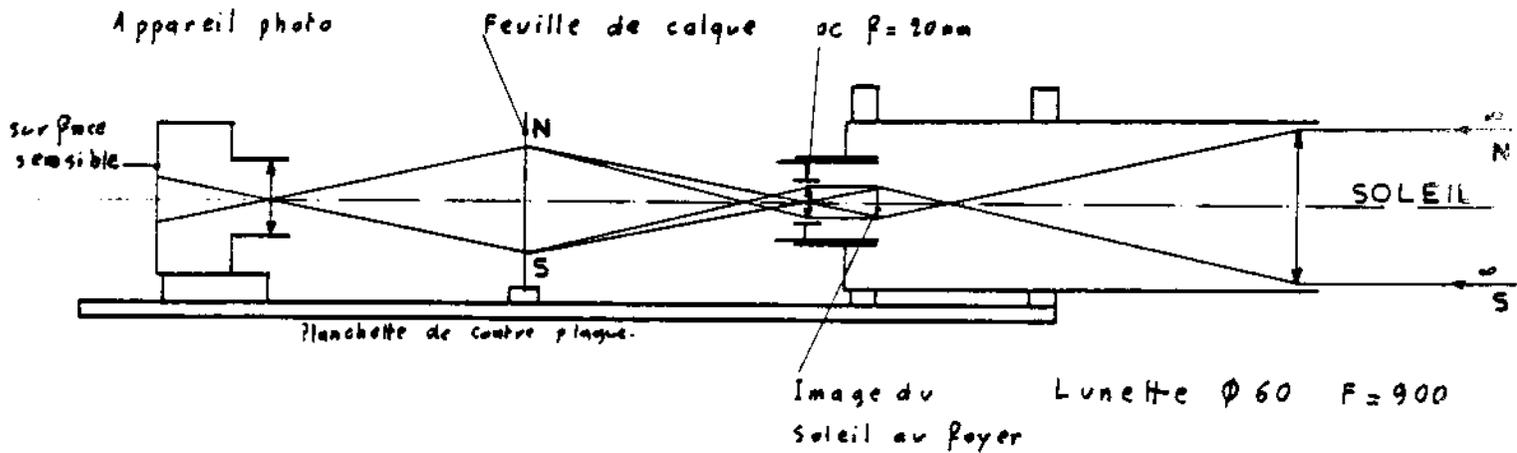
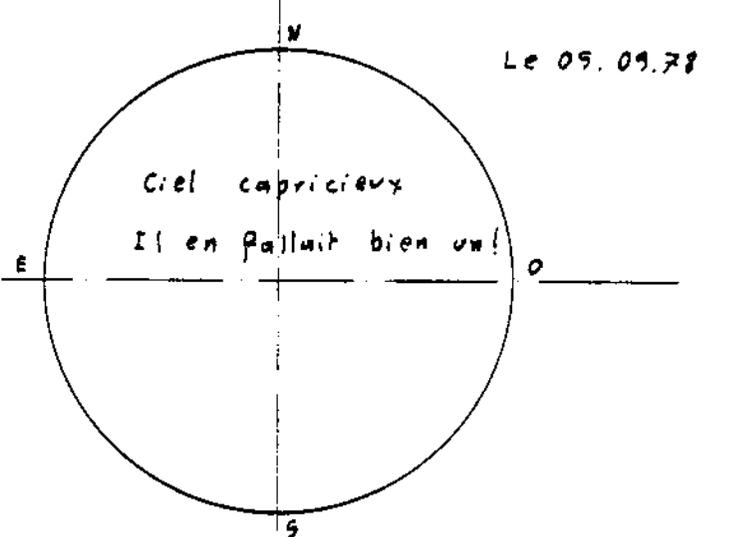
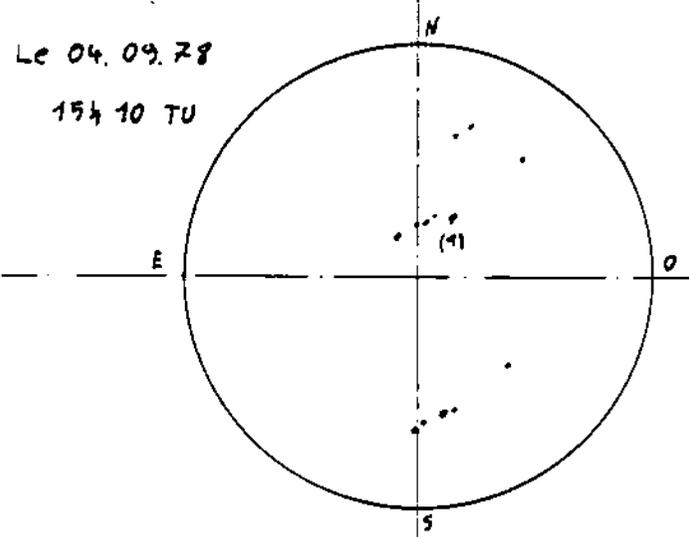
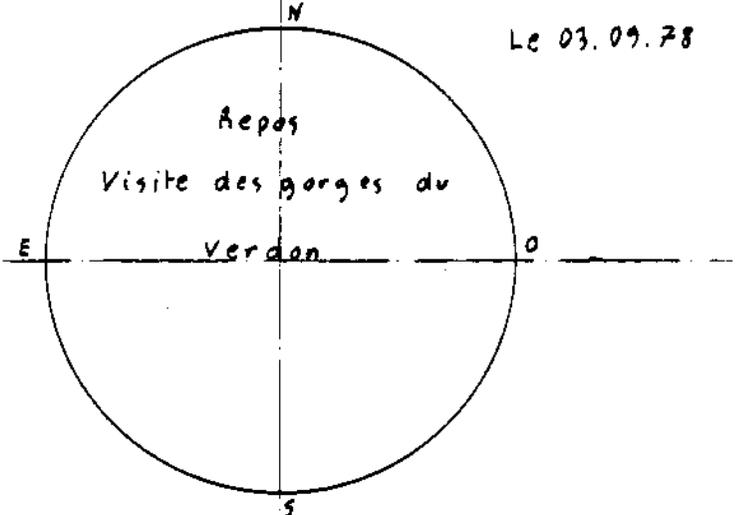
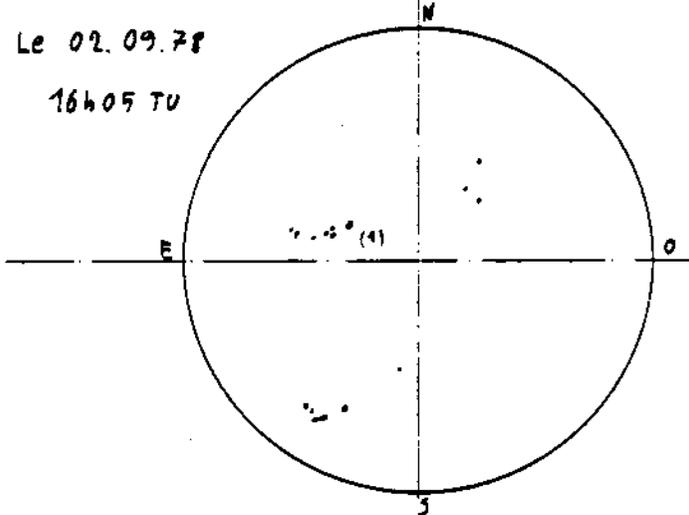
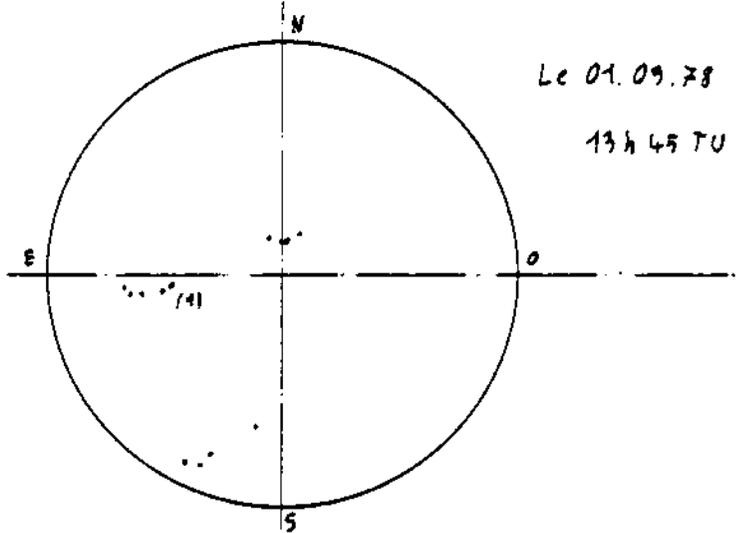
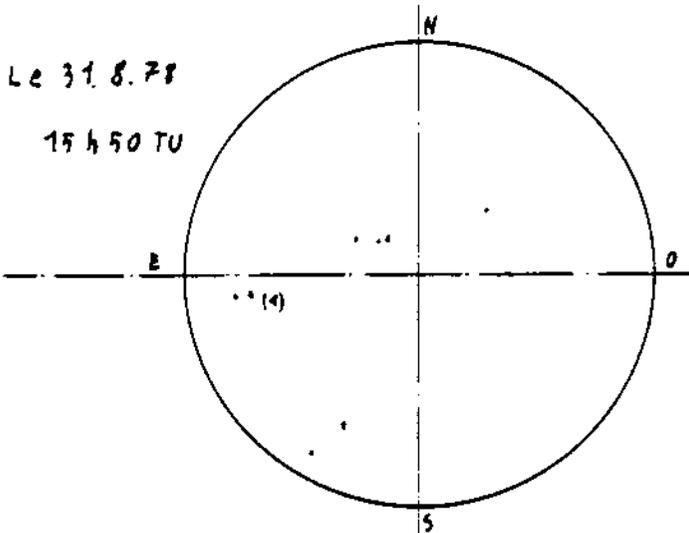


Fig 1

II- Relevés effectués.



Comme le Soleil tourne sur lui-même et que les taches s'alignent sur la direction Δ , l'axe de rotation est perpendiculaire à Δ et Δ est parallèle à l'équateur solaire.

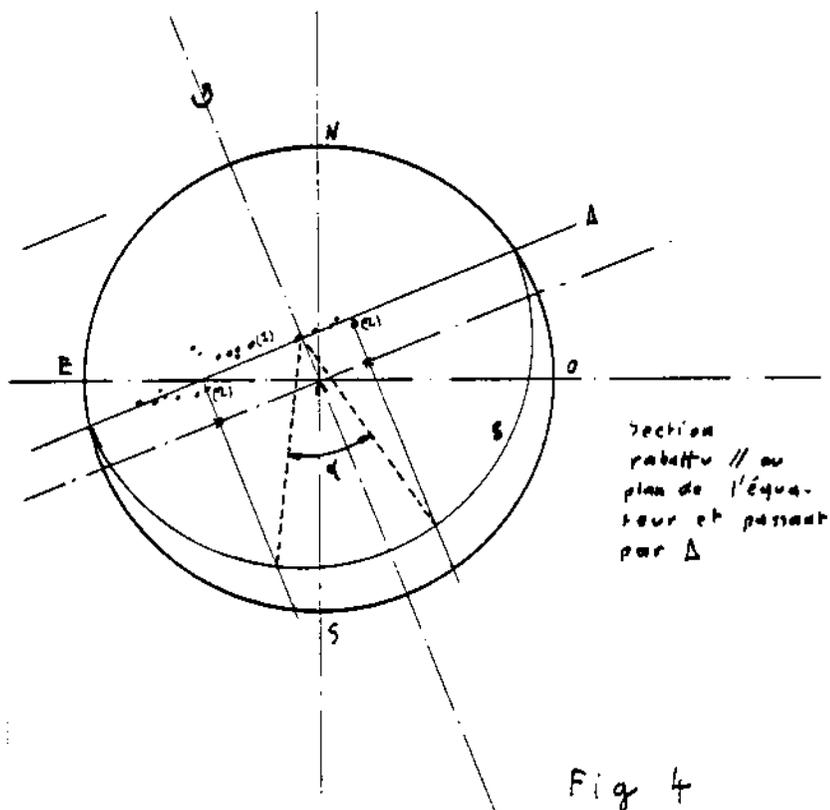
On peut alors en déduire l'inclinaison de l'axe de rotation:

$\xi = 21^{\circ}30'$. Il s'agit de l'angle de position de l'extrémité nord de l'axe de rotation du Soleil, mesurée positivement vers l'Est à partir du point Nord du disque solaire.

Les Ephémérides donnent en réalité, pour cette époque là, une position moyenne de $21^{\circ}36'$. La valeur que nous avons trouvée serait donc excellente, s'il ne s'agissait pas d'un pur hasard! En effet, la précision des relevés et la courte période des observations ne permettent pas d'espérer un aussi bon accord.

V- Période de rotation.

Notre axe de rotation est maintenant déterminé, et nous nous proposons de déterminer la période de rotation du Soleil: il s'agit de la période synodique (période au bout de laquelle un point donné de la surface solaire retrouve la même position relative par rapport à la Terre).



Considérons le plan parallèle à l'équateur et passant par Δ ; il découpe sur le Soleil un cercle noté δ .

Projetons sur ce cercle un point appartenant à chacun des groupes de taches, les taches (2) par exemple (en ne tenant compte que des trois derniers relevés, car (2) est le plus facilement repérable.

On détermine ainsi l'angle α qui correspond aux positions extrêmes de la période d'observations, soit du 1-9-78 à 13h45 TU

au 4-9-78 à 15h10 TU

d'où: $\Delta t = 73\text{h } 25\text{mn}$

On en déduit la période de rotation synodique:

$P = (\Delta t) \times 360 / \alpha = 73,5 \times 360 / 41 = 645 \text{ h}$, soit 26,9 jours

La valeur exacte est 27,27 jours.

VI- Une conclusion...

Les quelques résultats que nous avons obtenus ont des ordres de grandeur corrects. Les erreurs proviennent essentiellement de:

- la précision de la mise en station de la lunette
- la précision des relevés
- la trop courte période d'observations

Nous avons essayé de prendre des clichés du Soleil en photographiant les feuilles de calque (voir Figure 1). Nos essais en noir et blanc n'ont pas donné de résultat (surexposition).

Nous avons cependant réussi une photo en couleur avec un appareil Zénit ouvert à F/8, film Ektachrome, 1/60 s.

Quelque soit le film, il faut faire des essais en diaphragmant l'appareil.

Nous tenterons à nouveau l'expérience, l'Eté prochain, à Grasse!

Christian Canard et un groupe de
stagiaires de l'Ecole d'Eté de Digne.

COURRIER DES LECTEURS

Dans cette rubrique, nous faisons écho à toute question posée par un lecteur. Ou bien nous tâchons d'y répondre nous-mêmes, ou bien nous sollicitons l'aide d'autres lecteurs. Ecrire au responsable de la rubrique Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 Saint-Cloud.

Question 1 Sur l'enseignement de l'astronomie

Bernard Carbonneaux, instituteur à Aubigny les Pothées, dans les Ardennes, nous écrit qu'il fait observer les mouvements du Soleil à ses élèves par le mouvement des ombres dans la cour de récréation ; avec un matériel très simple, il fait découvrir les taches du Soleil. Il a fabriqué un télescope de 300 mm de diamètre avec lequel ses élèves voient des objets faciles. La question qu'il pose va plus loin : "Il faut aider les instituteurs dans ce domaine. Il faudrait consacrer une place officielle à l'astronomie dans la formation de l'instituteur au même titre que la musique, l'histoire ou les sciences naturelles... N'est-ce pas au CLAE de mener une action efficace en ce sens ?"

La lettre de notre Collègue est doublement intéressante. En premier lieu, elle témoigne de ce qui est possible, dès maintenant, dans tous les cas où l'enseignant a le souci de demander à ses élèves d'avoir de temps en temps la tête en l'air ! Autrement dit, leur apprendre à observer, ce qui n'est pas seulement voir mais réfléchir à ce qu'on voit, analyser les observations, les classer, les consigner, les exploiter. Encore faut-il que l'enseignant ait lui-même acquis une formation convenable.

C'est le deuxième intérêt de la lettre de M. Carbonneaux. Pourquoi a-t-il réussi dans cette voie, alors que d'autres collègues ne pensent pas à faire ces observations ? Faut-il laisser le hasard des circonstances ou les goûts personnels décider de la formation des enseignants ? Il y a un moyen d'action immédiat : multiplier les échanges entre nous par les Cahiers Clairaut. M. Carbonneaux suggère que le Comité de Liaison Astronomes Enseignants intervienne auprès des Ministères de l'Education et des Universités afin que l'astronomie ait

une place officielle dans la formation des enseignants, autrement dit, que le CLAE ait en la matière l'action d'un groupe de pression.

Jusqu'ici nous n'avions pas envisagé ce mode d'action, nous consacrant à une action directe auprès des enseignants et des astronomes : favoriser leurs rencontres, multiplier échanges et moyens d'information. Une action plus officielle et plus revendicative est-elle souhaitable ? Par quels moyens ? Avec quelles chances de succès ? Cela vaudrait la peine qu'entre nous, ici, nous en discutions.

Question 2 Sur les phases de la Lune

M. André Philippe, de Wittelsheim en Alsace, approuve la rédaction d'avoir rappelé le moyen mnémorique de reconnaître le premier D ou de dernier C quartier et son caractère relatif. Il ajoute : "Quand j'étais jeune, mon Père m'enseignait une autre méthode. Au premier quartier, la Lune dessine la lettre D alors qu'elle Croît, au dernier quartier, elle dessine la lettre C alors qu'elle Décroît. Ainsi rejoint-on le dicton "la Lune est menteuse"... Notons encore que cette méthode est aussi un faux moyen mnémorique ; la Lune est menteuse chez nous, elle ne l'est pas en Terre de Feu. Pour les gens de l'équateur, la Lune est vraiment lunatique puisqu'elle dit vrai ou faux suivant les cas. En conclusion, comme éducateurs laissons de côté les faux moyens mnémoriques, retenons la chose telle qu'elle est, universellement : la Lune prend du retard par rapport au Soleil dans le mouvement diurne.

Tout à fait d'accord avec cette conclusion. Mais je voudrais revenir sur l'aspect de la Lune pour un observateur placé sur l'équateur terrestre. Ne dépend-il pas de la déclinaison de la Lune au moment considéré ? Les éphémérides montrent que chaque mois la déclinaison de la Lune d'une amplitude de plus de 36° autour de zéro.

Question 3 Bouddha et Clairaut

Plusieurs lecteurs ont reçu le N°3 des Cahiers sous une bande agglomérée d'un superbe timbre représentant le Bouddha du temple de Borobudur à Java. Ils demandent quel rapport il y avait entre Clairaut et le bouddhisme.

La réponse est simple : aucun, ce timbre était notre luxe car il coûtait 1,80F . L'histoire vaut la peine d'être contée.

Nous avons fait les démarches réglementaires pour déposer le titre Les Cahiers Clairaut puis pour obtenir un numéro d'inscription à la "Commission Paritaire des Publications et Agences de Presse". Ce numéro est en effet indispensable pour envoyer les exemplaires avec un timbre de 0,35 F au lieu de 1,80 F soit une économie de 1,45 F par exemplaire qui, par contre nous prive de Bouddha au bénéfice d'une Sabine !

Après un premier essai infructueux, nous devons poursuivre nos efforts pour convaincre la CPPAP susdite que nous sommes bien une revue périodique : indiquer le nom des saisons ne suffit pas, il faut indiquer le mois... Bien entendu, nous nous conformerons à ces exigences et nous espérons ainsi bénéficier du tarif réduit. Sinon, nos lecteurs comprendront que les 15 F d'abonnement annuel ne suffiraient plus.

Question 4 Sur le calendrier

D'une lettre de M.K.Spié, 17 rue Evariste Galois à Paris :
"Puis-je avoir confiance dans l'indication des saisons donnée par les agendas d'usage courant ?"

Réponse : en général, vous pouvez avoir confiance mais il faut toujours être vigilant et se reporter aux Ephémérides du Bureau des Longitudes que les éditeurs des agendas recopient parfois un peu vite...

Ainsi, beaucoup d'agendas 1979 annoncent que l'été commence le 21 juin. Il faut lire 22. En effet, le solstice a lieu le 21 juin à 23 h 56 mn 50 s TU ; le calendrier et les agendas usuels sont lus par des personnes utilisant le temps légal TU + 2 h ; pour elles, le solstice a donc lieu le 22 juin à 1 h 56 mn 50 s.

Nous avons transmis cette explication à K.Spié qui a aussitôt réagi : "ça change tout"!

Misères de notre temps : dans Le Monde daté 3 février 1979 (qui paraît le 2) on pouvait lire l'entrefilet suivant :
"M.Alain Peyrefatte, ministre de la justice, assurera l'intérim du premier ministre pendant le voyage de celui-ci au Canada du 8 au 3 janvier."

A PROPOS DU BLEU DU CIEL

L'article "Pourquoi le ciel est-il bleu ?" publié dans le numéro précédent expliquait que la couleur bleue du ciel est due à la diffusion de la lumière solaire par les particules de l'atmosphère terrestre; ce processus de diffusion étant plus efficace pour les grandes fréquences, il affecte donc davantage la lumière bleue que la lumière rouge.

L'article n'entrait pas dans les détails du mécanisme de cette diffusion. Une allusion malencontreuse aux transitions atomiques ou moléculaires (au second paragraphe, p.23) pouvait laisser penser, à tort, que la diffusion de la lumière par les particules atmosphériques résulte d'une absorption suivie d'une réémission.

Nous publions ci-dessous un article dans lequel les auteurs s'amuse à tirer les conséquences de cette hypothèse fausse.

La rédaction

A PROPOS D'UNE CONCEPTION ETRANGE DU BLEU DU CIEL

A la lecture de l'article "Pourquoi le ciel est-il bleu ?" nous avons vu se profiler des horizons nouveaux, fantastiques, angoissants...

Le mécanisme de la diffusion qui nous est expliqué invoque les transitions atomiques (ou moléculaires) ; le bleu du ciel correspond donc à une raie bien précise : il est quasi monochromatique. Par conséquent, lorsqu'on observe le ciel au travers d'un spectroscope*, on doit voir une raie brillante (bleue), comme c'est le cas, par exemple, pour les lampes fluorescentes (à ceci près : différentes transitions atomiques s'y produisent et l'on y voit ainsi plusieurs raies brillantes). En observateurs curieux, nous tentâmes l'expérience (cf. fig. 1) : nous vîmes des raies sombres. La nature du spectroscope utilisé (à réseau) en serait-elle la cause ? Nous confectionnâmes alors un spectroscope à prisme **. Les inquiétantes raies sombres étaient toujours là, plus évidentes encore ; mais de raie brillante, point.

*Pour la réalisation de cet instrument, voir par exemple, le numéro 1 des Cahiers Clairaut.

** Pour un exemple de réalisation, voir le compte-rendu de l'Ecole d'Eté de TARBES. 1978.

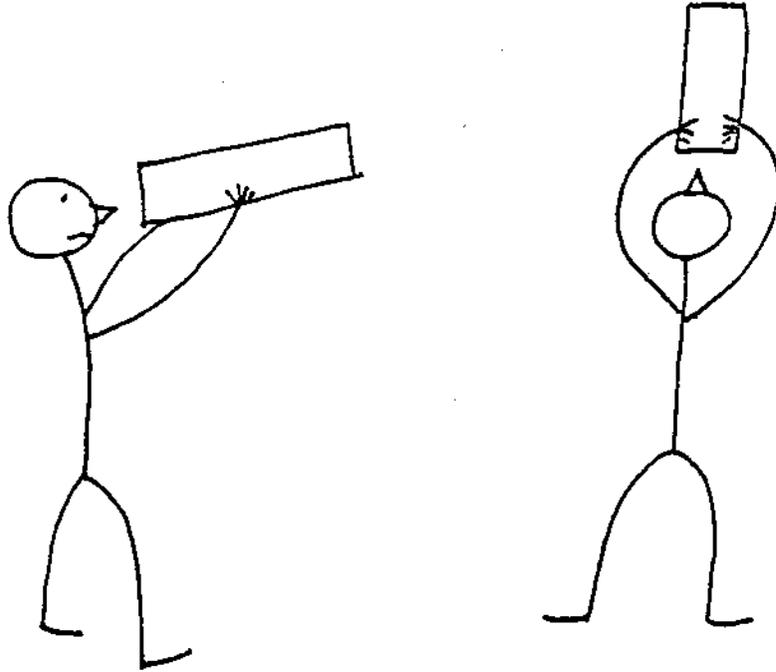


Fig 1

Les auteurs en quête
de la raie bleue du ciel

La théorie prédit son existence. On ne l'observe pas ; c'est donc qu'un phénomène physique la maquille. Considérons l'un des plus simples* : l'élargissement Doppler.

Une raie d'émission (raie brillante)** n'est pas due à la désexcitation d'un seul, mais de nombreux atomes. A moins que la température du gaz ne soit nulle ($\theta = -273^{\circ}\text{C}$), ils sont animés d'un mouvement chaotique. Ainsi, certains d'entre eux se rapprochent, tandis que d'autres s'éloignent de l'observateur (fig. 2). Or, d'après la théorie de la Relativité Restreinte, la fréquence de la lumière émise par un atome en mouvement (par rapport à l'observateur) est différente de celle de la lumière émise par un atome identique au repos (par rapport à l'observateur). C'est le célèbre effet Doppler-Fizeau. Lorsque l'atome se rapproche (s'éloigne) de l'observateur, celui-ci perçoit une fréquence plus élevée (basse) que celle que l'atome émettrait s'il était au repos (par rapport à l'observateur). Les astronomes parlent couramment de "blue-shift" ("red-shift"***)

* Les autres processus (la turbulence, par exemple) nous conduiraient à des conclusions analogues.

** Le gaz est supposé, pour simplifier, composé d'une seule espèce d'atomes.

***Anglicisme pratique pour : décalage spectral vers le bleu (rouge).

Si tous les atomes étaient au repos (par rapport à l'observateur), la raie émise, bien que monochromatique, aurait une certaine largeur, très fine, égale à celle de la raie produite par un atome unique*. Elle serait plus simplement plus intense que celle émise par cet atome unique. Puisque, parmi les atomes émetteurs, certains sont en mouvement le long de la ligne de visée de l'observateur, la raie observée sera en fait une superposition de raies dont les fréquences différeront de $\Delta\nu$ de la fréquence ν_0 de la raie émise par un atome au repos (par rapport à l'observateur). La valeur de $\Delta\nu$ est donnée par la théorie de la Relativité Restreinte pour des vitesses relatives à l'observateur dont la composante, v , sur sa ligne de visée est faible devant celle de la lumière, c , elle est :

$$\Delta\nu \approx \frac{v}{c} \nu_0 .$$

($\Delta\nu$ est compté positivement (négativement) quand l'atome s'approche (s'éloigne) de l'observateur.) On décrit le fait que tous les atomes du gaz n'ont pas la même vitesse en spécifiant le nombre des atomes ayant une vitesse donnée, c'est ce que l'on appelle la distribution des vitesses. (La figure 3 représente la distribution de la composante des vitesses sur la ligne de visée de l'observateur dans le cas d'un gaz parfait non relativiste). Comme le décalage spectral $\Delta\nu$ dépend de la vitesse, il suit lui-même une certaine loi de distribution. Celle-ci, comme celle de la vitesse, est continue. Ainsi, la superposition des raies est en fait en juxtaposition continue (il y a une raie par valeur de $\Delta\nu$), de sorte que l'on observe une raie unique, mais élargie, (fig. 4). La largeur de cette raie est définie, par exemple, par la largeur à mi-hauteur de la courbe représentant l'intensité de la fréquence (on dit encore : le profil de la raie). On peut montrer qu'une bonne estimation de cette largeur est donnée par :

$$2 \Delta\nu_D \approx 2 \nu_0 v^*/c ,$$

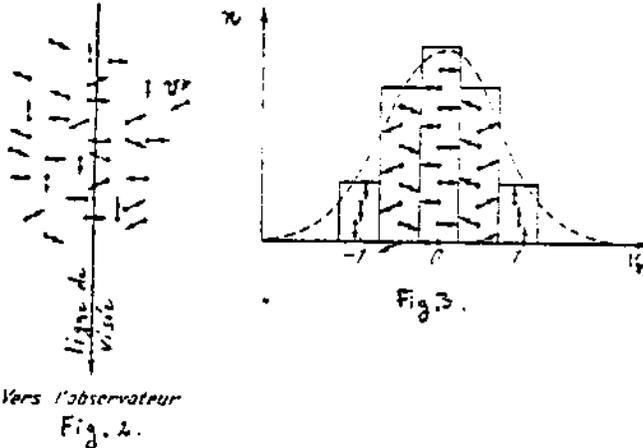
où v^* est la vitesse (quadratique) moyenne des atomes. Pour un gaz parfait, non relativiste, à la température

* Cette largeur est expliquée en Mécanique Quantique par la durée de vie du niveau excité et par le principe d'incertitude de Heisenberg.

T, la vitesse moyenne est :

$$v^* = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

(m est la masse d'un atome).



Figs. 2 & 3. Répartition des particules de gaz suivant les vitesses:
 2) vecteurs des mouvements dé-orientés; 3) quantité relative des particules aux composan-
 tes sur la ligne de visée différenta.

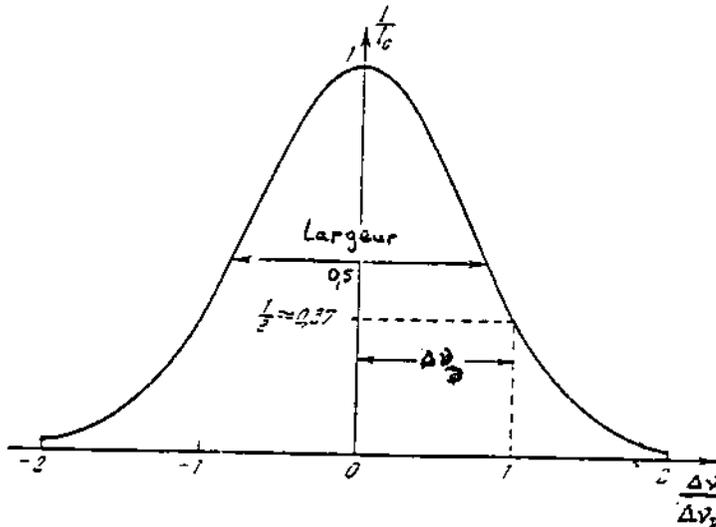
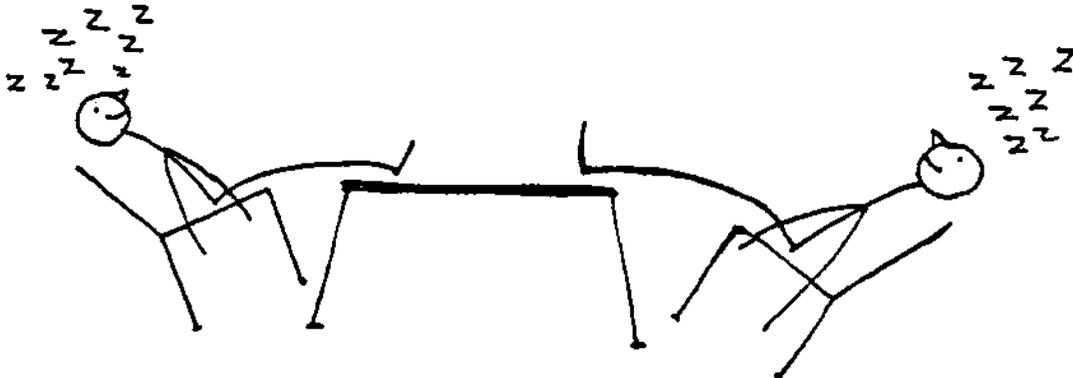


Fig. 4 Profil Doppler d'une raie spectrale.



Les auteurs à la recherche
 d'une solution théorique

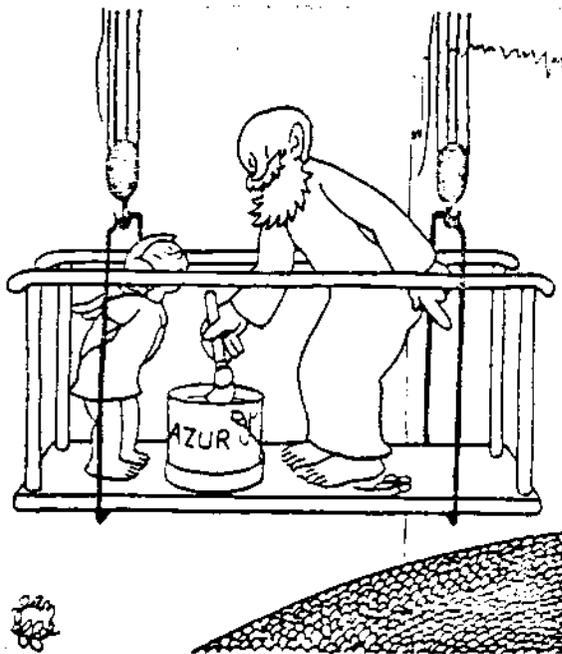
Plus le gaz est chaud, plus la vitesse moyenne des atomes est élevée, et par conséquent, plus la raie est élargie. En combinant les relations précédentes on peut,

connaissant la demi-largeur Doppler $\Delta\nu_D$ de la raie, estimer la température du gaz* :

$$T \sim \frac{mc^2}{3k} \left(\frac{\Delta\nu_D}{\nu_0} \right)^2$$

Lors de nos expériences nous n'avons pas vu la raie prédite par la théorie. Pour ne pas mettre en doute celle-ci, nous avons conclu à un élargissement de la raie tel qu'elle occupe pratiquement tout le spectre visible (nous travaillions dans ce domaine). Elle n'apparaît alors plus comme une raie monochromatique; en fait elle ne se distingue plus du fond continu. Le domaine visible a approximativement une étendue de:

$$\Delta\lambda \sim 0,8 - 0,4 \mu \sim 0,4 \mu.$$



Explication de l'azur

— ... et comme ça, au lieu de jurer mon nom, on dira : « Parbleu, corbleu, ventrebleu »...

(dessin tiré de "La Genèse Ingénue", par J.Effel, Editions Denoël)

* Les formules écrites ici ne sont valables que dans le cas d'un gaz parfait classique non relativiste. L'utilisation de formules plus élaborées ne change ni les ordres de grandeurs, ni les conclusions de cet article.

Pour la couleur bleue une valeur typique de la longueur d'onde est :

$$\lambda \sim 0,4 \mu$$

L'élargissement Doppler relatif $\Delta\nu_D / \nu_0$ ($= |\Delta\lambda / \lambda_0|$, car $\lambda = c / \nu$) est donc de l'ordre de l'unité*. On en déduit alors que la température de l'atmosphère terrestre est de l'ordre de 10^{14} °K. (La température au centre du Soleil vaut environ 10^7 °K.)

Les écologistes auraient-ils raison de nous mettre en garde contre un certain échauffement de l'atmosphère terrestre ?

Quoi qu'il en soit, à de telles températures les atomes sont entièrement dissociés ; ce qui, a priori, devrait empêcher toute transition atomique. Alors, pourquoi le ciel est-il bleu ?

En attendant de reprendre l'article de W.F. Weiskopf (Sci. Am. 219, 60, 1968) dans un prochain numéro, nous recommandons vivement la lecture du Cours de Physique de Berkeley, volume 3 : Ondes, p. 378, Ed. A. Colin; ainsi que la réalisation de l'expérience suivante, qui, elle aussi sera commentée dans un prochain numéro.

Remplir d'eau une bouteille (si possible aux faces planes, du type des bouteilles de jus d'orange, par exemple). Eclairer à l'aide d'une lampe de poche diaphragmée par un morceau de carton noir percé d'un trou ($\phi \sim 2$ à 3mm) et regarder la lumière par transparence ; d'abord par la face opposée à la lampe, puis par une face latérale (fig. 5). Noter les couleurs observées (si l'eau est propre, il ne doit y en avoir aucune).

* Il est probable qu'il n'est pas nécessaire d'élargir autant la raie pour qu'elle ne soit plus distinguable du fond continu ; quand bien même $\Delta\nu_D / \nu_0$ serait mille fois plus faible, la température serait encore démesurément élevée.

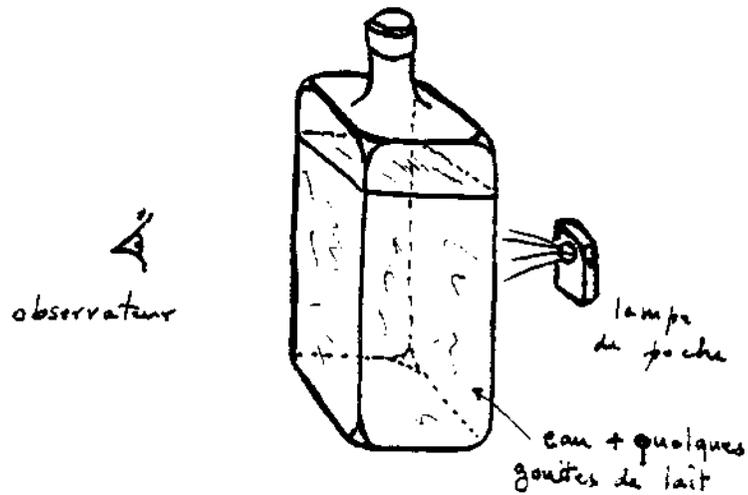


fig. 5.

Recommencer

l'expérience après avoir ajouté à l'eau quelques gouttes de lait (quelques gouttes pour un litre d'eau). Noter les couleurs. Ajouter encore du lait et recommencer les observations. Expliquer.

L.M. Celnikier et B.Leroy
Observatoire de Meudon

ERRATUM concernant l'article "ASTRONOMIE ET RECHERCHE SPATIALE" paru dans le n° 3 des Cahiers Clairaut : une malencontreuse faute de frappe s'est introduite p5, au début du paragraphe 2 - "Les missions cométaires". Il fallait lire : "Les comètes sont les seuls corps du système solaire..." au lieu de : "Les planètes sont..." Selon la formule consacrée : nos lecteurs auront certainement rectifié d'eux-mêmes ... à moins qu'ils n'aient été aussi étourdis que le "relecteur" de service.

L.B.

BIBLIOGRAPHIE

Dans cette rubrique, il faudrait analyser tous les ouvrages classiques ou nouveaux qui peuvent intéresser enseignants et astronomes. Le rythme des éditions est tel que les Cahiers Clairaut trimestriels ne peuvent tout signaler. Attachons-nous au moins à deux genres complémentaires relativement à l'enseignement de l'astronomie : réflexions sur l'histoire des idées ou des théories ou des découvertes, ouvrages plus didactiques sur les observations et les travaux pratiques.

Kepler astronome astrologue

A partir de sa thèse, "Structure de pensée et objets de savoir chez Kepler", le philosophe Gérard Simon a tiré un livre très attachant Kepler Astronome Astrologue (collection bibliothèque des sciences humaines, éd. Gallimard, 488 p, 115 F) qui n'est pas d'une lecture très facile mais qui apporte un grand enseignement sur la genèse des idées chez Kepler. Autrement dit un livre à lire avec soin ; on en tire grand profit.

Comme chez Koyré, nous trouvons une analyse dans l'esprit de la science du temps. G. Simon s'efforce de se mettre à la place de K : qu'est-ce qui est pensable par lui ? Ce qui permettra de comprendre ce qu'il a pensé et qui nous surprend si souvent, nous qui connaissons la suite ! K vit à une époque de transition ; à l'intérieur de son oeuvre cohabitent l'influence des idées anciennes et une étonnante modernité. Ce qui ne peut se vivre sans difficultés surmontées par étapes toutes instructives. L'audace et l'imagination du "mathématicien impérial" ne font jamais défaut et, en toute circonstance il observe le principe qu'il énonce dans son ouvrage de 1602 L'Amélioration des fondements de l'astrologie : "Il vaut mieux dire quelque chose qui ne tombe sous aucune absurdité palpable que se taire purement et simplement".

L'intérêt particulier du livre de G. Simon est de ne pas dissocier les idées de K sur l'astrologie de ses recherches astronomiques. Il y a influence des unes sur les autres aussi bien que de ses hypothèses les plus surprenantes comme la relation qu'il imagine entre les cinq polyèdres réguliers et les orbites des six planètes. C'est sans doute pourquoi il est souvent si difficile de suivre la pensée de K et pourquoi il arrive qu'on lise dans ses oeuvres le contraire de ce qu'il

pensait, "le voir délirer quand il expliquait, être mystique quand il démystifiait, céder à la superstition quand il la combattait."

Ce qui nous étonne le plus, c'est que "loin d'être desservi par ses a priori métaphysiques, Kepler fut, dans sa tâche guidé par eux". Ne disposant pas d'une physique mathématique préalablement constituée, ayant même des conceptions fausses en mécanique (pour lui, par exemple, il faut bien que le Soleil tourne sur lui-même pour entraîner le mouvement des planètes sur leurs orbites), "il fut aiguillonné par la conviction que rien dans le monde n'est laissé au hasard et que tout au contraire y obéit au principe du meilleur." Ne peut-on voir là une prémonition de ce qui sera plus tard le principe de moindre action ?

Pour les mathématiciens, K a aussi de quoi les surprendre. Pour lui, il y a des figures nobles ; l'heptagone régulier ne l'est pas puisque non constructible par la règle et le compas ou comme il dit "non connaissable". Il en déduit hâtivement que tout polygone régulier à nombre de côtés premier et supérieur à 7 est non connaissable... Une des raisons en tout cas qui lui font privilégier les cinq polyèdres réguliers dans son Mystère cosmographique qui date de 1595. Plus de vingt ans, par conséquent, avant l'annonce de la proportionnalité entre les cubes des distances des planètes au Soleil et les carrés de leurs périodes de révolution.

Kepler a eu l'audace de se poser des questions en avance sur les possibilités de la science de son temps ; ce qui fait sa grandeur et sa misère, ce qui en fait un savant exemplaire. On n'aura jamais fini de tirer enseignement de ses oeuvres. Le livre de Gérard Simon, plein de références précises et de remarques instructives a donc une place de choix dans nos bibliothèques.

Remarque : la brochure éditée par la Société Astronomique de France pour le quatrième centenaire de K est toujours disponible au siège de la SAF, 3 rue Beethoven, 75016 Paris prix 30 F (+ 5F de port) On y retrouve un article de Gérard Simon...

Astronomie pour nos élèves

Dans le n°2 des CC, nous avons déjà signalé l'ensemble de fiches de travail publié sous ce titre par l'Observatoire de Genève et la section de pédagogie de l'Université de Genève.

L'auteur est un enseignant de Genève, Jean-Louis Loutan qui est également soucieux de bonne pédagogie et amoureux de l'astronomie. Son projet : profiter de la curiosité des enfants pour leur faire observer le ciel, de leur habileté manuelle pour les guider dans des activités méthodiques qui conjuguent la réflexion et le bricolage : "L'astronomie, pour des enfants de 10-12 ans, nous paraît rassembler un intéressant échantillon de qualités éducatives : observation et découverte de la nature (pratique et théorique), individuelle et collective, intellectuelle, manuelle, artistique ; joignant le présent au passé et à l'avenir. Exigeante encore en justesse d'expression comme ne précision et mobilisant sur le temps scolaire et sur le temps privé de l'enfant, son maître, ses parents, et à l'occasion même des astronomes."

J.-L. Loutan ne parle pas en théoricien. Entre autres expériences, il relate quatre mois de fréquentation du ciel par des élèves de 11-12 ans (5ème année en Suisse, CM2 ou Sixième en France). Avec leur maîtresse, il a pu mettre en œuvre ses idées en se voulant aussi peu directif que possible, "accordant aux élèves la plus grande liberté possible dans le choix de leurs sujets d'étude". Faisant en sorte que des attitudes leur restent ainsi qu'un certain bagage de connaissances. Ce qui exigea la poursuite de l'expérience sur un temps assez long afin que certaines études puissent être menées à leurs termes.

Il organise le travail de la façon suivante : 1°) une étude en vue d'une causerie en classe (deux élèves parleront de Jupiter par exemple), pour éviter le "cours d'astronomie" par l'enseignant qui aura par contre à répondre à de nombreuses questions ; 2°) une observation à mener personnellement ; 3°) une construction (instrument, maquette ou même saynète). Le rôle de l'enseignant est alors celui d'un conseiller. L'horaire était de 1 h et demi chaque lundi après-midi : rapports oraux sur observations et dessins, travaux d'équipe en vue de

nouvelles causeries, de nouvelles constructions.

Pour aider les collègues qui voudraient suivre son exemple, J-L.Loutan a rédigé une brochure de 20 pages qui précisent ses principes d'action et 55 fiches qui détaillent les activités effectivement réalisées. Première série, sur les étoiles comment montrer le ciel, où sommes-nous ?, comment saisir les distances entre les étoiles, le ciel étoilé en juin, "tout le ciel bascule", viseur d'étoiles...etc, une constellation Orion, une étoile Betelgeuse, une galaxie Andromède, etc...

Deuxième série, Expérimenter, construire, calculer : planètes et éclipses, mouvement apparent du Soleil et cadrans solaires, observations de la Lune et distance Terre-Lune, visibilité de Vénus, mesure de la vitesse de la lumière par les satellites de Jupiter, etc...

Ce sont des exemples à partir desquels l'enseignant pourra, selon le choix de ses élèves, imaginer d'autres plans de travail. Un peu comme ce que nous souhaitons faire ici, dans les CC, en publiant les articles que nos lecteurs écrivent et qui relatent des travaux effectués avec les élèves.

Nous pouvons facilement nous procurer la brochure et les fiches de J-L.Loutan en les commandant à M.G.Goy, Observatoire de Genève, 1290 Sauverny (Suisse) en y joignant un CCP de 28 F français. J'oubliais de préciser que les fiches sont remarquablement présentées.

Gilbert Walusinski

Pour un inventaire

Faute de pouvoir mieux faire, au moins pour l'instant, nous citons ici des articles ou des publications susceptibles d'intéresser astronomes et enseignants.

- Programmes for pocket calculators HP67 et HP97 in the fields of theoretical and observational astronomy by F.C.Bertiau, édité en anglais par Leuven University Press (astro sphérique, méca céleste, astrométrie, photométrie, étoiles variables, calendrier)
- Un thème interdisciplinaire : la théorie newtonienne, par l'équipe math-physique de l'IREM de Dijon.
- Observations célestes par J.M.Becker, édition CDDP Colmar prix 7F (essentiellement sur la construction d'un télescope)

- Introduction à la théorie de l'observation en astrophysique par H.Reboul, un volume de 160 p, éd Masson, 95 F. Un ouvrage très important sur lequel nous reviendrons dans CC n°5.
- Les quasars par Suzy Collin-Souffrin dans L'Astronomie de décembre 78 : le point sur cette importante question ; il est instructif de rapprocher cet article récent de celui publié en février 75 dans la même revue par Lucienne Gouguenheim sous le titre "Quasars, le mystère s'épaissit". On mesure l'évolution d'une grande question en trois ans...
- Les nuages de Magellan par Laurent Vigroux dans La Recherche (avril 79).
- Des amas riches en galaxies par P.Gorenstein et W.Tucker dans Pour la science, janvier 79.
- Exposition et colloque Huygens organisés à Paris du 2 au 27 mars 79 par l'Institut Néerlandais. Le rythme de publication des CC n'a pas permis d'annoncer à temps ces manifestations sur lesquelles nous espérons pouvoir revenir. Chez Huygens, l'homme et l'oeuvre sont également attachants.
- Espace et information, bulletin trimestriel du Centre National d'Etudes Spatiales. Tous les lecteurs des CC peuvent en demander le service gratuit. Ecrire au département publication du Centre spatial de Toulouse, 18 avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse Cedex. Cette excellente publication n'a pas seulement le mérite de citer les Cahiers Clairaut, mais elle donne de très nombreuses informations d'actualité ainsi que des documents bien présentés ; par exemple, ce schéma de cercles successifs faisant comprendre les changements d'échelle: la Terre (12 800 km de diamètre) , le système solaire (6 milliards de km ou 0,0006 al), notre Galaxie (100 000 al), l'amas local (5 millions d'al), l'Univers (15 milliards d'al). Faire comprendre aux élèves cet emboîtement.

