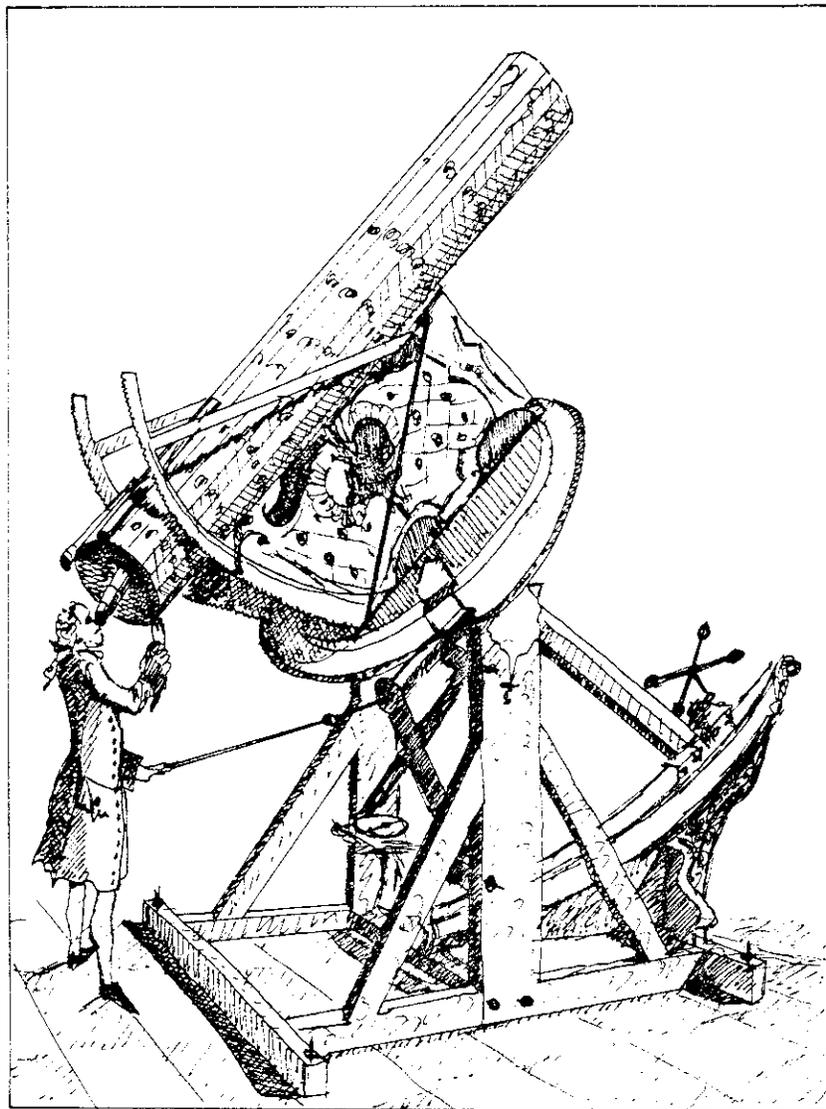


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n°19 - hiver 1982

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 19 Hiver 1982

Photographie et spectrographie élémentaires.....	p 3
Errants et errances	p19
L'horloge astronomique.....	p24
La couleur des étoiles.....	p25
Courrier des lecteurs.....	p27
ESO - Observatoire européen de l'hémisphère sud.....	p29
L'horloge de l'astronome (réponse).....	p35
Télescope à réaliser soi-même en kit optique complet.....	p35
Lectures pour la Marquise.....	p36
Chronique du CLEA	p38

EDITORIAL

Le CLEA fait son Assemblée générale le 22 janvier 1983; une occasion de nous rencontrer, d'échanger des informations. Nous espérons que vous serez nombreux à pouvoir venir (voir tous les renseignements p. 38). En prime, vous aurez droit à une conférence de E. Schatzman sur un sujet excitant "les neutrinos solaires" ! La réunion commencera le matin, mais si vous n'êtes libre que l'après-midi, venez tout de même; la conférence, en particulier est prévue l'après-midi. Si vous ne pouvez pas venir et si vous voulez communiquer des informations sur ce que vous faites, écrivez-nous, nous les diffuserons.

Plusieurs actions de formation continue régionales s'organisent (à Montpellier, au Mans) ou se développent (Marseille, Strasbourg, Besançon). Il en sera question lors de l'A.G. du 22 janvier; ainsi que des actions de formation continue des instituteurs et du travail du groupe inter-IREM.

La Rédaction.

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

Mr - Mme - Melle

adresse:.....

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

souhaite:

- s'abonner aux Cahiers Clairaut du n°1 au n°20
- s'abonner aux Cahiers Clairaut du n°17 au n°20
- se réabonner du n°17 au n°20
- ci-joint ma contribution financière:

tarif normal: 25francs pour les numéros 17 à 20
120 francs pour les numéros 1 à 20

tarif de soutien 50 francs pour 4 numéros

prix du numéro: 8 francs

chèque à libeller à l'ordre de L. Gouguenheim. Remplir, cocher les cases correspondantes et renvoyer à Madame BOISSINOT, IAP, 98 bis Brd Arago 75014 Paris.

PHOTOGRAPHIE ET SPECTROGRAPHIE ÉLÉMENTAIRES
A L'AIDE D'APPAREILS SIMPLES.

INTRODUCTION:

Le ciel offre à l'observateur une foule de sources lumineuses; la réalisation de clichés photographiques des champs stellaires peut être abordée avec des instruments simples. Le succès de ce genre d'entreprise dépend de nombreux facteurs; néanmoins, une approche raisonnée du problème donne vite des résultats encourageants.

En classe de physique, le programme d'astronomie contient des éléments d'analyse spectrale de la lumière; là encore, du matériel élémentaire utilisé avec discernement procure, sans difficulté, des spectres exploitables.

Tous ces travaux ont été abordés et traités par des élèves du niveau de la classe de 4ème, en club d'astronomie.

POURSUITE DU MOUVEMENT DIURNE:

La rotation de la Terre a pour conséquence le déplacement apparent de la voûte céleste dans le sens inverse; notre planète tournant autour de son axe polaire, les astres semblent donc animés d'une rotation autour du même axe, mais d'Est en Ouest (mouvement dit rétrograde). Si l'on veut suivre fidèlement ce mouvement pour obtenir des images du ciel, on doit utiliser une monture équatoriale, d'autant plus que la collecte de l'énergie lumineuse nécessite toujours un certain temps de pose.

PRINCIPE DE LA MONTURE ÉQUATORIALE:

Les formules de construction sont très nombreuses, mais le principe reste toujours le même:

-on place un axe mécanique parallèlement à l'axe de rotation de la Terre (mise en station);

-on anime cet axe mécanique de la même vitesse angulaire que celle de la Terre, mais de sens inverse (entraînement et poursuite);

-si un appareil photo (orientable vers tout point du ciel) est rendu solidaire de l'axe polaire, on a réalisé une monture équatoriale; si tout va bien, la pellicule de l'appareil enregistrera durant la pose un cliché de champ stellaire où chaque image d'étoile restera fixe.

CHOIX D'UN TYPE DE MONTURE:

Pour débiter, l'utilisation d'appareils photographiques ordinaires (donc répandus) s'impose. Dans ce cas, les paramètres en jeu sont les suivants:

- précision de la mise en station;
- douceur et précision de l'entraînement;
- contrôle de la poursuite;
- distance focale (photo) la plus longue que l'on désire utiliser.

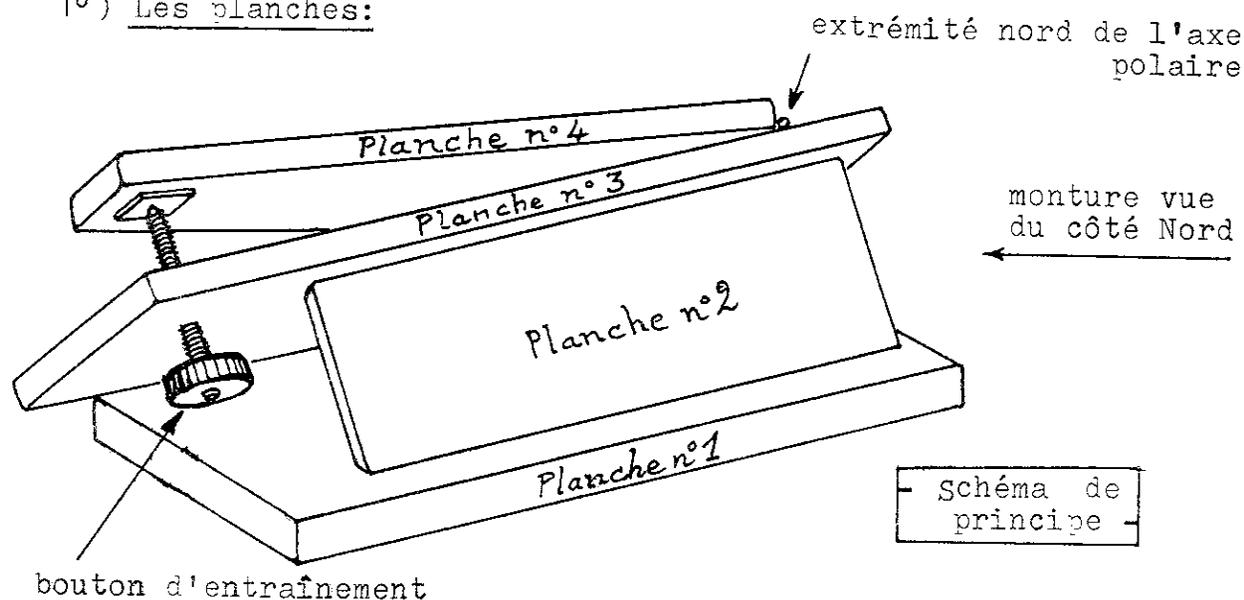
Le quatrième de ces points conditionne directement la conception entière de la monture.

Tant qu'on ne dépasse pas trop le décimètre pour les focales, (ce qui, en 24x36, permet l'usage de tous les objectifs courants, du grand-angulaire au petit télé-objectif) la monture en bois dite "à 3 planches" constitue une solution intéressante:

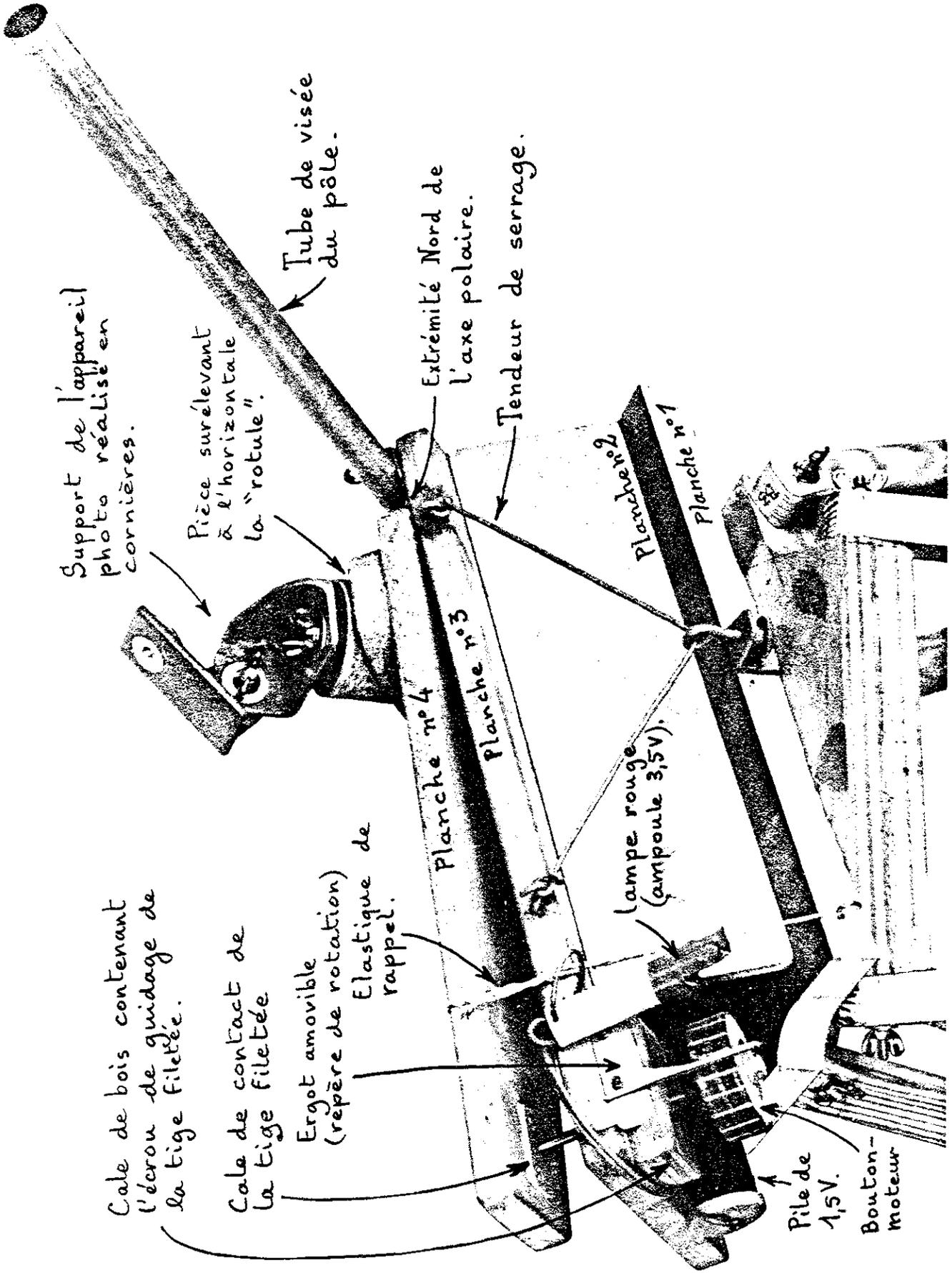
- construction ne faisant appel qu'à des matériaux et des outils usuels;
- monture pliable, transportable, utilisable en tout lieu;
- mise en station simple, ne nécessitant pas une précision extrême;
- guidage et poursuite s'effectuant durant des poses courtes, de l'ordre du quart-d'heure, et permettant, à la limite, de se passer d'une lunette guide; ce type de monture fut proposé, à l'origine, par Pierre Bourge.

CONSTRUCTION:

1°) Les planches:



Cette monture "à 3 planches" en possède ici 4 (la planche 2, amovible, est parfois remplacée par des coulisseaux de quincaillerie).



Support de l'appareil photo réalisé en cornières.

Pièce surélevant à l'horizontale la "rotule".

Tube de visée du pôle.

Extrémité Nord de l'axe polaire.

Tendeur de serrage.

Planche n°1

Planche n°2

Planche n°3

Planche n°4

lampe rouge (ampoule 3,5V).

Cale de bois contenant l'écrou de guidage de la tige fileté.

Cale de contact de la tige fileté

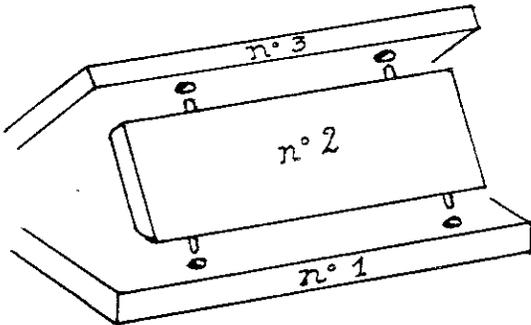
Ergot amovible (repère de rotation) Elastique de rappel.

Pile de 1,5V.

Bouton-moteur

La planche n°3 est repliable contre la n°1 grâce à une charnière à piano placée du côté Sud; la hauteur de la planche n°2 est coupée en fonction de la zone de latitude où se trouve l'observateur ; tout voyage "lointain" ne nécessite qu'une planche différente pour une zone de 10° de latitude, environ.

Une seconde charnière à piano constitue l'axe polaire dont le croquis ci-dessus montre l'extrémité supérieure.



Quatre ergots (vis à bois étêtées) sur les champs de la planche n°2 servent de fixation en entrant dans 4 trous borgnes (2 dans la planche n°1 et 2 dans la planche n°3).

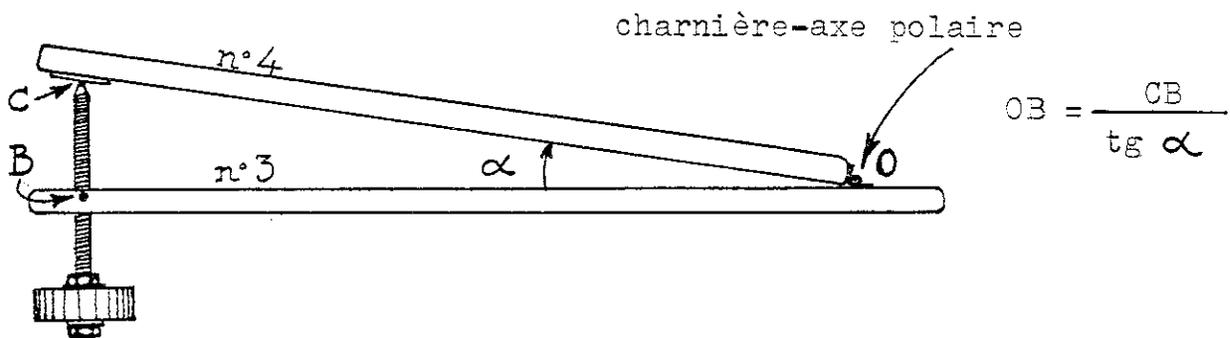
Un tendeur de serrage (voir photos) garantit la rigidité finale.

2°) la rotation de la planche n°4:

Le bouton gradué fixé à la base de la tige filetée sert de moteur d'entraînement; la rotation (en douceur, à la main), dans le bon sens, fait avancer la tige au travers de la planche n°3 et pousse la planche n°4 qui tourne donc autour de la charnière polaire.

A la conception, le choix se fait sur les points suivants:

- pas du filetage;
- nombre de secondes pour un tour de bouton;



La formule ci-dessus devient: $OB = \frac{pas}{tg \alpha}$ lorsque CB représente l'avance de la tige filetée pendant un tour de bouton; le temps de ce tour de bouton devant être choisi, autant faciliter le traçage de la graduation en prenant un nombre de secondes qui divise les 360° en valeurs simples: 30s, 40s, 45s, ou 60s, ce qui donne une rotation du bouton de 12°, 9°, 8°, ou 6° par seconde de temps.

L'angle $\hat{\alpha}$, lorsque le bouton fait un tour, vaut donc:

$$\frac{360^\circ \times T_r}{86164} \quad \left(\begin{array}{l} T_r : \text{nombre de secondes pour un tour de bouton,} \\ 86164 : \text{nombre de secondes en un jour sidéral;} \end{array} \right)$$

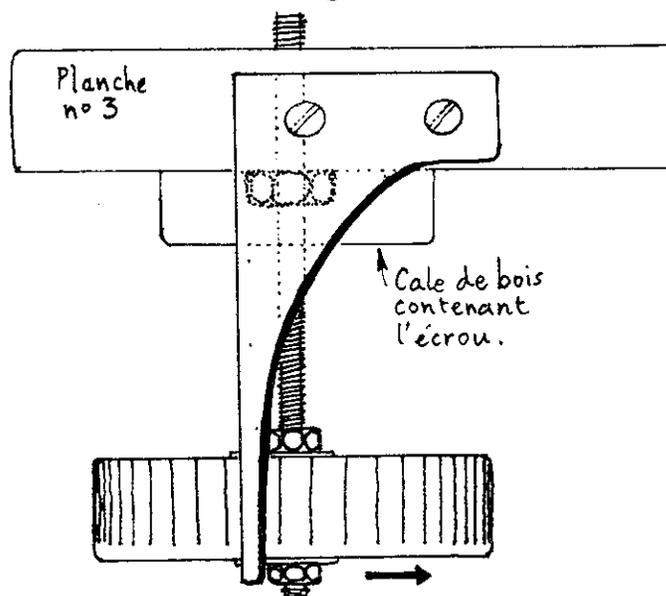
La valeur de OB peut être calculée à partir de la formule complète; voici quelques résultats utilisant les pas de 0,75mm, 1mm, et 1,25mm et les quatre valeurs de T_r :

pas:	0,75mm	1mm	1,25mm
T_r :			
30s:	342,8mm	457,1mm	571,4mm
40s	257,1mm	342,8mm *	428,5mm
45s	228,6mm	304,7mm	380,9mm
60s	171,4mm	228,6mm	285,7mm

Les montures visibles sur les photos ont été construites à partir de la formule marquée d'un astérisque, solution acceptable pour ce genre d'appareil à vocation mobile, grâce au compromis entre encombrement et sensibilité.

La pointe en ogive de la tige filetée sera finie à la lime douce et contrôlée à la loupe afin que OC ne varie pas irrégulièrement durant une rotation. Comme OC s'allonge peu à peu lorsque la planche n°4 se soulève, il faut donner au bord de l'ergot une forme qui corrige la différence entre un angle et sa tangente; le calcul indique que le rattrapage vaut: 3/10 de s. après 8mm de pose, 1 seconde après 12mm, 2,3s après 16mm et 4,6s au bout de 20 mm. Ces valeurs permettent de tracer le bord de l'ergot où défilent les graduations; cet ergot peut être monté sur un aimant pour faciliter son démontage rapide lors du repliage de la monture.

(voir aussi les photos.)



La dimension très précise de OB sera aisément respectée à la construction si l'on perce la planche n°3 et l'on met en place la tige filetée AVANT de fixer la charnière polaire en O. On a tout intérêt à renforcer la traversée de la planche 3 en immobilisant un écrou en sandwich entre une cale de bois (évidée) et la planche 3.

3°) le support de l'appareil photo:

Une rotule du commerce peut convenir, bien que le rétrécissement qu'elle présente soit générateur de flexions non négligeables

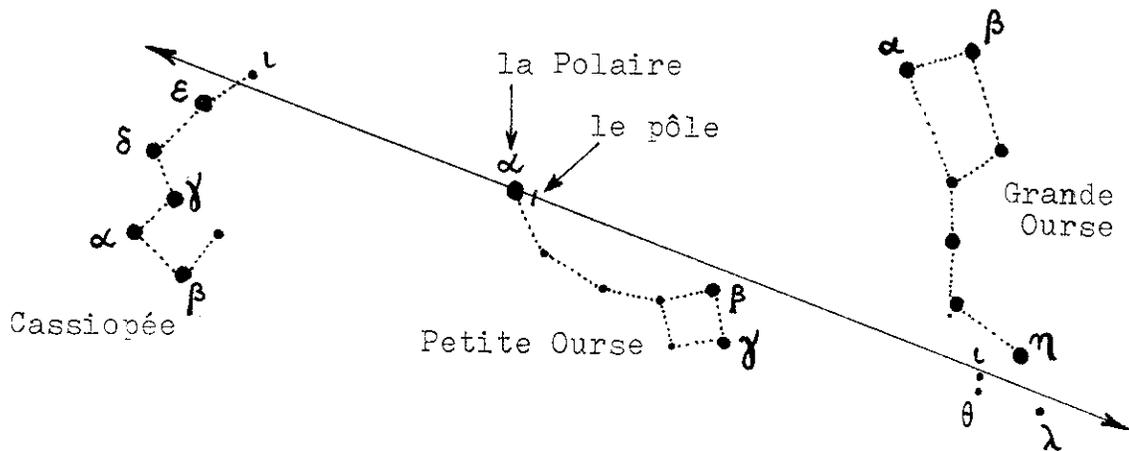
en utilisation astronomique. Une pièce double, réalisée en cornières épaisses, fera en général bien mieux l'affaire. Comme sous nos latitudes les planches 3 et 4 sont inclinées, une pièce de bois soulève et dégage ces cornières et leur donne un plan de rotation horizontal.

LA MISE EN STATION:

Elle constitue le noeud du problème pour les montures mobiles; le principe consiste à aligner soigneusement la charnière polaire vers le pôle céleste.

1°) où se trouve le pôle?

On utilise l'alignement ci-dessous (actuellement):



Du fait de la précession des équinoxes, cet alignement tourne très lentement et la distance pôle-Polaire varie (elle passera par un minimum de 28' vers l'an 2110). La distance actuelle vaut 49' environ.

2°) la visée:

Une méthode pratique consiste à placer un tube parallèlement à la charnière polaire; comme la précision de la mise en station conditionne le temps de pose maximum et la focale photo la plus longue que l'on veuille embarquer, l'expérience a montré qu'un simple tube, bien calculé et réglé, donne satisfaction jusqu'à des poses de 15minutes avec des focales de 150mm environ (ou des poses un peu plus longues (20minutes) avec des focales plus courtes). Au delà des 20minutes, c'est le bouton gradué qui pose des problèmes!

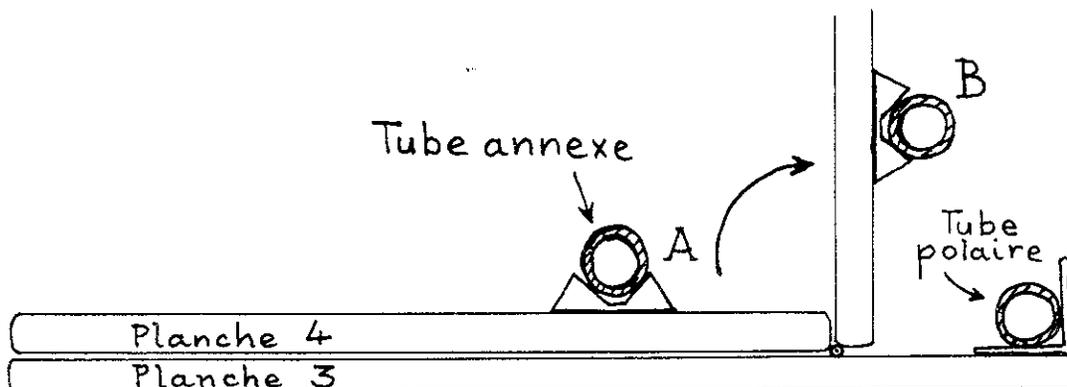
3°) la longueur du tube:

Elle est en rapport avec son diamètre, pour que l'oeil, placé derrière une ouverture de 6mm de \varnothing (pupille), au Sud du tube, voie le \varnothing interne du tube découper sur le ciel un cercle de 100 minutes d'arc, soit une distance double de celle qui sépare le pôle de la Polaire.

La relation : longueur = $\frac{\varnothing}{\text{tg } 100'}$ permet de couper le tube à la bonne longueur.

4°) le parallélisme:

Ce réglage s'effectue une fois pour toutes; comme il est pratique de tout replier pour les voyages, le tube sera amovible; des cales ou des butées finement ajustables (nous avons utilisé des cornières en L) serviront à toujours poser le tube au bon endroit.



- un tube identique au tube polaire est placé sur un petit berceau sur la planche n°4; la position de ce berceau (ajustable) est réglée à peu près parallèle à la charnière polaire;

- la monture, bien stable, a été repliée (planche n°3 horizontale, planche n°2 retirée);

- on vise d'abord un détail précis du paysage (il est plus facile de réaliser cette opération le jour) dans le tube annexe, la planche n°4 en position A. Une rotation de cette planche en position B et une deuxième visée: si le tube annexe se trouve parallèle à la charnière, la visée B découpe le même morceau de paysage; sinon, en reprenant la manoeuvre, on obtient vite le bon réglage;

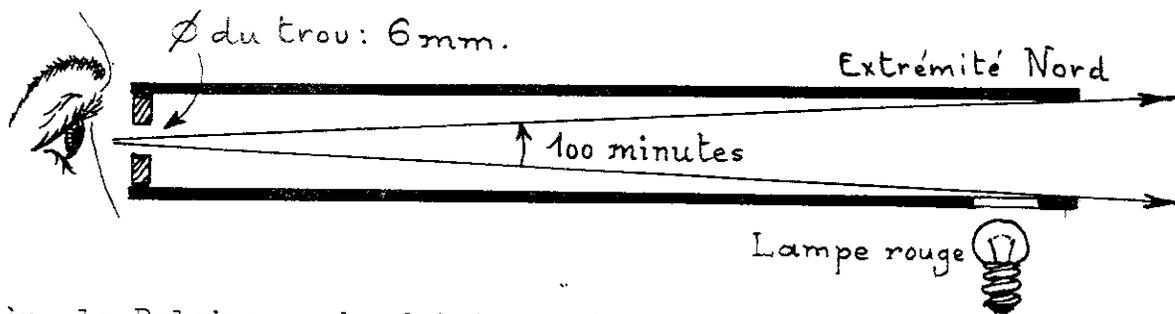
- sans rien faire bouger de la monture, on aligne le tube polaire sur ses supports afin qu'il vise exactement le même secteur;

- cette procédure est évidemment calquée sur celle du réglage d'un chercheur de lunette, à la différence près que le tube annexe disparaît ensuite.

5°) la mise en station :

De nuit, le tube polaire étant à sa place, on vise la Polaire; si la nuit est très noire, il peut sembler difficile de distinguer la sortie Nord du tube devant le ciel; une petite lampe rouge, sous-voltée, peut éclairer l'intérieur du tube au travers d'un trou.

L'opération suivante consiste à repérer l'alignement pôle-Polaire; en se reculant un instant, on lit la direction dans les constellations-repères; l'oeil à nouveau près de la pupille du tube,



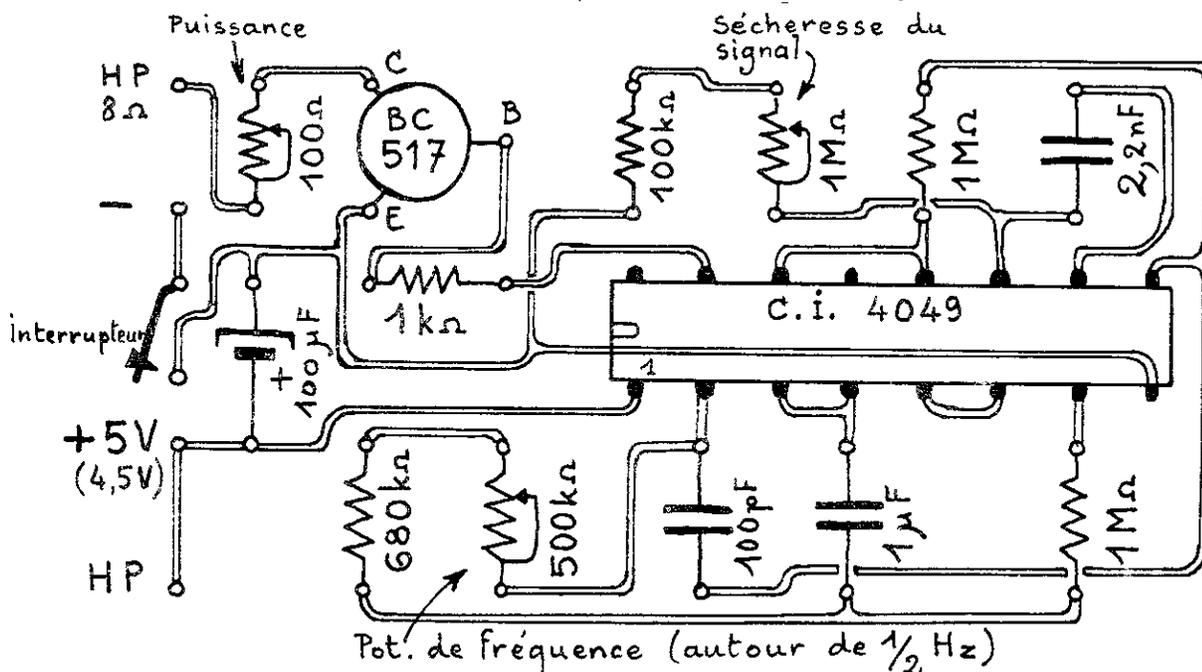
on amène la Polaire au bord interne du tube, à la bonne position horaire, en déplaçant doucement l'ensemble de la monture: le pôle se trouve au centre du champ et l'axe-charnière est donc mis en station.

LA POURSUITE:

Il faut assurer au bouton une rotation douce, et cela d'autant plus finement que la focale photo est longue, donc sensible; pour synchroniser la rotation de la planche n°4 avec celle de la Terre, un ami lisant un top chaque seconde (ou toutes les 2 secondes avec les focales courtes) donnera toute satisfaction mais cet ami risque de se lasser ! Quant à lire vous-même la montre ET le bouton...!!

Un métronome (mécanique ou électronique) ne se lassera pas aussi vite et donnera des tops toute la nuit s'il le faut.

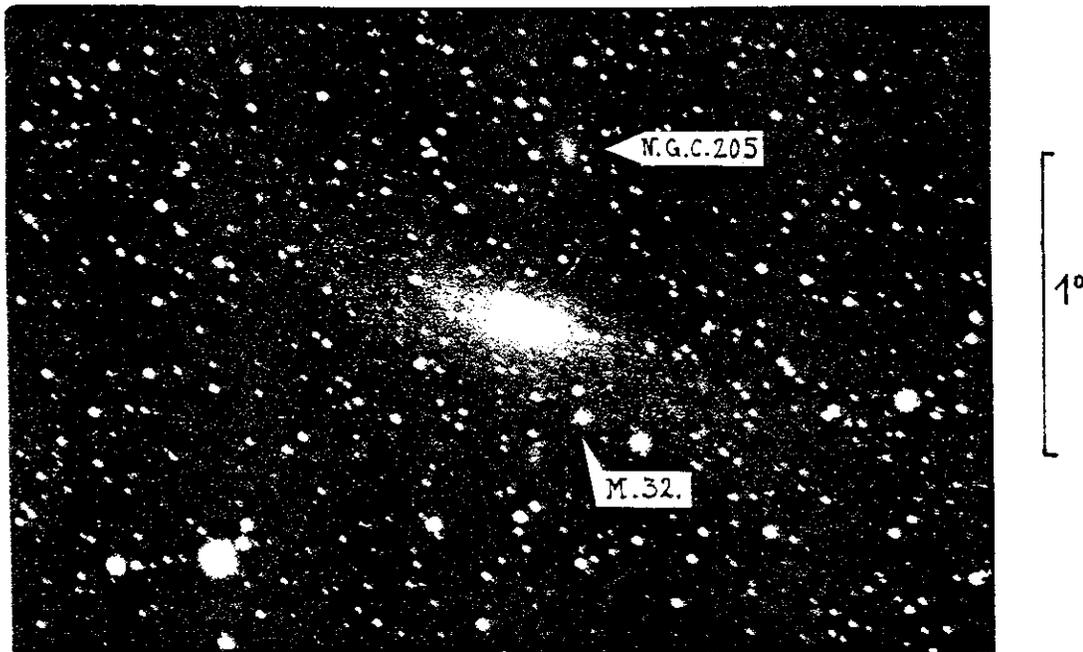
Voici un plan (éprouvé) qui permet aux bricoleurs en électronique de résoudre le problème: on ajuste finement le potentiomètre de fréquence en début de séance, et c'est parti !



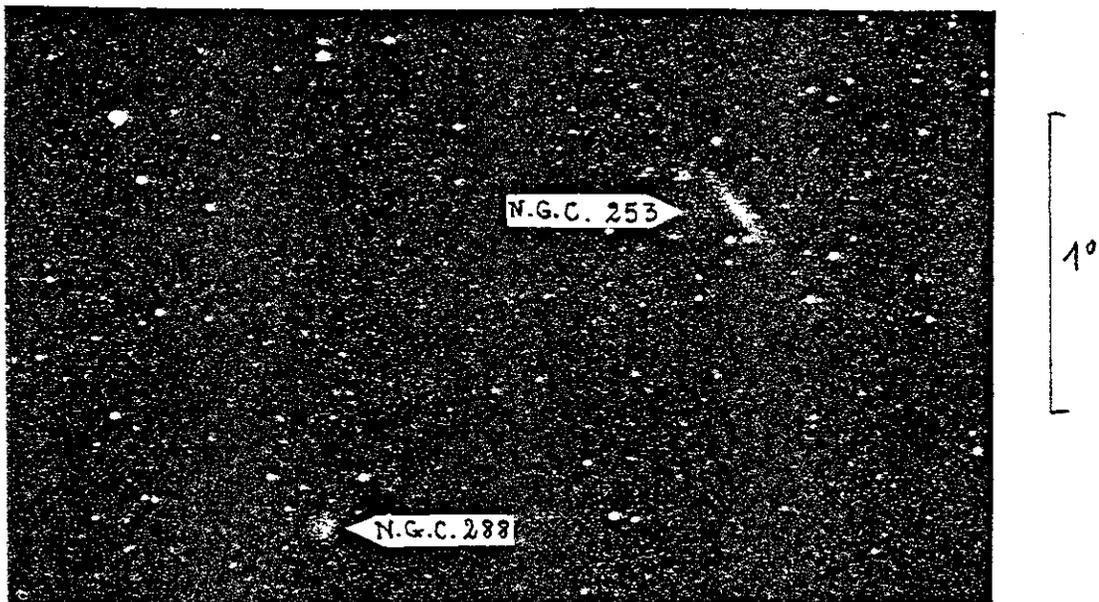
RÉSULTATS :

Des montures plus sophistiquées existent, avec lunette-guide, correction en déclinaison, moteur avec variateur de fréquence, et, pourquoi pas ... réveille-matin et grille-pain!

Les perfectionnements techniques (raisonnables) dans le domaine des instruments d'amateurs présentent beaucoup d'avantages, mais je pense qu'il reste passionnant de chercher à pousser vers ses limites un procédé aussi élémentaire. Les clichés contiennent toujours beaucoup d'informations, leur exploitation offrant de nombreuses voies, et le ciel est si beau!

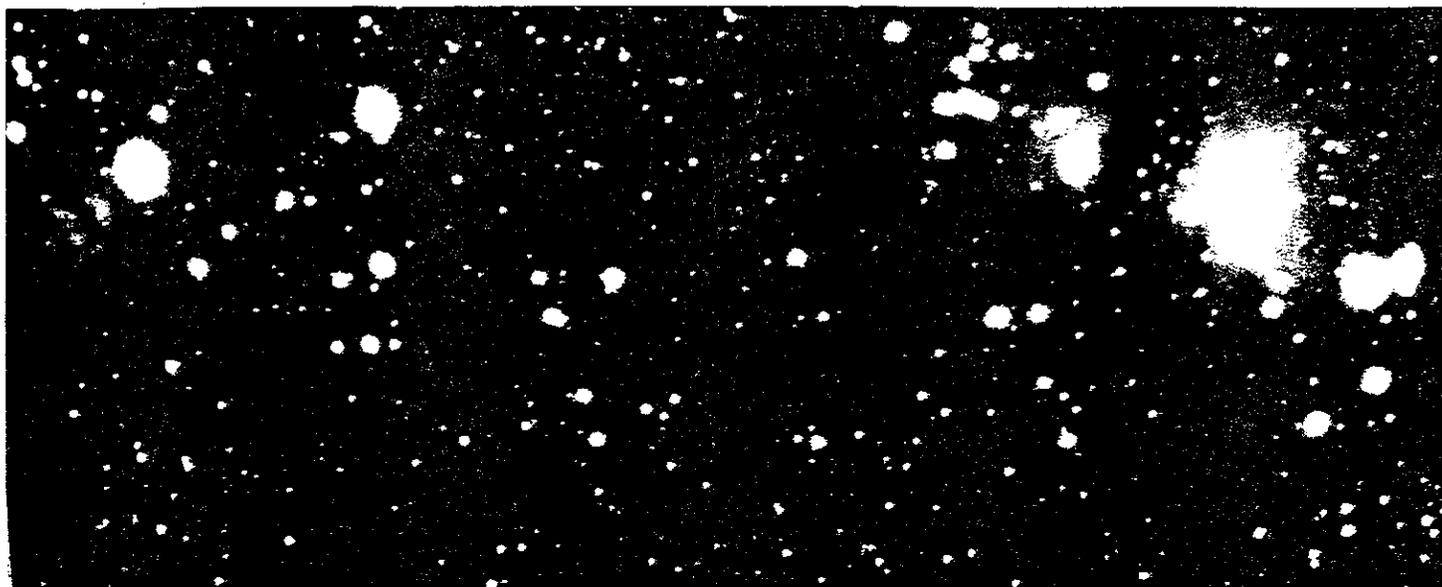


Andromède (M.31) et ses deux satellites (M.32 et N.G.C.205).
18minutes de pose sur 103aE; focale: 180mm; ouverture f/4,5.



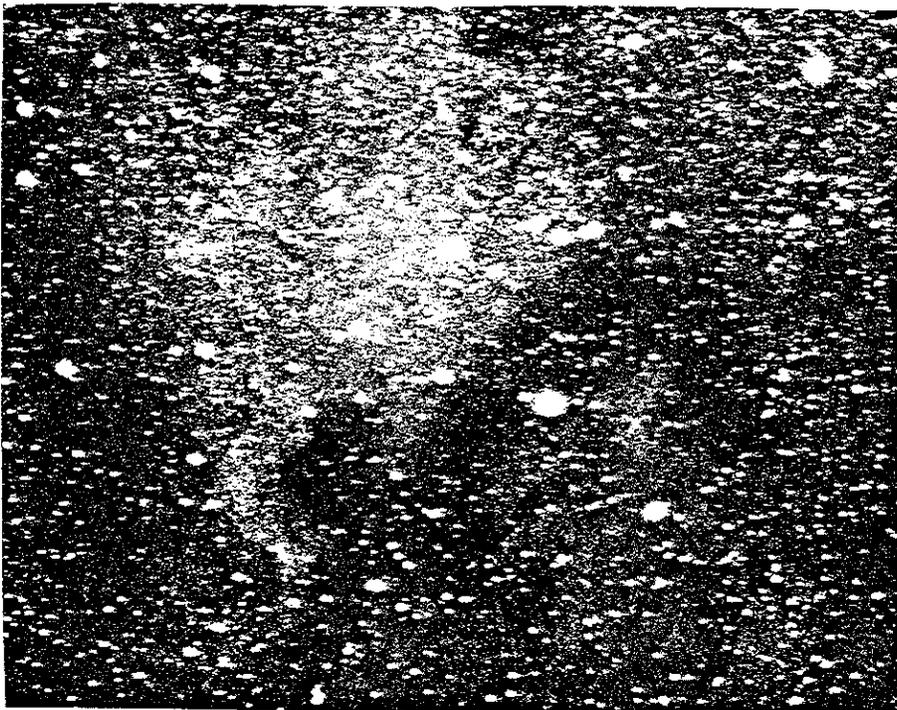
N.G.C.253 (galaxie) et N.G.C.288 (amas globulaire) dans le Sculpteur;
15minutes sur 103aF; 180mm ouvert à f/4,5.

Dans le domaine des objets diffus, l'emploi de pellicules adaptées aux objets photographiés donne des images intéressantes à plus d'un titre: entre autres, la visibilité d'une nébuleuse enregistrée avec un appareil photo ordinaire surprend toujours les débutants, tout surpris de ne pas voir autant de choses dans un "gros" télescope!



Sur ce cliché du centre d'Orion, posé 16minutes avec un 180mm ouvert à $f/4,5$ sur une pellicule 103aF, le Nord se trouve à gauche. On y distingue les nébulosités proches de ζ , N.G.C.2024 à gauche et I.C.434 à droite avec la Tête de Cheval (Barnard 33), ainsi que N.G.C. 1977 entourant les étoiles 42 et 45 Ori, et surtout M.42.43, au Sud.

Cette région photographiée en couleurs, sur Fujichrome 400 par exemple, donne des informations astrophysiques incomparables, la suivante aussi.



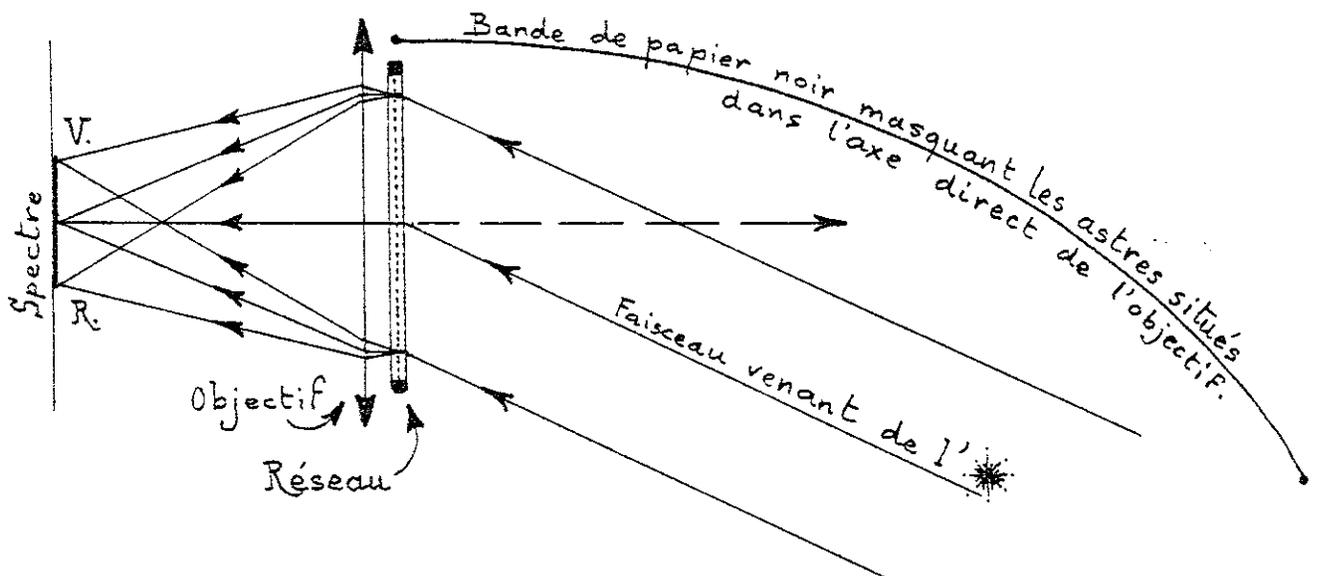
"Amérique" (N.G.C. 7000) et le "Pélican" (I.C.5070) en 16min. sur 103aE; même optique et même ouverture.

LA SPECTROGRAPHIE :

Ce domaine est entouré d'une auréole mystérieuse supplémentaire: un spectre (bande plus ou moins striée en travers) et une étoile (point), quoi de plus dissemblable ? Le débutant verra vite cependant que cette image étrange renferme bien des informations et qu'il n'est pas sorcier de pratiquer, toujours d'une manière élémentaire, la prise de vue de ces "fantômes".

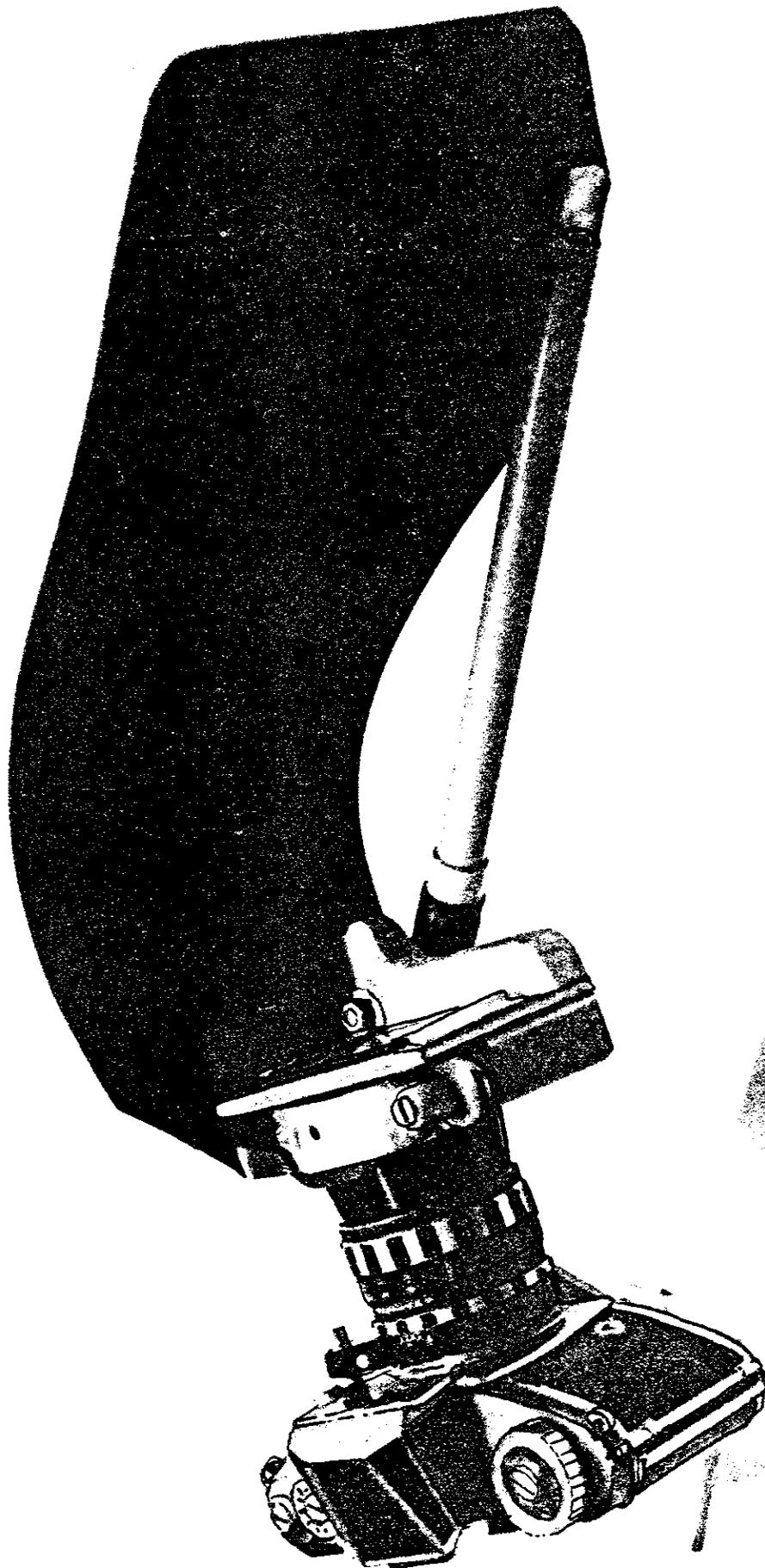
1°) L'appareil:

Sa conception est basée sur la technique du réseau placé devant l'objectif; les faisceaux qui nous proviennent des astres sont, individuellement, considérés comme parallèles. À la sortie du réseau, chaque longueur d'onde est déviée différemment; un objectif donnera donc une image étalée (pratiquement une fine ligne droite) de la source.



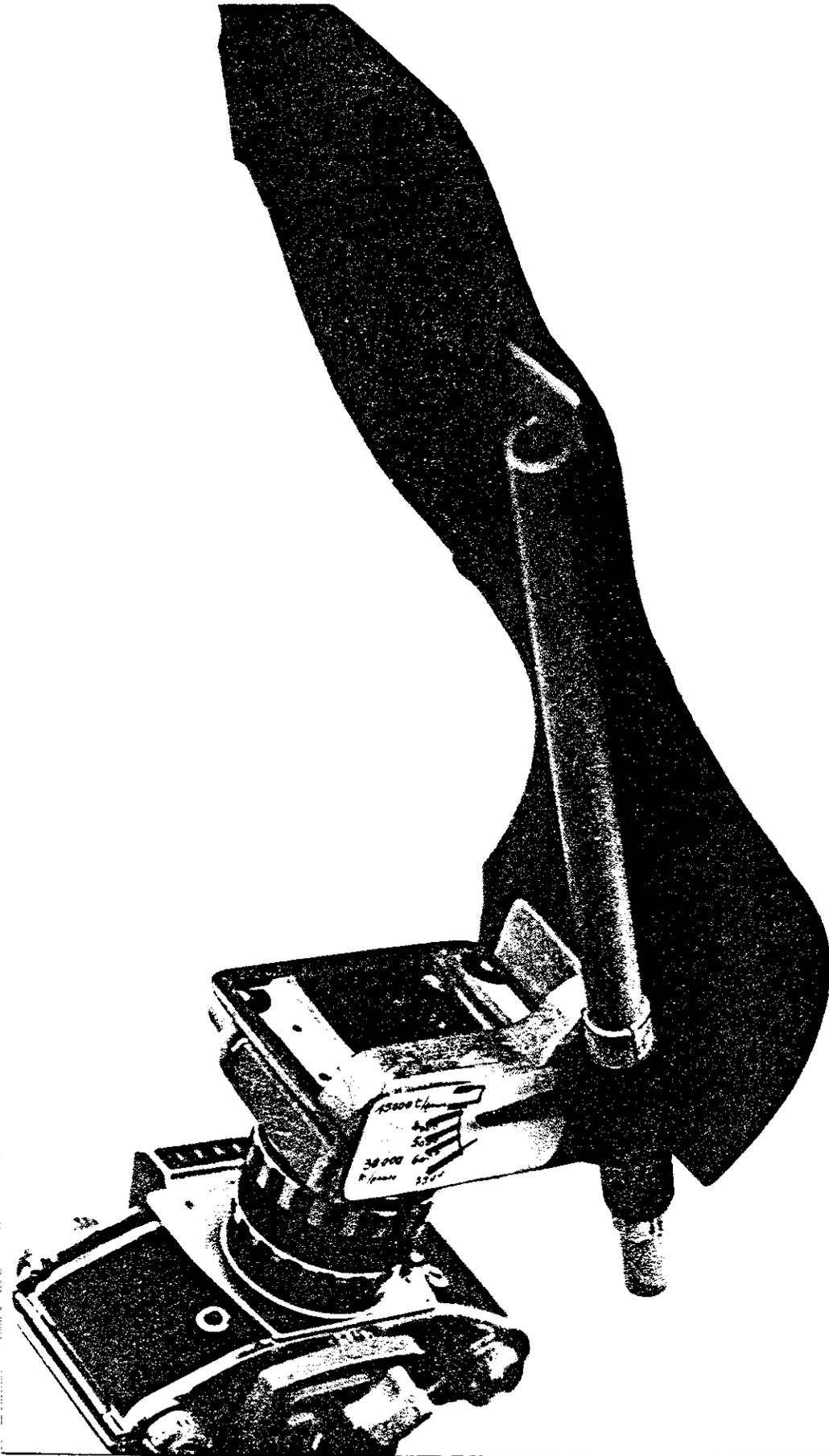
Deux réseaux Rank (distribués par Damelec, 240 av. Roger Salengro, 69100 Villeurbanne) donnent des résultats intéressants: le 15000 traits par pouce (590 traits/mm) et le 30 000 traits par pouce (1180 traits/mm).

Comme le montre le croquis ci-dessus, la lentille frontale de l'objectif doit être choisie assez grande pour ne pas diaphragmer la largeur du réseau, donc pour utiliser tous ses traits. Notons qu'un objectif de trop longue focale n'enregistrerait qu'une partie du spectre à la fois, étalerait l'énergie lumineuse sur une plus grande surface et poserait les mêmes problèmes de guidage sur les montures simplifiées que nous venons d'étudier.



LE MONTAGE VU DE DESSUS :

Un collier fixe le cadre sur l'objectif, le réseau se trouve dans ses glissières; le tube de visée (voir texte), décalé par rapport à l'axe optique, supporte le papier noir et sert à viser l'astre dont on désire le spectre.



LE MONTAGE VU DE DESSOUS:

L'aiguille fixée au tube de visée, là où celui-ci pivote, indique, sous le montage, les déviations du faisceau lumineux en fonction des longueurs d'onde et cela pour les deux réseaux utilisés; le réseau a, ici, été enlevé.

Dans les expériences réalisées avec ce matériel, un objectif de 135mm de focale, ouvert à $f/2,8$, associé à chacun des deux réseaux, a donné de bons résultats.

En se reportant aux photos, on peut voir que la légèreté du montage s'ajoute à un certain confort d'utilisation:

- la présence du tube de visée résout le problème posé par la déviation des rayons dans cet appareil diabolique. La vue de dessous montre qu'une petite lame de tôle (l'aiguille) a été soudée au tube; soudé au même endroit, perpendiculairement au tube, un boulon traverse le petit bâti de bois et constitue l'axe de rotation du tube.

- le calcul, grâce à la formule des réseaux:

$$n.k.\lambda. = \sin. \hat{i} + \sin. \hat{r} \quad (\text{où l'on peut annuler } \hat{r}),$$

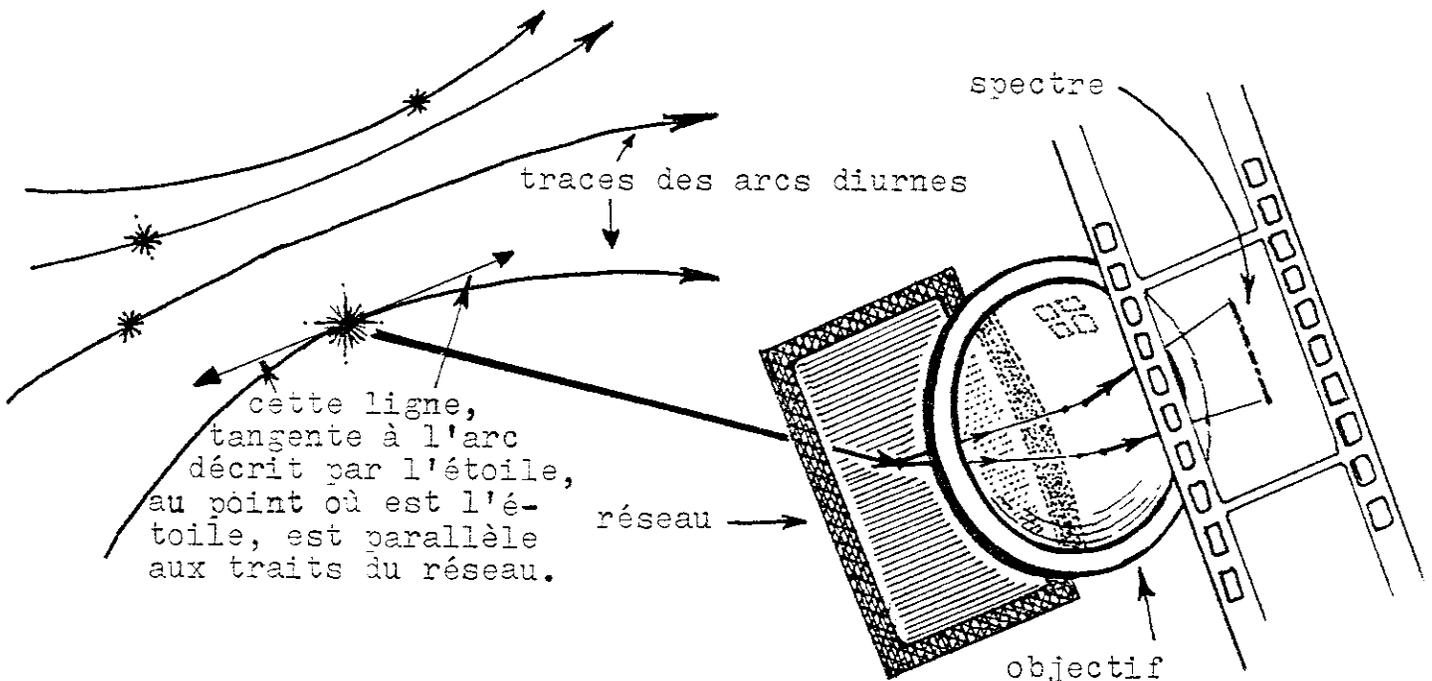
donne les angles de déviation en fonction des longueurs d'ondes λ et du nombre de traits au mm (n); on choisit 1 pour l'ordre k .

- les angles ainsi trouvés sont alors reportés sous le bâti, en bout d'aiguille, et servent de graduation.

2°) orientation :

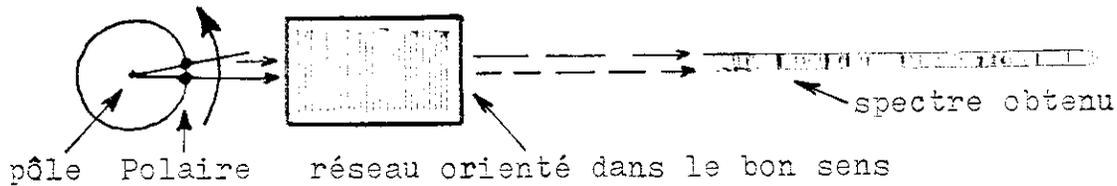
En plaçant le réseau (ici rectangulaire) dans le même sens que le rectangle du format 24x36, les spectres s'alignent parallèlement à la longueur du format, puisque les traits du réseau sont parallèles à la largeur de celui-ci.

En orientant, ensuite, ce montage de telle sorte que les traits du réseau soient parallèles au sens de défilement des astres, (ou, plus précisément, aux tangentes géométriques aux arcs diurnes)

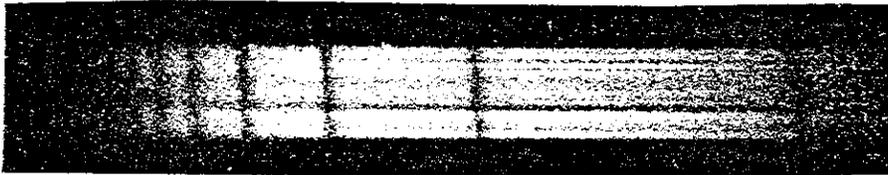


on constate que les spectres s'orientent, sur les clichés, parallèlement aux arcs de déclinaison; le mouvement diurne étale dans ce cas les spectres en largeur, ce qui les rend lisibles.

Autrement dit, une monture immobile (ou bien le spectrographe posé sur un support stable) doit déjà enregistrer des spectres. Cela se vérifie pour les étoiles brillantes et même pour un cas particulier d'étoile moins brillante mais exceptionnellement bien placée, à savoir la Polaire. En effet, l'arc décrit par cette étoile reste très court par unité de temps, et le spectre s'étale



très peu et "prend son temps" pour impressionner la pellicule. Une pose de 15 minutes a donné une image lisible. Le spectre de Sirius



ci-dessus fut réalisé un soir de mistral, en pose fixe; les inévitables vibrations de l'appareil (quelle idée d'embarquer une voile de papier noir sur ce navire étrange !) ont provoqué de petites irrégularités d'étalement visibles sur le cliché.

3°) les astres moins brillants:

Leurs spectres peuvent être obtenus en utilisant la monture équatoriale; la prolongation de la pose devient efficace grâce à une poursuite par à-coups dont la description suivante doit vous donner un aperçu:

a) pointage de l'aiguille des longueurs d'ondes sur la graduation indiquant la longueur d'onde centrale du cliché; on peut, en effet, désirer un spectre plus ou moins décalé dans le format afin de centrer la partie bleue ou la partie rouge; cela reste surtout valable dans le cas du réseau à 30 000 traits et d'une focale de 135mm, car le spectre, assez long, sort un peu du format en cas de pointage hâtif; mais surtout, une étoile rouge rayonne peu dans le violet alors qu'une étoile bleue sera plus intéressante du côté des courtes longueurs d'ondes.

L'appareil est muni de son papier noir qui masque les astres situés dans l'axe de l'optique.

b) sans toucher au tube de visée, puisque l'aiguille en est solidaire, pointage de l'astre dont on veut le spectre en déplaçant en bloc le groupe " appareil-réseau-tube "; lorsque l'étoile apparaît dans le petit tube, le spectre doit se trouver dans le champ du 24x36.

c) la pose débute, monture immobile; on laisse défiler le ciel, le spectre s'étale tout seul en largeur.

d) au bout de quelques secondes (temps variable, de 10 à 30 s. environ, déterminé expérimentalement en fonction du réseau, de la focale, de la magnitude de l'objet mais aussi de la surface sensible réceptrice), on "rattrape" l'astre par une rotation du bouton qui replace ainsi le spectre dans sa position première sur le film. On tient compte, dans le temps total de balayage, du temps mis pour le rattrapage.

Le spectre s'étale et se superpose à lui même grâce à cette poursuite en zig-zag; les images obtenues offrent à l'amateur des éléments suffisamment variés (étoiles de températures différentes, de masses différentes aux raies plus ou moins larges, analyse, même sommaire, des compositions chimiques des étoiles, etc...) pour que cette technique perde un peu de son mystère et qu'elle soit largement utilisée.



Sirius, étoile de type A, chaude et naine: raies larges.



Rigel, supergéante A, aux raies très fines (zone bleue du spectre).



La Nébuleuse d'Orion : le fond continu est dû aux étoiles proches, les raies en émission, et non plus en absorption, proviennent de la nébuleuse elle-même.

Daniel BARDIN; Marseille.

Note de la rédaction: C'est avec ce travail que Daniel Bardin a obtenu le premier prix du concours du futur Musée des Sciences et Techniques de la Villette (voir les Cahiers Clairaut n°17).

Errants et errances

Notes pour tenter de comprendre l'histoire
de la découverte de l'attraction universelle

"Qui peut expliquer ce qu'est
l'essence de l'attraction ou
de la pesanteur ?"

Charles Darwin (Origine des espèces)

Toujours la même idée. Apprendre à relire les textes anciens, non avec nos lunettes modernes, mais avec les yeux des contemporains. Retrouver, autant que nous le pouvons, la naïveté des vrais chercheurs qui ignoraient - fallait-il qu'ils soient bornés -, ce que leurs successeurs ont découvert. Marcher avec eux, buter sur les mêmes obstacles, reconnaître avec eux les limites de leur horizon. Bref, à bonne école, apprendre à se poser de bonnes questions.

Il y a des errants

===== Dès que les hommes prirent la bonne habitude d'observer le ciel, d'y chercher "ce qui demeure" (les savants d'aujourd'hui disent les invariants) et ce qui se reproduit régulièrement dans ce qui change (des lois de transformation, une autre forme d'invariants), ils distinguèrent les astres fixes, les étoiles, qui dessinent les constellations aux formes invariables et sept objets exceptionnels, les astres errants. Parmi eux, le Soleil et la Lune, exceptions parmi les exceptions : ils ont un diamètre apparent visible à l'oeil nu. Cinq autres astres plus mystérieux, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne dont l'errance, suivie nuit après nuit, se situe comme celle des deux premiers dans une zone bien limitée, le zodiaque ; et ceci avec un mouvement compliqué de rétrogradations...

L'humanité a donc le spectacle d'un ciel permanent, celui des constellations aux figures poétiques et, d'autre part, la configuration changeante des errants. Changeante, variée, comme l'est la collection des destinées humaines. Ainsi naquit l'idée, j'imagine, de rapprocher la date de naissance d'un individu et la configuration des errants au même moment. On sait quel fut le succès des considérations astrologiques quand rien dans la connaissance des errants ne permettait d'infirmes leurs fondements. Les prétentions scientifiques de l'astrologie sont donc aujourd'hui réduites à néant mais il faut reconnaître que pour nos lointains ancêtres il était plus facile de croire à l'influence des astres qu'à celle de gènes microscopiques et insoupçonnables.

Attribuer aux mouvements des errants un rôle dans nos destinées était donc faux, c'était pourtant une bonne idée dans la mesure où elle conduisait à s'interroger sur ces mouvements. Les observer d'abord. Se poser ensuite la bonne question :

Ces errants, comment errent-ils ?

===== Pour y répondre, d'abord observer. Observer de façon de plus en plus fine : on repère la position des errants par rapport aux fixes en notant les dates. De jour en jour, de nuit en nuit, on trace des trajectoires sur les primitives cartes du ciel qui peu à peu se précisent à leur tour. Pour Hipparque, il y a plus de deux mille ans, les mesures sont assez précises pour qu'il découvre la précession des équinoxes, un décalage de 50" par an du point vernal sur l'équateur céleste.

A la fin du premier siècle de notre ère, un savant comme Ptolémée peut concevoir un système qui permet, comme on le dira encore quinze siècles plus tard, de "sauver les phénomènes". Cela signifie décrire les phénomènes : voilà ce qui se passe. Une description qui permet des prévisions, en particulier celle des éclipses.

La description est fondée sur des mesures c'est à dire un bon repérage. Dans le système de Ptolémée, la Terre qui est sphérique est au centre d'une sphère céleste, la sphère des fixes, animée comme un solide d'un mouvement de rotation qui explique l'alternance du jour et de la nuit. Et pour les errants ? Pour le Soleil et pour la Lune, pas trop de difficultés : il suffit de les placer sur des sphères concentriques aux précédentes (à peu de choses près) et de leur attribuer un mouvement de rotation propre. Pour les autres errants, les rétrogradations observées exigent des compositions plus compliquées de plusieurs mouvements de rotation (déférents et épicycles). C'est très ingénieux, mais cela reste une pure description, le pourquoi de ces mouvements est une question qui n'est pas posée.

Avec Copernic (1543), il y a changement dans le repère fixe, c'est le Soleil et non plus la Terre. Mais le principe de la description reste le même, un système de sphères emboîtées les unes dans les autres, les orbites. Il y a même, chez Copernic, une curieuse survivance géocentrique : le centre du système n'est pas le centre du Soleil mais le centre de l'orbite terrestre et, depuis Hipparque, on sait qu'il faut excentrer l'orbite apparente du Soleil donc excentrer, dans le système de Copernic, l'orbite terrestre. [Kepler, dès 1595, dans son Mystère Cosmographique, corrige cet archaïsme ; il montre que les plans des orbites planétaires passent par le centre du Soleil ; pour lui et à partir de lui, l'héliocentrisme est un fait acquis.]

Le système de Copernic est d'autant plus compliqué dans son détail que, pour "sauver les phénomènes" et en particulier pour rendre compte des rétrogradations des cinq planètes, il s'estreint à composer un ensemble de rotations uniformes. Il faut essayer de comprendre ce prix exceptionnel attribué à la rotation uniforme. **Pour Copernic comme pour tous ses prédécesseurs et beaucoup de ses successeurs, la rotation uniforme est un mouvement naturel.** Le mouvement rectiligne n'existe que là où se développe un effort contraignant ; pour mouvoir une barque en ligne droite, il faut ramer. Au contraire, les sphères célestes tournent toutes seules. Il n'y a pas à imaginer de causes spéciales pour les mouvements des planètes : enchâssées sur des sphères solides, les orbites, elles sont entraînées "naturellement" par la rotation de ces sphères. Bref, Copernic, tout comme Ptolémée, donne un modèle purement cinématique du système solaire.

Mais qu'est-ce qui fait donc errer les errants ?

===== Kepler va commencer à se poser la question. Pour lui, la gravité est une tendance, celle d'un grave, d'un corps lourd, à se rapprocher du centre de la Terre : tendance de la partie à se rapprocher du tout.

C'est "une relation corporelle réciproque entre les corps parents pour l'union ou la conjonction, de sorte que la Terre tire à soi la pierre beaucoup plus que la pierre désire la Terre." (préface de *Astronomia Nova*, 1609)

Cette action s'étend jusqu'à la Lune : "Si la Lune et la Terre n'étaient pas retenues par une force animée ou par quelque autre équivalente qu'il plaît sur leur circuit, la Terre monterait vers la Lune de la cinquante quatrième partie de l'intervalle, la Lune descendrait vers la Terre de cinquante trois parties de l'intervalle environ et elles se joindraient là, étant posé cependant que la substance de l'une et de l'autre est d'une même densité."

Ce texte appelle plusieurs remarques :

1°) Sur la force animée qui retient la Lune sur son orbite, Kepler s'expliquera plus loin. Notons cependant que pour lui, le cas de la Lune est particulier, il la suppose de même substance que la Terre. Il n'étendra pas cette "tendance" à se rapprocher, à se rejoindre qui unifierait gravité à la surface de la Terre et gravitation des planètes, il ne l'étendra pas au delà de l'orbite de la Lune.

2°) Mais alors pourquoi diviser l'intervalle Terre-Lune en 54 parties ? Puisque Kepler suppose égales les densités moyennes des deux astres, il fallait diviser l'intervalle en 49 ou 50 parties si j'en crois ma calculette qui sait élever au cube le rapport des rayons. Disons que Kepler sous-estime alors le rayon de la Lune (de quelques 50 km) ce qui n'est pas terrible. Malheureusement, l'hypothèse des densités égales est grossièrement fautive : densité terrestre 5,52 et densité lunaire 3,34, ce que Kepler ne pouvait savoir. Aujourd'hui, nous connaissons le rapport des masses, c'est même un nombre facile à retenir 0,0123. Il en résulte que le centre des masses du système Terre-Lune vers lequel Kepler imaginait que les deux astres tendraient à se rejoindre (sans l'effet contrariant de la "force animée") se trouve environ à la 82^{ème} partie de l'intervalle soit à 4 680 km du centre de la Terre.

[En passant, retenons ce résultat lourd (si j'ose ainsi m'exprimer) de conséquences. Newton nous montrera que c'est ce point qui décrit une orbite keplerienne autour du Soleil, le centre de la Terre et le centre de la Lune décrivant des orbites kepleriennes autour de ce centre des masses. Comme on le dit souvent, la Terre et la Lune : une sorte de planète double. Pensez que les observations astronomiques et les mesures sont rapportées au centre de la Terre ; il en résulte de multiples inégalités. Parmi elles, la plus évidente est sans doute la variation de l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux équinoxes de printemps successifs (ou "année des saisons").

En tout cas, on est invité à ne pas confondre ce centre des masses du système Terre-Lune avec le "point neutre" où les attractions

respectives de la Terre et de la Lune s'équilibrent. Nous en reparlerons plus loin car, évidemment, pour Kepler l'existence de ce point neutre ne se posait pas.]

Que proposait-il donc pour expliquer le mouvement des errants, lui qui empêchait les planètes de tourner en rond ? Il revient sur cette "force animée", constatant qu'avec les orbites elliptiques la solutions des orbes entraînant est condamnée et "la condition des Intelligences et des âmes motrices deviendra très dure tandis qu'elles sont obligées de veiller sur des choses si nombreuses qu'elles transportent chaque planète selon les deux mouvements unis." (Astronomia Nova, préface)

Les deux mouvements unis, entendez par là que la planète doit suivre une orbite elliptique (première loi), tout en observant la loi des aires (deuxième loi). Ce qui exige à chaque instant variation de la vitesse en grandeur et direction. Variation à chaque instant, il y a là le germe de l'analyse infinitésimale, sinon le germe, la promesse. Sans doute, vous représentez-vous la vitesse comme un vecteur et la variation de ce vecteur ne vous paraît guère plus difficile à imaginer sur une trajectoire elliptique ou circulaire. Mais il se peut que la simplicité du symbolisme vectoriel vous masque la véritable difficulté : d'un point du cercle à un autre, même variation instantanée, tous les points du cercle se valent, tous les points d'un cercle sont des "sommets" ce qui n'est pas le cas sur une ellipse (voir l'encadré 1).

Kepler a conscience des difficultés ; il propose néanmoins une solution :

"C'est pourquoi une induction étant faite à partir de toutes les planètes, il est démontré par anticipation dans la troisième partie [de Astronomia Nova], puisqu'il n'y a aucune orbe solide comme le démontra Brahé à partir des trajectoires des comètes, que le corps du Soleil est donc la source de vertu qui fait tourner toutes les planètes. J'ai défini encore un tel mode, que le Soleil restant certes en son lieu, il soit pourtant tourné en rond comme une roue de potier, qu'il émette en vérité hors de soi dans l'étendue du monde, une apparence immatérielle de son corps, analogue à l'apparence immatérielle de sa lumière, laquelle apparence selon la rotation du corps solaire est elle-même tournée également à l'instar d'un rapide tourbillon par toute l'étendue du monde ; et elle transporte en même temps avec soi, en rond, les corps des planètes par un enlèvement soutenu ou modéré, selon qu'elle est plus dense ou plus rare, qu'elle se sera écoulée par sa propre loi."

L'image de la roue de potier n'est pas seulement belle. Elle est raisonnable dans le cadre des idées de Kepler. Mais, d'abord, remarquons que c'est seulement quatre ans après la publication de Astronomia Nova que Galilée, à partir de l'observation des taches solaires, confirme le fait, la rotation propre du Soleil. Quant à l'aspect mécanique de l'explication de Kepler, il faut savoir que pour lui l'inertie n'est pas la propriété qui maintient en mouvement rectiligne et uniforme un corps isolé animé d'une certaine vitesse, c'est au contraire une sorte de résistance qu'il faut vaincre pour qu'un mouvement se produise. La persistance d'un mouvement implique donc l'action d'un moteur et, pour Kepler, la vitesse est proportionnelle à l'action de cette force. Or, une

analyse erronée l'a amené à affirmer que la vitesse d'une planète est inversement proportionnelle à sa distance au Soleil (voir encadré 1). Ce qui l'amène très logiquement à déduire que l'action du Soleil est inversement proportionnelle à la distance aux planètes. Il admet d'ailleurs que cette "espèce motrice" ne se propage que dans le plan de l'écliptique : pourquoi irait-elle se perdre dans les espaces où il n'y a rien à mouvoir ? Enfin Kepler ajoute l'hypothèse de forces magnétiques émanant du Soleil et qui s'ajoutent à l'action du tourbillon aplati : ces actions magnétiques d'attraction ou de répulsion expliquent l'ellipticité des orbites, sans elles le tourbillon provoqué par le tour de potier solaire ne donnerait que des orbites circulaires.

Le jugement de Bouillaud

=====
Gardons-nous de juger les idées de Kepler du haut de nos connaissances actuelles. Intéressons-nous plutôt à l'influence qu'elles ont pu avoir sur ses contemporains. "L'espèce motrice" qui émane du Soleil, conjuguée avec des forces magnétiques, ce n'est pas encore l'attraction à distance, c'est pourtant déjà une notion qui cherche à expliquer les mouvements des errants par une action à distance. C'était une nouveauté. Comment a-t-elle été reçue ?

Selon Koyré (Etudes newtoniennes, p17), le philosophe anglais Francis Bacon (1561-1626) aurait été séduit par les idées de Kepler et, allant plus loin que lui, aurait conçu la notion d'attraction. Mais selon la notice Bacon de l'Encyclopaedia Britannica, le philosophe aurait ignoré l'Astronomia Nova. J'ai trop peu fréquenté Bacon pour dire qui a raison.

Dans son Astronomia Philolaica qui parut à Paris en 1645, Ismaël Bouillaud (voir encadré 2) fait ressortir l'invéraisemblance du tourbillon aplati de l'espèce motrice. A son avis, cette action qui émane du Soleil ne peut que se propager de la même façon dans tout l'espace. Donc, comme la lumière, elle devrait varier en fonction inverse du carré de la distance. Conclusion : il rejette l'espèce motrice de Kepler. Mais il ne propose rien à la place. L'argument de Bouillaud selon lequel l'espèce motrice devrait se propager de façon isotrope ne me paraît pas convaincant : le tour du potier éclabousse plus dans le plan perpendiculaire à l'axe que dans la direction de cet axe. Et l'on est bien curieux aujourd'hui de ce que nous apprendront les sondes qui iront explorer les pôles du Soleil.

Mais pour en revenir aux idées de Kepler, disons qu'elles ne soulevèrent pas un enthousiasme universel. Elles participent pourtant à cette grande fermentation des idées qui marquent ce XVII^{ème} siècle, ce grand siècle scientifique. Le problème de la stabilité du système solaire qui est au coeur des préoccupations des astronomes de ce temps va trouver une première solution par la conjonction des réflexions d'un Italien, disciple de Galilée et d'un jeune étudiant Anglais privé d'Université par la grande peste des années 1665-1666. Providentielle peste !

(à suivre)

K.Mizar

FASCICULES DE FORMATION CONTINUE DES MAITRES EN ASTRONOMIE

Le fascicule n°IV "Naissance, vie et mort des étoiles " est paru; il peut être obtenu auprès de L. Gouguenheim, Université Paris-Sud Centre d'Orsay, Labo d'Astronomie Bat.426 91405 ORSAY CEDEX (prix 25 f CCP L. Gouguenheim 20 936 80 V Paris). Les 3 autres fascicules sont toujours disponibles (n°I:l'observation des astres(20f); n°II:les mouvements des astres (25f) et n°III:la lumière messagère des astres (25f)).

LA COULEUR DES ETOILES

Compte rendu d'un PAE réalisé en 81-82 au collège d'Aix-en-Othe.

I - Les raisons du choix d'un tel sujet.

- Le club d'Astronomie du collège fonctionne régulièrement depuis plusieurs années, aussi il a pu être l'ossature d'un projet interdisciplinaire à caractère astronomique.

- Les collègues de nombreuses disciplines étaient prêts à participer à un projet à dominante astronomique.

- Le programme de 4^{ème} permet d'aborder, en sciences physiques, la spectroscopie qui est une discipline fondamentale de l'astronomie moderne.

- La couleur est une notion suffisamment riche pour être étudiée dans plusieurs disciplines, car si elle prend en compte l'aspect quantifiable de la spectroscopie, elle n'est pas limitée à cela. La perception des couleurs et les émotions qui sont liées à ce phénomène dépendent de la lumière reçue, mais aussi de la personne qui reçoit cette lumière. Cet aspect subjectif de la couleur qui appartient aux domaines artistique et littéraire, a pu être étudié au cours de dessin, de latin, de français...

II - Durée consacrée à la réalisation d'un tel projet.

La plupart des classes (sauf les 5^{ème}) ont consacré dans une ou deux disciplines, quelques heures à ce projet.

Une classe de CPPN a construit du matériel d'astronomie pendant tout un trimestre (15 pieds de lunettes, un coffre pour transporter des panneaux d'exposition...)

Le club d'astronomie (une quinzaine d'élèves) a travaillé toute l'année au projet.

III - Réalisation pratique du PAE.

Cette réalisation a subi quelques légères modifications par rapport au projet initial. Ainsi, la notion de seuil de sensibilité à la couleur (donnée de base nécessaire pour comprendre pourquoi seules les étoiles les plus lumineuses paraissent colorées) qui devait être étudiée de façon théorique pendant les cours de sciences naturelles, est apparue plus concrètement quand, par hasard, un élève a remarqué ce phénomène au cours de sciences physiques: il s'est aperçu qu'en utilisant la chambre noire qu'il avait fabriquée, il voyait sur l'écran en noir et blanc les images peu lumineuses et en couleur les images très lumineuses... Les dessins qui ont présenté ce phénomène à l'exposition de fin d'année ont eu bien sûr pour légende le dicton populaire: "la nuit, tous les chats sont gris".

Les textes choisis en français pour évoquer la lumière et la couleur des étoiles furent:

- en 6^{ème}, un texte de Saint-Exupéry

- en 3^{ème}, un extrait de "L'église verte" de Bazin, qui donne les noms et les couleurs de quelques étoiles et un extrait des "Lettres de mon moulin": "les étoiles".

En utilisant des cartes mobiles du ciel, les élèves ont constaté que Daudet était

meilleur conteur qu'astronome... En effet, les données astronomiques qu'il a tirées de l'Almanach provençal sont valables pour l'hiver, alors que le berger conte une histoire qui se passe l'été...

Les légendes étudiées pendant les cours de latin ont permis, avec le support des photos prises par les clubs d'astro et de photo, de réaliser trois panneaux sur les thèmes suivants:

- l'histoire dramatique de Céphée, Cassiopée, Andromède (racontée dans les constellations d'hiver).

- les amours célèbres de Jupiter (d'après les noms donnés aux satellites galiléens de la planète).

- les 12 travaux d'Hercule, considérés non seulement comme une belle légende, mais aussi comme un calendrier primitif, puisque, à chaque travail correspond une

constellation du zodiaque, ce qui indique les différentes positions du Soleil au cours de l'année.

Pour raconter l'histoire de l'astronomie, on a distingué trois grandes époques, et les élèves du club astro ont construit et utilisé des appareils correspondant à ces trois périodes:

- dans l'antiquité, l'un des instruments fondamentaux fut le "gnomon vertical" (piquet ou pointe permettant de suivre l'évolution de l'ombre). A l'aide d'un petit gnomon, le club d'astronomie a déterminé en une journée la direction du méridien du collège.

- Le XVII^{ème} siècle a été très marqué par l'invention de la lunette astronomique qui a permis à Galilée d'apporter des arguments solides à la théorie héliocentrique de Copernic. Naturellement, cette lunette a eu beaucoup de succès auprès des élèves.

- Le XX^{ème} siècle est caractérisé par l'application d'une technologie très poussée à des réalisations grandioses (des grands observatoires aux sondes spatiales). Les instruments modernes que les élèves ont pu utiliser sont des spectroscopes et des appareils photo (8 spectroscopes élémentaires ont été montés par les 6^{ème} en EMT. Un spectroscope plus élaboré, fixé sur une monture azimutale a permis de photographier des spectres du Soleil. En fixant ce même spectroscope sur une monture équatoriale, il a été possible de photographier un spectre de Sirius).

L'étude des ordres de grandeur en mathématiques a permis de construire un modèle réduit de système solaire, sur lequel on a pu visualiser le trajet des sondes Voyager depuis 1977.

Les dessins réalisés dans différentes classes ont permis de présenter à l'exposition des panneaux sur les thèmes suivants:

- la perspective; son application à la mesure des distances en astronomie
- les relations entre sensibilité à la couleur et quantité de lumière
- la composition des couleurs
- la subjectivité de la notion de constellation

En cours d'année, les élèves du club d'astronomie ont réalisé des lunettes (la plupart étaient d'aussi piètre qualité que celle de Galilée, une seule lunette achromatique ayant été réalisée). Ces lunettes ont été fixées sur les supports fabriqués par les élèves de CPPN. Quand le temps le permettait, le club astro a pris de nombreuses photos couleur telles que:

- des champs d'étoiles: Orion donne des résultats intéressants; Bételgeuse apparaît rouge-orangée, la nébuleuse apparaît rose, et quand la pose est longue l'équateur céleste est décelable sur la photo (en une nuit les étoiles de l'équateur décrivent des arcs de cercle comme les autres, mais l'observateur terrestre est situé au centre de ces cercles aussi, sur la photo, la trajectoire apparente de ces étoiles est rectiligne).
- des spectres du Soleil et de Sirius.
- des images de Soleil photographiées sur un calque placé dans une petite boîte derrière une lunette astronomique.

En fin d'année, le club astro sous la conduite du professeur de sciences physiques a regroupé les travaux des différentes classes pour présenter une exposition de dessins, de photos, et d'une partie du matériel astronomique utilisé pour faire ces photos. Toutes les classes du collège sont venues tour à tour visiter cette exposition.

IV - En guise de conclusion.

Pour témoigner de l'impact de ce PAE sur les élèves, il suffit de citer un "petit de 6^{ème}" au soir de l'expo de fin d'année. Il avait passé une partie de la journée à montrer des taches solaires sur un écran derrière sa lunette. Il a conclu: "l'an prochain, sûr que je viendrai encore au club d'astronomie !"

Alors, bien sûr, nous préparons un autre projet pour 82 - 83 ...

Daniel Toussaint

COURRIER DES LECTEURS

Sur l'équation du temps Gérard OUDENOT, responsable de l'astronomie au Palais de la Découverte, est un lecteur attentif des Cahiers. Il nous écrit au sujet de l'article de Jacques Ollier sur le cadran solaire (CC n° 17) : "L'Auteur confond "équation du temps" et "équation du centre" comme on peut le voir dans sa remarque 2 p.17. Confusion qui ne se remarquerait pas et pourrait passer pour une simple imprécision si M.Ollier ne la confirmait, p.20 dans la question n°5 pour laquelle aucune des réponses proposées n'est correcte. Voir à ce sujet les pages D16 et D17 du compte rendu de l'école d'été 1981."

Eratosthène aujourd'hui Une mesure du rayon de la Terre par la méthode d'Eratosthène a été réalisée par des élèves du Collège de Monistrol S/Loire (43120) sous la direction de notre Collègue André DEBACKERE avec le concours de M.LAROUERE, professeur de géographie. Voici un résumé du compte rendu de l'opération :

- 1) Recherche par des élèves de Sixième des villes situées sur le méridien de Monistrol ou s'en écartant au maximum de 4 km.
- 2) Envoi des propositions d'expérience aux collèges de Rozoy sur Serre (02360), collège Marie-Curie à Troyes, collège des Jacobins à Troyes, collège Mistral à Lunel (34400).
- 3) Mesures effectuées par des élèves de Sixième et de Troisième.

4) Echange des résultats, exploitation en classe :

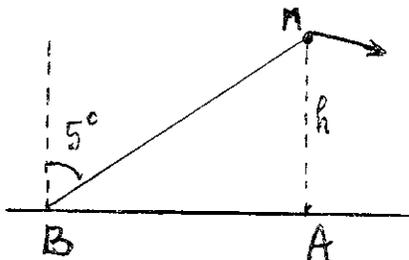
Monistrol le 10/06/82 à 14 h	Rozoy même date
h = 3,92 m ; l = 1,61 =	h = 2,004 m
	l = 1,015 m

distance Rozoy, Monistrol; 489 km
Rayon calculé 6185 km

5) autre mesure faite le 23/09/82 en accord avec un collègue Savart à St Michel (02500) ; résultat obtenu 6 199 km

Le petit problème du météore Rappel de l'énoncé donné dans CC 17 p 29

Un premier observateur voit une étoile filante au zénith, son ami installé à 30 km la voit à 5° de son zénith. Solution donnée par



M. André PHILIPPE, professeur au Collège Jean Mermoz à Wittelsheim (68310)

$h = AB \operatorname{tg} 85^\circ = 125 \text{ km}$

A.P. profitait de sa lettre pour nous poser des questions sur la libration de la Lune. Le sujet est à l'étude.

Le télescope de Dany COENDEN

D'une lettre transmise aux CC par Georges Glaeser, professeur à l'Université Louis-Pasteur à Strasbourg :

Dany COENDEN (Puimichel, 04700 Oraison) est un ouvrier Belge de 32 ans qui a entièrement construit, en Belgique, un télescope de 406 mm de diamètre, ou encore de 1,5 tonne, un des plus grands télescopes d'amateur.

Il a définitivement quitté la Belgique pour venir s'installer à Puimichel, village perché à 700 m d'altitude dans les Alpes de Haute Provence, non loin de St Michel-l'Observatoire, de l'autre côté de la Durance. Le climat y est particulièrement propice à l'observation. Coenden y a racheté deux granges et voudrait construire une tour d'observatoire pour y remonter le télescope, entreposé pour l'instant en pièces détachées.

Avec un autre habitant de Puimichel, ils ont créé une association, Newton 406, dont le but est de créer un lieu d'initiation à l'astronomie. Le Service-Civil International semble intéressé par le projet et envisage d'aider à l'installation.

Club d'astronomie de l'Université du Maine Ce club a organisé en aout dernier un concours pour l'observation des étoiles filantes qui a connu un grand succès (plus de soixante participants).

M. Alain DHOTEL, de Nantes, a obtenu le premier prix (une lunette d'une valeur de 1000 F) récompensant la qualité des photos présentées et le sérieux des commentaires qui les accompagnaient.

L'actif responsable du club, notre Collègue J-P. ROSENTIEHL assure une information des professeurs de mathématiques dans la perspective de l'application des programmes de Terminale A (option astronomie). Six séances ont lieu le jeudi dans l'amphi du lycée Montesquieu.

Une option astronomie est également en préparation pour le DEUG instituteurs à l'Ecole Normale du Mans.

Toutes ces activités sont un bon exemple de ce qui est sans doute réalisable dans beaucoup de villes ... à la condition qu'un animateur s'y dévoue. Le CLEA a été constitué pour coordonner toutes les initiatives semblables, les soutenir et susciter les imitations.

L'équinoxe au bistrot Conversation entendue dans un bistrot, le 23 septembre 1982 :

- C'est aujourd'hui l'équinoxe, je crois !
- Tu as raison : la Lune va être au premier quartier.

"Il ne s'agit pas de comprendre pour les autres mais de mettre les autres en situation de comprendre ; comprendre est aussi important pour chacun de nous qu'aimer ; c'est une activité qui ne se délègue pas ; nous ne chargeons pas Casanova de nos amours, ne chargeons pas les scientifiques de notre compréhension."

Albert Jacquard (Au péril de la science ?)

ESO - OBSERVATOIRE EUROPEEN DE L'HEMISPHERE SUD

Note de la rédaction: nous publions ici la première partie de cet article consacré à l'Observatoire Européen de l'hémisphère Sud. La seconde partie, qui traite du grand télescope de 3,6 mètres, sera publiée dans le numéro 20 des Cahiers.

"La astronomia europea mira hacia el sur...", ainsi commence la plaquette à l'usage du grand public, qui décrit l'ESO, ce grand observatoire européen situé dans la partie chilienne de la Cordillère des Andes, à 2400 m d'altitude et où l'on a installé plus de 10 télescopes dont les tailles varient de 50 cm à 3.6 m de diamètre.

Mais, pourquoi l'ESO ?

Vers les années 60, s'est fait sentir le besoin, dans la communauté astronomique européenne, d'un site d'observations dans l'hémisphère sud afin d'étudier le ciel austral. Entre autres, on rencontre dans le ciel austral, nos deux galaxies-compagnons, les Nuages de Magellan qui sont deux galaxies irrégulières dans lesquelles on peut encore étudier les étoiles individuellement ; mais aussi on y accède à la partie de la Voie Lactée - notre Galaxie - non visible depuis les télescopes situés en Europe, en particulier on peut y observer dans la direction du Centre de notre Galaxie. Là existaient donc des justifications astronomiques de choix pour l'implantation d'un observatoire dans l'hémisphère sud, et qui plus est, un observatoire équipé d'un grand télescope, car les étoiles dans les Nuages de Magellan par exemple sont des objets faibles et nécessitent, pour être étudiées, un grand collecteur de lumière. Il se trouve que par ailleurs les progrès technologiques permettaient la réalisation d'un tel projet.

Cependant, on comprend que l'installation, en plein désert, à 2400 m d'altitude, d'un site d'observation équipé des télescopes les plus modernes demande des efforts financiers importants : d'où cette idée d'une collaboration européenne. Elle comportait au départ, les pays suivant : Allemagne, Belgique, Danemark, France, Hollande et Suède. A ces pays se sont rajoutés depuis peu la Suisse et l'Italie. Chaque pays contribue pour une fraction déterminée de l'effort financier, à l'implantation, à l'extension et au fonctionnement du site. Le partage

effectif d'un observatoire commun a en outre l'avantage de permettre le développement de collaborations entre les astronomes des divers pays membres, la circulation rapide des informations et résultats astronomiques, le décloisonnement des groupes de recherche nationaux...

Comment le site du Chili a-t-il été choisi ?

Entre 1961 et 1963, deux sites essentiellement avaient été bien prospectés :

- en Afrique du Sud, dans la zone ouest du Beaufort (Zeekoegat, latitude -32.5°)
- au Chili, dans la Cordillière des Andes près de Vicuna et La Serena (latitude -30°).

Voici quelques uns des résultats de cette prospection :

a) Nous présentons Fig. 1, pour les années 1961 à 1963, le pourcentage de nuits claires pour ces 2 sites.

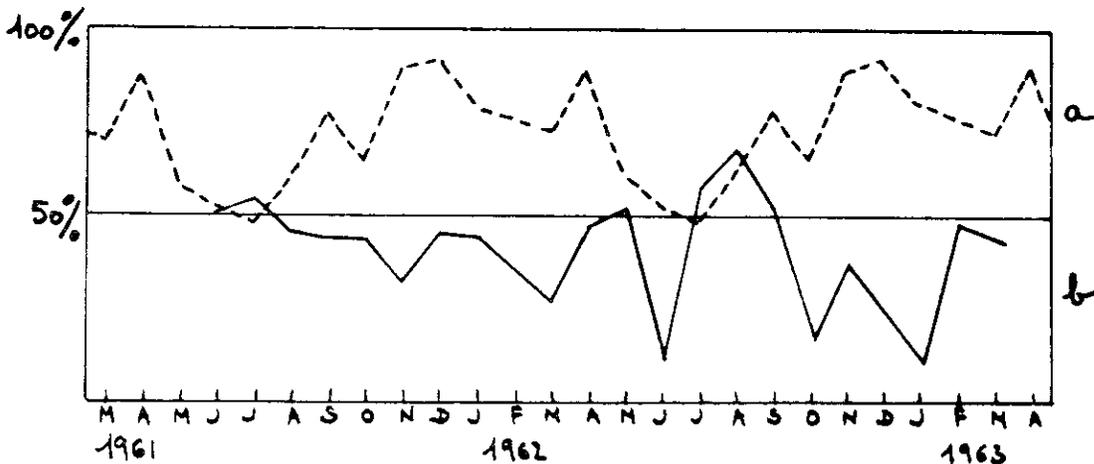


Figure 1 : Nombre relatif de nuits claires au Chili (a) et en Afrique du Sud (b), entre 1961 et 1963.

- b) En ce qui concerne la qualité des images, à nouveau le site de la Cordillière des Andes donnait de meilleurs résultats, tant du point de vue du diamètre des images stellaires que de celui du déplacement global de ces images, sous l'effet de la turbulence atmosphérique.
- c) Nous présentons Fig. 2, la variation de température nocturne pour les 2 sites. Cette variation doit être faible puisque tout change-

ment de température des miroirs entraîne une variation de la position du foyer du télescope. La diminution moyenne de 5°C observée à Zeekoegat est donc moins favorable que celle de 1.5°C seulement au Chili.

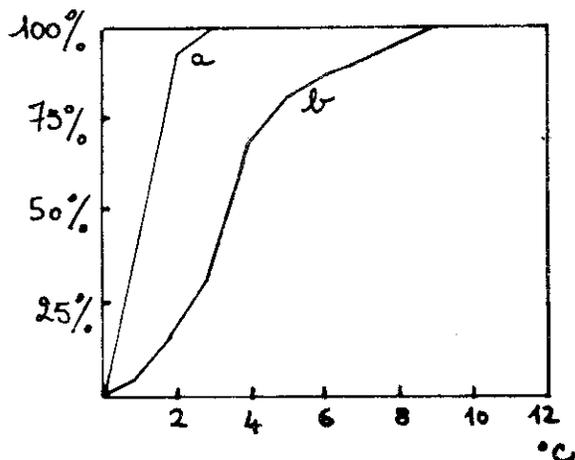


Figure 2 : Chute de température pendant la nuit : a, Chili ; b, Afrique du Sud (Zeekoegat).

d) D'autres paramètres ont été étudiés et comparés, tels que la vitesse, l'orientation et la fréquence des vents, l'extinction par les poussières en suspension... etc.

Finalement, en 1965, à la suite d'un document analysant toutes ces données, on relève la conclusion suivante : "sur la base de ces données, nous pensons que, d'un point de vue astronomique, le site du Chili doit définitivement être préféré". L'emplacement du futur observatoire européen venait d'être décidé.

Il se trouve à La Silla, dans le désert d'Atacama, à 600 km au nord de Santiago.

Latitude	Longitude	Altitude
29° 15' S	70° 44' W	2400 m

Le 25 mars 1969, l'observatoire fut inauguré en ces termes par le Président du Chili, Eduardo Frei : "C'est pour moi un grand honneur et privilège que d'inaugurer l'observatoire astronomique que la Communauté Européenne a construit, ici, au Chili. Pour nous, cela ne représente pas uniquement la construction de bâtiments pour un centre de recherches scientifiques ; nous espérons - car nous croyons en un commerce secret de l'esprit - que notre pays bénéficiera de la présence d'hommes qui, dans le silence, explorent le ciel depuis ce sommet privilégié. Qu'ils nous apprennent l'harmonie et la grandeur de l'Univers, mais aussi l'humilité que leur profession et leur motivation leurs ont

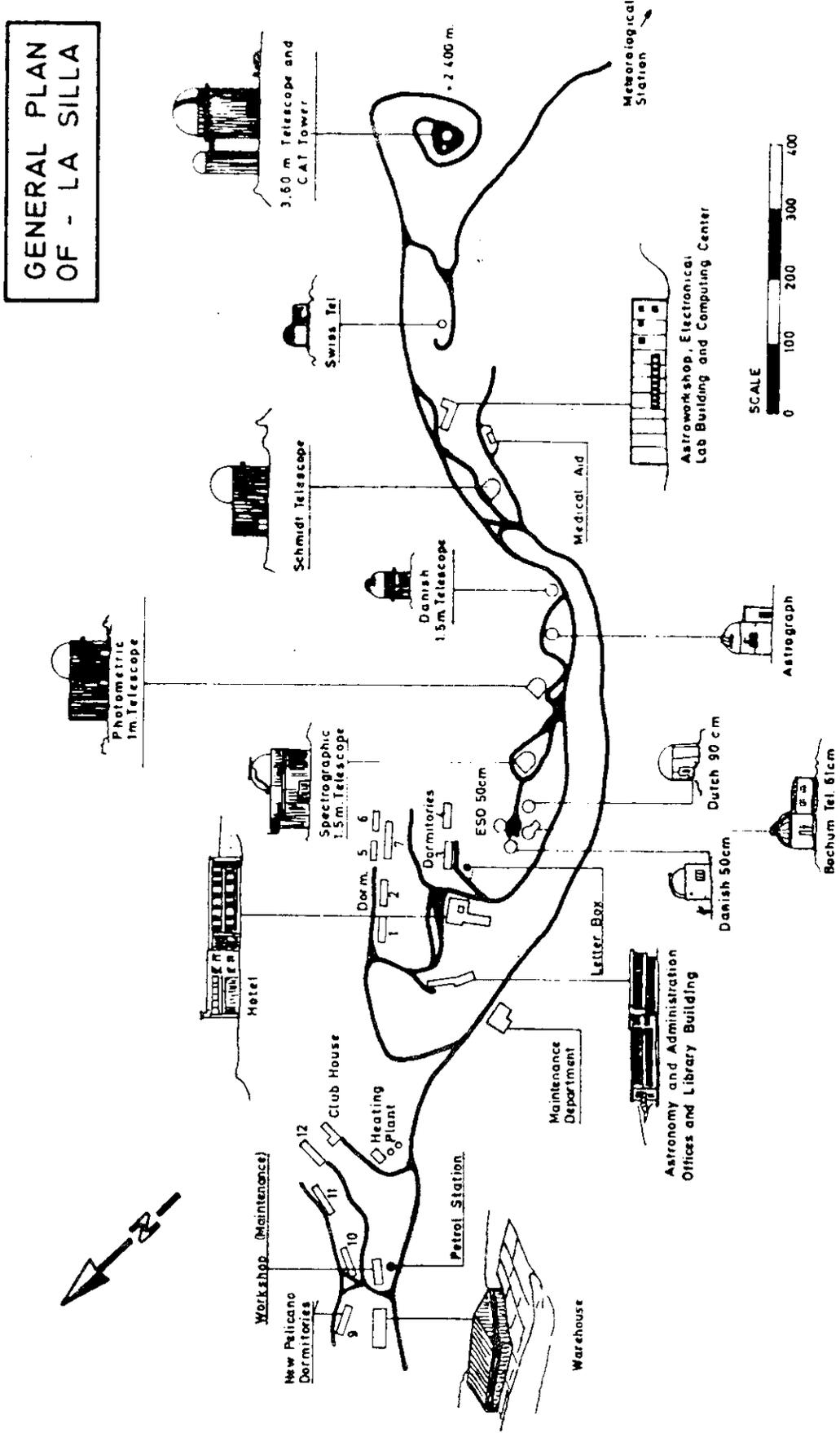


Figure 3 : Plan général de l'observatoire de l'ESO à La Silla.

enseignée".

Les premières missions d'observations commencèrent sur le télescope photométrique de 1 m de diamètre en mars 1969... et depuis se sont poursuivies avec un réel succès sur l'ensemble des télescopes.

Que trouve-t-on sur le site ?

L'implantation du site a nécessité, dans un premier temps, des travaux d'infra-structure :

- route de 20 km à tracer dans la zone montagneuse, entre le camp de base de Pélicano (à 1050 m d'altitude) et le sommet où les télescopes devaient être installés.
- alimentation en eau : 3 puits de 30 m de profondeur ont été forés au camp de Pélicano, puis l'eau - filtrée et purifiée - est acheminée au sommet au moyen de 2 stations de pompage intermédiaires, ainsi élevée d'une altitude de 1400 m.
- l'électricité nécessaire à la station d'observation est produite par des générateurs-diesel de 115 kVA, 380/220 V chaque, situés au camp de base.

Nous présentons, Fig.3, le plan général de l'observatoire. Il comporte les télescopes suivants, répartis le long de la ligne de crête:

- télescope danois de 50 cm : photométrie stellaire
- télescope ESO de 50 cm : photométrie stellaire
- télescope Bochum de 61 cm : photométrie stellaire
- télescope hollandais de 90 cm, photométrie stellaire
- télescope de 1.5 m : spectroscopie et photométrie
- télescope de 1 m : photométrie, polarimétrie, observations infra-rouge.
- astrographe
- télescope danois de 1.5 m : spectroscopie, photométrie et imagerie directe
- télescope de Schmidt, 1 m de diamètre : photographie systématique du ciel austral en deux couleurs (bleu et rouge)
- télescope suisse
- télescope de 3.6 m et son télescope auxillaire pour le foyer Coudé : voir ci-après.

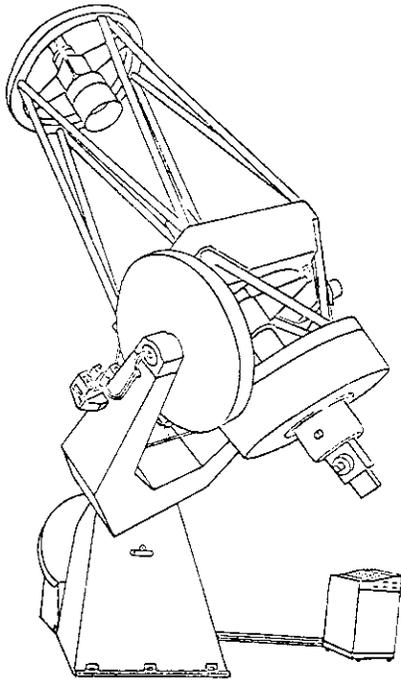


Figure 4 : Le télescope de 1 m de diamètre.

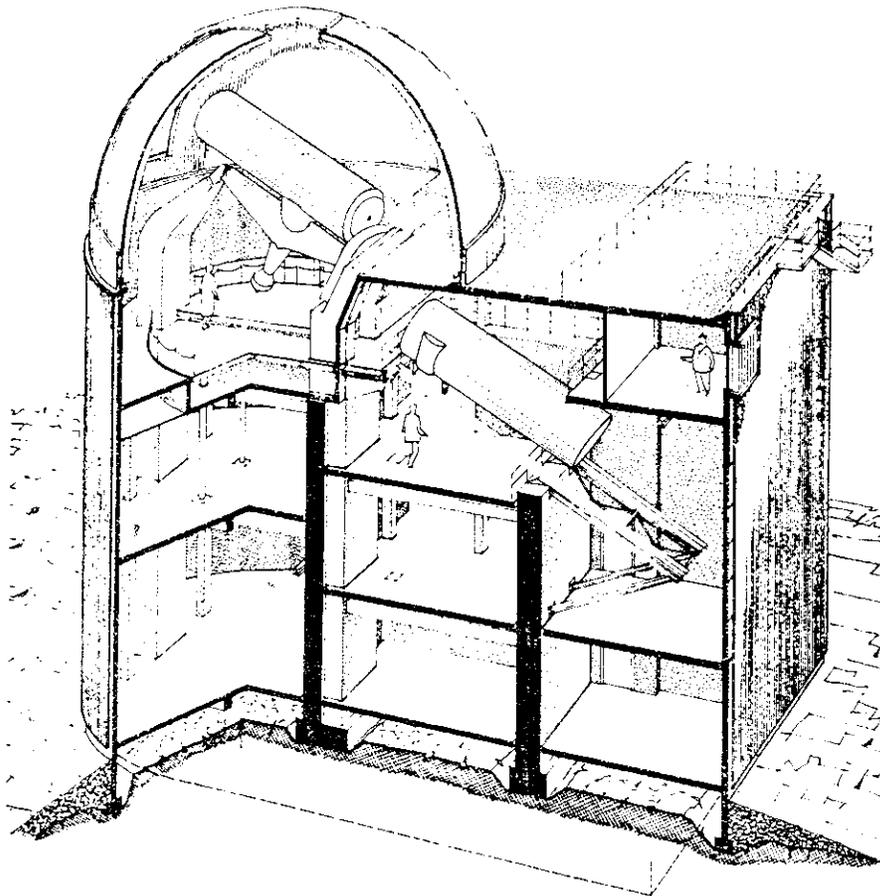


Figure 5 : Le télescope spectrographique de 1.5 m et son bâtiment.

D'autres développements sont à l'étude :

- un deuxième télescope de 3.5 m de diamètre, planifié pour dans 4 à 5 ans
- un télescope allemand de 2.2 m, prévu pour être en fonctionnement d'ici 2 ans
- un télescope de 16 m de diamètre approximativement, conçu dans le cadre de technologies de pointe et dont on pense qu'il sera en état d'être utilisé dans une dizaine d'années.

A l'ensemble de ces télescopes, on peut adapter une instrumentation performante : photomètres pour déterminer les flux et les distributions énergétiques des différents objets étudiés, polarimètres afin de mesurer la polarisation de la lumière, spectrographes aux foyers Cassegrain ou Coudé afin d'analyser les raies spectrales, systèmes à imagerie directe tels que CCD, caméras électroniques...

Outre les télescopes, ont été construits sur le site les divers bâtiments nécessaires à la maintenance technologique : ateliers d'optique, d'électronique, de mécanique et magasins ; également les bâtiments nécessaires au travail scientifique : bibliothèque, centre de calcul et ordinateurs, bureaux, salles de réunion ; et enfin, ceux nécessaires à la vie sur le site : restaurant, chambres, salles de repos.

Danièle ALLOIN (à suivre)
(Observatoire de Meudon)

L'HORLOGE DE L'ASTRONOME (réponse au problème de la p. 24)

Ce problème est un problème classique d'horloge. Entre midi et minuit, la petite aiguille effectue un tour et la grande 12 tours et ainsi la grande aiguille dépasse la petite 11 fois dans l'intervalle de 12 heures. Entre chaque dépassement, l'intervalle de temps qui s'écoule est simplement égal à: $12/11$ h = 1h 5 min (27 + 3/11) s.
A partir de 12h, les dépassements se produisent à 1h 5min 27s, 2h 10 min 54s, 3h 16min 22s, 4h 21min 49s, 5h 27min 16s, 6h 32min 44s, 7h 38min 11s, 8h 43min 38s, 10h 54min 33s. La seule heure qui corresponde à l'indication de la trotteuse (49s) est 4h 21min 49s, heure du décès de l'astronome.

TELESCOPE A REALISER SOI-MEME EN KIT OPTIQUE COMPLET

Vous avez été nombreux à nous écrire pour nous demander comment construire un télescope simple. Christian Canard vient de mettre au point un kit optique complet qui comprend:

- le miroir principal sphérique de 90 mm de diamètre et 625 mm de focale, aluminé et protégé, le miroir de renvoi de forme elliptique, aluminé et protégé, deux oculaires simples (8mm grossissement 78 et 20 mm grossissement 20) et le plan de montage complet du télescope et de sa monture (deux montures au choix). La construction est très simple et ne demande que scie, marteau, perceuse manuelle et colle ...

(ASTAM, VIRY 39360 VAUX-LES-ST CLAUDE tel (84) 42 47 51) PRIX TTC et port inclus:430 f et 400 f pour 5 kits et plus.

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

Une lecture non astronomique Je crois utile de la signaler pour deux raisons, le titre du livre, le sujet traité.

Le titre du livre peut faire croire qu'il s'agit d'un ouvrage sur notre planète d'un point de vue cosmologique : Le Destin de la Terre par Jonathan Schell, traduit de l'américain par L.Murail et N.Zimmermann, 260 p, éd Albin Michel.

Mais non, il ne s'agit pas d'astronomie ou de géologie. Schellse pose la question angoissante de notre sort, à nous qui avons pris l'habitude de vivre sur cette planète mais qui avons pris aussi la responsabilité de construire des bombes atomiques. Et l'arsenal ainsi accumulé est largement suffisant pour anéantir toute vie sur cette planète.

Vous m'objecterez que vous ne vous sentez pas directement responsable de cette course aux armements nucléaires. Soit. Mais que pouvons-nous faire, que devons-nous faire pour que l'holocauste nucléaire n'ait pas lieu ? Si le livre de Schell nous incite à y réfléchir, sa lecture aura été utile.

Car, pensez-y, si la vie était anéantie sur la Terre, qui ferait encore de l'astronomie, qui rédigerait les Cahiers Clairaut?

Nouveaux ouvrages sur lesquels il faudra sans doute revenir.

- Les Planètes par André de Cayeux et Serge Brunier, préface par Audouin Dollfus, 192 p, 160 illustrations ; 189 F ; éd Bordas.
- L'Astronomie et son histoire par Jean-René Roy, préface de Hubert Reeves ; 668 p ; éd Masson et Presses de l'Université du Québec.
- Réalisez vous-même votre télescope par M.Lyonnet du Moutier, 116 p ; éd Eyrolles.
- La Terre vue de l'espace, 20 diapositives ; Paysages terrestres et planétaires , 20 diapositives, par P.BONNET ; avec notices illustrées pour les niveaux élémentaire et secondaire ; 80 F ; éd SERMAP-Hatier.
- Guide pratique sur les instruments d'amateur pour savoir quel télescope acheter ; 52 pages, 35 F franco, un numéro spécial de Pulsar, Société d'astronomie populaire, 9 rue Ozenne, Toulouse.
- La vie vient de l'espace par Francis Crick, traduit de l'américain par R.Bernex ; 224 p ; éd Hachette.
- Le ciel, la nuit et les esprits de l'air, le folklore de France par Paul Sébillot, préface de G.Durand ; 212p ; éd Imago [réédition d'un classique sur les traditions populaires qui m'a, je l'avoue un peu déçu].
- Astronomy through the Telescope, the 500 year story of the instruments, the inventors and their discoveries, by Richard Learner ; 12,5 livres sterling ; éd Evans.
- Sky Catalogue 2000,0 edited by Alan "irshfield and Roger Sinnott 624 p ; 32,5 livres sterling; Cambridge University Press.

Lalande (1732-1807) L'Association Astronomique de l'Ain (AAA) a rendu hommage à Lalande né le 11 juillet 1732 par une exposition à Bourg en Bresse (14 septembre-19 octobre). Un article de Jean-Claude Pecker, "Voici plus de deux siècles, Jérôme de Lalande calculait le retour de la comète de Halley" (Le Monde du 15 septembre) nous rappelle l'importance du retour de 1758-59 et des calculs réalisés par Lalande et Clairaut ainsi que l'intérêt scientifique du prochain passage de 1986.

Astrosomos était le titre du journal publié au cours de la 18^{ème} assemblée générale de l'Union Astronomique Internationale qui se tenait en Grèce, à Patras, en août dernier. Le numéro 9 du 25 août contient un article qui retient notre attention : Lucette Bottinelli rend compte de l'exposition réalisée par l'équipe du CLEA sur des réalisations astronomiques simples. Grâce à quoi des travaux des écoles d'été ont eu accès à une réunion internationale.

L'écho d'Orion, n°66, de la Société Lorraine d'Astronomie publie un récit très précis de l'apparition progressive des étoiles dans le crépuscule par Frédéric Durka. Un bon exercice que chacun de nous pourrait renouveler.

Picard (1620-1682) a été honoré par une exposition à l'Observatoire de Paris (12 au 24 octobre) et par un colloque (12 et 13 octobre) à l'Institut d'Astrophysique de Paris. La vie et les travaux de Picard ont été étudiés par des spécialistes américains, anglais, danois et français.

Un regret. Le catalogue de la CAMIF pour l'hiver 82/83 propose dans la rubrique des "guides pratiques" une "Astrologie" qui, selon la notice, permet d'en connaître les fondements astronomiques. On ne peut que regretter de voir la CAMIF se conduire en la circonstance comme d'autres commerçants qui exploitent sans scrupule la bêtise humaine.

Dans les revues

La recherche : Septembre 82, "Notre Galaxie" par James Lequeux ; L'expansion de l'Univers sera-t-elle éternelle ? par Jean Audouze. Octobre 82, "Cosmologie et particules" par Jacques Demaret et Jacques Vandermeulen ; "Titan une terre primitive ?" par Michel Combes. Novembre 82, "La surface de la Lune" par Yves Langevin ; "L'astronomie UV, une clé pour l'origine de la vie" par Jacques Danon et Gérard Poupeau ; "Les grands trous de l'Univers" par Thierry Montmerle.

Pour la Science : Juillet 82, "Le calendrier grégorien" par Gordon Moyer ; "Les jets cosmiques" par Roger Blandford, Mitchell Begelman et Martin Rees. Août, "La radio-interférométrie à très longue base" par Anthony Readhead. Septembre, "Le télescope spatial" par John Bahcall et Lyman Spitzer. Octobre, "L'affaire Galilée" par Owen Gingerich.

Espace information, n°23, octobre 82, "Le point sur les apports de la télédétection spatiale".

L'Astronomie : Juillet-Août 82, J-C. Pecker signale l'intérêt de deux ouvrages, "Solar phenomena in stars and stellar systems", éd Reidel, et "The Sun as a star" par Stuart Jordan, éd NASA.

Chronique du CLEA

(Comité de Liaison Enseignants et Astronomes)

Le Bureau du CLEA a entrepris son action sur deux plans:

1. Celui de l'administration propre de l'association.

- déclaration à la sous-préfecture de Palaiseau; la déclaration de l'association a paru au Journal Officiel du 13 août 1982

29 juillet 1982. Déclaration à la sous-préfecture de Palaiseau. **Comité de liaison enseignants et astronomes.** Objet: promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement public, dans les organismes de culture populaire et, en particulier, dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants et des animateurs d'associations culturelles. Siège social: laboratoire d'astronomie, bâtiment 426, université de Paris-Sud, 91405 ORSAY CEDEX.

- demande l'ouverture d'un compte courant postal au nom du CLEA

2. Celui des relations avec les autorités de l'Education Nationale.

Le Bureau a été reçu successivement le 7 septembre, par Mme Delpech, chargée de mission au Cabinet du Ministre, et par Melle Canipel, chef de mission à l'innovation pédagogique et à la formation des enseignants.

Mme Delpech a souhaité qu'une certaine publicité soit donnée à l'action du CLEA et nous a demandé pour cela de donner un article qui doit paraître dans le n° de novembre des Cahiers de l'Education Nationale. Elle nous a renvoyés auprès de Melle Canipel pour l'organisation des stages que nous souhaitons.

Melle Canipel nous a conseillé d'écrire à chacun des chefs de mission académique pour leur proposer l'organisation de stages sur l'enseignement de l'astronomie. Nous avons écrit à chacun des chefs de mission; nous les avons également informés de l'organisation de l'école d'été 1983 qui sera considérée comme un stage interacadémique pour lequel nous espérons obtenir une prise en charge des frais de déplacement et de séjour des participants. Enfin, un projet de budget du CLEA sera présenté en décembre à Melle Canipel, afin que l'Education Nationale prenne en charge au moins une partie des frais d'organisation de l'école d'été.

ASSEMBLEE GENERALE DU CLEA

Samedi 22 janvier 1983 à partir de 10h Université Paris XI-Orsay
Bât. 426 salle 029 (rez de chaussée) station RER Orsay ou Le Guichet

Ordre du jour:

- 1) Rapport d'activité et projets: actions nationales, actions régionales, situation financière, taux des cotisations et de l'abonnement aux Cahiers Clairaut
- 2) Election du conseil, du bureau et du comité de rédaction des cahiers Clairaut (tout abonné aux C.C. en règle est électeur; les procurations sont admises).
- 3) Conférence d'astronomie sur "Les neutrinos solaires" par E. Schatzman

La conférence et les élections auront lieu l'après-midi, à partir de 14 heures.

L'ASSEMBLEE GENERALE ET LA CONFERENCE SONT OUVERTES A TOUTE PERSONNE INTERESSEE

Pour des questions d'organisation matérielle, il serait utile de connaître à l'avance le nombre de participants. Merci de nous faire connaître à l'avance votre intention d'assister à l'Assemblée Générale. Par ailleurs, signalez-nous si vous souhaitez recevoir un plan d'accès; dans ce cas, prière de joindre une enveloppe timbrée à votre adresse; merci. Signalez-nous aussi si vous souhaitez déjeuner au restaurant universitaire.

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin de liaison du CLEA

Directeur de la Publication: L. Gouguenheim Université Paris-Sud

Laboratoire d'Astronomie Bât. 426 91405 ORSAY CEDEX

Comité de rédaction:

L. Bottinelli, J. Dupré, M. Gerbaldi, L. Gouguenheim, G. Walusinski.

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

Prix du n° 8f; abonnement annuel (4 numéros): 25f.

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