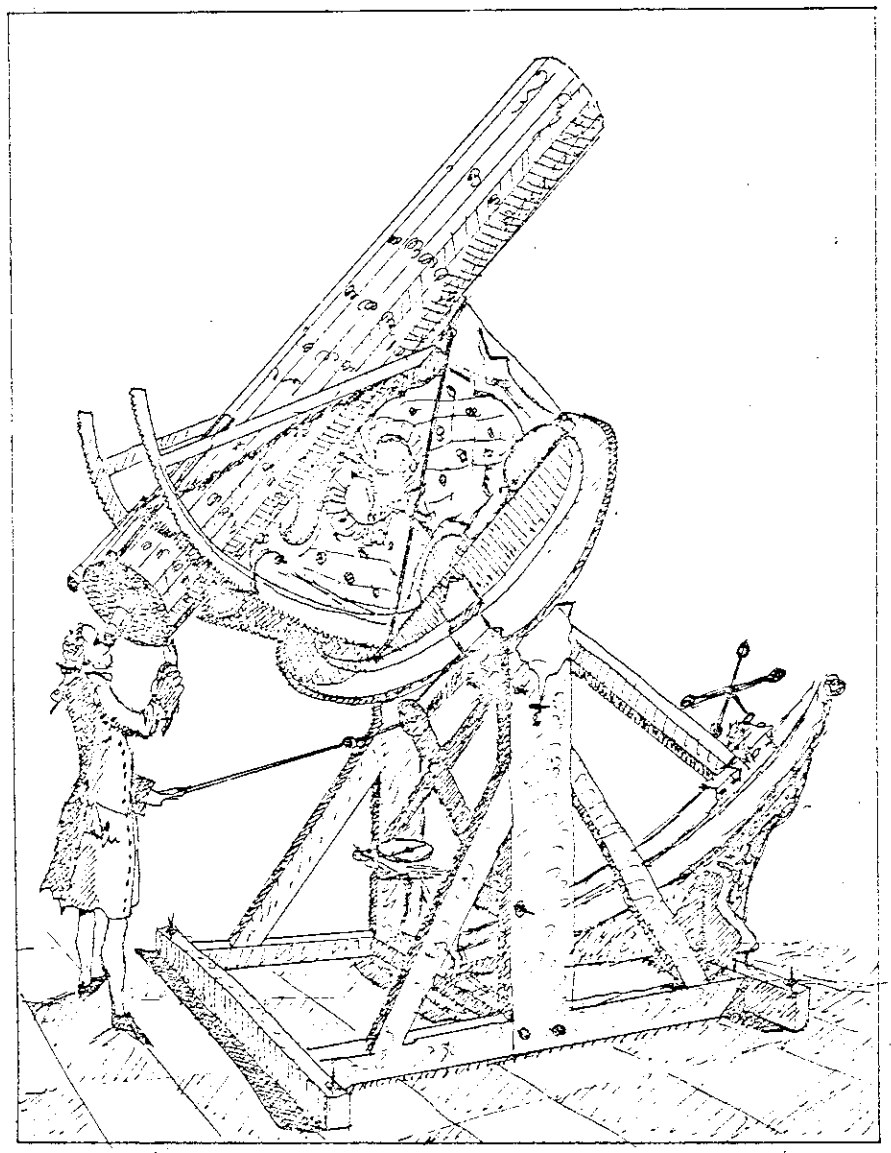
# les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n° 11 - hiver 1980

# LES CAHIERS CLAIRAUT

Nº 11 Hiver 1980-81

Saturne 1980.....p 3
Un cadran solaire à trois dimensions .....p11
Courrier des lecteurs.....p15
Stage CEMEA "Observation du ciel et de l'espace .....p20
Ecole d'été d'Astronomie Grasse 1980.....p20
Journée de formation pour les professeurs de Sciences Physiques.....p23
Johannes Kepler: 2- L'Astronomie Nouvelle.....p24
Lectures pour la Marquise et ses amis.....p29
Comment mesurer le rayon de la Terre pendant ses vacances.....p33
Peiresc : 1- Sa vie.....p37

## EDITORIAL

Merci à tous ceux qui nous envoient des articles: pour la première fois (et nous ne nous en plaignons certes pas !) l'abondance des matières nous a conduits à publier en plusieurs épisodes l'article passionnant de Jean Ripert sur Peiresc et à remettre au nº 12 la migration des fauvettes! Et pourtant, Jean Ripert s'est transformé en "rat de bibliothèque" pour nous fournir en temps voulu son travail, pour célébrer l'anniversaire de la naissance de Peiresc...

Notre "reporteur spécialisé"n'a pas plaint sa peine pour que les lecteurs des cahiers soient parmi les premiers informés sur les nouvelles découvertes sur Saturne obtenues par la sonde Voyager 1...

Bonne année à tous !

La Rédaction

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

Mr - Mme - Melle : .....

Adresse : .....

Si possible donner l'adresse de votre établissement scolaire afin de pouvoir bénéficier de la franchise postale, mais n'oubliez pas de nous signaler vos changements d'affectation.

Souhaite:

☐ s'abonner aux Cahiers Clairaut du nº 1 au nº 12 (45 francs)

☐ s'abonner aux Cahiers Clairaut du nº 9 au nº 12 (15 francs)

☐ se réabonner aux Cahiers Clairaut du nº 9 au nº 12 (15 francs)

☐ ci-joint ma contribution financière : chèque à l'ordre de L. Gouguenheim

Il est toujours possible de se procurer les numéros anciens au prix de 5 francs l'unité . Fiche à renvoyer à Mme DELMAS, I.A.P 98 bis Brd Arago 75014 PARIS

# SATURNE 1980

N.D.L.R. Le 1er décembre 1980, dans un amphithéatre archi-comble du Laboratoire d'Astrophysique de Meudon, André Brahic a rendu compte de son séjour au Jet Propulsion Laboratory de Pasadena. En novembre, il a participé à la réception des signaux envoyés par Voyager 1 (noté V1 dans la suite)au cours de sa rencontre avec le système saturnien. Nous n'avons pas la prétention de reproduire ici l'exposé enthousiaste et passionnant de Brahic qui a duré deux heures et a été illustré de magnifiques projections commentées avec une chaleur et une compétence incomparables. Pour les lecteurs des "Cahiers" nous tentons d'en donner un aperçu et nous remercions l'ami André d'avoir corrigé notre texte avant le tirage.

## REMARQUES PRELIMINAIRES.

Il est trop tôt pour faire une synthèse des résultats obtenus par la rencontre V1-Saturne. A.Brahic veut se limiter à dire les émotions qu'il a éprouvées devant tant de découvertes: on s'attendait à voir des choses diverses; on n'a pas été déçu, on en a vues plus que ce qu'on attendait. Le système saturnien, un vrai laboratoire.

Des premiers rapports seront publiés fin janvier 1981, les résultats essentiels au printemps 1981; ce qui n'épuisera pas les données recueillies. En quelques jours de novembre 1980, on a autant découvert sur Saturne et son environnement que tout ce qu'on avait appris depuis Galilée.

A.B. met en garde contre certaines idées reçues: 1) Certains disent "je savais tout ça avant"; c'est évidemment faux. 2)D'autres "depuis la Terre, on ne peut plus rien faire"; c'est tout aussi faux; les observations terrestres sont essentielles par exemple pour suivre longtemps ce que V1 a vu en quelques jours. 3) La mécanique céleste serait remise en question; encore faux: la trajectoire de V1 a été réalisée avec une précision remarquable; elle a apporté des faits nouveaux qui doivent nourrir les travaux modernes de mécanique céleste. 4) Ce sont les américains qui ont tout fait; non, même s'il est vrai que leur oeuvre a été très importante, la participation européenne et en particulier française n'a pas été négligeable. 5) le système découvert est plus compliqué qu'on ne s'y attendait, il semble jeune et instable; non, il est là depuis 4,6 milliards d'années, il est stable, ce qui pose problèmes.

## SATURNE AVANT 1980.

Rappel de ce qu'on avait acquis depuis Galilée jusqu'en 1980. Saturne a un diamètre de 60 000 km, sa masse est le trois dix millième de celle du Soleil, sa densité voisine de 1. Sa période de rotation sur elle-même était évaluée à 10h 14 min. Inclinaison de l'équateur saturnien sur l'orbite 27°. C'est la planète la plus aplatie du système solaire. La planète est composée essentiellement d'hydrogène et d'hélium.

On s'intéressait aux anneaux parce qu'un tel système plat peut expliquer comment s'est formé le système solaire,ou encore quelle est la mécanique des système plats tels que les galaxies.

On comparera les premiers dessins de Galilée, la première photo prise en 1883, les dessins d'Antoniadi (1887), de Bernard Lyot (1950) avec les documents recueillis par V1.

En 1980, la Terre est passée deux fois dans le plan des anneaux ce qui a permis de découvrir quatre nouveaux satellites (V1 en découvrira trois autres).

Pioneer 11, lancé en avril 1973 a survolé Jupiter en décembre 1974 et puis Saturne le 1er décembre 1979. Mais la sonde Pioneer tournait sur elle-même alors que V1 est stabilisé et orienté à volonté. De plus en taille et en équipements, de Pioneer à V1 c'est passer de la Renault 5 à l'autobus. (Sur l'exploration de Saturne par Pioneer 11, lire l'article de T. Gehrels dans "l'Astronomie" de novembre 1980).

V1 a été lancé le 5 septembre 1977, a survolé Jupiter le 5 mars 1979 et s'est approché à 124 200 km du sommet des nuages de Saturne le 12 novembre 1980.

L'APPROCHE DE LA PLANETE.

Etant encore à 300 millions de km de Saturne en mars, V1 commençait à prendre des photos de plus en plus révélatrices.

Résumons les principaux aspects: la planète parait entourée d'une brume dans laquelle des taches dues à des mouvements convectifs apparaissent; mais ces taches sont moins nombreuses et moins contrastées que sur Jupiter. Il y a encore des bandes parallèles au plan équatorial; mais sur Jupiter les vents étaient plus violents aux limites des bandes alors que sur Saturne le vent est plus rapide au centre des bandes. A l'équateur saturnien le vent atteint 1 600 km/h, décroit rapidement vers les pôles.

Une équipe radioastronomique de Meudon a précisé la période de rotation propre de la planète: 10h 39min 27s (au lieu de 10h 14min).

Le rapport d'abondance H/He est plus grand que pour Jupiter. Il ne faut pas l'interpréter comme révélateur de la composition initiale de la nébuleuse antérieure à la formation du Soleil et des planètes. Car l'hélium aurait tendance à tomber vers le centre de la planète ce qui serait à l'origine de l'énergie rayonnée par la planète, énergie très supérieure à celle qu'elle reçoit du Soleil.

Sur Saturne, comme sur Jupiter, V1 a photographié des aurores boréales. Le champ magnétique de Saturne est pourtant plus faible; c'est la planète pour laquelle l'axe de rotation et l'axe magnétique sont le plus proche, presque confondus. Par contre, l'activité radio est intense dans l'environnement saturnien; peut-être y a-t-il des sources dans les anneaux.

La magnétosphère a une interaction intéressante avec le vent solaire. Pioneer était passé en 79 alors que l'activité solaire était maximale; la magnétosphère était comprimée, Titan était à l'extérieur. V1 a constaté une situation inverse en 80: moindre activité solaire, magnétosphère plus dilatée, Titan lui étant intérieur. Une raison supplémentaire de s'intéresser à ce satellite.

TITAN.

On savait que Titan avait une atmosphère. Pioneer n'avait pas pu bien photographier Titan alors que V1 s'en est approché jusqu'à 4 500km; avec son atmosphère il est un peu plus gros que Ganymède, sans son atmosphère un peu plus petit. Une taille de planète avec un diamètre de l'ordre de 5000km.

Les photos réalisées par V1 sont peu révélatrices. La surface est couverte de brume, pas de détails permettant d'évaluer la période de rotation

(probablement synchrone avec la révolution autour de Saturne). Le pôle nord a paru un peu plus sombre; est-ce un phénomène de saisons dont le cycle se déroulerait alors en 28 ans ? Problème à suivre.

Les spectres IR et UV ont, par contre, révélé un monde passionnant. Les spectres IR ont montré des températures allant de 170K à 80K; les spectres UV, 70K. En étudiant la réfraction des signaux radio émis par V1 vers la Terre et qui ont traversé l'atmosphère de Titan on a constaté que celle-ci était principalement composée d'azote (avec un petit peu d'argon et de méthane). Intéressant,n'est-ce pas ! Nous connaissons deux planètes à atmosphère de $CO_2$, Vénus et Mars, deux planètes à hydrogène et hélium, Jupiter et Saturne, et maintenant deux planètes à azote, la Terre et Titan.

Dans le spectre IR apparaît la présence d'acide cyanhydrique, l'une des premières molécules prébiotiques. Il y aurait sur Titan tout ce qu'il faut pour une certaine chimie organique mais on ne sait pas grand chose sur une telle chimie à 80K. En résumé Titan serait un peu comme une Terre en état de froid profond, sans champ magnétique mais en interaction avec la magnétosphère de Saturne; possédant des hydrocarbures et couverte d'un océan d'azote liquide ou tout au moins de marais d'azote. En tout cas, un monde passionnant à étudier en priorité.

LES AUTRES SATELLITES.

Il faut corriger l'idée que Saturne et ses satellites (ou Jupiter et les siens) sont une image du système solaire. Dans le voisinage immédiat du Soleil, il n'y a presque rien: les quatre planètes telluriques. Près de Saturne, il y a beaucoup de choses, les satellites et les anneaux.

En dehors de Titan, les autres satellites sont très petits et irréguliers, avec des diamètres de l'ordre de 100 km ou de 500 à 800 pour Thétis, Dioné, Rhéa et Japet. Tous ont des densités entre 1 et 1,2; ce sont des blocs de glace; celle-ci, à des températures inférieures à 100 K, est plus dure que le roc.

Sur les satellites anciennement connus: Mimas qui n'a pas 200 km de diamètre a montré un cratère impressionnant (le tiers du diamètre du satellite). C'est lui qui a donné lieu à un titre trompeur du journal "Libération": "Le sein de glace"; c'est plutôt une dépression en forme de bol.

Encelade, un peu plus gros, a une surface lisse. Téthys (diamètre 500 km) montre beaucoup de cratères et une tranchée encore non interprétée. Dioné (diamètre 575 km) montre, comme Japet, un côté sombre et un côté brillant. Rhéa (diamètre 800 km) est cratérisé comme la Lune, Mercure ou Callisto; c'est un autre exemple de sol très ancien, mais ici en glace. Janus avait été observé par Texereau puis Dollfus en 1966. En 1980, lors du passage de la Terre dans le plan des anneaux, des photographies prises au Pic du Midi montraient deux satellites S10 et S11 sur la même orbite proche de l'anneau F, puis S12, précédant Dioné sur son orbite. [cf l'article de A. Brahic "Embouteillages autour de Saturne", La Recherche,sept 80] V1 découvre S13 et S14 dont les orbites encadrent l'anneau F et enfin S15 au ras de l'anneau A.

Pour André Brahic, l'interaction entre un disque et des satellites n'a jamais été complètement étudiée; il pense que deux corps relativement gros comme S13 et S14 (environ 100 km de diamètre) peuvent confiner l'anneau de manière stable.

LES ANNEAUX.

S'ils ont été identifiés par Huygens (1655) et beaucoup observés depuis, V1 va permettre de les voir sous diverses orientations: pendant la phase d'approche du satellite, le Soleil dans le dos, les anneaux visibles par la lumière réfléchie vers l'avant; ensuite, V1 étant sous les anneaux reçoit la lumière diffusée à travers les anneaux; après, pendant que V1 s'éloigne et est orienté vers le Soleil, il reçoit la lumière réfléchie par les anneaux vers l'arrière. D'autre part, V1 observe aussi la projection des anneaux sur la planète.

Grâce à ces divers éclairages, aux spectres IR, à l'effet d'occultation par les anneaux des signaux radio envoyés par V1, on peut se faire une idée de leur composition (eau, ammoniac) ainsi que sur la taille des particules qui les constituent. Exemple: dans l'anneau C la taille moyenne des particules serait de l'ordre du mètre, mais toutes les tailles existent.

Trait essentiel: les anneaux sont subdivisés en plusieurs centaines d'anneaux concentriques, les zones baptisées antérieurement ABCDEF subsistant pour réunir des groupes de caractères différents. L'anneau A est régulier et assez opaque. La division de Cassini (de l'ordre de 5 000 km) n'est pas vide comme on le croyait mais remplie d'une centaine de fines structures. L'anneau B, très complexe, est le plus opaque. L'anneau C, plus bleuté est assez transparent. Entre C et Saturne, il y a sûrement des matériaux très fins. L'anneau F entre les orbites de S13 et S14 a paru torsadé (on a parlé des "tresses de Bavaroise") ce qui donne l'aspect d'agglomérations de lumière.

Enfin, V1 a photographié dans les anneaux des structures radiales, des "doigts" qu'on peut interpréter comme des boursouflures commandées par des orages magnétiques.

FAREWELL VOYAGER ONE.

V1 s'éloigne maintenant de Saturne et va s'échapper du système solaire. Non sans avoir envoyé ses messages à la Terre aussi longtemps qu'il le pourra: renseignements intéressants sur l'espace interstellaire...

André Brahic termina son exposé par la projection de deux films. Le premier, réalisé en animation, explique le fonctionnement de la sonde et montre sa maniabilité. Le second, par réunion de photographies prises par V1, montre en accéléré la rotation des anneaux et des satellites qui leur sont associés: 45 secondes d'un cinéma -vérité qui valent de longs métrages. Un seul regret: que Galilée n'ait pas vu ça.

Mais ceux qui ont écouté André Brahic n'ont rien regretté !

(Rédaction Gilbert Walusinski)

N.D.L.R. Les documents photographiques reproduits dans les pages suivantes nous ont été amicalement prêtés par A. Brahic. On ne peut que regretter que le mode de reproduction des "Cahiers Clairaut"ne leur rende pas justice. Nous espérons cependant qu'ils aideront à illustrer les descriptions données dans le texte ci-dessus.

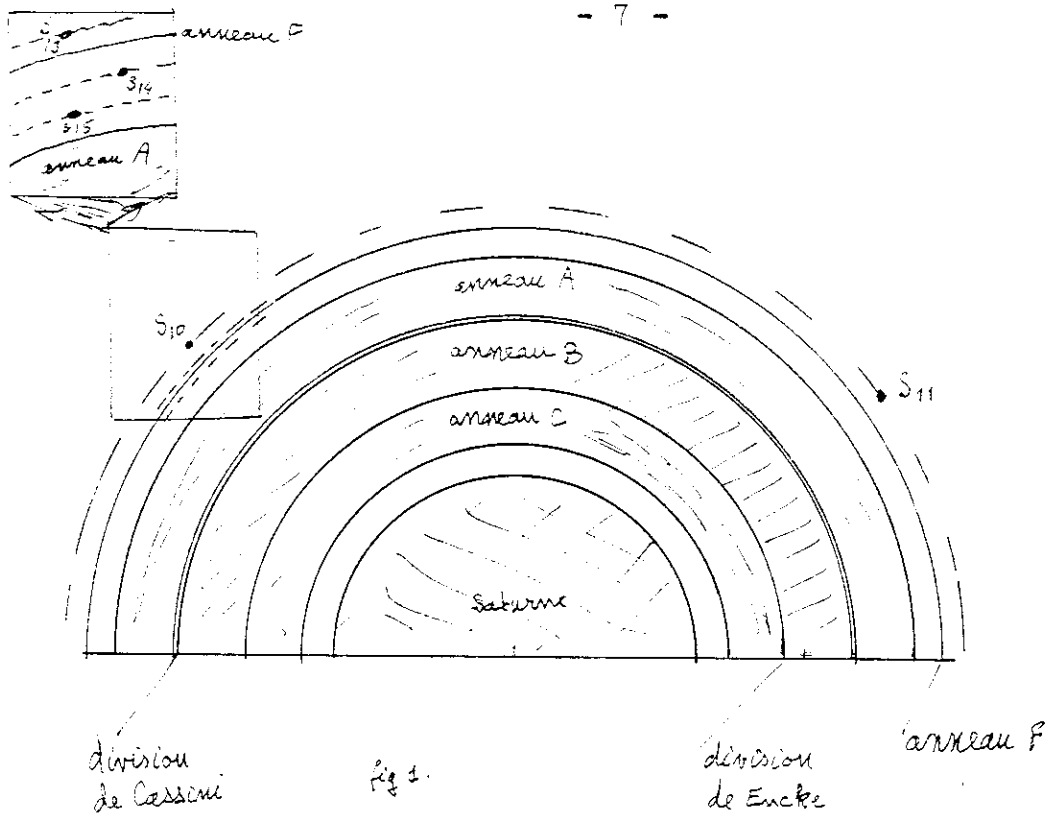



fig 1.

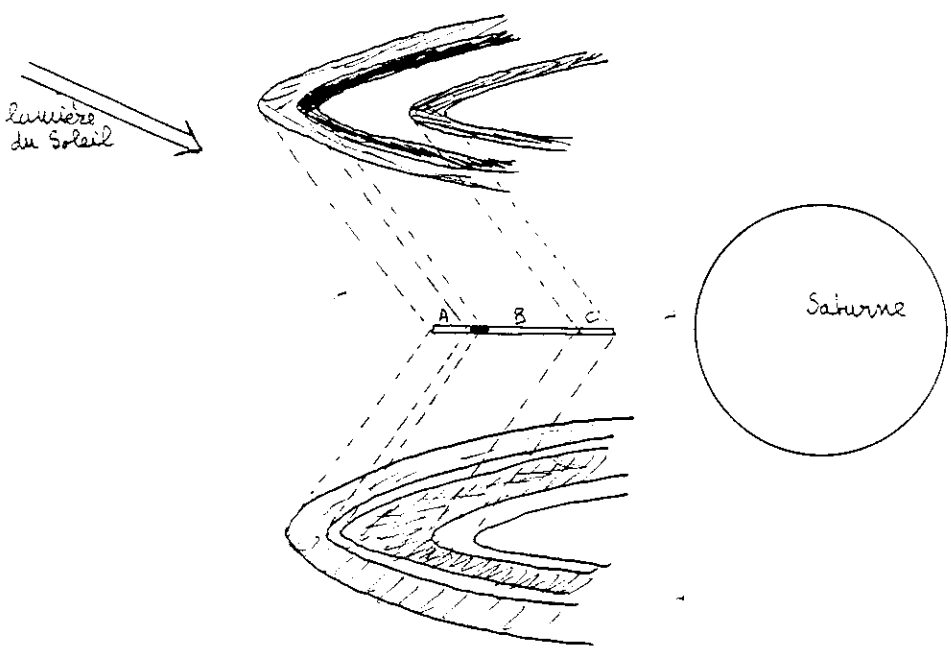
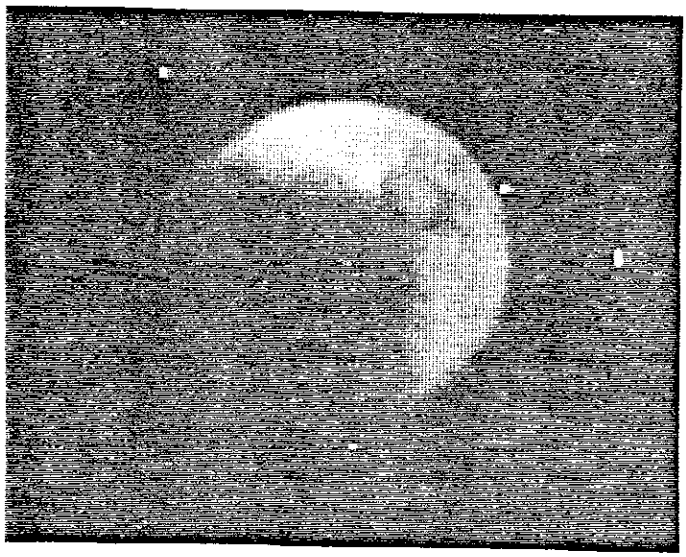


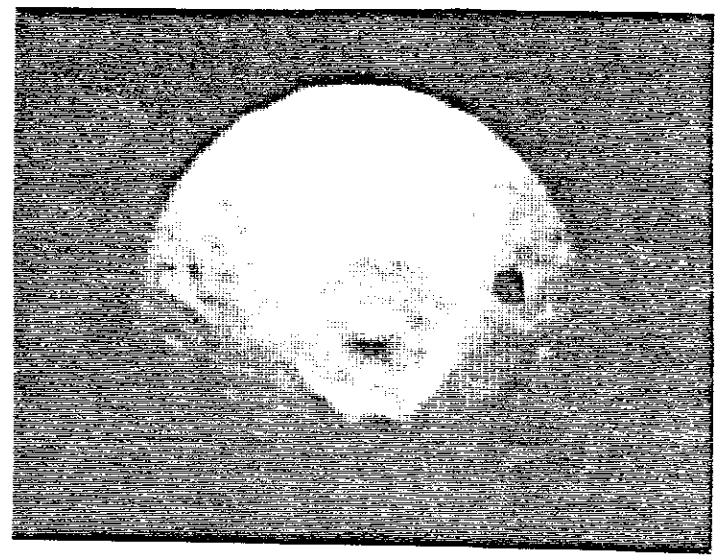

fig 2. En haut, aspect des anneaux en lumière réfléchie. La division de Cassini paraît sombre et vide ; l'anneau C a l'aspect « anneau de crêpe ».

En bas, aspect des anneaux en lumière diffusée. La division de Cassini est claire ainsi que l'anneau C

Saturne, Téthys (en bas) et Dioné photographiés le 3 nov. 1980 à une distance de 13 millions de km. On remarque en particulier les ombres des anneaux sur le globe et le limbe de la planète vu à travers la division de Cassini.

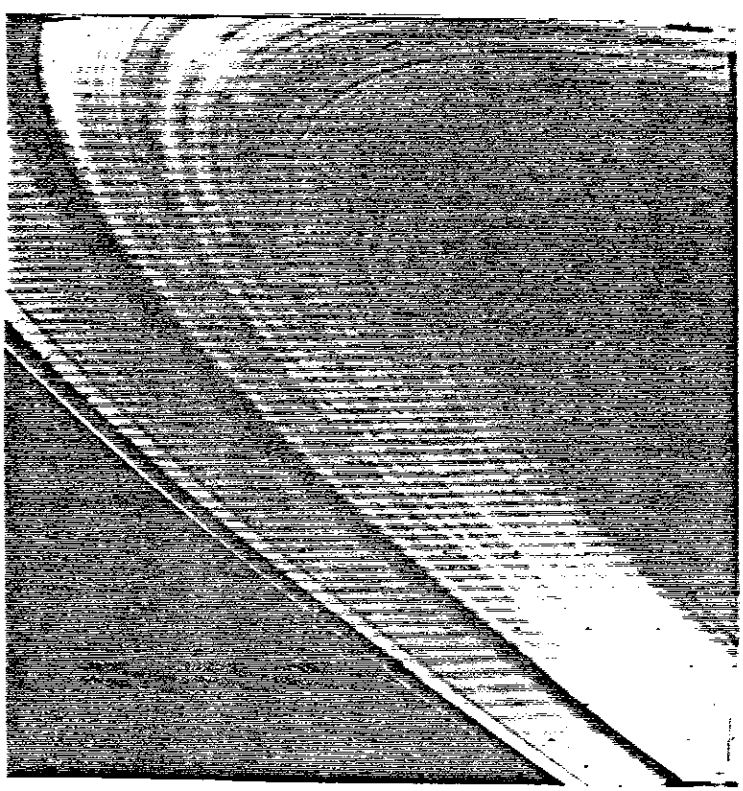


Japet, photographié le 12 nov. 1980, à une distance de 3,2 millions de km.

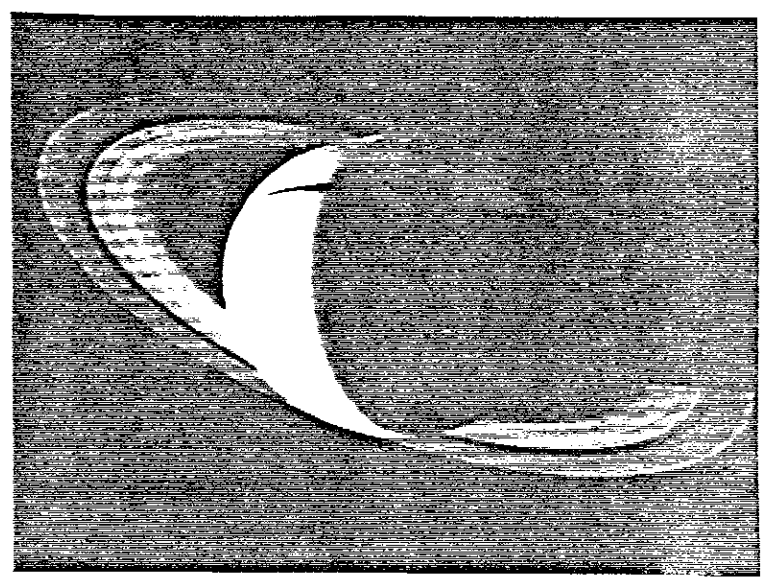


Mimas, photographié le 12 nov. 1980 à une distance de 660 000 km environ.

Dioné, photographié le 12 nov.1980 à une distance de 162 000 km

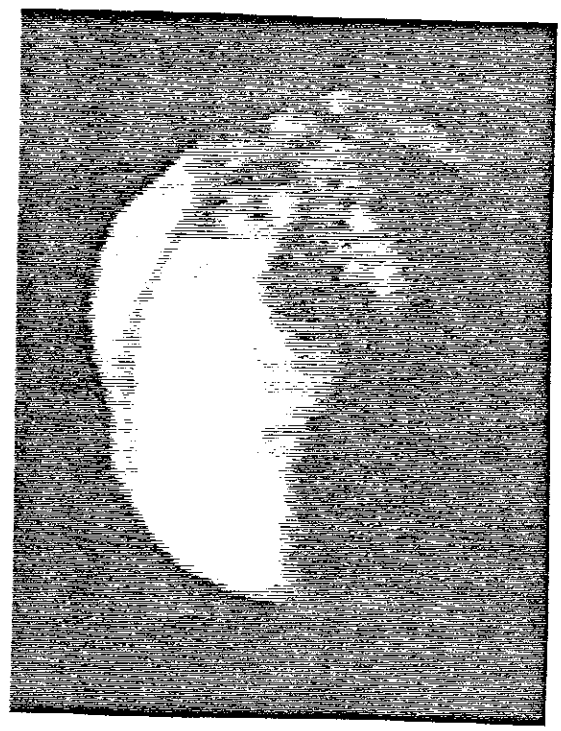


Le détail des anneaux et les structures en forme de doigts.



Saturne vu par VoyagerI en phase de croissant.

La structure complexe de l'anneau F de Saturne.



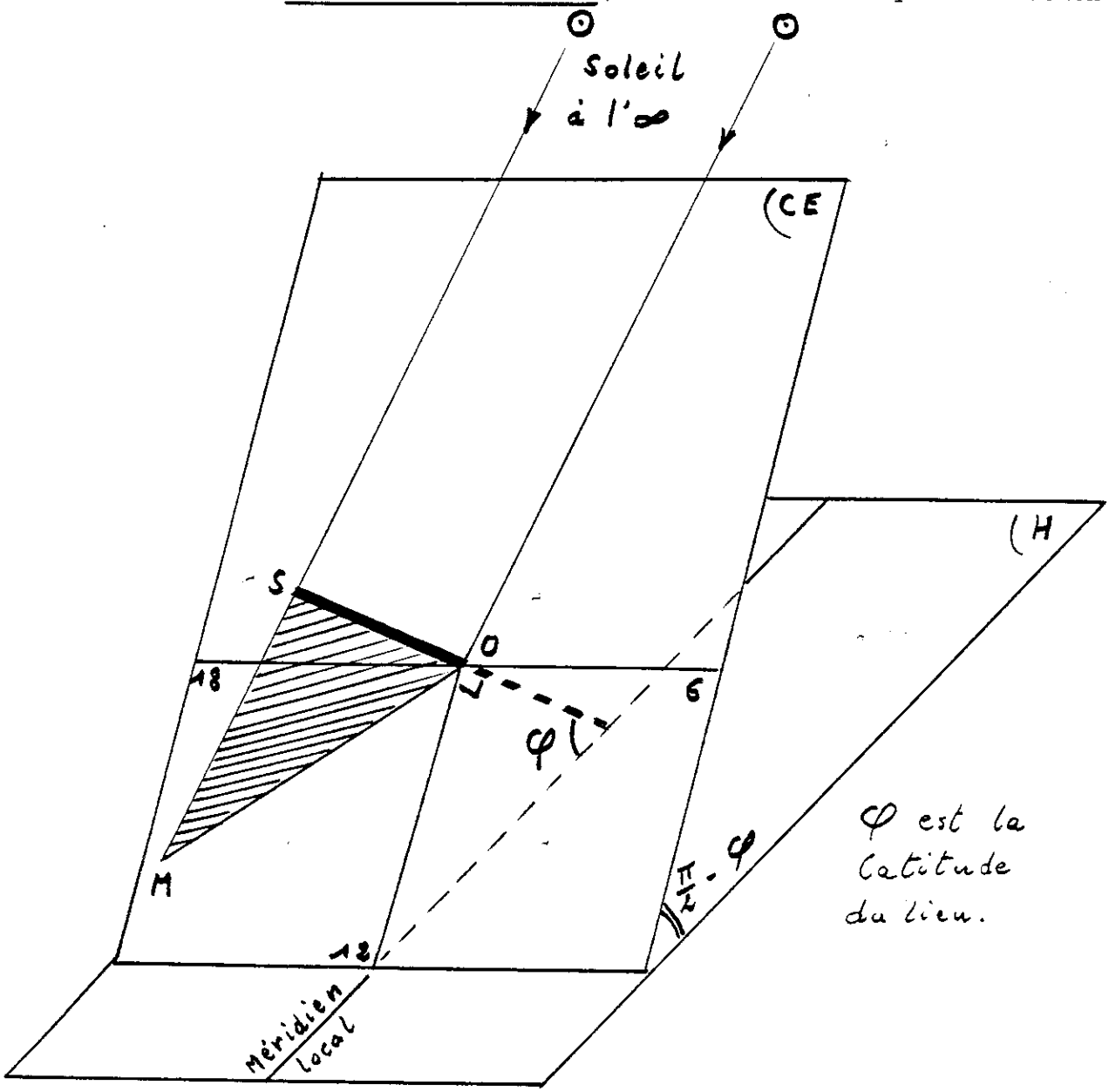
Clichés du satellite S 11, pris à 13 minutes d'intervalle le 12 nov. 1980 à une distance de 177 000 km environ; l'ombre circulaire qui traverse le satellite sur le cliché de droite est probablement celle d'un anneau étroit et lointain de Saturne situé à quelques milliers de km du satellite.

# UN CADRAN SOLAIRE A 3 DIMENSIONS

Il s'agit d'une maquette destinée à montrer la relation qui unit tous les cadrans solaires d'axe polaire.

Cette maquette est un outil pédagogique qui permet d'expliquer à des enfants ne connaissant ni les projections, ni la trigonomètrie, pourquoi la plupart des cadrans ont des graduations horaires irrégulières, alors que le "Soleil moyen" a un mouvement diurne régulier.

Rappel théorique: le cadran équatorial (facile à étudier expérimentalement).



Le schéma précédent est valable au printemps et en été, quand le Soleil ⊙ éclaire la face supérieure du cadran équatorial CE.

H est le plan horizontal.

OS est le style du cadran (situé dans le plan méridien local, perpendiculaire au plan équatorial, c'est à dire confondu avec l' "axe du monde").

Le triangle OSM est, à l'instant du dessin, l'ombre du style OS.

OM est la trace de cette ombre dans le plan équatorial, c'est à dire l' ombre portée sur CE. C'est OM qui permet de lire l'heure si le plan CE est gradué.

Dans cé plan CE, les graduations horaires sont régulières (15° par heure), midi solaire correspondant au passage du Soleil dans le plan méridien.

Généralisation à tout cadran d'axe polaire:

- le style conserve son orientation.
- à tout instant, l'ombre de ce style définit dans l'espace une portion de plan OSM.
- UN cadran d'axe polaire est une surface sur laquelle est matèrialisée d'heure en heure, l'intersection du plan d'ombre OSM avec la surface du cadran.

Application à la construction d'une maquette en 3 dimensions dans laquelle on peut découper n'importe quel cadran solaire d'axe polaire:

Dessiner un cadran équatorial sur une face d'un cube (en polystyrène ou en bois), de 20 à 30 cm d'arête.

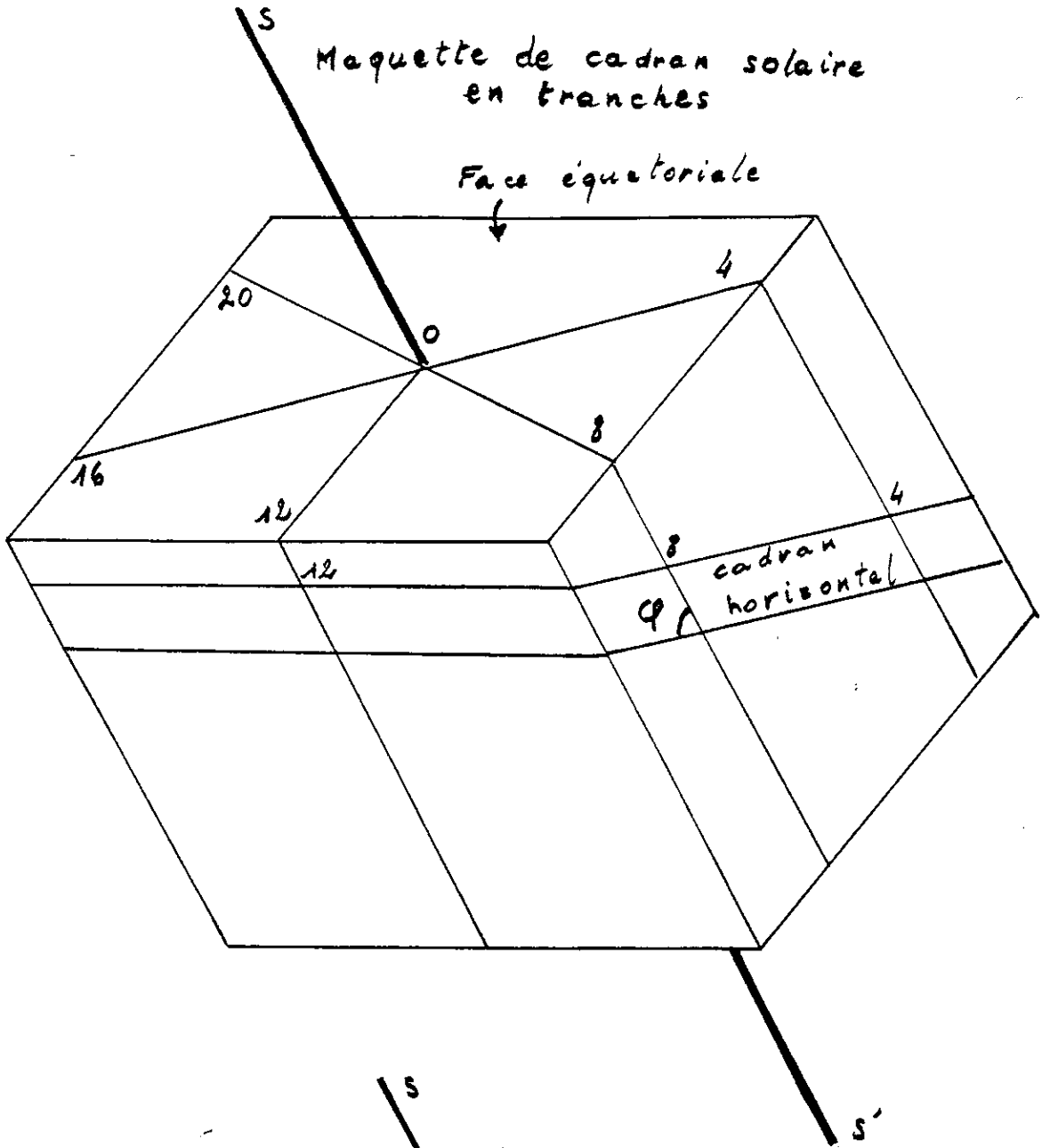
A partir de ce cadran équatorial, matérialiser au sein du cube, les plans d'ombre OSM, d'heure en heure. Pour cela, il suffit de découper le cube en une série de prismes droits d'arête commune OS; les 2 faces du prisme dont l'intersection détermine cette arête font entre elles un angle de 15°

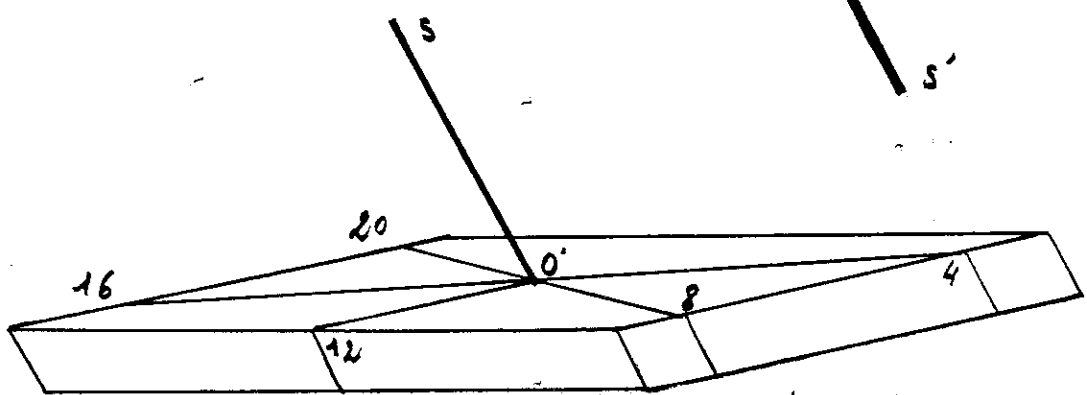
Après avoir peint ces différents plans horaires, recoller les prismes entre eux, de façon à reconstruire le cube initial.

Pour tracer, à partir de ce cube, un cadran solaire, sur un mur d'orientation quelconque, ou sur le sol, il suffit:

- de sceller un style dirigé vers le pôle dans ce mur (il faut pour cela déterminer le méridien du lieu, par exemple à l'aide d'un gnomon vertical, et connaitre la latitude).
- d'enfoncer le cube sur ce style en faisant coïncider celui-ci avec l'

Maquette de cadran solaire en tranches




Cadran horizontal débité dans le cube ci-dessus

arête commune aux différents prismes.

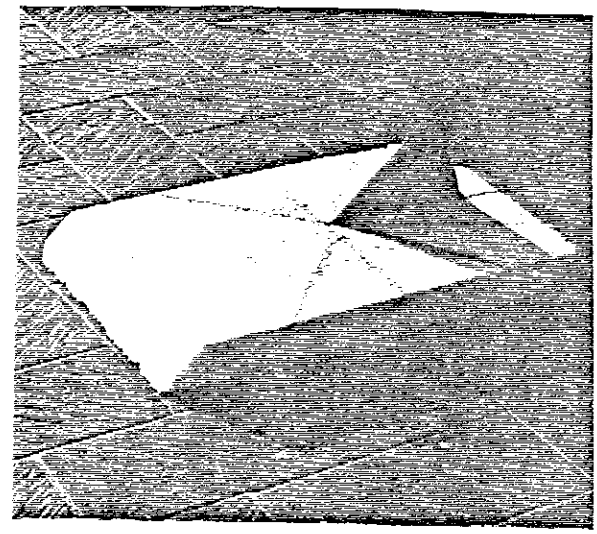
- de faire tourner le cube jusqu'à ce que le plan horaire de 12 heures coïncide avec le plan vertical (plan méridien du lieu).

Le cube étant ainsi positionné, on le découpe en tranches parallèles au mur. Sur ces tranches apparaissent les lignes horaires qu'il suffit de reporter sur le mur.

Le schéma suivant montre le cube et un cadran horizontal issu de ce cube.

Remarque: pour simplifier la découpe, on peut se limiter à des plans de 2 heures en 2 heures (tous les 30°)

En fait cette méthode n'est pas très précise, car la découpe du cube est difficile à réaliser finement. Il s'agit seulement de faire comprendre aux élèves les méthodes de construction que l'on trouve dans les traités plus ou moins compliqués de gnomonique.(L'un des plus simples étant: " Midi au Soleil" de J. Fulcrand et P. Bourge).



Photos de l'atelier: Cadrans solaires, à l'Ecole d'été: Grasse 80

Daniel Toussaint.

## COURRIER DES LECTEURS

### Représentations de la sphère céleste

[Dans la note publiée dans notre Cahier 8 à propos de la traduction d'Autolycos, j'avais employé, à tort, l'expression "projection axonométrique". J-P Brunet et R. Nadal qui ont collaboré à cette traduction ont eu l'heureuse idée en me signalant cette erreur, de préciser comment on peut représenter la sphère sur un plan. Ce que nous faisons plus ou moins bien au tableau. G.W.]

Lorsque l'on veut représenter la sphère céleste dans un plan, le plus "simple" est de figurer les cercles principaux (horizon, équateur, etc) par leur trace . On obtient alors la fig 1 mais ce genre de figure est peu parlant à l'esprit, sauf dans certaines applications (par exemple, lorsqu'il est question de définir les zones climatiques terrestres ou bien la durée du jour).

Aussi, dans Autolycos, nous avons utilisé délibérément une représentation conventionnelle de la sphère céleste (celle que l'on rencontre dans tout traité de cosmographie) qui consiste à figurer l'horizon "vu par dessus", l'équateur en "vue plongeante" ainsi que tous les autres cercles. Cela conduit en particulier à représenter les cercles par des ellipses dont les points de tangence avec le cercle représentant la sphère ne peuvent être confondus avec les sommets du grand axe s'il s'agit de petits cercles, et nous utilisons la convention habituelle qui consiste à confondre le plan du méridien avec le plan de la figure, ce qui entraîne que Pôles et Zénith sont rabattus dans le plan de la figure sur le grand cercle représentant la sphère (Cf figure 2 qui reproduit la figure de la page 89 in Autolycos). Cette convention, qui consiste à rabattre des élements de la figure, est incompatible avec le parti-pris de départ d'avoir un horizon vu par dessus et entraîne des cas de figure irréalisables sans un trucage qui relève du domaine artistique.

C'est la raison pour laquelle nous utiliserons, dans les publications à venir, une troisième façon de représenter la sphère céleste (fig 3) qui est rigoureuse et qui a l'avantage de permettre une visualisation spatiale plus immédiate . Elle

consiste à distinguer le plan du méridien du plan de la figure en procédant à une projection cylindrique normale de la sphère céleste sur un plan perpendiculaire à la ligne de visée. Ce processus élimine alors toutes les impossibilités géométriques que nous avons signalées plus haut car on abandonne toute convention en utilisant la notion de projection.

Les trois figures ci-contre ont été obtenues sur table traçante associée au calculateur HP 9825A de l'Observatoire de Toulouse à l'aide de programmes que nous sommes en train de mettre au point, alors que celles publiées dans Autolycos ont été dessinées à la main ; nous sommes conscients des légères imperfections de celles-ci, tant du point de vue du tracé que du point de vue de la représentation spatiale. Et le mot axonométrie que vous employez à leur sujet ne nous paraît pas correct.

J-P.Brunet et R.Nadal
(Observatoire de Toulouse)

[Toutes vérifications faites, le mot axonométrie est incorrect en la circonstance. Je me permettrai seulement de ne pas regretter de l'avoir employé puisque cela fournit à nos Collègues de Toulouse l'occasion de nous écrire une lettre du plus vif intérêt pour les lecteurs des C.C. (G.W.)]

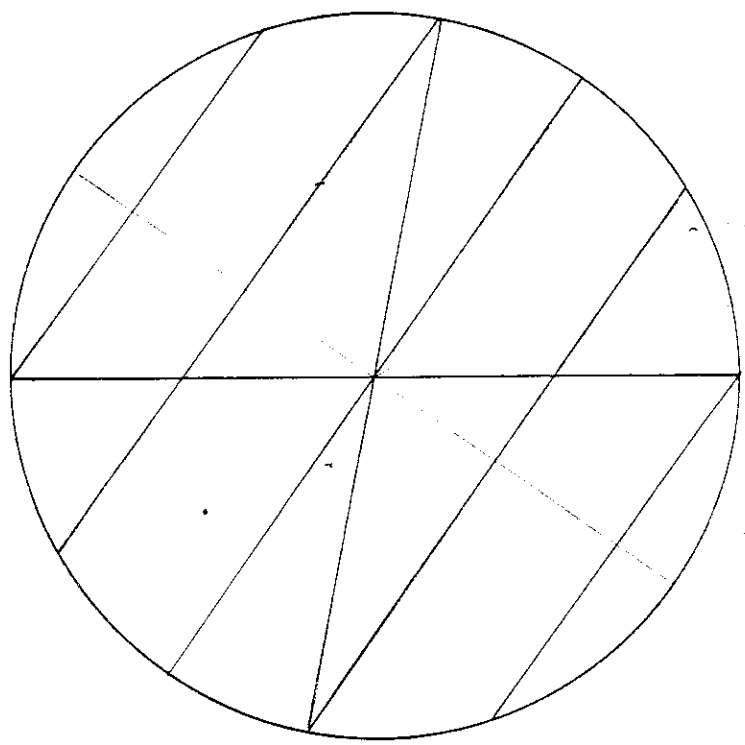


fig 1. $\varphi = 36°$

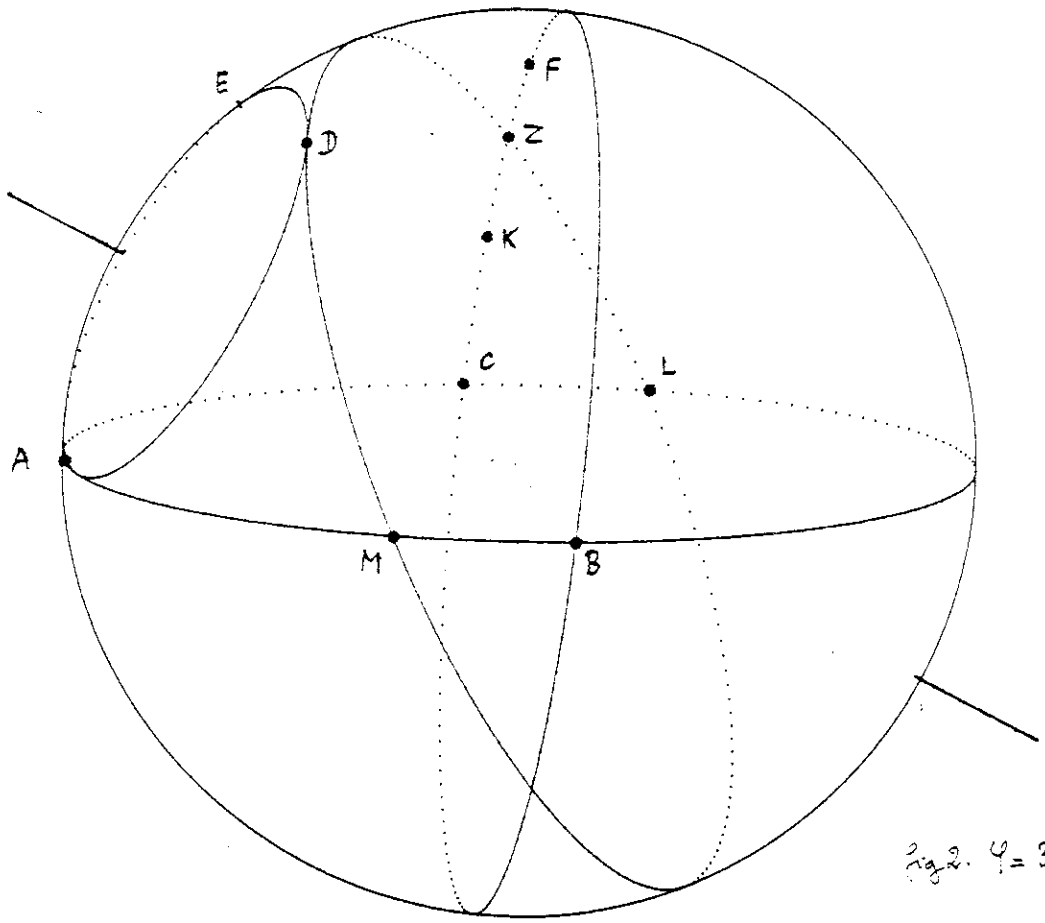



fig 2. $\varphi = 32°$

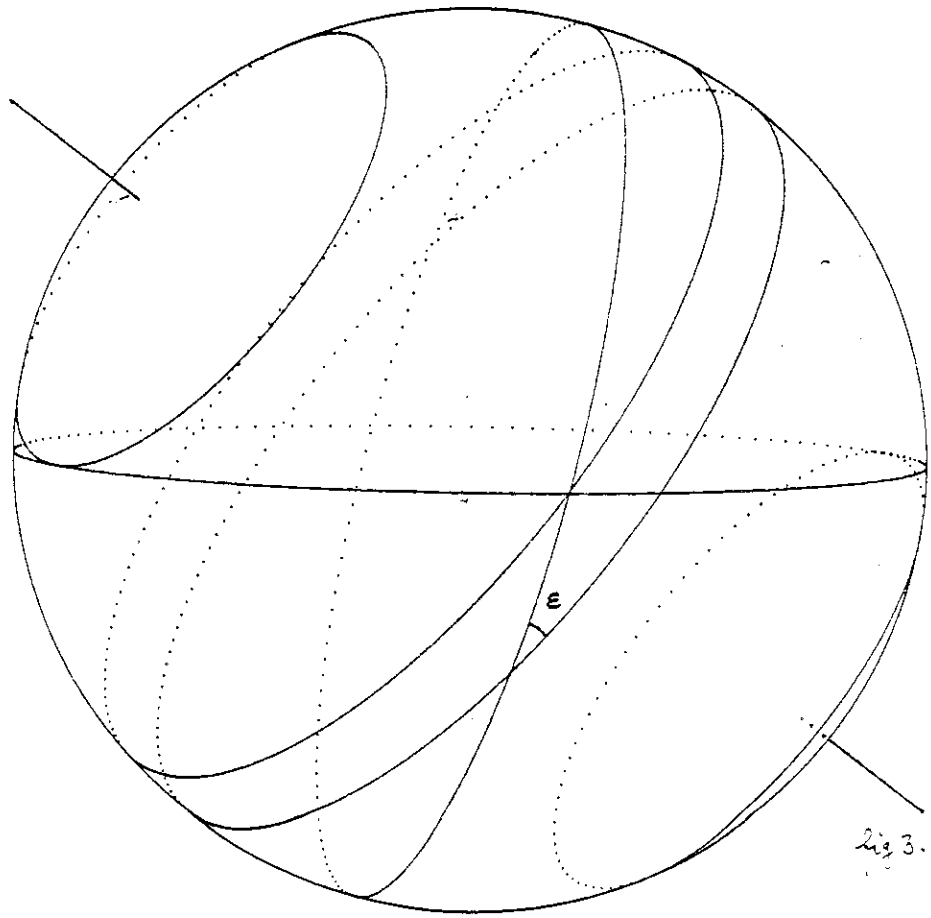



fig 3. $\varphi = 86°$

Concours scolaire des micrométéorites

La Terre reçoit 6 à 10 tonnes de météorites par jour. Certaines sont énormes... et rares, la plupart sont très petites, les micrométéorites de quelques dixièmes à quelques centièmes de millimètres. Le but de ce concours est d'analyser la variation de jour en jour de la quantité de micrométéorites qui parviennent jusqu'au sol.

Le concours est organisé par la MJC, Maison pour tous, 110 rue de Reiningue, 68 310 WITTELSHEIM.

Inscriptions closes le 28 février 1981.

Travail des relevés à effectuer du 9 mars au 5 avril 1981.

Tous ceux qui veulent participer au concours doivent écrire à l'adresse ci-dessus pour demander un dossier complet. Nous extrayons de celui-ci l'annexe II:

Technique de base pour la récolte des micrométéorites

1. Mettre 24 h sur 24 un récipient bien propre et assez profond à découvert dirigé vers le ciel. Éviter qu'il puisse être souillé par les enfants.
2. Avec un aimant assez puissant, enveloppé dans du papier du genre "essuie-tout" ou similaire, prospecter le fond du récipient toutes les 24 h. Il faut insister 1 à 2 minutes dans tous les sens et bien au fond même s'il y a de l'eau.
3. Faire sécher l'aimant toujours enveloppé sur une assiette bien propre.
4. Lorsque c'est sec, on déplie le papier délicatement au-dessus d'une feuille blanche. On éloigne l'aimant. On referme le papier. On le tapote au-dessus de la feuille.
5. Sous un éclairage puissant, on soulève la feuille de papier et on passe l'aimant au-dessous pour voir se déplacer et pour compter les micrométéorites.
6. Si on a le goût de la recherche, on prépare les plus gros spécimens sur des lames pour microscope avec une contre-lame, un fixe-lame. On étiquette. On peut alors observer, dessiner, classer, photographier les micrométéorites au microscope.

Conseils élementaires

7. Pour les manipulations 4-5 : attention aux courants d'air et même au souffle de la respiration. Travailler à deux ou trois.
8. Pour compter les micrométéorites : sous l'action de l'aimant, elles ont tendance à se regrouper assez vite. Manipuler l'aimant très lentement.
9. Le nombre de micrométéorites doit être ramené à une surface de réception de 1 $m^2$ ; faire une règle de trois.
10. Si 48 heures s'écoulent entre deux relevés, répartir le nombre de météorites sur le 1 er et le 2 ème jour en deux

nombres égaux, mais c'est à éviter : faire des relevés les mercredis et dimanches si possible.

11. Si l'eau du récipient est gelée, on peut ajouter un peu d'eau tiède bien propre avant la prospection.

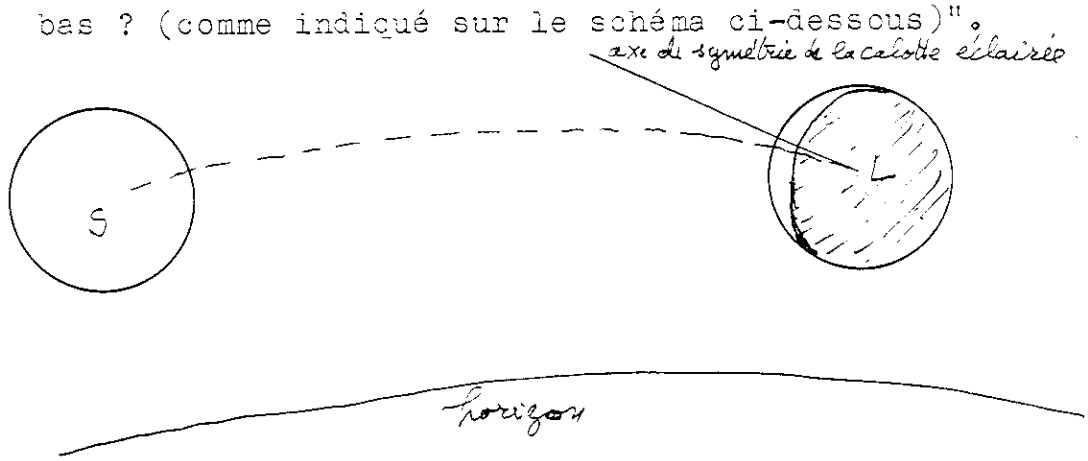
12. Rincer la cuvette après chaque prospection.

13. Il serait bien que tous les concurrents manipulent à la même heure. Fixons une fourchette : entre 11 h 30 et 14 h 30 en fonction des convenances de chaque groupe.

Remarque : le relevé demande 10 à 15 minutes pour un groupe de deux ou trois élèves ; un roulement peut être établi.

## La Lune désaxée

Notre Collègue Faure (du lycée Michelet à Vanves) nous écrit : "Suis-je victime d'une illusion d'optique ou me trompè-je lorsque je vois que le Soleil qui éclaire la Lune n'est pas dans la direction de l'axe de symétrie de la calotte lunaire éclairée mais, me semble-t-il, plus bas ? (comme indiqué sur le schéma ci-dessous)".




Je propose l'explication suivante : ce n'est pas une illusion d'optique, la lumière se propage bien en ligne droite mais le plan Terre-Soleil-Lune qui contient les rayons de lumière allant du Soleil vers la Lune coupe la sphère céleste selon un grand cercle que j'ajoute en pointillé sur le schéma. Est-ce une explication suffisante ? (G.W.)

## Glane

Courrier rapide : une librairie envoie à ses clients un catalogue sous enveloppe et comme elle souhaite que la livraison soit rapide, l'enveloppe porte la mention suivante "ceci se déplace à 29,9 km/s par rapport au Soleil". Oui, même si l'enveloppe reste en souffrance au bureau de poste !

## STAGE CEMEA* "OBSERVATION DU CIEL ET DE L'ESPACE"

Professeur de Physique en collège, avec une formation universitaire derrière moi, je n'avais, avant ce stage, abordé l'Astronomie que par son côté théorique: lois de Kepler, évolution des étoiles... Côté pratique, je ne connaissais que la Grande Ourse, mais j'ignorais qu'elle changeait de place pendant une nuit et au cours de l'année. A vrai dire, je ne m'étais jamais posé la question.

A Aniane, chacun, sans honte, a pu dire qu'il ignorait ou ne comprenait pas les choses les plus "évidentes" (!!!) Chacun était le bienvenu et était tour à tour enseignant et enseigné. L'observateur averti aidait celui qui n'arrivait pas à viser la galaxie d'Andromède dans une lunette; le bricoleur intervenait pour la construction des lunettes, théodolites, équatoriaux; le prof de maths mettait toute sa pédagogie aux service de ceux qui ne comprenaient pas le mouvement des planètes. Bref, les activités ont été si variées que chacun a trouvé une place bien à lui, et c'est très épanouissant.

Pas de cours théorique. Nous avons abordé l'Astronomie par le côté pratique: observations la nuit (à l'oeil nu, à la lunette, aux jumelles, photo ...); recherches par groupes (qu'est-ce que midi, peut-on voir la Lune en plein jour...); ateliers (éphémérides, géorama, photo...); puis recherche sur des questions que nous avions choisies (évolution stellaire, spectres...); rencontre avec un astronome.

Réussir à partir toujours de ses propres observations pour tirer ensuite les conclusions et se poser d'autres questions, a été pour moi une expérience hors du commun. Nous avons donc puisé dans ce que nous avons vécu à ce stage des tas d'idées à exploiter ensuite en classes, dans des clubs, etc... Cette façon d'apprendre est non seulement très agréable, car on est toujours actif, mais aussi très efficace. Jamais en 10 jours de "cours" je n'aurais assimilé autant de choses.

Bravo aux CEMEA !

ANNE GOUBE

* CEMEA = Centres d'Entrainement aux Méthodes d'Education Active
Adresse: 55 rue Saint Placide 75279 PARIS CEDEX 06

## ECOLE D'ETE D'ASTRONOMIE GRASSE 1980

Jour J, mercredi 27 Août 1980, point de convergence, le Mas du Calme, près de Grasse. Plus de soixante dix stagiaires et une dizaine d'astronomes se rassemblent, dans ce lieu merveilleux, afin d'ouvrir le grand livre de l'univers. Ce n'est pas du goût de quelques cumulus qui en profitèrent pour asperger copieusement l'assemblée; en effet en ce mercredi après-midi il pleut à seau. A part la petite rincée que l'on doit subir entre le parking et le bâtiment principal du mas, une fois le perron franchi, nous sommes tout de suite décorés par Francette Delmas, la secrétaire universelle, qui nous remet, avec un radieux sourire, le badge traditionnel. Ce badge va nous permettre d'identifier chaque membre de l'assemblée. Ensuite chaque stagiaire s'installe; les chambres sont confortables, on se sent tout de suite bien.

De retour dans le hall, une grande affiche annonce une assemblée générale: on n'est pas venu ici pour s'amuser. Nous faisons déjà partie

des étudiants de l'école d'été d'astronomie de Grasse 80.

Passons la première porte, nous sommes dans une vaste pièce. On remarque de suite de bons fauteuils, mais aussitôt l'on vous fait remarquer que cette pièce servira de bibliothèque. En effet, les astronomes de l'équipe mettent à la disposition des stagiaires des livres d'astronomie, d'astrophysique, de physique (leurs propres livres bien souvent), des polycopiés de cours d'astronomie, des polycopiés des écoles précédentes, des revues..., il y a du choix. Déjà une dizaine de personnes feuillettent livres et revues. Cette pièce servira aussi à entreposer les instruments. Quelques lunettes et télescopes sont en attente.

Dans la pièce suivante se dérouleront les cours; il s'agit d'une salle de conférences avec projecteurs et rétroprojecteur . Quelques astronomes sont en train de décorer la pièce avec des posters géants. Ils sont aidés par des stagiaires; l'ambiance est déjà créée, le travail d'équipe sera roi, astronomes et stagiaires seront unis.

La visite des lieux se termine par une troisième pièce, l'atelier. On y trouve la plupart de l'outillage nécessaire pour la construction de petits instruments de mesures et d'observation. Cet outillage est fourni par l'équipe des astronomes et par certains stagiaires.

Il y a aussi le labo photo, mais ce dernier n'est pas dans le bâtiment principal, donc on ne le découvre pas tout de suite. Enfin, il ne faut pas oublier la terrasse qui servira de plate-forme pour les télescopes (trois célestrons 8) et l'immense parc qui entoure les deux bâtiments qui permettra de s'isoler afin de faire de la photographie stellaire par exemple.

A l'assemblée générale, chacun se présente et expose ses motivations. Puis on règle ensemble les problèmes d'organisation matérielle des diverses activités offertes. Les journées seront chargées:

de 9h à 12h 30 : cours (dits théoriques)
de 12h 30 à 14h 30 : repas et pause café
de 14h 30 à 16h 30 : travaux-dirigés
de 16h 30 à 19h : ateliers
de 19h à 20 h : souper

Après 20h 30, diapositives, films, discussions ou observations jusqu'à une heure avancée de la nuit, entre minuit et trois heures pour les plus enragés. Chacun pourra, dès qu'il sera saturé, faire l'école buissonnière s'il le désire. Il n'y aura aucune fiche de présence en début de séance et il ne sera délivré aucun certificat d'assiduité en fin de stage.

Les cours du matin sont des cours généraux, très loin du cours magistral; le stagiaire reçoit et s'informe en posant des questions au conférencier. Ce qui permet des discussions où toute l'assemblée participe. Nous avons vu de remarquables diapositives de Jupiter, présentées avec le brio propre d'André Brahic; la séance s'est même prolongée par une projection en soirée. Les trois heures du matin ne suffisent pas, mais nous pourrons toujours poursuivre la discussion pendant l'interruption, pendant le repas, car les astronomes faisaient en sorte de se répartir uniformément dans la salle du restaurant. Les sujets abordés sont les suivants

-1- l'observation astronomique, par Jacques Dupré
-2- la formation du système solaire, par André Brahic
-3- la détermination des distances en astronomie, par Lucienne Gouguenheim
-4- l'analyse de la lumière, par Monique Gros
-5- l'astronomie invisible, par Michèle Gerbaldi
-6- la matière dense dans l'univers, par Lucette Bottinelli

Enfin les stagiaires 80 n'oublieront pas que l'ambiance des cours fut entretenue par sa majesté l'éléphant. Il servit à toutes les sauces. Un stagiaire qui pratique l'art du dessin humoristique nous le présenta même dans un dé à coudre, et en dernier ressort le pauvre éléphant dut subir les conditions extrêmes d'un trou noir; mais avant de pousser le dernier souffle n'oubliez pas: "un éléphant ça trompe énormément".

Chaque stagiaire choisissait les travaux-dirigés qu'il désirait aborder. Ce qui n'alla pas sans poser des problèmes car il y avait des groupes à population pauvre et d'autres à population dense, mais nos astronomes avaient l'habitude de jongler avec les populations stellaires et tout se passa bien. Nous avons abordé dans ces travaux-dirigés ce qu'est vraiment l'astronomie. Bien sûr, ne disposant pas de moyens électroniques pour effectuer des mesures précises, il a fallu se contenter du double décimètre et du papier calque et nous n'avons obtenu que des"résultats approchés". N'est-ce pas là déjà une démarche scientifique ? Face à l'univers immense, que font les spécialistes ?

En ce qui concerne la partie atelier, on pouvait construire: une lunette simple, une monture équatoriale pour faire de la photographie, un spectroscope élémentaire, un appareil pour mesurer la température du soleil, des cadrans solaires, une carte céleste... Il a fallu manier scies, perceuses et autres; pour certains c'était enfantin, mais pour d'autres il a fallu un apprentissage car, entre autres, la scie ne voulait pas suivre le trait tracé sur le contre-plaqué. Il faut ajouter qu'à l'atelier on a souvent bien ri.

Après le repas du soir nous faisions de l'observation: nous avons appris à reconnaitre les constellations, à observer aux jumelles, à la lunette, au télescope. On pouvait faire de la spectroscopie stellaire ou de la photographie astronomique...

Le vendredi 29 après la séance de travaux dirigés, nous sommes allés visiter le CERGA; la visite fut commentée par son directeur, Monsieur Barlier, qui a su nous montrer que nous étions dans le berceau de"l'astronomie d'avant garde". Le dimanche 30, journée de repos, nous avons pu gouter aux joies de la plage et recharger les batteries afin de profiter pleinement de la seconde partie du stage.

Le 5 septembre au matin la fin de l'école approchait, avant l'explosion finale, une dernière assemblée générale. Chaque représentant des divers ateliers présenta les travaux effectués. Il fallut ensuite se séparer, malgré le beau soleil qui ne fit jamais défaut, puisque dès le lendemain de notre arrivée au Mas il répondait présent.

Quant à l'équipe des astronomes, il lui restait à remballer tout le matériel et à penser à l'année suivante. En tant que stagiaires 80 nous remercions cette équipe dévouée qui a su nous faire connaître et reconnaître l'astronomie et nous la faire aimer. Chaque membre de cette équipe non seulement se passionne pour ce métier qu'il a choisi mais en plus sait communiquer cet amour. Pour en savoir plus sur l'école d'été d'astronomie de Grasse 80, il vous suffira de demander le compte-rendu détaillé qui va paraître prochainement.

R. HERNANDEZ

## JOURNEES DE FORMATION POUR LES PROFESSEURS DE SCIENCES PHYSIQUES DE LA CLASSE DE 4ème

Depuis deux ans l'astronomie a le vent en poupe en Franche-Comté. En 1978, l'"Association Astronomique de Franche-Comté" est née d'une collaboration entre les amateurs de la région, le centre culturel Pierre Bayle et l'observatoire de Besançon. Parmi ses activités, trois grandes orientations se dégagent :

- Une sensibilisation du grand public aux grands problèmes astronomiques : soirées d'observation (une soirée publique par mois), conférences (une par mois)...
- Un centre d'information et de documentation (livres, revues, cartes...)
- Animation de stages (environ quatre par an). Cette année, un stage bloqué sur deux week-ends a vu la réalisation complète de quinze telescopes de dix centimètres de diamètre.

Cette volonté de vulgarisation s'est concrètisée par l'opération "Astronomie en Franche-Comté" en mai-juin 1980 (dix-sept conférences, quinze débats...) qui a déplacé plus de dix-mille Comtois.

En parallèle avec cette animation grand-public, s'est développée une action dans les lycées : forte participation d'enseignants à la vie de l'Association, nombreux clubs de lycée (Jules Haag, Montjoux, Cuvier, Morteau, Vesoul...)

C'est dans ce cadre qu'a été organisée le sept mai une journée pédagogique à l'intention des enseignants chargés des sciences physiques en 4°. Elle a été organisée par le CRDP de Besançon sous la responsabilité de J.P. Marchand (Conseiller Pédagogique) et animée par des membres de l'Association, des Astronomes de l'observatoire et des enseignants de Strasbourg (Poncelet et Legrand). L'origine diverse des diffèrents animateurs montre les bonnes relations existant entre les diverses communautés astronomiques.

La journée se composait d'une partie théorique -le matin- et d'activités pratiques plus ou moins axées sur le programme d'optique de 4°. La partie pratique était constituée de quatre travaux pratiques tournants.

Exposés et manips à caractère général :

- L'univers (montage audio-visuel)
- Le système solaire (historique et découvertes)
- Travaux pratiques sur les cartes du ciel
- Lois de Kepler et construction d'un planètaire (qui a remporté un grand succès !)

Approche du programme de 4°

- Phases et eclipses de Lune
- Mécanisme des saisons
- Travaux pratiques de spectroscopie
- Instruments : principe et fabrication d'une lunette.

Plus de quatre-vingt enseignants étaient présents, venant de toute l'Académie. L'intérêt porté par les participants à cette journée (un peu trop chargée !) nous a conduit à programmer une nouvelle journée pour mars 1981.

Tous les exposés et manips ont fait l'objet d'une rédaction et de la publication d'une brochure par le CRDP de Besançon. Cette brochure, d'une soixantaine de pages, fait partie de la publication "Compte-rendu des journées de Sciences Physiques en 4°", et peut être obtenue pour la somme de 35 Fr à : Monsieur le Recteur
CRDP de Besançon
11, rue de la Convention,
25003 Besançon Cedex

J.P. Marchand (CRDP)
J.P. Parisot (Observatoire)

## Johannes KEPLER (1571 - 1630)

### 2. L'"Astronomie nouvelle"

L'année 1600 représente une coupure dans la vie et dans l'oeuvre de Kepler. Avant 1600, années de formation déjà prometteuses : après 1600, la maturité et les grandes découvertes. En 1600, des circonstances humainement malheureuses qui seront scientifiquement favorables.

Persécutions

Le 17 février 1600, Giordano Bruno est excommunié et brûlé vif à Rome, après 16 années de captivité pour avoir proclamé que l'Univers est infini et que les orbites des planètes sont centrées sur le Soleil.

Jusqu'en 1596, Tycho Brahé a bénéficié de la protection et des subsides du roi Frédéric de Danemark. Le successeur de ce dernier, Christian IV, est moins tolérant et moins généreux. Tycho doit quitter Uraniborg en 1597 et en juin 1599, il se refugie à Prague où l'empereur Rodolphe II le nomme mathématicien impérial aux appointements fabuleux de 3000 florins (Kepler en gagnait 200 à Graz) et lui prête le château de Benatek, à 35 km de Prague pour poursuivre ses observations

En 1598, Kepler qui a déjà échangé une correspondance avec Tycho, doit quitter Graz où les Protestants ne sont plus tolérés. Le 4 février 1600, invité par Tycho, il arrive à Benatek. Voir le récit de son séjour et des relations difficiles entre Kepler et Tycho dans "Les Somnambules" par A.Koestler. Le conflit entre les deux hommes était inévitable, deux tempéraments différents, l'un de theoricien, l'autre d'observateur et des conceptions opposées : Kepler, copernicien convaincu, ne pouvait accepter la solution adoptée par Tycho (orbites de la Lune et du Soleil centrées sur la Terre, orbites des planètes centrées sur le Soleil).

Mais Tycho meurt d'une indigestion le 13 octobre 1601. Kepler est nommé Mathématicien Impérial. Surtout, il dispose des observations recueillies par Tycho pendant toute sa vie. La grande recherche va commencer.

[Si nous avons insisté sur ces circonstances extérieures à la science, ce n'est pas pour justifier a postériori les persécutions religieuses ou les restrictions de crédit

pour la recherche. Mais pour souligner que la grande "revolution astronomique" s'est produite dans un climat social et politique de crise et que le rapprochement avec Relativité et quanta dans la periode des deux guerres mondiales nous paraît s'imposer.]

## Le plan de l'orbite de Mars

Le problème qui intéresse Kepler est celui de l'orbite de Mars. La théorie élaborée par Tycho Brahe et Longomontanus, basée sur les mesures effectuées lors de dix oppositions de la planète fournissait la longitude de Mars à 2' près mais échouait pour les latitudes. Kepler reprend cette théorie et montre qu'en rapportant les mesures au Soleil vrai (et non au centre de l'orbite terrestre comme le faisait Copernic) :

1) le plan de l'orbite de Mars est incliné de 1°50' sur le plan de l'écliptique ;

2) ce plan passe par le Soleil vrai ;

3) cette inclinaison est constante.

Si cette inclinaison avait paru variable à Tycho c'est que le plan était supposé passer par le centre de l'orbite terrestre. Kepler met donc en évidence un des avantages de l'héliocentrisme.

Dans le même travail, toujours préoccupé par le mouvement de la planète, Kepler reprend, sous le nom d'<u>hypothèse suppléante</u>, l'idée du <u>point équant</u> inventée par Ptolémée. En plaçant ce point équant A symétrique du Soleil par rapport au centre de l'orbite, le rayon vecteur AM du point équant à la planète tourne presque uniformément. Calculs longs et pénibles (15 pages in-folio), mais que le lecteur ne se plaigne pas si cela lui paraît fastidieux ; lui, Kepler, a du refaire soixante dix fois le même travail avant de parvenir à un résultat presque satisfaisant.

## L'orbite de la Terre

L'hypothèse suppléante fournit à Kepler un instrument de travail pour reprendre à la base la théorie de Mars. Ce qui devait commencer par la révision de l'orbite de la Terre.

Pour cela, Kepler range les observations de Mars effectuées par Tycho en classes : dans une même classe, les mesures faites à 687 jours d'intervalle (la période de Mars autour du Soleil). Ces mesures correspondent donc à une

même position de Mars. Autrement dit, pour ces observations, le segment Soleil-Mars peut y être considéré comme une base fixe. Kepler connaît le rapport ST/SM des distances au Soleil de la Terre et de Mars. Les mesures de Tycho lui fournissent les angles STM (différence des longitudes du Soleil et de Mars). Il peut, à partir de cette base SM construire par points l'orbite circulaire de la Terre (fig 1).

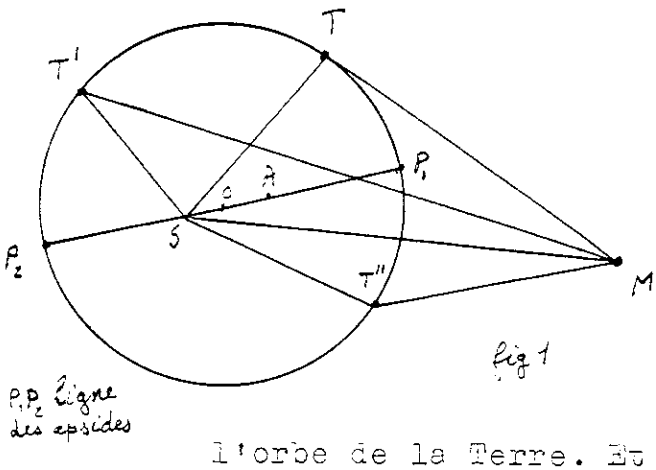


fig 1

"Je vais chercher dans les journaux d'observation de Tycho Brahé trois ou n'importe quel nombre d'observations pour lesquelles la planète se trouvait au même endroit de son excentrique, et à partir de là, au moyen de la loi des triangles (la trigonométrie), déterminer les distances au point équant d'un nombre égal de points de l'épicycle ou de l'orbe de la Terre. Et comme le cercle se détermine par trois points, je vais déterminer à partir de chaque classe trois de ces observations la position du cercle et de ses apsides que j'ai provisoirement admis comme connus, ainsi que l'excentricité par rapport au point équant. S'il y avait encore une quatrième observation, elle pourrait servir de moyen de contrôle."(Astronomia Nova, chap XXIV ; cité par Koyré p. 182 qui ajoute : les observations choisies par Kepler sont celles du 15900305, 15920121, 15931208, 15951015).

Résultat important pour Kepler : l'hypothèse suppléante se trouve vérifiée pour l'orbite de la Terre (aux erreurs d'observation près). De plus l'excentricité de l'orbite terrestre est corrigée : 0,018 au lieu de 0,55840 donnée par Tycho. Enfin et surtout, la méthode imaginée par Kepler pourra être reprise en utilisant les positions de la Terre pour préciser l'orbite de Mars.

## La loi du mouvement

Cependant Kepler s'intéresse d'abord au mouvement de la Terre sur l'orbite circulaire précisée comme il vient d'être dit. Sur l'action animatrice, Kepler fait l'hypothèse suivante : l'action animatrice s'exerce tangentiellement à la trajectoire et elle est inversement

proportionnelle à la distance du Soleil à la Terre de même que la vitesse de celle-ci sur son orbite.

La première hypothèse s'explique : pour Kepler, pas de mouvement sans moteur ; celui-ci c'est le Soleil qui tourne sur lui-même et entraîne de ce fait les planètes sur leurs orbites. Par conséquent, action tangentielle. Celle-ci est inversement proportionnelle à la distance par analogie avec la lumière se propageant dans un plan :"la vertu motrice du Soleil et la lumière s'accordent entièrement dans tous leurs attributs".

Pour la vitesse, Kepler n'a pas la notion de vitesse instantanée mais de vitesse moyenne durant un petit intervalle de temps. Nous savons que la vitesse de la planète sur son orbite n'est pas inversement proportionnelle à la distance au Soleil mais inversement proportionnelle à la distance du Soleil à la tangente à l'orbite (fig 2). Mais Kepler vérifie son hypothèse lorsque SH et ST sont confondues, lors des passages de la Terre au périhélie et à l'aphélie.

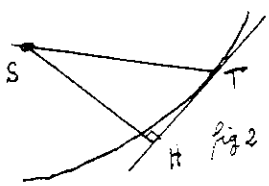


fig 2

Kepler entreprend alors de calculer l'aire balayée par le rayon vecteur ST : "Comme je me rendais compte que, sur l'excentrique, il y avait une infinité de points, et donc une infinité de distances, il me vint à l'esprit que la surface de l'excentrique les comprenait toutes. Car je me souviens que, jadis, Archimède, lorsqu'il cherchait le rapport de la circonférence au diamètre, avait de la même façon, découpé le cercle en une infinité de triangles." (Astr.Nova, chap XL) A ceci près, ajouterons-nous, que pour Archimède il s'agissait de rapport de longueurs et que Kepler se propose d'ajouter des longueurs pour calculer une aire.

Pourtant le résultat est correct. C'est <u>la loi des aires</u> : le rayon vecteur ST balaie des aires proportionnellement aux temps de parcours. La loi que l'on énonce généralement en second et qui fut, en réalité découverte la première.

Etablie, disons tant bien que mal, pour une orbite terrestre circulaire dès 1603, la loi des aires ne se

vérifiera complètement que pour les orbites elliptiques.

L'ellipse

Kepler reprend alors l'etude de l'orbite de Mars en lui appliquant la loi des aires (ce qui est vrai pour la Terre l'est pour les planètes, à ses yeux). Il réunit cette fois dans une même classe les observations de Mars faites à 365 jours d'intervalle : le rayon vecteur ST sert alors de base pour construire l'orbite de Mars. Sa recherche est très laborieuse car la construction d'une orbite circulaire lui paraît finalement impossible. Alors, un ovale ? Mais lequel ?Kepler bon mathématicien essaye l'ellipse. Il vérifie enfin que la loi des aires s'y applique parfaitement.

Pourquoi fut-ce si laborieux ? Rendons-nous compte que Kepler devait rompre ici avec une longue tradition, celle des mouvements circulaires uniformes. C'est pourquoi, dans le chapiter LIX de Astronomia Nova, il lie les deux lois, celle des mouvements elliptiques et celle des aires. Malheureusement son exposé touffu est particulièrement confus. Mathématiquement, il ne disposait pas de l'analyse infinitésimale pour justifier la loi des aires. Par contre, astronomiquement, pour découvrir l'ellipticité de l'orbite de Mars, il a bénéficié de la relativement grande excentricité de celle-ci 0,09 et du fait que la précision des mesures de Tycho était assez grande pour révéler l'ellipse et pas trop grande pour que les effets des perturbations (celles dues à Jupiter en particulier) soient inapercevables.

Astronomia Nova

L'Astronomie Nouvelle paraît en avril 1609. Une étape considérable dans l'histoire de l'astronomie et de la mécanique céleste. Nous l'avons déjà dit : Kepler, imbu des traditions et les respectant sait aussi passer outre devant l'épreuve des faits d'observation. Kepler, savant moderne, découvre la loi des aires sur le mouvement de la Terre mais il le généralise aussitôt pour toutes les planètes, ce qui lui fait découvrir la loi des ellipses.

"Pour dire les choses en un mot, ce n'est qu'avec Kepler que l'astronomie atteint le concept moderne d'orbite comme trajectoire résultant du jeu des forces qui s'exerce sur un astre."(G.Simon, p390)

K.Mizar

[la fin de ce feuilleton dans le Cahier 12]

## Lectures pour la marquise et pour ses amis

### Histoire de l'Univers

Sous ce titre, paraît (éd.Hachette, un volume relié de 448 p, format 19,28 cm) un ouvrage d'un intérêt exceptionnel pour les lecteurs des Cahiers. Sous la direction d'Avram Hayli, professeur à l'Université Claude-Bernard de Lyon, une douzaine de spécialistes nous donnent l'état actuel des connaissances dans leur domaine en s'efforçant de faire comprendre les résultats obtenus, leur portée et les problèmes qui restent posés. Autrement dit, les divers chapitres du livre sont un peu comme des articles scientifiques des grandes revues d'astrophysique sans l'appareil technique qui n'intéresse que les spécialistes. Mais les auteurs ont bien réfléchi à leurs sujets pour les dominer d'assez haut, faire ressortir les grandes idées et exposer clairement les recherches en cours.

Cette conception de l'ouvrage se retrouve dans sa présentation matérielle. Ce n'est pas du tout, comme trop de livres d'astronomie à mon avis, un livre de belles images. Ici, la priorité est au texte mais celui-ci est éclairé par de nombreux schémas originaux et des photographies bien choisies. Schémas et photos sont accompagnés de légendes détaillées et fort instructives. Comme, par ailleurs le papier et l'impression typographique sont parfaits, le livre qui ne visait pas à flatter l'oeil est tout de même un très beau volume. Mais plus beau encore par son contenu.

Celui-ci se subdivise en six parties. 1)Le monde des étoiles et la Voie Lactée : Observation et propriétés des étoiles (Bernard Hauck et A.Hayli) ; structure, énergie et évolution des étoiles (André Maeder) ; milieu interstellaire (Jean Guibert) ; la Galaxie (Louis Martinet). 2) Inventaire et histoire du système solaire : le Soleil (Monique Pick) ; la Terre (Vincent Courtillot) ; le système solaire (Guy Israël). 3) L'univers extragalactique : découverte et exploration (Lucienne Gouguenheim et Suzanne Collin-Souffrin) ; évolution des galaxies normales (L.Martinet) ; galaxies actives et quasars (S.Collin-Souffrin).

4) Cosmologie : constante de Hubble et paramètre d'accélération de l'Univers (Philippe Veron) ; évolution de l'Univers (A.Maeder) ; grands problèmes cosmologiques actuels (Pierre Bouvier). 5) Sommes-nous seuls dans l'Univers ? Vie, intelligence et communication dans l'Univers. L'Univers, quel avenir ? (A.Hayli).

Ce sommaire ne donne qu'une petite idée de la richesse de l'information donnée par l'ouvrage. Les sujets les plus mouvants, dans lesquels les recherches actuelles risquent d'apporter de nouvelles données et par conséquent de bouleverser nos conceptions sont exposés dans leur éclairage de 1980. A ce titre, quel document précieux pour les historiens de l'astronomie du XXI ème siècle ! Quelques exemples : la structure des étoiles à neutrons ; la source Cygnus X 1 contient-elle un trou noir ? Ou encore la mise au point sur les quasars. Comme l'écrit Avram Hayli dans son introduction, les auteurs ont pris le risque d'être rapidement dépassés dans leurs exposés (ne serait-ce que par leurs propres travaux). Pour souligner la vérité de cette remarque le livre paraît juste au moment où les documents recueillis par Voyager 1 sur Saturne arrivaient à Pasadena. C'est donc un livre à lire maintenant et nous pouvons être reconnaissants aux auteurs de mettre à notre disposition un texte aussi passionnant.

C'est bien une <u>histoire</u> de l'Univers. Non pas une histoire de l'astronomie concernant les conceptions successives que l'humanité s'est forgées pour comprendre ce qu'elle voyait (encore que maints rappels historiques y situent bien les travaux actuels en prolongement des tentatives anciennes). Mais, du fait de la transmission non instantanée des signaux, nous percevons l'Univers à des âges différents selon les distances, l'état presque actuel dans notre voisinage, l'état très archaïque dans les confins observables. D'où l'importance justement accordée aux problèmes cosmologiques. Là où Poincaré, il y a 70 ans, ne pouvait élaborer que prudentes hypothèses, l'astronome en 1980 pose autrement solidement les problèmes de l'évolution. Fini le ciel impavide, domaine de l'éternité voire de l'Eternel. A. Hayli peut s'interroger sur l'avenir de notre

Univers.

Si je ne faisais aucun reproche à ce livre, on me soupçonnerait de l'avoir mal lu. C'est vrai que je n'ai pas encore tout lu et que ce que j'ai lu, j'aurai encore profit à le relire. J'ai donc noté tout de même deux défauts : une photo, p.419, n'a pas de légende ; plus regrettable me paraît l'absence d'une bonne bibliographie, l'éditeur ne pouvait être à 16 pages près dans un volume de cette qualité.

Car, j'y insiste, pour les lecteurs des Cahiers Clairaut, il ne saurait y avoir d'ouvrage plus recommandable. A lire, à relire. A la fois ouvrage de référence et lecture passionnante. Si vous trouvez que l'ouvrage coûte cher, je vous dirai que ce n'est pas vrai comparé au prix de beaucoup d'ouvrages médiocres. En tout cas, j'espère que les collègues penseront à ce livre pour les listes d'ouvrages à faire figurer dans les bibliothèques des lycées et collèges. Quant à moi, je préfère l'avoir à portée de la main.

[Niveau II ; classe de prix D]

L'Astronomie en 4 ème

L'Equipe de Recherche sur une Technologie de l'Enseignement de l'Astronomie (ERTEA) qui réunit autour d'astronomes de l'Observatoire de Strasbourg des enseignants du secondaire vient de publier , sous le titre L'Astronomie en 4 ème, un fascicule de 54 pages accompagné par une série de 24 diapositives en couleurs. Un matériel de qualité pour un premier enseignement de l'astronomie. Car s'il est axé sur l'utilisation en Quatrième, dans le cadre du nouveau programme de physique, il peut servir en bien d'autres circonstances, dans les activités de club par exemple.

Sommaire : sources de lumière en astronomie ; propagation de la lumière, ordres de grandeur en astronomie ; ombres (donc phases de la Lune et éclipses) ; analyse de la lumière , spectres. En annexe, construction d'un spectrographe en utilisant un réseau qui est l'une des 24 diapositives de la série accompagnant le fascicule. Ces diapositives ne font pas double emploi avec les deux séries

Astrophysique I et II éditées par le CRDP ; la série de Strasbourg contient beaucoup de schémas en couleurs, des photos de spectres divers et d'autres nébuleuses ou galaxies.

Adresser vos commandes au CRDP : BP 279/R7
67007 STRASBOURG Cedex
reference B 239 fascicule "Astro 4 ème" 25 F l'unité
réf X 116 diapositives "Astronomie" 60 F l'unité
(dans les deux cas, prix franco). Règlement par chèque ou chèque postal (les 3 volets) adresses à M.L'Agent comptable du CRDP de Strasbourg, ccp Strasbourg 3 506 69 K

Notre atmosphère
==========

Elle suffoque un peu l'enfant à sa naissance et puis, on s'y habitue. Tellement qu'on ne peut plus s'en passer. Mais les astronomes regrettent parfois son existence, ils la trouvent turbulente et poussiéreuse, ils rêvent de placer un télescope au-dessus d'elle.

L'histoire de l'exploration de l'atmosphère terrestre est une partie spécialement attrayante du livre de Anny-Chantal Levasseur-Regourd, L'Atmosphère et ses phénomènes (un volume relié de 174 p, éd de Vecchi). Les chapitres suivants traitent de l'atmosphère neutre, puis de l'atmosphère électrisée et enfin du manteau protecteur de l'atmosphère. La dernière partie fait bien apparaître le caractère pluridisciplinaire de l'étude de l'atmosphère terrestre et ses rapports avec la planétologie.

Le livre est bien illustré de photos en couleurs et de schémas très clairs. L'auteur a su rendre son texte d'une lecture facile. Cela n'étonne pas ceux qui l'ont déjà lue dans les Cahiers Clairaut dont elle est aussi une fidèle lectrice.

[Niveau I-II ; classe de prix B]

N.-B. Dans le Supplément en deux volumes de l'Encyclopaedia Universalis, on trouve un article de Fred Hoyle "La vie dans notre Galaxie" et un article "Planètes" bien illustré et rédigé par Guy Israël.

Mais comment tout lire ?

G.W.

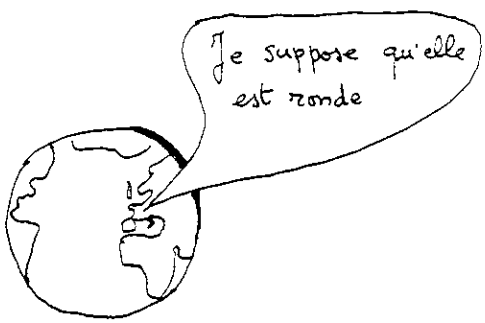
## COMMENT MESURER LE RAYON DE LA TERRE pendant ses vacances....

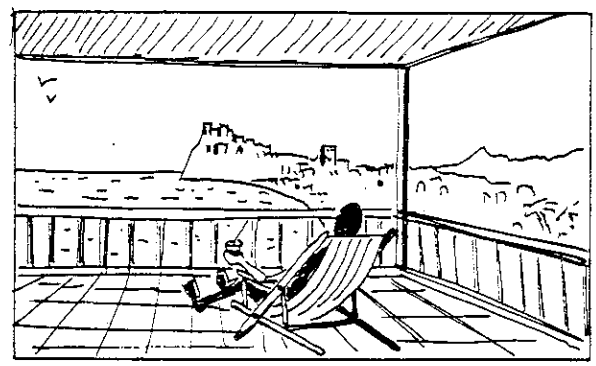
(G. Paturel, Observatoire de Lyon)

Voici la baie de Peñiscola en Espagne. L'observation attentive de ce cadre enchanteur va nous permettre de déterminer le rayon de la Terre, sans nous obliger à quitter notre chaise longue.

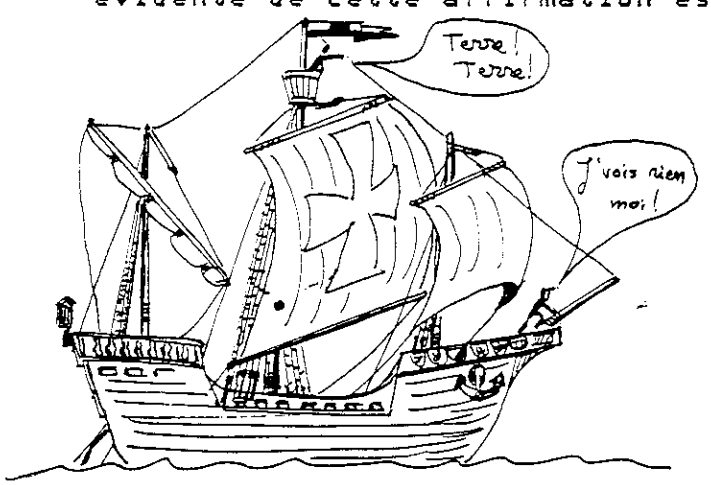
Comment ?

C'est ce que nous allons expliquer.



Plus on est haut, plus loin porte le regard. La démonstration évidente de cette affirmation est donnée dans le dessin ci-dessous.




Nous allons d'abord déduire la relation qui lie le rayon de la Terre, la hauteur du point d'observation et la distance de l'horizon.

Nous ferons des approximations mais pour des hauteurs H faibles le résultat sera correct.

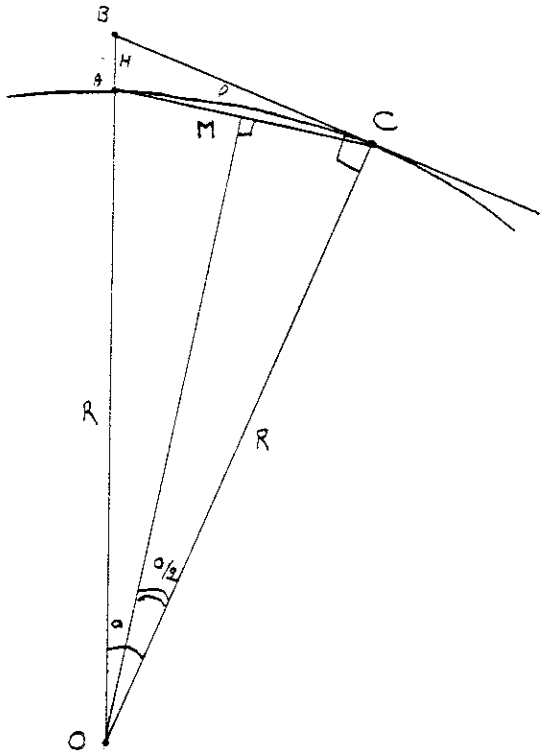
Pour celà représentons le triangle OBC, où O est le centre de la Terre, B la position de l'observateur dans sa chaise longue et C le point de l'horizon vu par cet observateur. Par définition l'angle BCO est un angle droit. Le point A de la figure représente le niveau de la mer à l'endroit où se trouve notre observateur. AB est donc la hauteur de l'observateur au-dessus du niveau de la mer. AO=OC est le rayon de la Terre. Le triangle AOC est un triangle isocèle. Pour la commodité nous adopterons les notations suivantes:

AO=OC=R  AC=$\ell$  AB=H  AOC=a

Dans tout ce qui suit nous supposerons que la longueur de l'arc AC est égale à la longueur de la corde AC.

Enfin pour le calcul nous aurons besoin du point M, milieu de AC, qui partage le triangle isocèle AOC en deux triangles rectangles dont un angle vaut a/2.

Commencons les calculs...




Dans le triangle OBC nous pouvons écrire:

$\cos a = OC/OB = R/(H+R)$

De même dans le triangle rectangle OMC nous avons:

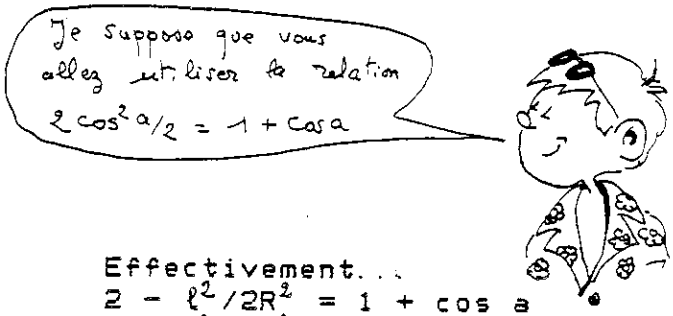
$\cos a/2 = OM/R$

que nous transformons en:

$\cos^2 a/2 = OM^2/R^2$

Comme depuis Pythagore nous savons tous que $OM^2+CM^2 = OC^2$, nous obtenons $OM^2 = R^2 - \ell^2/4$, ce qui nous conduit à:

$\cos^2 a/2 = 1 - \ell^2/4R^2$




Effectivement...

$2 - \ell^2/2R^2 = 1 + \cos a$

$1 - \ell^2/2R^2 = \cos a$

$(2R^2 - \ell^2) = \cos a \,.\, 2R^2$

$= 2R^3/(H+R)$

Finalement en développant nous aboutissons à:

$2R^3 = (H+R)(2R^2 - \ell^2)$

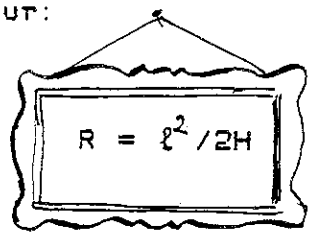
$= 2HR^2 - H\ell^2 + 2R^3 - R\ell^2$

Ce qui se simplifie en:

$2HR^2 = H\ell^2 + R\ell^2$

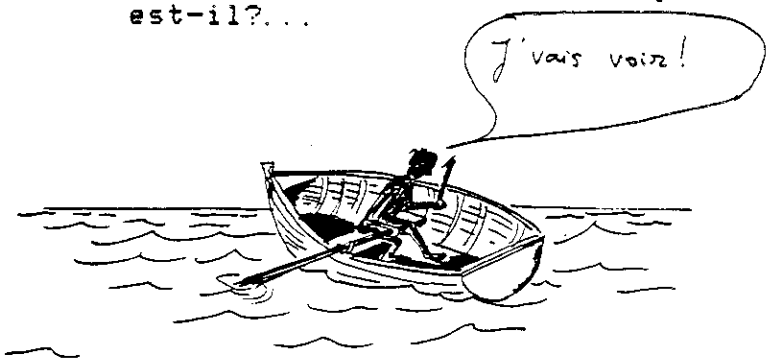
$2HR^2 = (H+R)\ell^2$

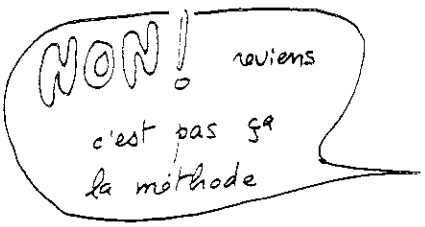
Or de ce côté de l'atlantique on peut encore considérer que la hauteur d'un immeuble est petite devant le rayon de la Terre. Nous remplacerons donc H+R par R. On arrive alors à la formule simple, à savoir par coeur:



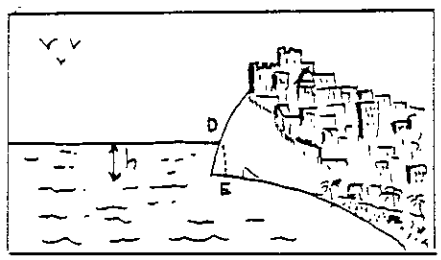
Si j'arrive à savoir maintenant que l'horizon que je vois depuis la hauteur H est à la distance $\ell$, je peux alors en déduire facilement le rayon de la Terre.

Depuis notre Terrasse de vacances située à une hauteur H au-dessus du niveau de la mer nous voyons l'horizon. A quelle distance est-il?...



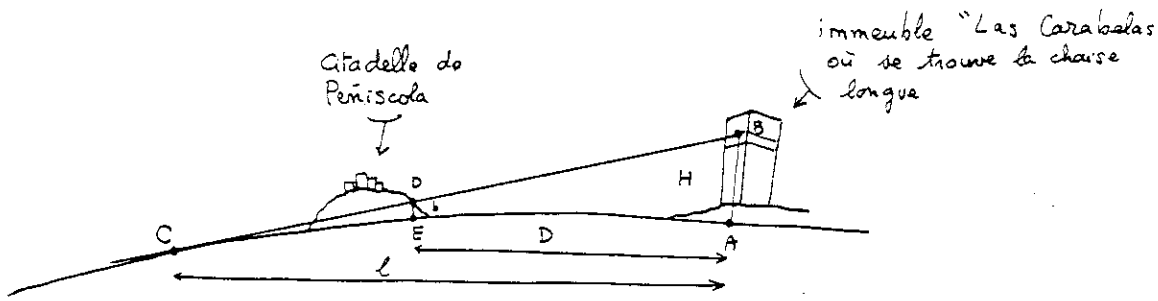



Faisons un agrandissement de la partie centrale de notre cadre enchanteur du début. Le pied de la falaise (point E), sous la citadelle de Peñiscola que nous apercevons au loin, se trouve par définition au niveau de la mer. Ce point apparait au-dessous de la ligne d'horizon car il est plus près de nous que ne l'est l'horizon.



La mesure de h=DE va nous renseigner sur la distance de l'horizon que nous cherchons à obtenir.

Représentons notre observateur regardant depuis sa terrasse en direction de la citadelle.




Nous appellerons D la distance AE entre l'immeuble de notre observateur et la citadelle de Peñiscola. Nous pouvons refaire le même calcul que précédemment mais appliqué cette fois-ci au point situé à une hauteur h au-dessus de la mer et dont la distance au point horizon C est $(\ell-D)$ au lieu de $\ell$. Nous appliquons alors la relation établie à grand peine tout à l'heure et nous obtenons:

$$R = (\ell-D)^2/2h$$

Nous allons faire disparaître l entre nos deux relations précédentes:

En faisant le rapport de nos deux relations nous avons :

$h/H = (1 - D/\ell)^2$

d'où

$\ell = D/(1-\sqrt{h/H})$

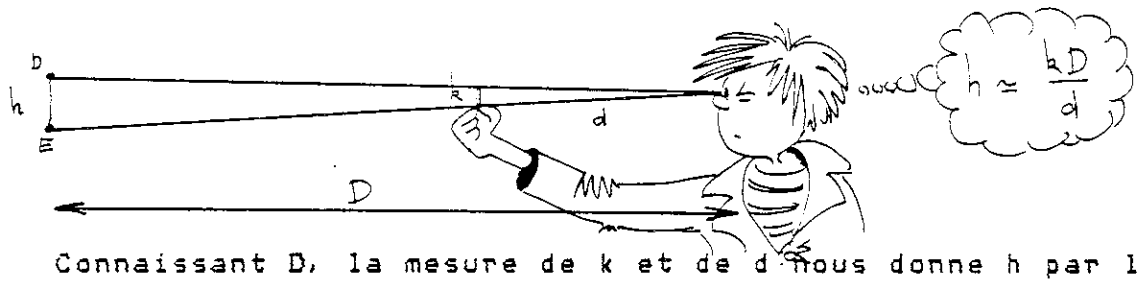
En reportant dans la première relation nous obtenons:

$R = D^2/(\sqrt{2H} - \sqrt{2h})^2$

$$R = D^2/(\sqrt{2H} - \sqrt{2h})^2$$

Passons maintenant à l'application pratique de notre belle relation finale.

Il n'est pas question d'envoyer son fils, ni même sa femme pour mesurer h directement sur la falaise... Il ya un autre moyen dont le principe est contenu dans la méthode simple du dessinateur:

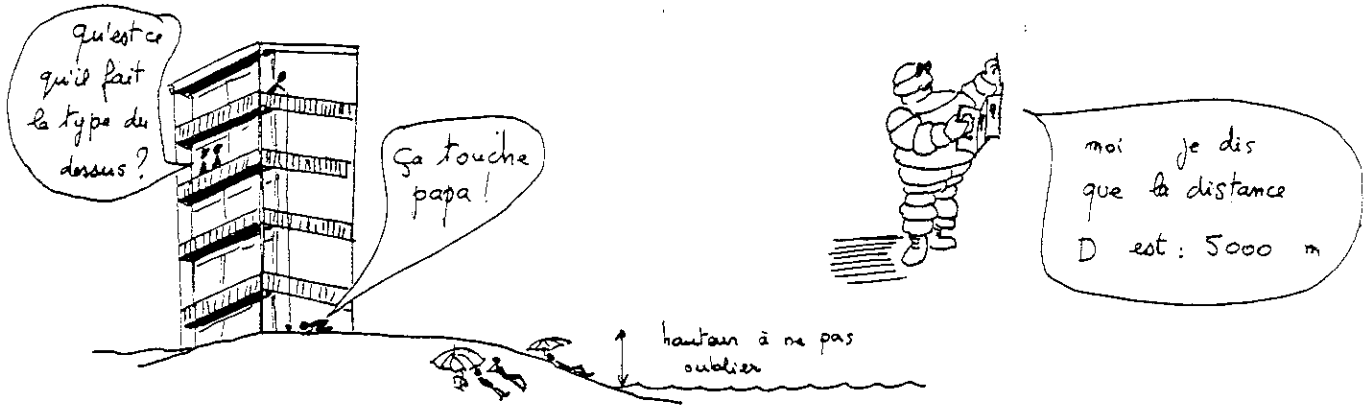



Connaissant D, la mesure de k et de d nous donne h par la formule approchée suivante:

$h = kD/d$

qui est correcte quand D est beaucoup plus grand que le bras de l'observateur n'est long (ce qui est verifié dans de nombreux cas).

En conclusion il ne reste à mesurer que la hauteur de l'immeuble et la distance D entre l'immeuble et la Citadelle de Peñiscola.




Les mesures effectuées au mois d'âout ont donné:

D = 5000 mètres
H = 11,48 mètres
k = 0,0043 mètres
d = 4,62 mètres (n'en concluez pas forcément que l'auteur a le bras long)

Ce qui conduit aux resultats suivants:

h = 4,65 mètres
et
R = 8250 kilomètres

Ce résultat peut paraître un peu décevant, mais si l'on songe qu'il est obtenu avec une base de mesure de 5 kilomètres seulement et que de plus, les mesures ont été faites avec pour instruments une carte routière, un double decimètre et un peloton de ficelle on peut s'estimer heureux (phénomène dangereux d'autosatisfaction).

# ******* P E I R E S C *******

**********

PEIRESC,un inconnu? Illustre il le fut pendant sa vie, mais il fut oublié durant des siècles.Nombreux sont ceux qui essaient de faire connaitre son oeuvre,en particulier en Provence,mais aussi en dehors de nos frontières. Profitons donc du quadricentenaire de sa naissance pour retourner au début du XVII siècle,époque importante pour l'astronomie qui grace à la découverte de la lunette va faire un bond en avant.A cette époque l'astronomie,science d'observation,retrouve un nouvel élan.

## LA VIE DE PEIRESC.

Pour rencontrer Nicolas PEIRESC allons à Belgentier ( Beaugencier, Beaugency,Boisgency),petit bourg varois situé dans la trés agréable vallée du Gapeau,au nord de Toulon et d'Hyères.L'acte baptistaire de Peiresc rédigé par le curé Gardane nous donne des précisions.

"L'an que dessus (1580) et le XXVI décembre,et le jour scain Estève a esté batizé Nicollas-Claudou FABRIS.(il) a (pour)père maistre Rainaud FABRIS,sieur de Callas,conseiller (du roi) en sa cour des Comptes,Aides et Finances,scéant ladite court en la ville de Brignolle causant la peste qui est à Aix.Le perrin est maistre Claude Fabris,conseiller du roy en la cour de Parlement,et la merrine,Madamoiselle Anne de Vallavoyre,fame du capp. Astour à Toulon. P$^{r}$ longue vie.

Gardane,curat$^{us}$. "

Le Parlement de Provence avait donc fui la peste et Aix,et s'était retiré à Brignoles.Les Fabri avaient regagné leur chateau de Belgentier. Le curé rédigeait d'habitude les actes en provençal ou en latin,mais là, pour faire honneur au conseiller Fabri il utilise le français sauf pour le prénom Claudou,et emporté par l'habitude il signe en latin.Mais il oublie de donner le nom de la mère:Marguerite Bompar ,et la date de naissance de l'enfant. Il faut donc se rapporter à la "Vie de Peiresc" de Gassendi (1641),ou mieux aux écrits de Mr Fabri lui-même.

"le I jour de décembre 1580,jeudi à six heures du soir attendant sept,ma femme est accouchée d'un fils,baptisé entremains à Beaugency, par un pauvre homme nommé Jean Teisseire et ma soeur Damyrat.Puis le deuxième jour des festes de Noël,mon frère l'a tenu à l'église sur les

fonds avec demoiselle Hellaine de Vallavoire sa marraine....."

C'est donc le jeudi Idécembre 1580 (essayez de vérifier que c'était bien un jeudi),qu'est né Nicolas,et il a été baptisé en attendant (entremains: du provençal entremens) par le premier pauvre rencontré suivant le voeu de sa mère.Ce qui n'était pas rare à l'époque.

Gassendi nous apprend qu'en 1582,année mémorable pour la réforme du calendrier,Mme Fabri eut un second fils prénommé Palamède.(elle mourut des suites de ses couches).Ce fils prit plus tard le nom de Valavez et épousa Marquise,la fille de la seconde madame Fabri.

Nicolas vivait à Aix siège du parlement de Provence où son père et son oncle étaient Conseillers.L'avenir du jeune Nicolas était donc tracé, il devra remplacer son oncle au Parlement . Aprés des études à Brignoles et à Saint-Maximin où ses dons furent remarqués,ses parents l'envoient étudier le droit en Avignon.Le droit ne le passionne pas trop,il préfère l'archéologie, et rêve de se rendre à Rome.Ses parents retardent son départ,mais en 1599 il part pour Padoue afin d'y étudier le droit romain,mais il fera plus que cela. A l'aller sa curiosité le mène à Fréjus(colisée,forum),aux îles de Lérins, à Gènes,il visite Pise,Florence,Bologne,Venise et arrive enfin à Padoue.Il s'inscrit à l'université qui créée en 1222,comporte près de 20000 étudiants.Il étudie le droit avec beaucoup de sérieux,mais fréquente aussi des érudits qui se réunissent chez Pinelli,un mécène de 65 ans.Il s'intéresse aux pièces de monnaie,aux antiquités et aux objets d'art.

En 1600,via Ferrare,Bologne et Florence,il se rend à Rome où il assiste au mariage de Henri IV et de Marie de Médicis.Il visite les églises et les bibliothèques,mais Rome l'a déçu;ses sept collines semblent ridicules à côté de celles qui entourent Aix et Belgentier.Heureusement qu'il y a le Colisée,le Panthéon et autres bustes d'empereurs.

Il pense déja à son retour,il recueille ou achète divers objets,des pièces de monnaie ,des médailles,des livres.IL fait cela avec plus de méthode que certains voyageurs de l'époque qui ramenaient tout un caravansérail d'objets hétéroclites. Il va même jusqu'à engager une équipe de dessinateurs pour comparer les empereurs sur les statues et sur les monnaies.

En 1602,de retour d'Italie,il va s'inscrire en droit à Montpellier. Pendant son absence ses parents ont arrangé un mariage avec Angélique la fille du premier Président de la Chambre des Comptes,mais Nicolas refuse net.Les femmes d'ailleurs seront absentes de sa vie.Etait-il mysogine?Etait-il trop absorbé par ses recherches?Ou cachait-il une vocation religieuse?

Le 18 janvier 1604,le jeune Nicolas passe avec succés son doctorat, le voilà prêt pour remplacer son oncle Claude de Callas au Parlement de Provence.Le 15 mars 1604 il écrit à Scaliger:

"mon père a trouvé bon,depuis quelque temps,de me donner la place de PEIRETS,et désire,que j'en porte le nom pour (entr'autres occasions) éviter la confusion qui pourroit advenir entre mes lettres et celles de M de Callas le conseiller mon oncle et siennes mesmes tellement que,d'ores en avant il sera meilleur que vous faisiés le dessus de vos lettres: au sieur de Peirets,à Aix en Provence,chez M le Conseiller Callas."

Voilà,le changement de nom était fait,et Peirets deviendra avec le temps PEIRESC.

Pendant ses études,il s'était lié avec Guillaume du Vair bien plus âgé que lui.Du Vair était Conseiller d'Henri IV et depuis 1599 premier Président du Parlement de Provence.C'est chez lui que Peiresc rencontrera François Dupérier et son fils Scipion,ainsi que le poête Malherbe qui deviendra son ami.Aprés le départ de Malherbe d'Aix,Peiresc s'occupera en bon pédagogue du fils de celui-ci,Marc Antoine qui mourra en duel.

Quand du Vair est appelé à Paris,il demande à Peiresc de l'accompagner.Celui-ci deviendra son secrétaire et son confident pendant de nombreuses années.Peiresc ira aussi en Angleterre (attaché d'Ambassade),puis en Hollande. Partout où il passe,son insatiable envie d'apprendre,sa curiosité lui font rencontrer tous les scientifiques de l'époque.Il visite les monuments,les bibliothèques,les collections.Il s'intéresse aussi à la peinture(Rubens),l'architecture,les langues anciennes,la médecine,en deux mots à tout.Comme à Rome,il quête l'information,sans cesse à l'affût,il cherche le détail,prend des notes, dessine et mesure.Il ramènera une importante documentation à Aix où il ne tarde pas à revenir.

A Aix,il vit dans le vieil hôtel de Callas aujourd'hui disparu et remplacé par le palais de Justice.Il a installé de nombreuses collections;17000 monnaies et médailles qui achetées par Mazarin deviendront "le Cabinet des Médailles du Roi".Il possède aussi une remarquable bibliothèque,plus de 6000 volumes (40000 disent certains) et une masse énorme de notes et d'observations. Il entretint d'ailleurs pendant 20 ans le relieur Corberan.

Il occupa sa charge au Parlement avec beaucoup de ferveur et de talent,ce fut un juriste et un politique renommé.Quand il quittait les séances du Parlement,il aimait vivre chez lui,seul ou en compagnie de quelques amis tel que Gassendi.Il était moins grave et moins austère que certains le pensent; il était vivant et attachant.

Il se rendait parfois à Belgentier,pas aussi souvent qu'il eût souhaité.Là,il retrouve la maison familiale,son jardin,et quel jardin! C'est à Belgentier qu'il communie le plus avec la nature sans pour autant arrêter ses recherches.Il y apprécie la douceur de l'air comme nulle part ailleurs.

Sa santé est fragile,les intrigues consécutives à la guerre d'Espagne et des troubles se déroulant à Aix l'affectent.

Il meurt à Aix le 24 juin 1637 dans les bras de Gassendi,mais deux jours auparavant il a fait son testament devant le notaire Astier.Il lègue tout à son frère Palamède en dehors de quelques sommes d'argent à des amis et une demi-douzaine de manuscrits à "maistre Fabrot advocat à la Cour,professeur du Roy en l'université de cette ville d'AIX."

Que sont devenus tous les trésors amassés par Peiresc?Un grand nombre a disparu.Certains affirment que les nièces de Peiresc se sont servi de ses écrits pour faire des papillotes ou des couchettes pour les vers à soie. Est-ce vrai? Toujours est-il qu'il nous reste un grand nombre de livres et de manuscrits conservés à la Bibliothèque Nationale,à la Bibliothèque Méjanes à Aix et surtout à la Bibliothèque Inguimbertine à Carpentras.

Sa mort consterna ses amis pas seulement à Aix,mais dans le monde entier.A Rome,à la demande du Pape Urbain VIII l'Académie tint une séance exceptionnelle et un recueil de quarante éloges funèbres en quarante langues fut édité.

Jean Ripert

N.D.L.R. L'histoire n'est pas finie là: le plus intéressant nous reste à apprendre, à savoir ce que fut l'oeuvre de Peiresc. Jean Ripert nous la décrira dans le prochain numéro des Cahiers Clairaut:l'abondance des matières nous a conduits à cette publication en deux épisodes.

---

## ECOLE D'ETE D'ASTRONOMIE 1981 A GRASSE

++++++++++++++++++++++++++++++++++++

Une école d'été sera organisée du 26 août au soir au 4 septembre à midi, aux environs de Grasse. Son organisation sera assez voisine de celle des écoles qui se sont tenues les années précédentes : elle comprendra un enseignement théorique et un enseignement pratique. Parmi les thèmes qui seront abordés, certains recouvriront les programmes de 4° et de 1°AB.

Au cours de l'enseignement théorique on redéfinira les concepts physiques nécessaires à la compréhension de la structure des objets astronomiques (milieu interstellaire, étoiles, galaxies,...). Des applications à partir de documents astronomiques seront traitées par les participants.

Pour l'enseignement pratique, les participants auront à leur disposition atelier et laboratoire photographique leur permettant la construction d'instruments simples. Les travaux pratiques développés nécessitent peu de matériel et peuvent être facilement réalisés avec une classe ou un club.

Les observations seront faites avec divers instruments : des photographies seront prises et des expériences simples de spectroscopie montées.

Le prix forfaitaire de pension au "Mas du Calme" est de l'ordre de 100 F par jour; il existe une possibilité de camping caravaning au prix forfaitaire de pension de l'ordre de 75 F par jour.

Le nombre de places sera limité à 60 participants, compte-tenu des possibi[illegible] de logement et d'encadrement. Les demandes seront prises dans l'ordre d'arrivée. Toute demande d'inscription est à adresser, avec une enveloppe timbrée pour la réponse à : Mademoiselle Lucienne GOUGUENHEIM
Radioastronomie
Observatoire de Meudon
92190 MEUDON

§-§-§-§-§-§-§-§-§-§-§-§-§-§-§-§-§

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin de liaison du C.L.A.E.
Directeur de la Publication: L. Gouguenheim, Université de Paris-Sud
Bât. 426 91405 ORSAY CEDEX

Comité de Rédaction:
L. Bottinelli, J. Dupré, M. Gerbaldi, L. Gouguenheim, G. Walusinski
Edité à l'Université de Paris-Sud, Laboratoire d'Astronomie
Bâtiment 426 91405 ORSAY CEDEX
Prix du numéro: 5f ; abonnement annuel (4 numéros) : 15f.
Dépot légal : 1er trimestre 1979
Numéro d'inscription à la CPPAP : 61610