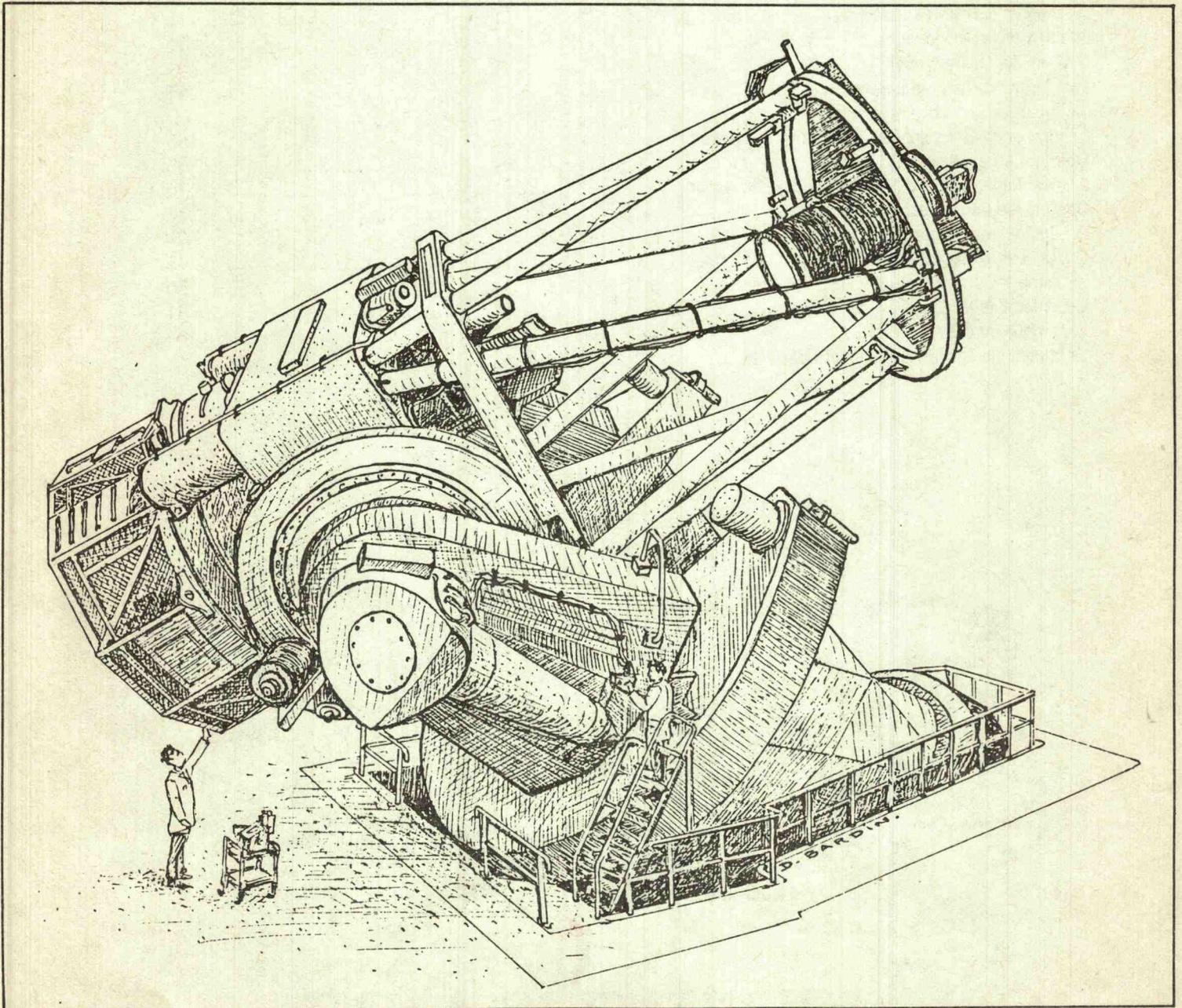


les cahiers clairaut

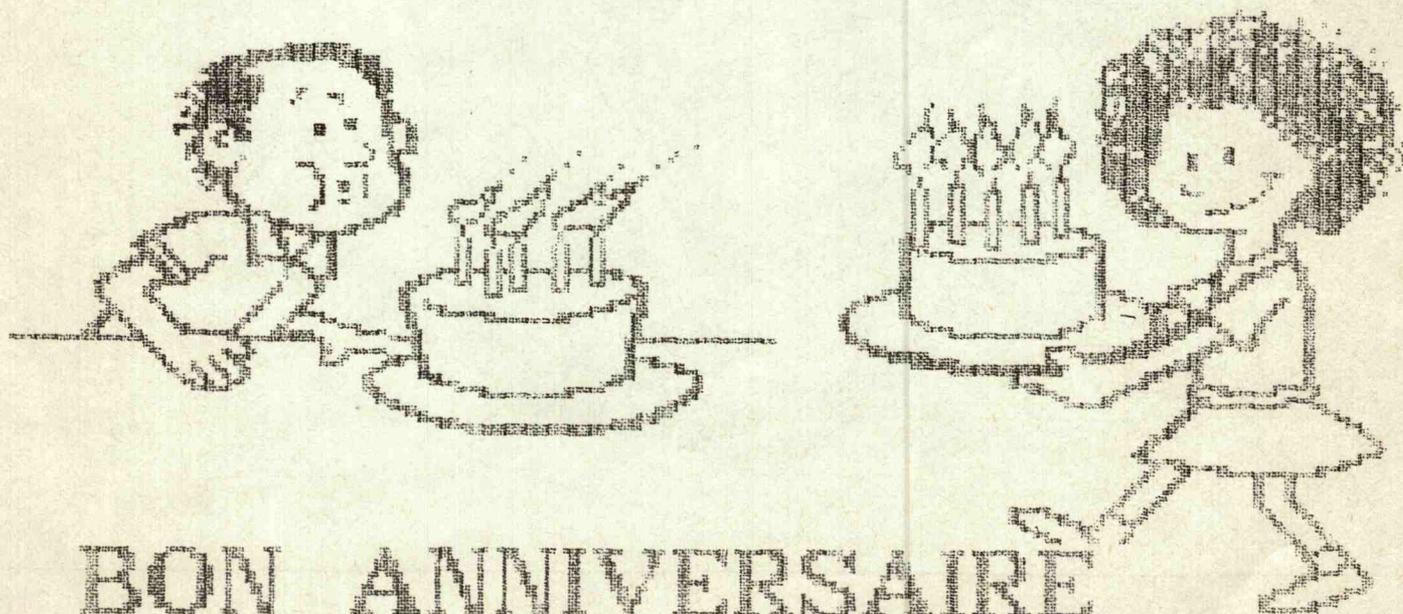
bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 39-40 HIVER 1987

	page
Editorial	3
Le moment cinétique à travers l'Univers	9
L'astronomie fait rêver	18
Les suites d'une fameuse conduite de Grenoble	19
A propos de deux cultures	25
L'astronomie au Collège de France	27
La Lune	42
Astronomie et astronomes aujourd'hui	45
Récréation astronomique	50
Ah! les couchers de Soleil	51
Les Potins de la Voie Lactée	61
Colloque UAI n° 98: Paris juin 1987	62
Les dix premières années des Cahiers Clairaut	63
Des étoiles sous surveillance	65
Numérologie: à propos de la nouvelle couverture	70
Des élèves pour l'astronomie (suite et fin)	71
Grilles astronomiques	74
Dix années de lectures astronomiques	75
La commission inter-IREM d'astronomie	80
Courrier des lecteurs	81
Chronique du CLEA	81
La chronique annuelle du secrétariat	82



BON ANNIVERSAIRE

Les Cahiers Clairaut

ont 10 ans !....

EDITORIAL

Les Cahiers Clairaut fêtent leur dixième anniversaire comme nous le rappelle le gentil dessin de Jean-Paul Rosenstiehl sur la page précédente.

Nous avons souhaité marquer cet anniversaire en en faisant un peu une fête de l'amitié, marquée par quelques bilans et par des projets d'avenir.

Vous avez été nombreux à répondre à notre appel aux contributions pour ce numéro spécial que nous avons voulu double pour répondre à notre réforme de calendrier (dorénavant l'année du CLEA s'aligne sur l'année civile !), et nous remercions tous les auteurs, y compris ceux dont les articles parvenus un peu tard apparaîtront dans de prochains numéros (c'est le cas de ceux d'Agnès Acker, Laurent Nottale, Françoise Suagher, Irène Tirapolsky).

Gilbert Walusinski s'est penché sur le passé des Cahiers et celui du CLEA, avec la complicité de Daniel Bardin (la pluridisciplinarité, chère au CLEA, nous apportant la contribution du professeur d'Arts Plastiques que Daniel est aussi, quand il ne construit pas un spectro pour le télescope T60 de l'Observatoire du Pic du Midi...). Je ne suis pas sûre que les lecteurs sachent complètement la part que Gilbert prend à la vie des Cahiers, dont il est à la fois "la tête et les jambes" - ou plutôt devrais-je dire "les bras" qui transportent tous les trois mois 1800 exemplaires depuis l'imprimeur jusqu'au routeur, qui dactylographient la plupart des articles, qui collent les étiquettes tant sur les convocations à l'Assemblée Générale du CLEA que sur les lettres de rappel aux retardataires. Quand il nous redit aimablement que tout réabonnement tardif entraîne une complication dans la gestion, il reste discret sur le nombre d'enveloppes qu'il remplit de numéros passés et qu'il transporte ensuite au bureau de poste - heureux cependant de voir la courbe des abonnés se redresser.

Gilbert est aussi notre grand "reporter", spécialisé dans les entretiens avec André Brahic, expert à écouter patiemment les kilomètres de bande magnétique enregistrés auprès d'un conférencier dont Anne-Marie Louis nous a dit un jour qu'"il est économique parce que, dans le même temps, il en dit deux fois plus...". "Astronomie et Astronomes d'aujourd'hui" est une réflexion sur ce qu'est la recherche astronomique aujourd'hui et son évolution depuis dix ans.

Modestement, à travers les "Potins de la Voie Lactée" que Lucette Bottinelli vous sélectionne dans chaque numéro, ou les articles plus spécifiques que de nombreux collègues ont eu la gentillesse d'écrire, nous tentons de donner quelques éclairages sur "la science en marche". Les temps forts sont plus particulièrement les conférences de l'Assemblée Générale du CLEA, que les Cahiers reproduisent chaque année - grâce toujours au magnétophone et à l'inlassable patience de Gilbert. C'est l'occasion de remercier les contributions de très nombreux collègues: A. Acker, D. Alloin, H. Andrillat, P. Boissé, L. Celnikier, S. Clairmidi, S. Collin, E. Davoust,, R. Dumont,, M. Gerbaldi, E. Gérard, R. Hakim, J. Heidmann, C. Iwaniszewska, P. Léna, B. Leroy, A.C. Levasseur-Regourd, B. Morando, G. Paturel, J.P. Parisot, F. Puel, J. Schneider, P. Teerikorpi, C. Vanderriest, J.P. Zahn... J'espère que ceux que j'ai oubliés voudront bien m'excuser.

Nos deux Présidents d'Honneur, Jean-Claude Pecker et Evry Schatzman ont particulièrement soutenu notre action: parainnage illustre s'il en fut que celui de ces très grands scientifiques, pères de l'école française d'astrophysique qui ont aussi porté tant d'attention aux actions de formation et de vulgarisation. Ils sont l'un et l'autre présents dans ce numéro: leur amitié nous honore et nous les remercions.

LE COMITE DE REDACTION DES CAHIERS CLAIRAUT
vu par Daniel BARDIN: des "E" ...

Victor TRYOEN



DANIEL TOUSSAINT



DANIEL BARDIN



JEAN RIPERT

... et des "A" ...

Lucienne GOUGUENHEIM



Lucette BOTTINELLI



Jacky DUPRE



Michèle GERBALDI

L'ambition du CLEA et des Cahiers Clairaut, est d'être un lien entre les "E" et les "A" - je veux dire les Enseignants et les Astronomes - . Vous avez été très nombreux au cours de ces dix années, enseignants du primaire ou du secondaire, des collègues, des lycées ou des écoles normales, à nous apporter vos témoignages - trop nombreux pour que je tente de citer vos noms: c'est un signe fort de vitalité, non seulement de notre association mais aussi de la fonction enseignante - quoi qu'on en dise - que de voir relatés au fil des Cahiers ce qu'avec vos élèves vous inventez, bricolez, réalisez. Je me bornerai donc à introduire les contributions des "E" à ce numéro.

Hubert Gié a été notre premier interlocuteur, fort enthousiaste, au sein de l'Union des Physiciens, il y a dix ans: nous lui sommes redevables de nombre d'articles où physique et astrophysique se rejoignent. Il nous donne aujourd'hui une application astronomique très riche de la loi de conservation du moment cinétique. Jacques Vialle nous parle des étoiles variables, Daniel Toussaint du travail qu'il a fait sur la Lune avec un MO5, Christian Dumoulin de l'activité de son groupe de travail d'astronomie au sein des IREM, Jean Ripert a réalisé une maquette "Soleil, Terre, Lune" pour rétroprojecteur en kit, et le CLEA va la diffuser (à un prix qui défie toute concurrence !), Jean-Paul Rosenstiehl à qui Gilbert réclamait un nouveau TP de mathématiques astronomiques issu des ressources du club astronomique du Maine a décidé d'être un peu plus futile - une fois n'est pas coutume ! - et de nous offrir des jeux. Enfin, nous terminons la publication du texte de Stéphane Douailler. Les textes philosophiques sont (trop) rares dans nos colonnes - et la beauté du langage de celui-ci saisissante.

Tournons-nous résolument vers l'avenir. Pour inaugurer la nouvelle décennie, nous avons décidé de modifier la couverture et Daniel Bardin nous a proposé un dessin nettement plus moderne, inspiré du télescope franco-canadien de Hawaï.

La gestion du fichier des abonnés représente un gros travail: il a d'abord été assuré par Hélène Boissinot, Francette Delmas et Michèle Gerbaldi, puis par Gilbert qui a réalisé un gros travail d'informatisation sur le microordinateur Apple IIe du CLEA. Devant l'extension du fichier, il a fallu changer le logiciel d'exploitation et Jacky Dupré a pris le relai, sur son ordinateur personnel, puis maintenant sur le Mac Intosh que le CLEA vient d'acheter.

Les correspondants académiques du CLEA, et plus particulièrement Jacques Vialle et Jean Gagnier nous ont suggéré de retirer quelques bonnes feuilles des numéros passés des Cahiers, à l'usage des nouveaux abonnés qui souhaitent avoir une idée du journal sans pour autant acquérir toute la collection. Nous avons suivi cette idée et nous venons de tirer plusieurs fascicules d'une vingtaine de pages, sur divers thèmes; Georges Paturel a réalisé la plupart des couvertures. Chaque nouvel abonné recevra deux de ces fascicules: l'index des huit premières années et le fascicule thématique de son choix. Nous donnons ci-après la description de ces fascicules.

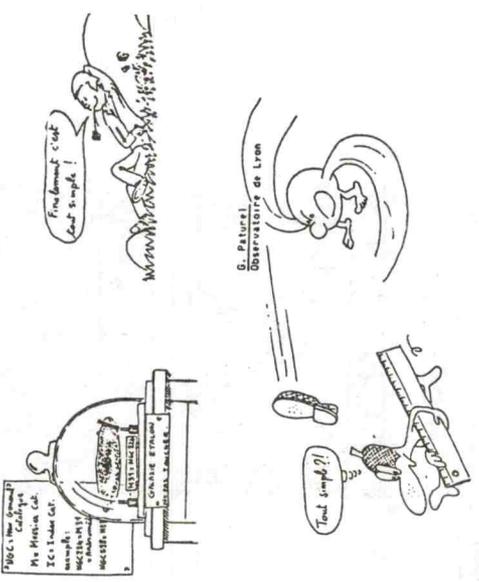
Un objectif pour la nouvelle décennie des Cahiers Clairaut: augmenter la diffusion: vous pouvez nous y aider.

Lucienne Gouguenheim

les cahiers clairaut les cahiers clairaut les cahiers clairaut

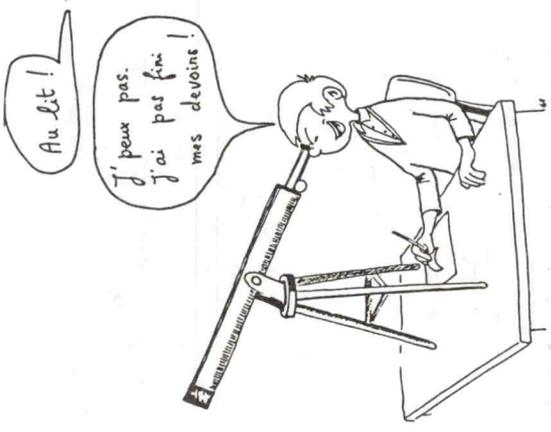
bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants

INTERPRETATION D'UN DOCUMENT D'OBSERVATION



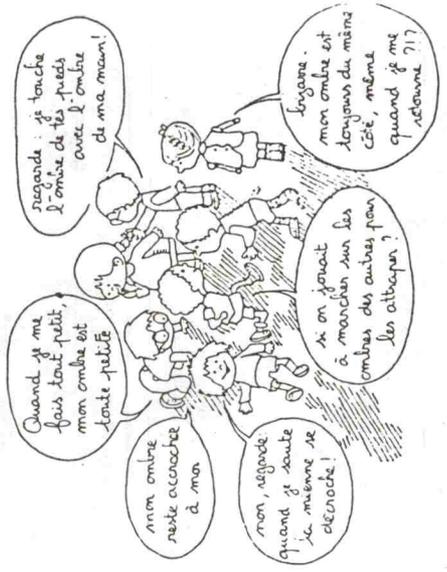
Extraits des CC n°24, n°25 et n°34

L'ASTRONOMIE AU COLLEGE



Extraits des CC n°2, n°28, n°29, n°30, n°31, n°34

L'ASTRONOMIE A L'ECOLE ELEVEVAIRE

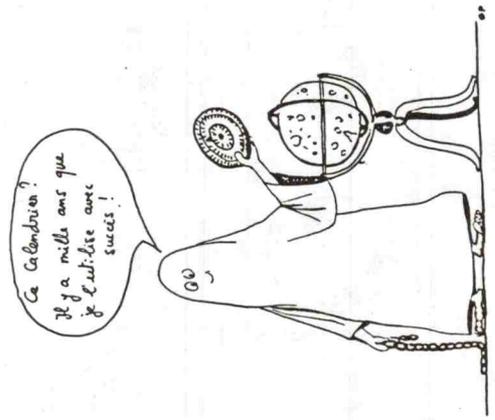


Extraits des CC n°20, n°24, n°25, n°27 et n°31

les cahiers clairaut les cahiers clairaut les cahiers clairaut

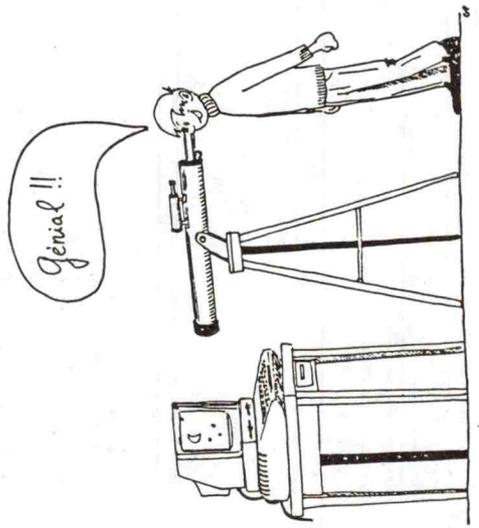
bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants

CONSTRUCTION D'UNE MOBIETTE



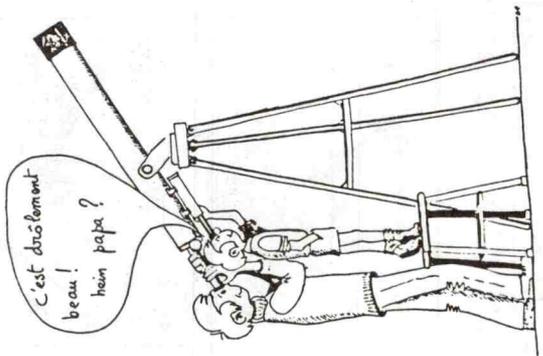
Extraits CC n°30 et n°31

ASTRONOMIE ET INFORMATIQUE



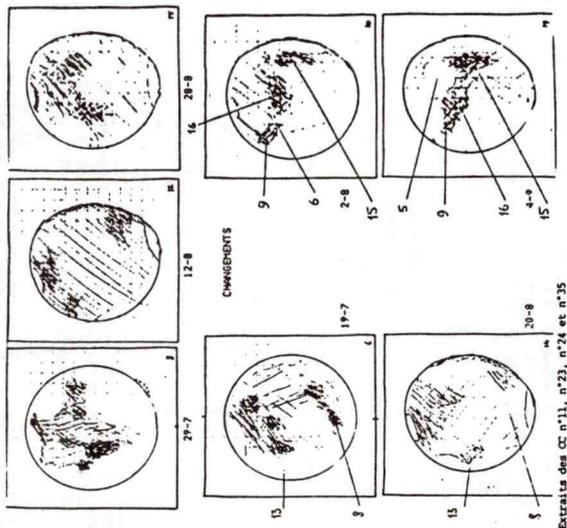
Extraits des CC n°20, n°23, n°31 et n°32

CONSTRUCTION D'UN INSTRUMENT



Extraits des CC n°7, n°9, n°11, n°20 et n°21

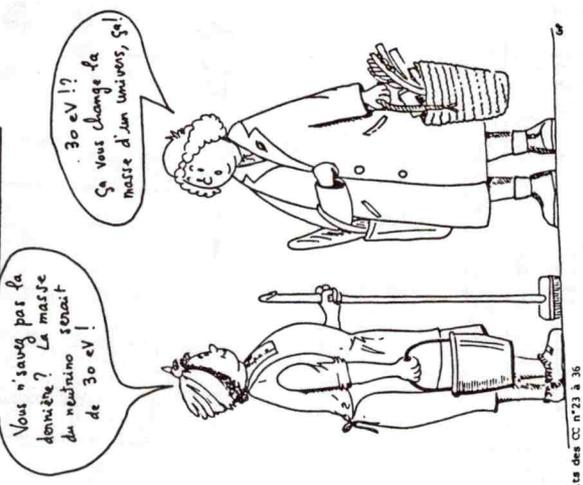
REALISATION D'UNE OBSERVATION



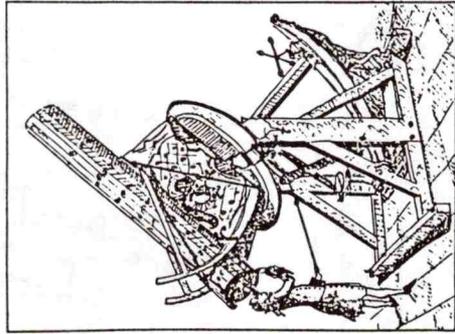
Extraits des CC n°11, n°23, n°24 et n°35

CHANGEMENTS

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE



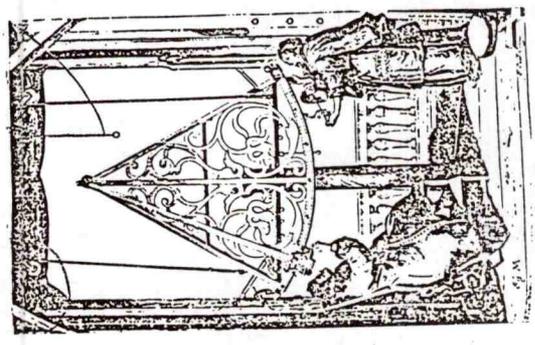
Extraits des CC n°23 à 36



INDEX DES CAHIERS CLAIRAUT N° 1 à 34

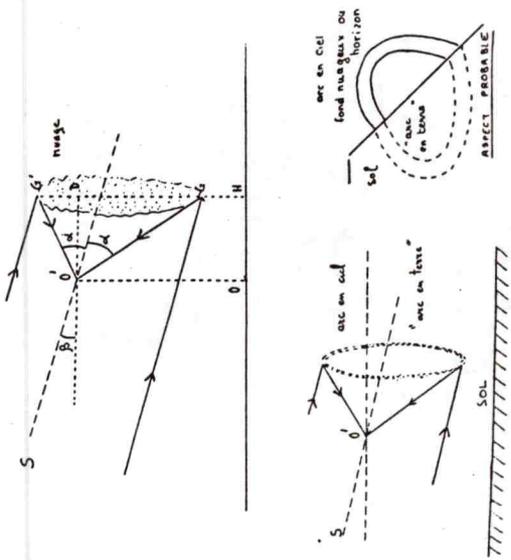
les cahiers clairaut les cahiers clairaut les cahiers clairaut
 bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants

HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE



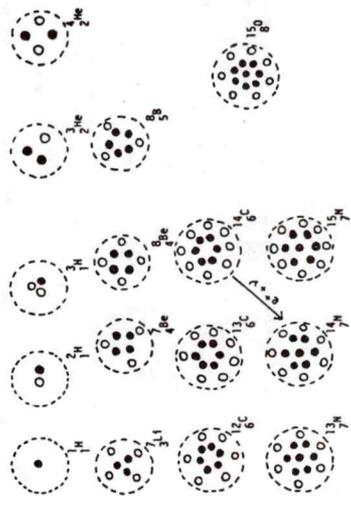
Extraits des CC n° 18, n°19, n°27 et 35

ARTICLES DE PHYSIQUE



Extraits des CC n° 17, n°25, n°27, n°31 et n°32

ARTICLES D'ASTRONOMIE



Extraits des CC n°21, n°25 et n°32

Le moment cinétique à travers l'Univers

Sans prétendre que notre Univers tourne bien rond, force est de constater que partout, des objets les plus proches aux plus lointains, des plus modestes aux plus gigantesques, on observe une grande valse effrénée : mouvements de rotation propre des planètes, des étoiles, des galaxies, mouvements de révolution de ces mêmes planètes, des étoiles doubles...

Tous ces mouvements sont gérés en première et bonne approximation par les lois de la mécanique newtonienne à laquelle nous nous limiterons dans ce modeste article. Plus précisément, nous nous proposons de montrer sur des exemples très divers qu'un bilan de moment cinétique fournit un cadre explicatif à la fois large et élémentaire.

I. Le moment cinétique

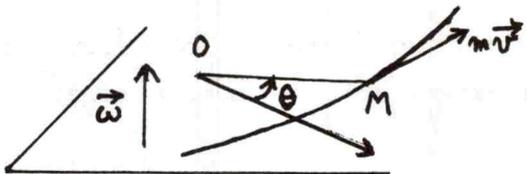
a) MOMENT CINÉTIQUE ORBITAL (ou de révolution).

Considérons d'abord le cas simple d'un point matériel de masse m orbitant sur un cercle de rayon R et de centre O . Le moment cinétique, noté $\vec{\sigma}_0$, en O attaché à ce mouvement est :

$$\vec{\sigma}_0 = m R^2 \vec{\omega} \quad \text{(fig.1)}$$


où $\vec{\omega}$ est le vecteur vitesse angulaire du mouvement. $\vec{\sigma}_0$ est le moment en O de la quantité de mouvement $m \vec{v}$ du point matériel.

Plus généralement, pour une trajectoire plane non circulaire (fig2)



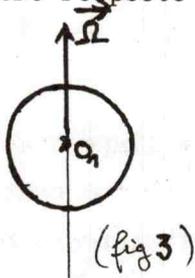
$$\vec{\sigma}_0 = m r^2 \vec{\omega} \quad \text{avec} \quad \omega = \frac{d\theta}{dt} \quad r = OM$$

$$\|\vec{\sigma}_0\| = m r^2 |\omega|$$

(fig2)

b) MOMENT CINÉTIQUE PROPRE.

Limitons-nous au cas simple d'une sphère de centre O_1 , de rayon R et de masse M en mouvement de rotation autour d'un de ses diamètres. A ce mouvement de rotation propre de vecteur rotation $\vec{\Omega}$ correspond un moment cinétique propre en O_1 , que nous noterons $\vec{\Sigma}_{O_1}$. Si la répartition de la masse dans la sphère respecte la symétrie sphérique :



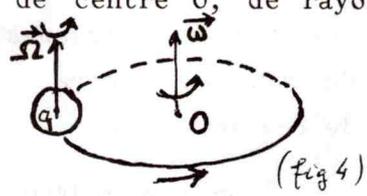
$$\vec{\Sigma}_{O_1} = J \vec{\Omega} \quad \text{avec} \quad J = \alpha M R^2 \quad (0 < \alpha \leq 1)$$

Pour une sphère homogène $\alpha = 2/5$

c) CAS GENERAL d'un mouvement de révolution et d'un mouvement de rotation propre associés : le moment cinétique total s'obtient par simple additivité (théorème de König). Ainsi pour un objet sphérique de masse M à répartition sphérique en rotation autour d'un de ses diamètres (vecteur rotation $\vec{\Omega}$) dont le centre O_1 décrit une orbite circulaire de centre O , de rayon r (vecteur vitesse angulaire $\vec{\omega}$) :

moment cinétique total en $O = \sum \vec{\sigma}_a + \vec{\sigma}_o$

avec $\sum \vec{\sigma}_a = J \vec{\Omega}$ et $\vec{\sigma}_o = M r^2 \vec{\omega}$



Si $\vec{\omega} = \vec{\Omega}$, la sphère montre toujours la même face au point O (cas de la Lune dans son mouvement autour de la Terre), le moment cinétique total en O vaut $(J + M r^2) \vec{\omega}$.

II. Bilans de moment cinétique

La dynamique des mouvements orbitaux et de rotation propre est régie par les variations du moment cinétique. On est ainsi conduit, pour tout système, à effectuer un bilan de moment cinétique. Nous nous plaçons dans un référentiel galiléen ou supposé comme tel.

Le moment cinétique d'un système peut varier :

- du fait d'un transport de matière entre le système et son environnement (fragmentation du système, émission d'un flux de particules,...), la matière ainsi transférée emportant du moment cinétique orbital ou propre ;
- du fait des interactions dont le système est l'objet (forces gravitationnelles, forces électromagnétiques, frottements,...).

Pour un système isolé (absence d'interactions avec l'extérieur) et fermé (absence d'échange de matière avec l'extérieur), le moment cinétique total se conserve :

$$\sum \vec{\sigma}_a + \vec{\sigma}_o = C \vec{b}$$

$$\Delta \sum \vec{\sigma}_a + \Delta \vec{\sigma}_o = \vec{0}$$

de sorte que

toute variation de moment cinétique propre entraîne, dans ces conditions, une variation opposée du moment cinétique orbital (et réciproquement).

Un cas particulier important est la conservation du moment cinétique orbital exprimé par la loi des aires qui se traduit par :

$$m r^2 \frac{d\theta}{dt} = Cte$$

L'aire balayée par unité de temps par le rayon vecteur OM (fig 2), soit $\frac{1}{2} r^2 \frac{d\theta}{dt}$ reste constante. On introduit la constante des aires $C = r^2 \frac{d\theta}{dt}$

Cette loi est satisfaite pour un point matériel lorsque la ligne d'action de la force \vec{F} à laquelle il est soumis passe constamment par O (force centrale). C'est le cas d'une force gravitationnelle si O est le centre attracteur. Dans

le cas du mouvement de révolution des planètes du système solaire, cette loi de conservation se traduit par la seconde loi de Kepler.

III. Inspection du système solaire

a) REPARTITION DU MOMENT CINÉTIQUE DANS LE SYSTÈME SOLAIRE.

Si, en première approximation, on assimile les trajectoires planétaires à des cercles de rayon r , la seconde loi de Kepler s'écrit :

$$r^2 \omega = C \quad (1)$$

la constante des aires C pouvant être considérée avec une excellente approximation comme indépendante de la planète. Le référentiel est celui de Copernic. Par ailleurs, la loi fondamentale de la dynamique conduit à :

$$G \frac{M_{\odot} m_p}{r^2} = m_p \omega^2 r \quad (2)$$

(M_{\odot} masse du Soleil ; m_p masse de la planète ; G constante gravitationnelle)

Soit : $r^3 \omega^2 = K \quad (3)$ avec $K = G M_{\odot}$

forme particulière de la troisième loi de Kepler. On en déduit $C = \sqrt{Kr}$

et

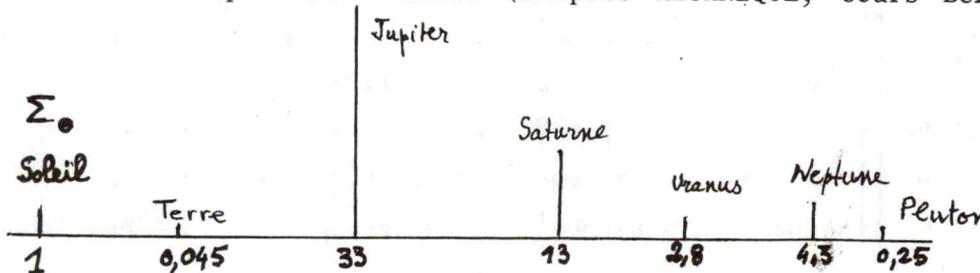
$$\sigma_S = m_p \sqrt{Kr} \quad (4)$$

où S est le centre du Soleil.

Le moment cinétique orbital des planètes varie donc approximativement comme $m_p \sqrt{r}$. Ce sont donc naturellement les planètes massives et éloignées du Soleil (Jupiter, Saturne) qui sont détentrices de la plus grande part du moment cinétique orbital du système solaire.

Par ailleurs, les moments cinétiques propres des planètes sont négligeables devant leurs moments cinétiques orbitaux.

Le tableau suivant résume la situation, le moment cinétique de rotation propre du Soleil étant pris comme unité (d'après MECANIQUE, cours Berkeley):



Par exemple, pour Jupiter $r_{Ju} = 5,2 r_T$ et $M_{Ju} = 318 M_T$; d'après (4) :

$$\sigma_{Ju} = 318 \sqrt{5,2} \sigma_T = 725 \sigma_T$$

De même pour Saturne $\sigma_{Sa} = 95 \sqrt{9,54} \sigma_T \approx 290 \sigma_T$

Ainsi le moment cinétique orbital de l'ensemble de ces deux planètes représente plus de mille fois celui de la Terre.

Il faut aussi remarquer que les moments cinétiques du Soleil et des planètes, tant orbitaux que propres, sont tous orientés dans le même sens (il y a exception pour Vénus et Uranus). Une telle situation suggère à

l'origine un même mouvement de rotation d'ensemble d'un système initial ayant donné naissance à notre système solaire. Le cas d'Uranus dont l'axe de rotation propre est pratiquement dans le plan de l'orbite est très certainement le résultat d'une rencontre inopinée...

b) ORIGINE DU SYSTEME SOLAIRE

Il s'agit d'une question qui a donné lieu à des débats très controversés. Les diverses théories, dites de type "catastrophique" qui attribuent la formation des planètes par action d'une étoile perturbatrice qui s'approchant suffisamment près du Soleil permet l'éviction par celui-ci de globules planétaires, sont aujourd'hui abandonnées. Outre que les effets de marée à la surface du Soleil disloqueraient les globules ainsi formés, toutes ces théories achoppent sur le fait que le moment cinétique ainsi transféré serait insuffisant. On peut en effet noter que le seul moment cinétique orbital total des planètes Jupiter et Saturne vaut près de 50 fois le moment cinétique propre du Soleil. Pour que l'astre perturbateur ait une action sur le Soleil, il faut supposer que la distance d'approche ne soit pas trop grande. Mais dans ce cas on ne peut espérer disposer d'un transfert suffisant de moment cinétique (le moment cinétique orbital décroissant lorsque la distance décroît).

Considérons le cas de Jupiter. Si l'orbite de cette planète avait été initialement rasante autour du Soleil ($r = R_{\odot}$), son moment cinétique orbital aurait été (d'après(4)) dans le rapport $\sqrt{R_{\odot}/r_j} = 1/33$ avec son moment cinétique orbital actuel. Pour Neptune, le rapport est encore plus sévère, soit $1/80$. Multiplier ainsi le moment cinétique par 33, par 80, représente un apport très considérable. A ce propos, l'astronome Russell a fait une remarque simple mais forte, notant qu'on passe de la vitesse circulaire v_c à la vitesse parabolique d'échappement v_p par multiplication par $\sqrt{2}$, $v_p = \sqrt{2} v_c$. Ainsi, passant de la vitesse circulaire sur orbite rasante à la vitesse parabolique correspondante ($r = R_{\odot}$), le moment cinétique orbital est seulement multiplié par $\sqrt{2}$. On est loin du compte ! On ne pourrait comprendre dans ces conditions que des planètes comme Jupiter, Saturne ou Neptune n'aient pas échappé à l'attraction solaire. Même une planète comme Mercure n'aurait pu rester satellisée.

Les théories actuelles admettent l'existence d'une nébuleuse planétaire primitive évolutive. A partir d'un disque de poussières, des agrégats se forment localement agissant comme des centres d'attraction pour la matière environnante. Ainsi seraient nées les planètes. Ce type de modèle s'accorde bien avec l'idée d'une même rotation d'ensemble entraînant les agrégats.

Quant aux rotations propres des planètes, elles auraient pour origine des mouvements tourbillonnaires engendrés localement et de même sens que le mouvement de rotation d'ensemble.

c) LE VENT SOLAIRE.

Il s'agit d'un flux continu de particules constituant un plasma d'électrons et de protons émis par le Soleil. Les trajectoires du vent solaire sont incurvées et spiralent dans le sens de la rotation propre du Soleil, d'une part par l'entraînement initial dû à la rotation propre du Soleil, d'autre part par l'action du champ magnétique interplanétaire créé par le Soleil. La direction de ce champ magnétique est liée au sens de rotation propre du Soleil.

L'émission du vent solaire se traduit par un prélèvement de moment cinétique au détriment du moment cinétique propre du Soleil, d'où un ralentissement de la rotation solaire. Ce moment cinétique se retrouve dans le vent solaire sous forme de moment cinétique orbital du fait de l'incurvation des trajectoires du vent solaire. On montre que le moment cinétique ainsi prélevé vaut, par unité de masse du vent solaire émis :

$$L = \Omega_{\odot} r_A^2 \quad (5) \quad (-\text{voir note 1-})$$

où Ω_{\odot} est la vitesse angulaire de rotation propre du Soleil^(*) et r_A une distance caractéristique (distance d'Alfvén) qui vaut environ $30 R_{\odot}$. Le Soleil éjecte de cette façon par unité de temps une masse - $\frac{dM}{dt} = 10^6 \text{ T.s}^{-1}$.

La perte correspondante de moment cinétique propre du Soleil vaut, par unité de temps :

$$\frac{d\Sigma_{\odot}}{dt} = L \frac{dM_{\odot}}{dt} = \Omega_{\odot} r_A^2 \frac{dM_{\odot}}{dt}$$

D'autre part :

$$\Sigma_{\odot} \simeq J_{\odot} \Omega_{\odot} \quad \text{avec} \quad J_{\odot} = \alpha M_{\odot} R_{\odot}^2 \quad (\alpha \simeq 1/16)$$

$$\text{soit} \quad \frac{d\Sigma_{\odot}}{dt} = - \Sigma_{\odot} \frac{r_A^2}{J_{\odot}} \left| \frac{dM_{\odot}}{dt} \right| = - \frac{\Sigma_{\odot}}{\tau}$$

$$\text{avec} \quad \tau = \frac{J_{\odot}}{r_A^2 \left| \frac{dM_{\odot}}{dt} \right|}$$

(*) En fait, le Soleil ne peut être strictement assimilé à une sphère rigide et la rotation est plus rapide à l'équateur qu'aux pôles. La valeur indiquée est une valeur moyenne correspondant à une période de rotation de 27 jours environ.

τ est la constante de temps du phénomène relative à la vitesse de variation de Σ_{\odot} . Numériquement : $J_{\odot} \simeq 6.10^{46}$ SI, $r_A \simeq 30 R_{\odot}$ et on trouve τ de l'ordre de quelques milliards d'années, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que l'âge actuel du Soleil. Ce calcul évaluatif suppose en particulier que $|dM_{\odot}/dt|$ reste de l'ordre de sa valeur actuelle.

IV. Les effets de marée

On sait que notre satellite, la Lune, présente toujours une même face à notre planète. Autrement dit, la période de révolution de la Lune est égale à sa période de rotation propre. Nous allons montrer en raisonnant sur un modèle simplifié que ce phénomène d'égalisation des périodes est une conséquence de la conservation du moment cinétique suite à un ralentissement du mouvement de rotation propre par les effets de marée dûs au champ gravitationnel terrestre.

Soit un astre sphérique A de masse m , de vecteur rotation propre $\vec{\Omega}$ et dont le centre O_1 décrit une orbite circulaire de rayon r ayant pour centre attracteur O . Le vecteur vitesse angulaire de ce mouvement orbital est $\vec{\omega}$. Initialement $\Omega > \omega$. ($\vec{\omega}$ et $\vec{\Omega}$ sont de même direction et de même sens) (fig 4). La conservation du moment cinétique total de A s'écrit

$$J\Omega + m r^2 \omega = Cte \quad (5)$$

L'énergie totale E vaut : $E = \frac{1}{2} J \Omega^2 + \frac{1}{2} m r^2 \omega^2 - m r^2 \omega^2$

$$\text{soit } E = \frac{1}{2} J \Omega^2 - \frac{1}{2} m r^2 \omega^2$$

$\frac{1}{2} J \Omega^2$ est l'énergie cinétique de rotation propre de A ;

$\frac{1}{2} m r^2 \omega^2$ est l'énergie cinétique liée au mouvement orbital ;

$-m r^2 \omega^2$ représente l'énergie potentielle d'interaction gravitationnelle de A dans le champ du centre attracteur O : c'est un résultat classique que dans le cas d'un mouvement circulaire, cette énergie potentielle (négative) est égale en valeur absolue au double de l'énergie cinétique orbitale.

En outre, selon (4)

$$\sigma = m r^2 \omega = m \sqrt{K r} \quad (K = G M_0)$$

Par suite des effets de marée créés par le champ attracteur la rotation propre de l'astre A se ralentit : Ω décroît. La conservation du moment cinétique total exige que la perte de moment cinétique propre ($J \Omega$) qui en résulte soit compensée par une augmentation équivalente du moment cinétique orbital ($m r^2 \omega$). Ceci explique d'après (4) que r augmente : la distance OA augmente (extrêmement lentement cependant, de sorte qu'on peut considérer le mouvement orbital comme quasi-circulaire). La relation (3) :

$$r^3 \omega^2 = K \quad (3)$$

montre alors que ω décroît également. On peut exprimer le moment cinétique total et l'énergie E uniquement en fonction des variables Ω et ω en éliminant r par la relation (3). Un calcul élémentaire (voir note 2) montre que E

décroît, ce qui est physiquement obligé, et tend vers un minimum ($dE=0$) pour $\Omega = \omega$. Dans cet état final du système, la vitesse angulaire de révolution ω est effectivement égale à la vitesse angulaire de rotation propre Ω . De ce fait, l'astre A présente toujours la même face au centre attracteur O. La diminution d'énergie du système est accompagnée d'un transfert de moment cinétique. De tels transferts de moment cinétique liés à des phénomènes dissipatifs (frottements) sont courants dans les systèmes mécaniques usuels.

On peut citer aussi le couple constitué par Pluton et par son satellite Charon. Les trois vecteurs $\vec{\Omega}_1$ (rotation propre de Pluton), $\vec{\Omega}_2$ (rotation propre de Charon) et $\vec{\omega}$ (mouvement orbital) sont égaux, de sorte que Charon montre toujours la même face à Pluton, mais que Pluton montre également une même face à Charon (symétrie non réalisée par le couple Terre-Lune). On peut penser que cet état résulte des effets de marée réciproques des deux astres conduisant à une égalisation des périodes de rotations et de révolution par le biais de la conservation du moment cinétique total (voir note 2).

V. Contraction gravitationnelle

La gravitation, source des forces attractives, tend à faire s'effondrer les astres sur eux-mêmes. A l'opposé, les rotations propres des astres sur eux-mêmes tendent à s'y opposer par effet centrifuge ceci d'autant plus que les vitesses linéaires sont plus grandes. La conservation du moment cinétique a pour conséquence d'augmenter les vitesses linéaires donc les effets centrifuges à mesure que la contraction s'effectue. Cet antagonisme doit conduire à un équilibre ou, si cela est impossible, à une éjection de moment cinétique par émission de matière. En gros, la conservation du moment cinétique impose que : $rv = C$. L'effet centrifuge varie en v^2 / r soit C^2 / r^3 alors que l'effet gravitationnel ne croît que en k/r^2 , c'est à dire moins vite, quand r diminue. Il existe ainsi une valeur de r telle que les deux effets s'équilibrent.

L'effet centrifuge est d'autre part d'autant plus important que le moment cinétique initial (proportionnel à C) est grand.

Examinons quelques exemples :

a) FORME DE NOTRE GALAXIE

Notre Galaxie a la forme bien connue d'une galette renflée au centre. Imaginons une protogalaxie de forme approximativement sphérique en rotation autour d'un diamètre. La gravitation tend à faire s'effondrer cette matière sur elle-même.

Comme nous venons de le montrer, une contraction radiale perpendiculaire à l'axe de rotation ($rv = C$) est contrariée par les effets centrifuges. Ceci explique le renflement central.

Au contraire, une contraction parallèle à l'axe de rotation n'implique aucune augmentation de vitesse linéaire liée à la conservation du moment cinétique, ce dernier restant nul. Rien en effet ne s'oppose à l'effondrement gravitationnel parallèlement à l'axe, d'où la forme très aplatie de la Galaxie dans le plan équatorial, ceci d'autant plus qu'on s'éloigne du centre (où l'effet radial se fait sentir).

b) FORMATION DES ETOILES

On admet que les étoiles sont issues de protoétoiles dont le rayon est typiquement de l'ordre du parsec. Cette protoétoile possède un moment cinétique propre de rotation important du fait de la grande dimension. Dans ces conditions, le rayon d'équilibre (proportionnel à C^2) se trouve être beaucoup plus grand que les rayons stellaires habituels. Autrement dit, le moment cinétique initial est trop grand pour qu'on puisse aboutir aux rayons stellaires observés.

Il est donc nécessaire que l'étoile élimine du moment cinétique. Cette élimination impose un fractionnement : formation d'une étoile double, d'un système planétaire (voir §IIIa), vent stellaire (§IIIc), anneaux. Le moment cinétique initial se retrouve ainsi en grande partie sous forme de moment cinétique orbital emporté par la matière qui se sépare de l'étoile primitive. C'est probablement l'explication, par exemple, de la grande fréquence des systèmes stellaires doubles dans l'Univers.

c) ETOILES A NEUTRONS

Ce sont des objets stellaires de très petit rayon (quelques kilomètres) dont la période de rotation propre est de l'ordre de la milliseconde. La matière y existe dans un état d'une extrême densité de l'ordre de celle de la matière dans les noyaux atomiques. Partant d'une étoile ordinaire, typiquement comme le Soleil, l'évolution vers une étoile à neutrons est complexe. Il y a, en particulier, émission de matière, et la conservation du moment cinétique entre l'étoile initiale et l'étoile à neutrons n'est qu'une approximation grossière qui conduit toutefois aux bons ordres de grandeur.

Prenons $T_{in} = 25$ j , $R_{in} = 10^6$ km , $R_N = 10$ km

La conservation du moment cinétique propre donne :

$$\frac{R_{in}^2}{T_{in}} = \frac{R_N^2}{T_N} \Rightarrow T_N = T_{in} \left(\frac{R_N}{R_{in}} \right)^2 \approx T_{in} \times 2.10^{-10}$$

c'est à dire une période de l'ordre de la milliseconde.

Si on compare les énergies cinétiques de rotation initiale et finale :

$$\frac{E_{CN}}{E_{Cin}} = \frac{J_N \Omega_N^2}{J_{in} \Omega_{in}^2} \approx \left[\frac{R_N}{R_{in}} \right]^2 \frac{\Omega_N^2}{\Omega_{in}^2} = \left[\frac{R_{in}}{R_N} \right]^2 \approx 10^{10}$$

On note le gain considérable d'énergie cinétique. Ce gain s'effectue aux dépens d'énergie potentielle via les réactions nucléaires qui conditionnent l'évolution vers l'étoile à neutrons.

VI. Disques d'accrétion

On nomme ainsi un disque gazeux orbitant autour d'un objet massif et très dense (trou noir, étoile à neutrons, naine blanche, ...). Par un mécanisme que nous allons décrire, la matière du disque chute sur l'objet central (accrétion). Les vitesses de chute atteintes sont considérables (de l'ordre de c pour un trou noir, de $c/3$ pour une étoile à neutrons) et l'énergie libérée par la chute est de l'ordre de grandeur de l'énergie de masse de la matière accrétée. Cette énergie, qui peut atteindre jusqu'à environ 40% de l'énergie de masse, se retrouve sous forme de rayonnement. On pense ainsi que l'énergie rayonnée par les objets les plus lumineux de l'Univers (quasars, noyaux galactiques, étoiles X) proviendrait d'un tel mécanisme d'accrétion.

Expliquons ce phénomène d'accrétion. Le gaz le plus proche de l'objet central possède une vitesse plus grande que le gaz plus externe ($r^3 \omega^2 = \text{Cte}$ (3)). La friction entre les parties internes et les parties externes du disque provoquent l'entraînement du gaz le plus externe qui tend ainsi à accélérer sa rotation au détriment du gaz interne qui décélère la sienne, ceci conformément à la conservation du moment cinétique (si $r^2 \omega = \text{Cte}$, $r^2 \omega^2$ décroît lorsque r croît). Cette perte d'énergie cinétique correspond à la chaleur produite par friction, chaleur qui est évacuée finalement sous forme de rayonnement. En définitive, le système rayonne, mais au détriment de quelle énergie ?

Le ralentissement du gaz interne du disque a pour effet de diminuer l'effet centrifuge qui équilibrait l'attraction gravitationnelle de l'objet central. Cette baisse de l'effet centrifuge due à la perte de moment cinétique, provoque ainsi l'accrétion du disque sur l'objet central. Cette chute correspond à une diminution de l'énergie potentielle gravitationnelle qui, finalement, est la dispensatrice de l'énergie.

CONCLUSION

Ce parcours rapide et quelque peu cavalier à travers l'Univers dans sa diversité a pu montrer sur le cas particulier du moment cinétique l'extrême généralité des lois physiques. Ainsi la conservation du moment cinétique, établie à partir d'expériences terrestres usuelles, fournit un cadre explicatif du comportement d'objets les plus divers de notre Univers. Certes,

une loi de conservation ne peut se substituer à un modèle dynamique précis, mais elle permet de cerner l'essentiel.

Finalement, le moment cinétique apparaît comme un moyen inventé par l'Univers pour éviter l'effondrement gravitationnel.

Hubert Gié

NOTE 1

La perte de moment cinétique propre du Soleil du fait du vent solaire est due à une double cause :

- d'une part la matière émise emporte du moment cinétique (perte convective);
- d'autre part le vent solaire interagit avec le Soleil par le biais du champ magnétique interplanétaire ; cette interaction contribue aussi à diminuer le moment cinétique propre du Soleil.

Les deux effets font intervenir la vitesse angulaire Ω_0 de rotation propre du Soleil. La matière émise subit un effet d'entraînement lié à la rotation solaire donc à Ω_0 ce qui lui communique du moment cinétique. En outre, le champ magnétique solaire, créé probablement par effet dynamo, dépend aussi de Ω_0 . Une théorie simplifiée conduit à l'expression (5).

NOTE 2

Compte tenu de $r = K^{1/3} \omega^{-2/3}$, les équations (5) et (6) s'écrivent :

$$\begin{cases} J \Omega + m K^{2/3} \omega^{-1/3} = \text{Cte} & (5) \\ 1/2 J \Omega^2 - 1/2 m K^{2/3} \omega^{2/3} = E & (6) \end{cases}$$

et en différentiant :

$$\begin{cases} J d\Omega - 1/3 m K^{2/3} \omega^{-4/3} d\omega = 0 \\ J \Omega d\Omega - 1/3 m K^{2/3} \omega^{-1/3} d\omega = dE = 0 \text{ (minimum de E)} \end{cases}$$

On en déduit immédiatement que $\omega = \Omega$

Dans le cas de deux rotations propres d'axes parallèles et perpendiculaires au plan orbital :

$$\begin{aligned} J_1 d\Omega_1 + J_2 d\Omega_2 - 1/3 \mu K^{2/3} \omega^{-4/3} d\omega &= 0 \text{ (conservation du moment cinétique)} \\ J_1 \Omega_1 d\Omega_1 + J_2 \Omega_2 d\Omega_2 - 1/3 \mu K^{2/3} \omega^{-1/3} d\omega &= dE = 0 \end{aligned}$$

où $\mu = M_1 M_2 / (M_1 + M_2)$ est la masse réduite du système. On en déduit :

$$J_1 (\Omega_1 - \omega) d\Omega_1 + J_2 (\Omega_2 - \omega) d\Omega_2 = 0$$

conduisant à

$$\omega = \Omega_1 = \Omega_2$$

... L'astronomie fait rêver.

Cette rêverie n'est cependant ni celle de l'imaginaire, ni celle de la fantaisie ou des fantasmes. Elle est rêverie de l'inconnu, des frontières nouvelles, de la perception aujourd'hui de ce qui était hors de portée hier.

La solidité des données, la rigueur du raisonnement, le respect absolu des lois de la physique sont les ingrédients indispensables au progrès de notre connaissance. Les obstacles sont vaincus tour à tour, qu'il s'agisse des difficultés observationnelles, des idées a priori, des préjugés ou de la raideur de notre esprit. Cette matérialité des faits, cette réalité du monde qui nous entoure attirent, fascinent, et en même temps font choc.

Evry Schatzman

Les suites d'une fameuse conduite de Grenoble

Brève histoire des écoles d'été d'astronomie

Pour le CLEA, pour les Cahiers Clairaut, pour tous ceux qui se groupent dans l'un et lisent les autres, une préoccupation persistante, l'enseignement de l'astronomie. Dans ses éléments fondamentaux comme dans ses développements. Telle est bien notre raison d'être et d'agir.

Il faut reconnaître que nous affrontons une montagne d'ignorance et d'indifférence. L'enseignement obligatoire fait bien mention de quelques notions sur la situation de la Terre dans l'Univers, généralement dans les cours de géographie. Cela ne va jamais très loin, permettez-moi cette litote. Le résultat est la grande misère de la culture populaire en astronomie. Une chaîne de télévision récemment privatisée illustre le fameux slogan du "mieux-disant-culturel" en affichant dans son programme un horoscope quotidien présenté par un majordome des pompes officielles, un scandale qui laisse indifférentes les plus hautes instances scientifiques - où avez-vous vu que l'Académie des Sciences ait quelque voix au chapitre à la CNCL ?

Cette situation n'est certes pas nouvelle. Du temps où les programmes des classes terminales secondaires demandaient aux professeurs de mathématiques de consacrer quelques heures de leur enseignement aux coordonnées célestes et aux lois de Kepler, il y avait loin de l'enseignement donné à une véritable initiation astronomique. Malgré leurs efforts et leur autorité, André Danjon et Paul Couderc ne réussirent pas à créer, dans ce domaine, vers les années 50, un mouvement de progrès pédagogique.

Du Sputnik à Grenoble

On sait quel choc émotif fut ressenti dans la société des USA lors du lancement du premier satellite soviétique. On s'y sentit dépassé, on eut la conviction que l'enseignement scientifique de la jeunesse devait avoir été insuffisant, on entreprit de le réformer et de le développer. En France, l'ébranlement fut moindre - on n'avait plus la prétention d'être la première puissance du monde même si l'on se croyait toujours parmi les nations les plus cultivées. Il y eut pourtant, sur l'effet du fameux bip-bip, une grande curiosité pour les choses de l'espace qui entraîna, dans le grand public, un certain regain d'intérêt pour l'astronomie.

Beaucoup d'astronomes étaient conscients qu'il y avait "quelque chose à faire" pour transformer ce qui n'était que curiosité momentanée - dix ans après Sputnik 1, les journaux ne faisaient plus que rarement allusion à de nouveaux lancements - en véritable culture scientifique. Mais les spécialistes ont aussi à mener leurs propres recherches. Qui allait se décider à montrer l'exemple ?

Le Congrès de l'Union Astronomique Internationale à Grenoble, en septembre 1976, fut le cadre d'une initiative heureuse d'astronomes préoccupés par l'enseignement et groupés autour de l'équipe du laboratoire d'Orsay. Je ne sais qui précisément eut l'idée de consacrer une journée du congrès à l'enseignement de l'astronomie en invitant à y participer, non seulement les congressistes de tous les pays, en particulier ceux des pays francophones, mais aussi des enseignants non astronomes intéressés par la diffusion des connaissances en milieu scolaire.

J'ai le souvenir d'une merveilleuse journée entre deux nuits en train perturbées par une grève des cheminots. Un amphithéâtre comble et des échanges fort enrichissants. Je reconnaissais quelques têtes, j'avais le plaisir d'en découvrir beaucoup d'autres, ne sachant pas encore dans quel climat

chaleureux et amical allait se développer le mouvement. Je ne me doutais même pas qu'il y aurait mouvement...

Des enseignants attirés par l'astronomie, des astronomes soucieux de l'enseignement à tous les niveaux se rejoignaient donc, échangeaient leurs idées, faisaient part de leurs expériences, exprimaient leurs souhaits, leurs besoins, leurs projets. Comment fallait-il conclure cette journée? Serait-ce par un beau texte réclamant de l'Education Nationale la rédaction d'un programme complet d'astronomie pour toutes les classes, de la Maternelle au baccalauréat? Ce qui serait revenu à préconiser un enseignement obligatoire de l'astronomie sans se soucier préalablement de la formation et de l'information des enseignants. Le piège fut heureusement évité. L'accord fut général, il fallait commencer par le commencement, cette formation, la prendre au sérieux; ne pas s'imaginer qu'elle sera résolue par l'organisation de deux journées de stage ici ou là. Et le commencement du commencement, ce fut l'idée d'une école d'été ouverte à des volontaires.

Et les participants à la journée de Grenoble eurent bien l'impression que ce n'était pas une idée en l'air, que l'équipe d'Orsay était bien déterminée à lancer l'entreprise. Onze ans plus tard, on peut donc dire que cette journée fut décisive, c'est là, à cette date, que le CLEA fut conçu, il devait naître un peu plus de neuf mois plus tard et dans la joie, à l'école d'été de Lanslebourg.

Lanslebourg (17-24 juillet 1977)

Non seulement le projet formé à Grenoble était bon mais il fut réalisé et d'une façon qui allait être exemplaire. Une soixantaine de stagiaires venus de toutes les régions de France, du Nord à Marseille, de La Rochelle à l'Alsace, du Mans à Paris, s'installèrent du 17 au 24 juillet 1977 dans un Centre International de Séjour où ils côtoyaient des montagnards (qui se levaient à l'aurore) et qui étaient assez étonnés de l'ardeur à l'étude que manifestaient ces enseignants-étudiants qui se couchaient tard (observations astronomiques obligent).

Il faut dire qu'il était difficile d'échapper à l'effet d'entraînement d'un groupe d'astronomes animateurs particulièrement dynamique. L'équipe d'Orsay, Lucienne Gouguenheim, Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi et Jacques Dupré, aidée par Francette Delmas qui se chargeait de l'intendance, avait assuré toute l'organisation dont l'inscription des stagiaires (qui, rappelons-le, avaient à leur charge frais de voyage et de séjour). Les organisateurs avaient dû, à regret, limiter le nombre des inscriptions, il y avait eu, comme il y aura chaque année suivante, afflux de candidatures. L'équipe d'Orsay dont tout le travail était bénévole s'était renforcée de collègues astronomes pour assurer certains cours et l'animation des groupes.

La formule - qui a fait ses preuves - montra tout de suite son efficacité et qu'elle convenait parfaitement aux enseignants stagiaires aussi bien qu'aux animateurs. Des exposés théoriques le matin: "La notion d'espace en astronomie" par Ludwik Celnikier, "Les forces dans l'Univers" par André Brahic, "Les processus de rayonnement" par Suzy Collin, "La structure interne des étoiles" par Jean-Paul Zahn, "Les mouvements dans l'Univers" par Lucette Bottinelli et Michèle Gerbaldi. Des groupes de travail l'après-midi encadrés par Jacques Dupré et Jean-Louis Heudier permettaient des recherches sur documents, la réalisation d'instruments simples d'observation et de maquettes ainsi que la préparation d'observations réalisées de jour ou tout au long de la nuit.

Cette énumération ne rend que très imparfaitement compte du travail de l'école d'été de Lanslebourg favorisée par des journées et des nuits de beau temps. Les organisateurs surent dès le départ y créer un climat de travail sérieux dans la bonne humeur. Les interventions des stagiaires pendant les exposés théoriques - à plus forte raison dans les groupes de

travail à effectifs réduits -étaient facilitées par des conférenciers ou animateurs soucieux du contact et des échanges avec les enseignants que nous étions tous.

Deux faits suffisent à prouver que la formule était bonne : 1°) elle a été reprise les années suivantes et chaque fois il a fallu encore refuser des inscriptions, faute de place, même si à Formiguères en 1987 par exemple, le nombre des participants a atteint la centaine ; 2°) parmi les stagiaires de Lanslebourg, je relève les noms de collègues qui sont devenus d'actifs animateurs des écoles d'été suivantes ou des stages organisés par eux dans leur région d'enseignement, Daniel Bardin à Marseille, Gérard Bazin à Reims, Jacques Berlioux à Clermont-Ferrand, Frédéric Dahringer à Quimperlé, Alain Dargencourt dans la région parisienne, Christian Dumoulin à Limoges, Jean-Marie Poncelet en Alsace, Jean-Paul Rosenstiehl au Mans, Daniel Toussaint à Aix-en-Othe, Victor Tryoen alors à Douai, Jacques Vialle à La Rochelle. Il serait injuste de ne pas ajouter à cette liste (où j'espère n'avoir oublié personne, en tout cas qu'on me pardonne un oubli éventuel) les noms de stagiaires touchés plus tard, comme Jean Ripert de Toulon ou à Grasse comme Alain et Martine Rivière de Fontenay-aux Roses, Liliane Sarrazin de Limoges, Béatrice Sandré d'Orsay.

Les vœux formulés à Grenoble ont donc été traduits en actes à Lanslebourg. Des actes qui eurent des suites, preuve supplémentaire de la complète réussite de la première école d'été d'astronomie. Je peux témoigner, ceux qui y étaient n'en ont rien oublié.

Les suites

Première suite, l'édition par le laboratoire d'Orsay avec l'aide matérielle de l'Observatoire de Nice du compte rendu des journées de Lanslebourg. C'était le tome 1 d'une collection de volumes de plus en plus gros qui voisinent dans ma bibliothèque -format oblige - l'encyclopédie scientifique de l'Univers du Bureau des Longitudes ; un bon coin pour puiser des références, un bon coin aussi fréquentable qu'heureusement fréquenté.

D'autre part, au cours de ces journées comme lors de divers stages, rencontres ou colloques, l'intérêt s'est manifesté pour l'édition d'un journal de liaison des enseignants et des astronomes. Si mouvement pédagogique il devait y avoir, il lui fallait un organe. Ainsi est née l'idée des Cahiers Clairaut dont le premier numéro a paru pour l'équinoxe de printemps 1978. Quant à l'intitulé, je dois reconnaître que j'ai un peu forcé la main des amis, tant j'avais envie d'honorer ce savant qui avait réussi le premier calcul du retour de la comète de Halley et qui, pédagogiquement, recommandait en géométrie comme ailleurs de commencer par le commencement. En sous-titre, le cahier portait "Bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants". Un comité qui n'a été officiellement déclaré comme association (loi de 1901) que le 3 août 1982 sous l'appellation définitive CLEA, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes. L'inversion des deux derniers mots permet à notre association d'avoir un sigle qui sonne comme le nom d'une muse grecque, discret hommage au gentil Aristarque. Quant au journal, il a dix ans, c'est un adolescent qui devrait grandir, mûrir et prospérer.

Le succès de Lanslebourg devait inciter l'équipe d'Orsay à poursuivre son effort. Ce furent les écoles de Digne (tout près du village natal de Gassendi) en 1978, de Grasse (1979, 80, 81), de Sophia-Antipolis (1982), de Grasse (1983), de Formiguères (1984, 85, 86, 87). Toujours selon la même formule avec l'enrichissement des années, des stagiaires de Lanslebourg devenant animateurs de groupes de travail, des stagiaires de Digne devenant animateurs à Grasse, etc si bien qu'à Formiguères en 1987 la centaine de stagiaires se trouve encadrée par une équipe élargie et fidèle.

La formule était si bonne qu'elle a été reprise et adaptée par les équipes de Strasbourg et de Marseille qui ont organisé à leur tour des écoles d'été "label CLEA". Agnès Acker, après avoir démontré aux yeux de

tous (sauf peut-être aux aveugles de la Cité des Sciences et de l'Industrie) qu'un planétarium peut être un bon instrument de culture scientifique, a réussi à obtenir de l'académie de Strasbourg l'organisation d'école d'été d'astronomie. Bien sûr, il a fallu qu'avec son équipe elle se prenne par la main pour la réaliser, mais j'ai eu, avec Béatrice Sandré, Christian Dumoulin et Jean-Paul Parisot le plaisir de retrouver à Steige en 1985 le climat des écoles d'été de Grasse ou de Formiguères.

Marie-France Duval de l'Observatoire de Marseille a quatorze stages PAF à son actif depuis 1982. Ce qui ne lui a pas suffi puisqu'en 1987, avec le précieux concours de Daniel Bardin, elle a réalisé une école d'été provençale qui s'est déroulée en parallèle avec un stage d'astronomes amateurs.

Tout cela sous le drapeau du CLEA qui entend bien n'être pas plus parisien que marseillais, alsacien ou breton. Quelle sera la prochaine province à organiser son école d'été CLEA ?

Considérations plus ou moins inactuelles
sur une entreprise riche déjà d'un certain passé
et qui a de l'avenir

Bref, de Lanslebourg à Formiguères en passant par Steige et Marseille, les écoles d'été d'astronomie ont connu un succès constant, indépendant de la latitude et de la longitude comme du calendrier. Pourquoi ?

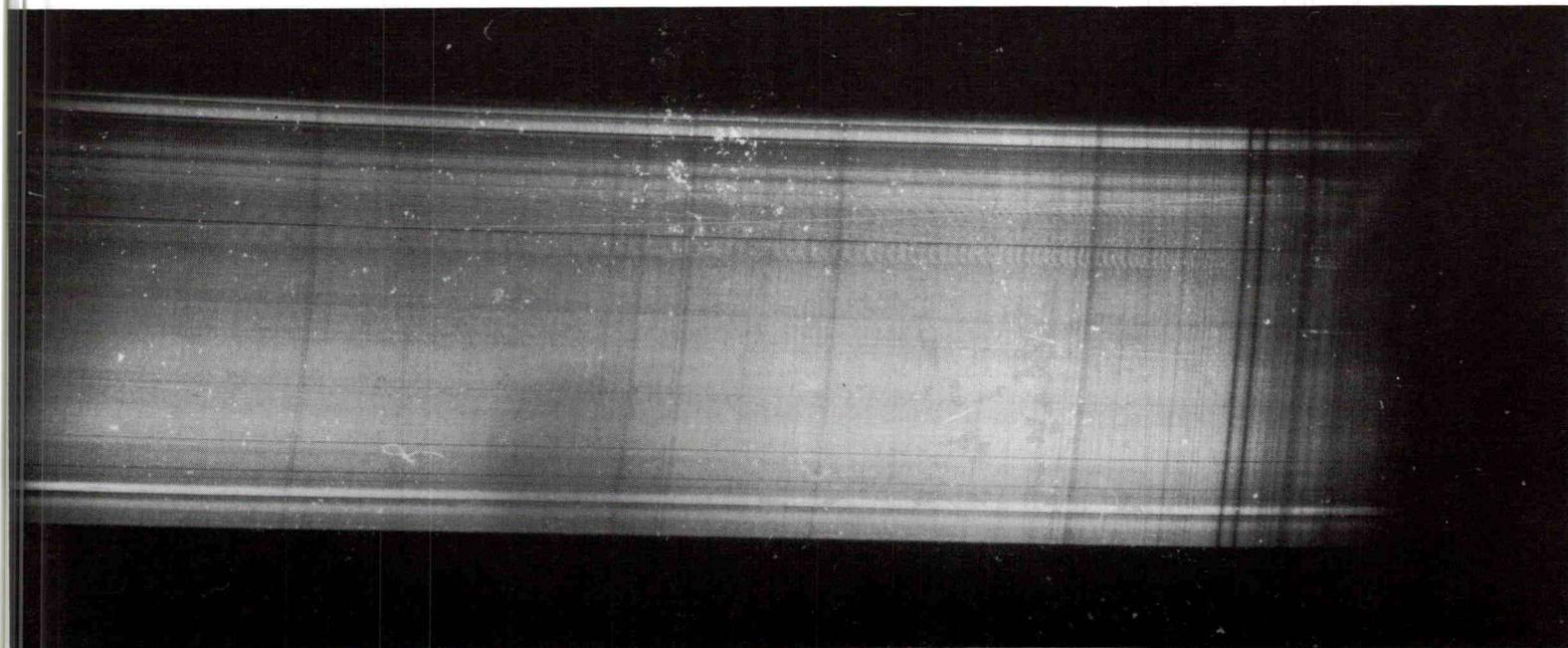
Je ne prétendrai pas en analyser toutes les raisons. Je négligerai même celle qui tient au sujet, à l'attrait naturel que nous ressentons tous pour l'astronomie. Rien en effet ne s'oppose à ce que des enseignants prennent sur leurs vacances du temps et de l'argent pour se cultiver en botanique, en mathématiques ou en littérature du Haut Moyen-Age. A ma connaissance c'est pourtant en astronomie que les écoles d'été se réunissent depuis onze ans. Il faut donc qu'il y ait d'autres raisons, en plus de l'intérêt intrinsèque de l'astronomie. J'en vois deux principales.

D'abord la formule adoptée dès Lanslebourg (et même dès Grenoble), perfectionnée au fil des années. Ce mariage de l'information théorique et des travaux pratiques permet à des enseignants de toutes disciplines d'exercer leurs talents et de cultiver leurs préférences. Je dis bien de toutes disciplines car il est assez remarquable que parmi les stagiaires devenus animateurs, on retrouve des professeurs de dessin ou d'anglais aussi bien que de mathématiques ou de physique. Et personne ne boude la formation théorique ; sans doute parce que les exposés sont faits dans un climat d'échange, que les interruptions ne gênent pas les conférenciers qui, au contraire, les souhaitent. Exposés, travaux sur documents, travaux d'atelier se font dans un esprit d'équipe où chacun profite de l'expérience de ses compagnons. Au fait, j'allais l'oublier tant cela est devenu familier, aucune trace d'esprit hiérarchique dans les équipes, les titres universitaires s'évanouissent dans le tutoiement fraternel et la jubilation devant une belle observation.

Donc la formule théorie-pratique et le climat, certainement une des raisons principales du succès. Mais ne pas oublier que derrière la formule, qui est quelque chose d'abstrait, il y a les organisateurs. Seront-ils gênés qu'on reconnaisse ici leurs mérites ? Tant pis, si je ne le faisais pas mon analyse serait bancale. Avoir pris l'initiative de la réunion de Grenoble était un signe que l'école de Lanslebourg confirma. Mieux, l'équipe d'Orsay ne se lassa pas. On y retrouve toujours aussi présents Lucienne Gouguenheim, Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi, Jacques Dupré et Francette Delmas se charge toujours de l'intendance. L'équipe a su aussi s'adjoindre des renforts avec Monique Gros, Florence Durrett, Georges Paturel et Béatrice Sandré, sans oublier qu'elle peut toujours compter sur des interventions d'André Brahic quand il passe dans le voisinage. Or tout ces collègues ont la charge normale de leur enseignement et de leurs recherches ce qui suffirait largement à les occuper. Pourtant c'est en plus et bénévolement



Ecole d'été de Monteton, août 1987: mouvement diurne et spectre solaire



qu'ils travaillent pour les écoles d'été, pour le CLEA (combien de stages durant l'année scolaire ?) et pour les Cahiers Clairaut. Sans doute cela donne-t-il une autre dimension à leur statut d'astronome, on ne peut certainement pas dire d'eux que ce sont des chercheurs dans leurs tours d'ivoire ou des fonctionnaires en quête d'avancement. Il faut pourtant qu'ils trouvent le temps et l'énergie pour mener toutes ces tâches. Combien de fois ai-je entendu Lucette dire avec le sourire : "on est débordé, comme toujours, mais on y arrivera."

Ce n'est pas étonnant si à l'origine des écoles d'été de Steige et de Marseille il y a également une équipe animatrice. Celle d'Agnès Acker à Strasbourg avec Eliane Legrand, Jean-Marie Poncelet, Jean-Paul Parisot et Christian Dumoulin. Celle de Marie-France Duval à Marseille, avec Daniel Bardin qui cumule ce rôle avec l'honneur d'avoir suivi ou animé toutes les écoles d'été depuis Lanslebourg - honneur qu'il partage avec Daniel Toussaint et Victor Tryoen.

Indubitablement, la qualité humaine des animateurs et des stagiaires - est-ce par contagion ? - a joué, joue un rôle capital dans le succès des écoles d'été. Une leçon à retenir pour tous ceux qui veulent bien s'intéresser à la formation continue des enseignants.

Les difficultés pratiques ou autres n'ont pourtant jamais manqué. Par exemple, trouver un lieu d'accueil pour une centaine de participants avec des salles de réunion, la possibilité d'installer un labo photo, des salles de bricolage et pouvoir observer un ciel non pollué. L'Education Nationale n'a jamais prévu de pouvoir satisfaire des exigences aussi extravagantes. Autres exemples, avoir des aides financières (du Comité National Français d'Astronomie, du CNRS) pour l'édition du compte rendu (l'Observatoire de Paris y a également contribué) ou pour le transport du matériel - merci à cet égard aux responsables de Formiguères. Etre reconnu "université d'été", selon la terminologie de la rue de Grenelle, ce n'est jamais évident alors que cela permet d'obtenir certains crédits. Ceux-ci sont toujours insuffisants les charges des stagiaires restent grandes et le travail des animateurs parfaitement bénévole.

Dans tous les cas, devant l'obstacle, la règle a été "prenons-nous par la main et avançons". S'il y a une assemblée générale d'une journée pour le CLEA, un déjeuner sur place est préparé par Béatrice Sandré aussi experte en cuisine qu'en cosmologie, Catherine Vignon, Alain et Martine Rivière... et l'équipe d'Orsay. Et le repas sur place permet de multiplier les échanges.

Si les activités du CLEA et des écoles d'été se déroulent dans une atmosphère fort plaisante, elles visent une formation solide équilibrant, comme je l'ai déjà dit mais tiens à la répéter, la connaissance théorique, l'expérience pratique et le souci de la communication pédagogique. Toutes choses excellentes qui ont leur revers, elles ne font pas beaucoup de bruit. Or nous sommes dans une société où, comme disait mon capitaine aux jeunes recrues que nous étions, "il n'y a que les apparences qui comptent". Bien sûr, nous ne ferons pas nôtres le propos amer d'un capitaine qui n'avait pas eu accès aux grades supérieurs. Mais il y a quelque chose à retenir de sa sagesse. Le CLEA fait-il la publicité qu'il faudrait en faveur de ses réalisations ? Reconnaissons que le nombre des enseignants touchés par le CLEA ou les écoles d'été est presque dérisoire devant l'effectif total des enseignants. Il faut le reconnaître, tout reste à faire.

Avec l'expérience acquise et si les santés des uns et des autres restent bonnes, il faut donc continuer avec confiance. Donnons-nous rendez-vous pour les vingt ans des Cahiers Clairaut et les trois mille abonnés et je ne sais combien d'écoles d'été.

Gilbert Walusinski

A propos des deux cultures

C.P.Snow, en 1959, posait le problème des deux cultures en notant à quel point la littérature anglaise avait pu ignorer dans tout le siècle qui venait de s'écouler l'explosion de savoir scientifique, l'envahissement de la technologie, sa domination et sa présence dans la vie quotidienne. Dans un monde où l'essentiel des décisions se rapportent en définitive à des questions de savoir scientifique et technologique, (par exemple : comment assurer le développement et la compétitivité de l'industrie française ?), ceux qui ont le pouvoir de décider témoignent d'une inculture et d'une ignorance stupéfiantes dans les domaines clés de la science et de la technique. Un dossier publié par La Recherche en décembre dernier sur l'entreprise et la recherche est accablant à ce sujet.

A défaut de pouvoir intervenir pour que les media diffusent un peu de culture et pas seulement de la distraction, on peut songer aux générations montantes, aux générations qui, dit-on, compteront six cent mille bacheliers par an en l'an 2000, et qui, au nombre de deux millions fréquenteront l'université. On peut espérer leur donner un peu de ce savoir qui fait tomber le voile de mystère qui entoure, en fait, presque tous les instants de la vie quotidienne (1).

Je tiens, quant à moi, à l'importance essentielle des notions suivantes :

- 1 - Il y a des lois de la nature ; l'énoncé d'une loi de la nature se rapporte au monde réel qui nous entoure, la loi décrit la façon dont se déroule toute une classe de phénomènes ou de processus. Exemple : la loi de la chute des corps.

- 2 - L'universalité des lois de la nature. Ce qui est vrai sur Terre est vrai sur la Lune, ce qui est vrai dans notre Galaxie est vrai dans Andromède. Exemple : la loi de la gravitation universelle.

- 3 - La connaissance des lois de la nature permet de concevoir des outils, des instruments nouveaux, de faire de nouvelles inventions. Exemple : la découverte des semi-conducteurs et de leurs propriétés a permis de construire des transistors, et, de façon générale de construire des circuits électroniques de très petite dimension.

Ces trois notions sont importantes et une fois assimilées structurent la pensée et la réflexion de façon rigoureuse. Elles écartent la croyance aux fausses sciences et au surnaturel ; elles relativisent les vérités humaines en affirmant la force des vérités de la nature et éveillent l'esprit

critique ; elles permettent de faire la distinction entre science et technique. Cette dernière différence est difficile à saisir, bien que la découverte scientifique et l'invention technique procèdent de deux modes de pensée entièrement différents : dans le premier, on découvre des choses qu'on ne savait pas ; dans le second, on invente en se servant des choses que l'on sait. L'apprentissage de cette différence par le plus grand nombre possible de gens me paraît nécessaire si l'on souhaite que le développement scientifique puisse continuer : c'est la seule façon de comprendre l'importance de la recherche scientifique.

L'astronomie et l'astrophysique me paraissent des domaines privilégiés pour illustrer les trois notions que je viens d'évoquer. Il ne s'agit en aucune manière de détruire cette partie de la culture dont les sources se trouvent en définitive dans les domaines des affects, des émotions, des sentiments ou même des croyances, mais de donner les moyens de faire face à l'oppression technique dont je parlais plus haut, de la dissocier du rôle du savoir scientifique (je noterai en passant : le savoir scientifique ne se vend pas ; la capacité de l'appliquer, au contraire, se vend très bien), de faire naître une catégorie de décideurs dont la gloire soit liée non aux petits succès immédiats, mais aux grands succès à terme.

Ce qui est à la fois un avantage et un inconvénient de l'astronomie est son lien millénaire à la vie humaine, avec tout le symbolisme qui a été vu dans le mouvement des astres, véritable projection de l'âme humaine sur le ciel. Reconnaître la réalité physique des astres et de leurs propriétés, c'est un peu aussi chasser les dieux du ciel et se retrouver face à face avec une autre réalité : la réalité des sociétés humaines. C'est renvoyer l'homme à la nécessité de se prendre en charge.

Je ne peux qu'évoquer en quelques lignes toute cette philosophie, et je ne proposerai pas ici de programme pour les établissements scolaires ou même pour les universités ! Rien n'est facile, et avant de faire des recommandations, il vaut mieux connaître les résultats des expériences sur le terrain. Mais j'espère que mon discours un peu provocant fera naître une discussion féconde !

Evry Schatzman

(1) Il suffit pour s'en apercevoir de s'interroger sur les bases technologiques des "instruments", "outils" et "produits" dont on se sert constamment, et sur le savoir scientifique qui a permis de les construire ou de les fabriquer.

L'Astronomie au Collège de France : un bref résumé

De tous temps, l'astronomie fut enseignée au Collège Royal, devenu Collège de France, comme l'une des disciplines les plus importantes.

A l'époque de cette fondation, mathématiques et astronomie étaient quasiment confondues, surtout dans l'enseignement, et la philosophie se branchait directement sur ces disciplines rigoureuses. Parmi les six premiers lecteurs royaux nommés par François Ier, Oronce Finé (1494-1555), premier titulaire en 1530 de la chaire de mathématiques, fut en vérité aussi un astronome de talent. En témoignent les instruments d'astronomie - sans optique bien entendu - qu'il construisit. Ses prétendues solutions de la quadrature du cercle ou de la trisection des angles ont soulevé de vives critiques mais son principal titre de gloire en est sans doute d'avoir construit la première carte de France imprimée dans notre pays.

Maurice Bressieu (1546-1617), professeur de mathématiques de 1576 à 1608, ne laissa pas, quant à lui, un souvenir très marquant. Delambre analyse ses oeuvres comme "venant cent ans trop tard". Mais Bressieu était sans doute un homme de goût, propriétaire d'une maison forte, le château de Saint-Jean de Chépy, dans l'Isère, où se trouve peinte une étonnante voûte céleste, véritable carte du ciel, qui témoigne de l'intérêt de Bressieu pour le ciel astronomique, à moins qu'elle n'en fût l'occasion. L'unique ouvrage reconnu de ce mathématicien (le quatrième tome des *Metriques Astronomicae*) traite d'histoire de l'astronomie et de trigonométrie. Curieusement, il est tout naturellement dédié à Henri III mais aussi à Pierre Ramus, son collègue au Collège et à Pierre de Ronsard.

Puis vint Gassendi (Pierre Gassend, 1592-1655). Reconnu l'un des plus influents philosophes de l'époque, humaniste plutôt que penseur original d'ailleurs, il développa l'astronomie tout au long de sa vie. Son oeuvre est considérable; or, sur les six volumes qu'elle représente (publiés en 1658), deux sont consacrés à

l'astronomie ! Ses maîtres furent, à Aix, l'astronome Gaultier de la Valette, et plus profondément, l'humaniste-astronome Peiresc. Parmi ses amis, mentionnons également Mersenne.

Le 7 novembre 1631, Gassendi observa le passage de Mercure devant le Soleil et prétendit y voir la confirmation des lois de Képler. Dans son cours, il défendit le système de Copernic, mais il faut le reconnaître avec une certaine timidité qui le poussa à proposer comme alternative valable le système tychonien. Cette même timidité affecta ses observations. Il accueillit avec scepticisme la découverte de nouveaux satellites de Jupiter par de Rheita ; quant à son observation du passage de Mercure devant le Soleil, il n'en tira qu'un médiocre parti, faute d'avoir adopté la technique mathématique utilisée par Képler pour déterminer l'orbite elliptique de Mercure. Et si, plus tard, il fit de bonnes observations de Saturne, il n'en déduisit rien, laissant à Huyg^{ens} la gloire de conclure, à partir de données bien moins bonnes, à l'existence de l'anneau !

Pourtant, Gassendi, guidé par les idées de Galilée - avec lequel il entretint une correspondance régulière - poussa plus loin que celui-ci la formulation correcte du principe de l'inertie. Et il approcha de près l'idée d'une attraction universelle, bien qu'il n'ait pas su se débarrasser des difficultés qu'il voyait aux actions à distance.

C'était, on l'a dit, un homme prudent et modéré. Saint-Evremont le jugeait timide, J.B. Morin au contraire le vouait aux flammes de l'enfer ; Descartes l'accusait de matérialisme, et lui-même considérait Descartes comme un dogmatique... En vérité, il fut un précurseur du positivisme des siècles suivants.

Il n'enseigna au Collège que trois années (1645-1648) (avant de revenir en Provence, à Digne, où il était chanoine). Enseignement sans doute très exaltant : ne peut-on pas penser que Cyrano de Bergerac, qui fut son disciple attentif, y puisa les idées premières des Voyages merveilleux dans les Etats et Empires de la Lune, et du Soleil.

A la génération suivante, l'astronome le plus connu du Collège Royal fut Philippe de la Hire (aucun rapport avec le valet de coeur des jeux de cartes, un des compagnons de Jeanne d'Arc dont La Hire n'était que le surnom).

Nommé à la chaire de mathématiques du Collège Royal en 1682, La Hire (1640-1718) y remplaça Roberval. Son oeuvre principale est celle d'un géomètre, élève de Desargues, ami d'Abraham Bosse, grand pourfendeur de sections côniques et de courbes algébriques. Géomètre, La Hire ne pouvait pas ne pas se dévouer aux tâches d'astronome que lui valut sa nomination à l'Académie des Sciences comme "astronome pensionnaire". De 1682 à 1718, à l'Observatoire de Paris, il observa à l'aide du grand quart de cercle méridien, notamment. Conjonctions, éclipses, comètes, taches solaires et des tables : mouvements du Soleil, de la Lune, des planètes sont à porter au crédit de son action. Il participa également à de nombreuses opérations de géodésie de la France en compagnie de Picard.

On a souvent considéré que cet homme aux intérêts si multiples (n'était-il pas aussi, comme son père, peintre ?) n'avait guère apporté au progrès de la science. Il est d'autant plus surprenant, dans ces conditions, de noter qu'en 1987, E. Ribes, J.-C. Ribes et R. Barthalot ont tiré de ses innombrables données une intéressante et suggestive anti-corrélation entre le rayon du Soleil, mesuré par La Hire au quadrant méridien, et son activité, mesurée par le nombre de Wolf, déduit des anciennes mesures, -dont celles, aussi, de La Hire.

Au XVIIIème siècle, Siècle des Lumières et aussi siècle de l'astronomie de précision, le premier véritable astronome du Collège fut, pour quelques brèves années, Joseph Delisle (1688-1768). L'observation d'une éclipse de Soleil avait conduit le jeune homme à étudier l'astronomie avec Jacques Lieutot. Il commença ensuite par terminer les calculs des tables de Jacques Cassini, puis par équiper l'Observatoire du Luxembourg, où il observa l'éclipse de lune du 23 janvier 1712. Il déménagea en 1716 (pour laisser la place à la fille du Régent, la duchesse de Berry) pour l'hôtel de Taranne, puis en 1720 pour l'Observatoire Royal (notre Observatoire de Paris actuel), enfin en 1722 pour revenir au Palais du Luxembourg... errance prémonitoire de ses voyages en Europe.

En 1718, il obtient la chaire de mathématiques du Collège Royal. Mais en 1725, il se rend en Russie à l'invitation de Pierre Le Grand, qui voulait fonder un observatoire et une école

d'astronomie. Parti en principe pour quatre ans, il devait y rester 22 ans, le temps pour lui de créer l'Observatoire de Saint-Pétersbourg, de mener à bien de nombreuses opérations géodésiques, géographiques, et bien sûr, astronomiques (observations notamment des éclipses des satellites de Jupiter). Le besoin de mesurer la parallaxe solaire le conduisit à tenter d'utiliser les passages de Mercure devant le disque solaire (Halley avait proposé en 1716 d'utiliser les passages de Vénus).

De retour à Paris, Delisle observa l'éclipse de Soleil de juillet 1748 et reprit son enseignement au Collège où, parmi ses élèves de l'époque (après son jeune frère Delisle de la Croyère, sans doute resté en Russie après lui) J. de Lalande figura au nombre de ses auditeurs.

C'est à cette époque qu'il obtient un nouvel observatoire, à l'hôtel de Cluny, proche du Collège. Il y accueillit le jeune Charles Messier (1730-1817) qui fut sinon Professeur au Collège Royal, du moins, dirait-on aujourd'hui, sous-directeur du laboratoire d'astronomie dirigé par J. Delisle. Grand découvreur de comètes, Messier construisit, pour faciliter leur observation, le catalogue bien connu des "nébuleuses et amas d'étoiles que l'on découvre parmi les étoiles fixes". Et il mena à bien de nombreuses autres observations, avec talent et précision.

En 1760, Lalande succède à Delisle qui se consacre à la préparation des opérations coordonnées d'observation du passage de Vénus devant le Soleil en 1761.

Bien que Delisle soit mort sans descendance, son histoire familiale fut riche : Claude son père, était historien et géographe réputé; parmi ses nombreux frères et soeurs, nous avons déjà cité son cadet; Guillaume, un aîné, fut l'élève de J.-D. Cassini et un cousin (ou oncle ?), Jean Descorbeaux Delisle (orthographié De l'Isle) produisit des vers obscurs dans le ton de l'époque, des épîtres sur la philosophie de Newton notamment.

Delisle, sans aucun doute, fut un astronome de grand talent; cependant, il était trop méfiant; et cette méfiance le conduisit à retarder la publication par Messier (donc, à lui en faire perdre le bénéfice) de la redécouverte le 21 janvier 1759 de la comète de Halley, puis d'une autre découverte cométaire.

Lalande remplace donc Delisle en 1761 au Collège où il retrouve un autre astronome, Pierre Charles Le Monnier (1715-1799), nommé depuis 1736 (date incertaine) et dont nous reparlerons incidemment. Il avait suivi ses cours tout comme ceux de Delisle, mais c'était Le Monnier qui lui avait permis, en 1751, de faire ses premières armes.

Lalande fut certainement à son époque une illustre figure avec laquelle l'histoire des sciences - sans doute à cause de ce qu'écrivit d'injuste sur lui son successeur Delambre puis le R.P. Secchi - fut notoirement injuste, et le reste encore trop souvent.

Faisons ici une brève parenthèse pour demander au lecteur de vouloir bien excuser l'auteur de ce survol historique de la vie astronomique du Collège de France de consacrer l'essentiel de cette étude à l'étonnant personnage que fut Lalande, Professeur au Collège de France pendant 46 ans, un record ?

Joseph-Jérôme Lefrançois, qui ne s'appelait pas encore de Lalande (1732-1807), est d'abord un vibrant élève des jésuites de Bourg, puis de Lyon. Il envisage même la carrière de prédicateur. Or ses parents le veulent juriste et l'envoient à Paris étudier le droit. Leur fils sera effectivement avocat et exercera même cette profession au barreau de Bourg, mais rarement ! Le jeune homme, qui avait adjoint à son patronyme celui de de Lalande, était un travailleur acharné ; or, le procureur auprès duquel son père l'avait envoyé se trouvait habiter l'hôtel de Cluny, où Delisle, on l'a dit, avait établi un observatoire. Déjà, le jeune Lalande avait ressenti la fascination du ciel étoilé au-dessus du ciel bressan. Dans son collège lyonnais équipé d'un petit observatoire, il avait suivi l'enseignement du Père Béraud et participé, avec son professeur, à l'observatoire de l'éclipse totale de Soleil du 25 juillet 1748.

A Paris, dès avril 1749, Lalande observait donc avec Delisle les occultations d'Antarès par La Lune. Il suivait au Collège Royal les cours de son maître et ceux de Le Monnier, qui avait un observatoire aux Tuileries. L'Académie avait désigné Le Monnier pour accomplir à Berlin des opérations conjuguées avec d'autres, menées par La Caille au Cap de Bonne-Espérance, pour la détermination de la distance Terre-Lune. Le Monnier chargea Lalande de le remplacer. Il

y fut accueilli avec sympathie et y fréquenta Maupertuis, alors président de l'Académie des Sciences de Berlin, Euler, Voltaire... Il fut également reçu à la cour de Sans-Souci par Frédéric II et devint membre de l'Académie de Berlin...

Cette période eut sur sa vie une grande influence : mis en contact avec des hommes ouverts aux idées nouvelles, philosophes et sceptiques, Lalande fut fortement ébranlé dans les convictions religieuses de sa jeunesse.

De retour à Paris, il travaille, publie, et est appelé à siéger, comme membre adjoint astronome, à l'Académie des Sciences en 1753, à 21 ans. Il en est le benjamin. Viennent les années 1760 : c'est l'étude de la parallaxe du Soleil, grâce au passage de Vénus devant le Soleil. En 1760 et jusqu'à 1776, il rédige la "Connaissance des Temps". La première édition du "Traité d'Astronomie" de ce merveilleux professeur date de 1764. Lalande se passionne pour son métier d'enseignant et publie de nombreux ouvrages, de très haut niveau ou, au contraire, ouverts à un public très large, comme son "Astronomie pour les Dames" ou des ouvrages historiques sur l'astronomie. Il occupa sa chaire au Collège pendant 46 ans, avec pour élèves Delambre, Méchain, Piazzzi, Burckhardt et pour collègues, Daubenton, Cuvier, Silvestre de Sacy, Thénard, Hallé ou l'abbé poète Delille.

A la révolution, Lalande, partisan des idées nouvelles et athée combattant, devient "inspecteur" du Collège Royal en 1791, après l'interruption (pendant deux ans) des cours normaux. Lalande met dans l'exercice de sa charge d'inspecteur (nous dirions aujourd'hui d'administrateur) la fougue qui égalait celle de tous ses combats. La période révolutionnaire, puis l'Empire, sont pour lui l'époque des grands espoirs et des grandes déceptions. Tout en administrant le Collège de France, puis l'Observatoire de Paris, Lalande s'inquiète. Mais le retour d'un certain ordre le rassure; il croit un moment en Bonaparte. Pendant la campagne d'Italie, ils échangent une correspondance pleine de fleurs. Mais Napoléon perçait déjà ; le militantisme athée de Lalande avait poussé celui qui n'était encore que Premier Consul à l'écartier du Sénat. Après le Concordat, la France redevient la fille aînée de l'Eglise. Or, notre homme s'était mis à travailler avec Sylvain Maréchal au

"Dictionnaire des athées", publié en 1800, et à préparer deux suppléments à ce dictionnaire. C'est l'époque où il signe ses lettres : "Lalande, doyen des athées". Dans l'un de ces suppléments, il fait figurer le nom de quelques athées de marque, Socrate, Rousseau, et... Napoléon Bonaparte. Dans le second, en 1805, il fustige les "monstres qui gouvernent et ensanglantent la terre par la guerre". C'en est trop pour l'Empereur sacré par Pie VII : il mande à l'Institut - rappelons qu'il était membre de l'Académie des Sciences - de censurer Lalande et de lui interdire toute publication ; il le dit "tombé en enfance". La mort trouva un homme amer mais serein.

La carrière scientifique de Lalande, exceptionnelle, ne peut être passée sous silence.

Revenons quelques années en arrière. Lalande suit au Collège Royal, aujourd'hui Collège de France, les cours de Delisle, et ceux de Le Monnier, Or, l'abbé La Caille était parti, en 1750, vers l'Afrique du Sud, chargé par l'Académie des Sciences, de l'étude du ciel austral, et aussi de diriger et de coordonner les mesures effectuées en vue de la détermination de la distance de la Lune à la Terre. En même temps, Le Monnier se prépare à aller à Berlin, presque sur le même méridien que le Cap, s'y livrer aux observations complémentaires de celles de La Caille. Le Monnier dispose d'un arc de cercle construit par le célèbre fabricant d'instruments astronomiques, l'anglais Sisson. C'est le plus bel instrument européen. Mais Le Monnier préfère envoyer à sa place le jeune Lalande, dont il avait pu constater l'assiduité au Collège de France, et les grandes qualités du jeune homme, acharnement au travail, précision, volonté. Lalande donc arrive à Berlin et se met au travail. Lalande, de retour à Paris, compare ses données avec celles de La Caille ; dans un premier mémoire, le jeune astronome publie la parallaxe de la Lune. Mais la correction à faire pour tenir compte de l'aplatissement terrestre donne lieu à un conflit très dur entre les différents savants concernés, écho lointain de la dispute encore récente entre les partisans de l'aplatissement et ceux de l'allongement dans la direction des pôles. La longueur d'arc de méridien donné est en effet évidemment essentielle à tous ces travaux. Or une dispute s'était élevée entre La Caille et Le Monnier

à ce sujet. Lalande s'était joint à une commission créée par l'Académie pour trancher le différent. Elle trancha pour La Caille ; Le Monnier, amer, accuse Lalande d'avoir fait des erreurs dans la correction apportée aux mesures de parallaxes, et destinées à tenir compte de l'aplatissement terrestre.

L'Académie est encore obligée de désigner une commission chargée cette fois de trancher entre Lalande d'une part, et Le Monnier de l'autre. La Caille, président de cette commission, prouve que Lalande a raison ; et Le Monnier, de plus en plus irrité, rompt complètement avec son ancien élève.

Second travail essentiel de Lalande, les études cométaires. Halley avait prédit la réapparition en 1758 ou 1759 (avec une imprécision de l'ordre de une année) de la comète qui porte son nom.

La prévision de Halley date de 1705. Halley est mort non sans avoir dans ses écrits, réclamé un peu de gloire si jamais la prévision s'avérait exacte. Les newtonianistes ne chôment pas : Clairaut, excellent mathématicien, vive Clairaut ! Vive Cléa !, se met à l'oeuvre ; il met au point une technique analytique susceptible de prendre en compte les effets perturbateurs de Jupiter et de Saturne. Lalande est vite convaincu de l'importance du projet. Il se met au calcul numérique (en collaboration étroite avec la première femme astronome française, Madame Nicole-Reine Lepaute, épouse du fameux horloger). Le calcul est long, difficile. Lalande et Madame Lepaute arrivent néanmoins au résultat avant l'apparition de la comète. Clairaut ayant précisé les limites de la précision de ses méthodes, on avait même pu annoncer l'apparition de la comète pour la fin de 1758, et le passage au périhélie en avril 1759 - et le faire à une précision annoncée à un mois près ; la précision est remarquable, tout à fait nouvelle pour l'époque. Le calcul des perturbations était né.

Or, la prévision se révèle correcte. Dès le 25 décembre 1758, un paysan des environs de Dresde observe la comète ; elle est saisie par les astronomes parisiens (Messier !) le 21 janvier 1759 ; elle passe au périhélie le 13 mars 1759, un mois seulement avant la date prévue par le calcul. C'est la gloire pour Clairaut et pour Lalande. Lalande est chargé en 1760 des éphémérides annuelles de la Connaissance des Temps. Bien entendu, il mit au point des méthodes

de calculs très complètes, à l'occasion de cette tâche régulière, et publia plus de cinquante mémoires sur des questions de mécanique céleste appliquée aux détermination des éléments des planètes en comparant l'observation et les éphémérides.

La parallaxe du Soleil est un autre problème important. Pour la mesurer, le passage de Vénus devant le Soleil est particulièrement favorable ; c'est un phénomène qui se produit deux fois par siècle, à huit ans d'intervalle ; au XVIIIème siècle ce devait être en 1761 et 1769.

La durée du passage de Vénus sur le disque solaire est de quelques heures -environ six heures- pour le plus grand diamètre ; et l'on peut mesurer ces durées à une seconde de temps près. L'instant des contacts peut être déterminé à quelques secondes près. Certes, il faut connaître le diamètre apparent de Vénus et celui du Soleil : mais la mesure est possible avec un héliomètre micrométrique. C'est le 6 juin 1761 qu'a lieu le phénomène. Il est alors observé en de nombreux observatoires européens, mais aussi au Cap, à Lobolsk, à l'Ile Rodrigues ; les tentatives de Le Gentil dans l'Inde furent, on le sait, gênées par des nuages, comme d'ailleurs en d'autres lieux d'observation. Lalande lui-même, resté à l'observatoire du Palais du Luxembourg, observa le passage de Vénus, et se chargea de la réduction de l'ensemble des données. On notera que celles de l'Ile Rodrigues étaient dues à son ami et confrère de l'Académie des Sciences, le Chanoine Pingré. Mais l'incertitude sur la position géographique des observatoires qui avaient obtenu des données utilisables, et la faible distance qui les séparait les uns des autres sur terre, étaient telles qu'il était exclu de pouvoir améliorer beaucoup les déterminations antérieures de La Caille. Lalande adopte provisoirement la valeur de 9" (valeur en chiffres ronds, donnée par lui). Cette petite déception incite les astronomes à préparer d'autant mieux le second passage, celui du 3 juin 1769. Le Gentil resta dans l'Inde, pour ne pas le manquer ; on sait ce qu'il advint au malheureux, oublié de tous à Paris... La renommée de Lalande était alors considérable. Un consensus général lui confia la responsabilité de coordonner les observations et leur dépouillement ; il refusa de nombreuses invitations à participer aux opérations en des sites favorables et éloignés, pour mieux accomplir

sa tâche de coordinateur. Pour son compte, l'Académie des Sciences envoya Chappe en Californie, et Pingré à Saint-Domingue ; l'Académie de Saint-Petersbourg envoya en Laponie deux savants genevois, Pictet et Mallet ; les Anglais, les Suédois, les Danois eurent leurs expéditions, qui en Amérique du Sud, qui aux Indes, qui en Océanie, qui au Cap Nord. Et bien sûr, tous les observatoires européens eurent à coeur d'observer le phénomène. Lalande lui-même en suivit le déroulement depuis l'observatoire Mazarin qu'il occupait à l'époque. Il collecta les observations et publia, le 10 janvier 1770, dans la "Gazette de France", une distance Terre-Soleil de 32 830 000 lieues communes. La parallaxe qu'il publia dans la seconde édition de son traité d'astronomie, en 1774, comme "parallaxe horizontal moyenne" du Soleil fut de 8",75. Rediscutant les données, les auteurs du XIXème siècle adoptèrent successivement 8",56 (Delambre), ou 8",58 (Encke), puis 8",85 (Laugier) et même 8",91 (LeVerrier). Aujourd'hui l'utilisation d'Eros qui passe à faible distance de la Terre, celle d'autres astéroïdes, celle de l'astronomie par radar, ont permis de fixer la parallaxe du Soleil à la valeur de $8'' 794\,148 + 0'' 000\,007$, valeur plus proche de celle de Lalande que de celle de LeVerrier.

Le mouvement des planètes et des comètes se repère par rapport à la sphère des étoiles fixes. On conçoit que la construction de catalogues précis des positions stellaires soit essentielle dans le genre de travaux qui occupaient le XVIIIème siècle. Dès l'antiquité, le catalogue d'Hipparque (127 avant notre ère) comprenait 1080 étoiles. Au milieu du XVIIIème siècle, on disposait d'un catalogage de qualité: Halley, La Caille, Bradley avaient observé des dizaines de milliers d'étoiles, parfois avec une bonne précision. Lalande devait s'attaquer à nouveau à une entreprise de cette nature, qui convenait bien à son tempérament d'observateur et de calculateur. En 1775, il se mit à la construction d'un grand catalogue stellaire. Il avait établi que ce catalogue devait contenir 50 000 étoiles pour être réellement utilisable à des recherches planétaires de qualité ; il fallait aller jusqu'à la neuvième grandeur. Ce travail colossal exigeait de nombreuses collaborations, et un instrument de précision. Lalande utilisa, à l'Observatoire de l'Ecole Militaire, un instrument

construit par le célèbre opticien anglais Bird, instrument de sept pieds et demi de rayon, encore meilleur que celui de Le Monnier, jadis utilisé à Berlin par Lalande lui-même. Il observa avec le neveu de l'horloger Lepaute, Lepaute d'Agelet, puis avec son propre neveu Michel de Lalande (1766-1839) (en réalité petit-fils d'un frère du père de Lalande et qui fut l'assistant et même le suppléant de Lalande au Collège de France) et l'épouse de celui-ci, Marie-Jeanne, dont certains historiens affirment qu'elle était la fille naturelle de Lalande. Le travail est terminé en 1801. La publication en est commencée par Lalande ; mais les observations sont brutes, non réduites ; la réduction prendra encore du temps, et Lalande, âgé, ne devait pas présider à cet achèvement de travail. La France s'en désintéresse ; et ce fut grâce aux astronomes britanniques que finalement, en 1835, on trouva de l'argent pour cette réduction, qui fut dirigée par Francis Baily. La publication du catalogue des positions stellaires date de 1847, peu d'années après la mort de Baily.

Jean-Baptiste Joseph Delambre (1749-1822) succéda à Lalande en 1807. Nous avons mentionné déjà sa monumentale histoire de l'astronomie, en six volumes, une oeuvre remarquable, et d'une grande modernité, mais souvent injuste -notamment à l'égard de Lalande. Elève de Lalande dès 1780, il apprit l'astronomie en l'enseignant à un "tapir", le fils du receveur général Geoffroy d'Assy, lequel construisit pour Delambre un petit observatoire privé.

Delambre se révéla un remarquable observateur, et ses études sur la théorie d'Uranus lui valurent une juste réputation. Mais l'essentiel de ses travaux fut, en vue de l'établissement du système métrique, la mesure de l'arc de méridien Dunkerke-Barcelone, avec son collègue Méchain. C'est à lui que l'on doit la définition du mètre-étalon.

La physique commençait alors à se développer à toute allure ; pourtant ce n'est pas en France que l'on vit fleurir l'astrophysique : sans doute l'astronomie classique y était-elle par trop prédominante ?

Si bien que Delambre fut le dernier véritable astronome à avoir enseigné au Collège de France au XIXème siècle.

A cette époque, un phénomène curieux se produisit au Collège, et qui peut paraître assez éloigné de ses préoccupations usuelles de haute technicité. Je veux parler du cours que François Arago y enseigna. Après la fin, dès 1812, du cours public que Delambre donnait au nom du Bureau des Longitudes, Arago avait pris la suite de cet enseignement dispensé non au Collège, mais à l'Observatoire de Paris. Mais les locaux deviennent vite trop exigus ; en 1832, Arago demande l'hospitalité au Collège, et ne revient à l'Observatoire qu'en 1841. Ce cours était devenu un cours d'astronomie "populaire" couvrant toute l'astronomie, mais sans recours aux mathématiques : il était très assidûment suivi. Il se déroula dans un amphithéâtre aujourd'hui démoli, sur le côté Est du bâtiment Chalgrin. La vogue des cours d'Arago marquait le début de cette extraordinaire période que fut pour l'astronomie la fin du XIXème siècle, dans une atmosphère d'enthousiasme juvénile pour la science en général, et les choses du ciel en particulier. Bien plus tard, Camille Flammarion regrettait (dans ses Mémoires) que le Collège ne lui ait pas accordé la même faveur, et de n'avoir pu y donner les brillantes conférences qui faisaient, autant que ses livres, sa renommée. L'astronomie populaire s'est d'ailleurs rattrapée récemment, grâce à l'organisation par le Collège de France des "conférences du jeudi", occasion de parler à un vaste public de questions non moins vastes : l'astronomie y eut sa soirée.

Jacques-Philippe-Marie Binet (1786-1856) enseigna cependant l'astronomie après Delambre, mais ses recherches ont porté essentiellement sur la solution des problèmes de mécanique analytique. Sa contribution à l'astronomie concerne seulement les mesures du diamètre apparent du Soleil, et ses effets sur la détermination de la parallaxe solaire.

Après Binet, le dernier astronome (au sens classique du terme) à enseigner au Collège de France fut Joseph-Alfred Serret (1819-1885). Le nom de Serret est associé à celui de Frenet dans l'histoire du calcul différentiel et celle de la théorie des courbes dans l'espace à 3 dimensions. Il a publié quelques notes d'astronomie, et enseignait la mécanique céleste, plus que l'astronomie, comme, après lui, Maurice Lévy. L'enseignement d'astronomie, donné au XVIème, au XVIIème siècles, par les

mathématiciens que furent Finé ou Gassendi, disparaissait, au bénéfice des mathématiques pures. Jacques Hadamard allait hériter de cette chaire, qui est restée aujourd'hui une chaire de mathématiques pures.

La physique cependant était arrivée au pied de la montagne Sainte-Geneviève. Certains physiciens du Collège, comme Biot, (1774-1862) étaient un peu astronomes aussi...

Plus récemment Alexandre Dauvillier (1892-1979) occupa au Collège la chaire de "Physique cosmique", créée pour lui en 1945.

Il y enseigna principalement la physique du rayonnement cosmique, et, accessoirement, ses propres théories sur la genèse du système solaire qu'il attribuait à une cause "catastrophique".

André Lallemand (1904-1978) fut au Collège de France, de 1961 à 1974, le titulaire de la chaire des "méthodes physiques de l'astronomie". Beaucoup d'entre nous ont gardé un chaleureux souvenir de cet homme foncièrement bon, et dont l'oeuvre fut profonde et subtile.

Né dans la Côte-d'Or, il devint d'abord astronome à Strasbourg, puis à Paris. C'est là qu'il développa ses travaux fondamentaux pour l'amélioration des tubes à multiplicateurs d'électrons.

L'effet photoélectrique découvert au début du XXème siècle était utilisé par les astronomes depuis les années 1920. Mais la difficulté fondamentale était due à la faiblesse des courants électriques et la photoélectricité ne devait être possible qu'après l'invention des tubes radioélectriques et surtout de la multiplication des électrons dans les tubes à émission secondaire. De tels tubes étaient fabriqués juste avant la guerre ; leur principe consistait à envoyer les électrons primaires émis par l'effet photoélectrique sur une seconde cathode à émission secondaire ; chaque électron en émet n nouveaux ; ceux-ci à leur tour sont captés par une autre cathode et ainsi de suite. A. Lallemand étudie ces procédés à fond. Il met au point des tubes où le passage des électrons secondaires d'une cathode à l'autre est guidé par des champs électriques et non magnétiques comme dans d'autres réalisations.

Il montre que l'amplification ainsi obtenue, aussi bonne fût-elle, ne peut améliorer le rapport signal-sur-bruit de la couche sensible. Celle-ci doit donc être réalisée à la perfection. Mais il montre aussi que les effets perturbateurs de l'amplification sont négligeables si la multiplication n est supérieure à 2.

Pour les couches photoélectriques elles-mêmes, il montre l'importance de la structure en profondeur des couches et il réalise des couches ayant un rendement quantique de 40% alors qu'avant lui un rendement de 10% était jugé excellent.

Il fabrique les électrodes secondaires ou dynodes en un alliage d'argent et de magnésium, qui est maintenant universellement adopté. Les tubes qu'il réalise dès 1945 permirent avec 19 cathodes une amplification de l'ordre de 2 millions. Ces tubes sont toujours fabriqués en France et à l'étranger, notamment aux Etats-Unis, d'après les principes de A. Lallemand.

Ils ont été utilisés dès 1946 par les astronomes et ont permis de nombreuses recherches de photométrie stellaire et extragalactique.

Ces recherches seraient suffisantes pour la renommée scientifique de A. Lallemand, mais sa contribution essentielle est l'amplification photoélectrique avec conservation des images.

Les Français savent que A. Lallemand est l'inventeur de la Caméra électronique. Les spécialistes étrangers le savent aussi, mais très souvent les procédés dont il a indiqué dès 1936 les principes sont mis à l'actif des grandes sociétés qui produisent des amplificateurs d'images, tous basés sur les principes que A. Lallemand a énoncés et qu'il a fait fonctionner à l'Observatoire de Strasbourg avant la guerre.

Les premiers essais datent de l'immédiat avant-guerre. La guerre vint, et A. Lallemand consacra tout son temps à des recherches sur les cellules photoélectriques si utiles à la Défense nationale (dont il fut le conseiller technique), et son travail de physicien a aussi été très utile dans le domaine de la détection infrarouge. Nous avons déjà décrit ces recherches.

Dès la fin de la guerre, A. Lallemand reprit ses recherches sur la caméra électronique et fit ses premières observations spectrographiques à l'Observatoire de Haute-Provence. Il fit en 1954

un long voyage aux Etats-Unis, et il fut invité à l'Observatoire Lick où il aida son ami Merle Walker à installer une caméra électronique derrière le télescope de 3 m de cet Observatoire. L'importance des résultats de A. Lallemand fut alors reconnue dans le monde entier.

L'usage de la caméra électronique Lallemand offre sur la plaque photographique trois avantages essentiels : un gain en sensibilité, l'absence de grain, et une excellente linéarité entre le noircissement et l'intensité de la lumière incidente.

Bien entendu, on est allé plus loin depuis : mais Lallemand a été de ceux qui ont montré la voie, et créé une école d'excellents spécialistes de la photométrie rigoureuse des objets étendus.

Le signataire de ce texte, lui, enseigne au Collège "l'Astrophysique Théorique", -depuis 1964. Il laisse aux auteurs du numéro qui marquera le cinquantième anniversaire de Cléa le plaisir nostalgique d'évoquer son enseignement.

Jean-Claude Pecker

Bibliographie Générale

- Grand Larousse encyclopédique en 10 vol. Paris : Larousse, 1960. (Finé).

- Dictionary of scientific biography. New York : Charles Scribener's sons, 1970. 13 vol.

- Poggendorff J.C., Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exacten Naturwissenschaften. Berlin : Akademie-Verlag, 1963 ->

- Et également :

- Sur M. Bressieu, le travail de J. Barbier, présenté au Colloque n°98 de l'UAI, "La contribution des astronomes amateurs à l'Astronomie" (sous presse).

- Sur A. Dauvillier, la notice du Président, lundi 7 janvier 1980 ; Paris : Institut, 1980-1, 17-18.

- Sur J. de Lalande, le texte de l'auteur : l'oeuvre scientifique de J.J. Lefrançois de Lalande, 1985, Les Nouvelles Annales de l'Ain, numéro spécial, J. de Lalande

- Sur A. Lallemand, la notice nécrologique de Ch. Fehrenbach, 1978, C. R. Acad. Sci. Paris, 287, Vie académique, 28-35

A ces deux derniers textes, on a fait de larges emprunts, incorporés au texte de l'article. L'auteur tient à remercier vivement Madame S. Laloë, bibliothécaire de l'IAP, qui l'a beaucoup aidé dans ses recherches bibliographiques et biographiques.

LA LUNE

Exemple de leçon de 4° utilisant un nanoréseau de MO5

Matériel utilisé:

- logiciel "Lune" (version Octobre 87). (présenté en annexe I).
- calendrier indiquant les phases de la Lune.
- projecteur - balle - rapporteur.

Public visé:

- classes de 4°.
- clubs d'astronomie.

Objectif:

Détermination approchée des heures de visibilité de la Lune, de sa position par rapport aux étoiles et au méridien local pour toute date choisie par l'opérateur.

Déroulement de la leçon:

Avant d'utiliser les ordinateurs, il est souhaitable que tous les élèves aient observé les différentes phases d'une boule éclairée par un projecteur. Puis chacun a dessiné une phase, mesuré l'angle de phase STL correspondant et confronté ses résultats à ceux des voisins.

Ensuite, chaque groupe d'élèves (un à trois élèves par poste) dispose de la fiche "Notice d'utilisation du logiciel Lune" et du questionnaire "Soleil-lune" (annexe II), ainsi que d'un calendrier.

Après avoir rempli le questionnaire, les élèves pourront alors planifier leurs observations futures de la Lune (qui resteront cependant soumises aux aléas de la météo...).

Durée de la leçon:

Cela dépend beaucoup du matériel informatique, du nombre des élèves et de leurs connaissances préalables (il faut prévoir d'expliquer les mots: constellation, Zodiaque, écliptique, méridiens s'ils sont inconnus).

La leçon peut se dérouler sur deux séquences faisant alterner les recherches à l'ordinateur, les simulations sur maquette et les explications.

Ce logiciel fait partie d'une disquette nanoréseau MO5 distribuée 180 F TTC par l'association M82 (qui peut fournir une facture sur demande).

Cette disquette contient la version Oct. 87 des logiciels présentés à Formiguères et qui sont: Copernic (position des planètes)- Géohélio (lois de Képler-système de Ptolémée)- Mars (rétrogradation) - Lune (v. annexe I) - Cadran (calcul de cadrans solaires) - Heure (Conversions:heure solaire - heure légale).

Pour tous renseignements complémentaires, écrire à D. Toussaint
20 rue Renaudot 10 160 AIX EN OTHE.

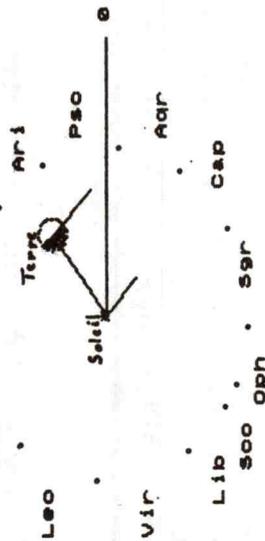
LUNE

Annexe I

Programme réalisé par D. Toussaint

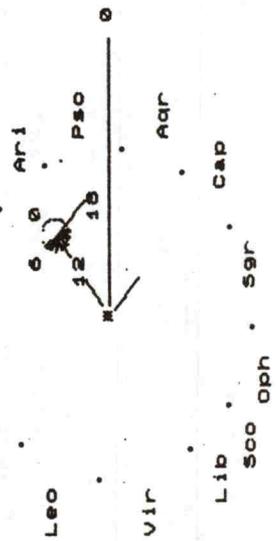
ET CHOIX DE LA DATE POUR SITUER LA LUNE
 POUR SITUER LA LUNE AU MERIDIEN.
 LUNE, décomposez la date comme suit:
 Entrez le jour du mois (nombre de 1 à 31)
 Entrez le mois (nombre de 1 à 12). ? 10
 Entrez les 2 derniers chiffres de
 l'année ? 87
 Entrez la même forme, donnez la date de
 la dernière NOUVELLE LUNE
 Entrez le jour du mois ? 22
 Entrez les mois ? 10
 Entrez les 2 chiffres de l'année ? 87

* HEURE OU LA LUNE EST AU SUD ? (O/N) ?
 DATE 30 10 87 Cno
 AGE de la LUNE ?
 Tau 8 Jour(s)



Après la réponse "0", l'écran suivant
 dit que la Lune passe au méridien vers 18h

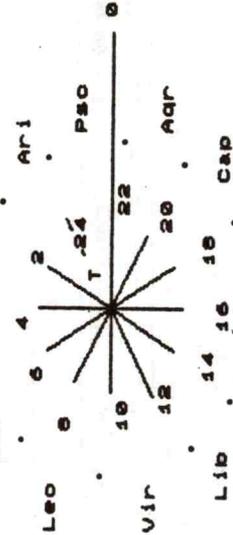
* RETOUR AU MENU, APPUYER SUR UNE TOUCHE
 DATE 30 10 87 Cno
 AGE de la LUNE ?
 Tau 8 Jour(s)



HEURES DE PASSAGE DES ETOILES
 AU MERIDIEN.

POUR entrer la date, il faut la décompo-
 ser comme suit.
 Entrez le jour du mois (nombre de 1 à 31)
 Entrez le mois (nombre de 1 à 12). ? 10
 Entrez les 2 derniers chiffres de
 l'année ? 87

HEURES DE PASSAGE DES ETOILES AU SUD.
 DATE 22 10 87 Cno
 AGE de la LUNE ?
 Tau 8 Jour(s)



* RETOUR AU MENU, APPUYER SUR UNE TOUCHE

LEGENDE DES DESSINS.

Le SOLEIL est le * Jaune au centre.
 La TERRE est le disque Jaune et noir.
 La LUNE n'est pas représentée.
 Sa direction est indiquée.
 Les ETOILES sont à imaginer très loin
 à l'extérieur. La direction des constel-
 lations du Zodiaque est indiquée sur le
 grand cercle.

* POUR CONTINUER, APPUYER SUR UNE TOUCHE

Exemples de pages-écrans tirées de la
 rubrique : "Interprétation des schémas."

APPROXIMATIONS UTILISEES.

L'âge de la Lune est donné à un jour
 près.

Les PLANS de l'équateur
 - de l'écliptique lunaire
 - et de l'orbite lunaire
 sont CONFONDUS.

Notice d'utilisation du logiciel "LUNE"

Annexe II

Soleil - Lune

Utilisation de la rubrique: 1 - Renseignements;

A lire rapidement. Possibilité d'y revenir plus tard.

Utilisation répétée de la rubrique: 3 - Soleil - Terre - Zodiaque;

Entrer en décomposant, la date d'aujourd'hui.

Lire sur l'écran:

Quelle constellation contient le Soleil aujourd'hui?

Quelle constellation est visible au Sud (méridien) en début de nuit?

Retour au menu - Rubrique: 3 -

Entrer la date de votre anniversaire.

Lire sur l'écran dans quelle constellation se trouvait le Soleil.

Comparer ce résultat à votre signe du Zodiaque.

Retour au menu - Rubrique: 3 -

Entrer successivement les dates des solstices et équinoxes.

Lire sur l'écran dans quelles constellations se trouve le Soleil et indiquer

si, lors de son passage au Sud celui-ci est "très haut", "haut", ou "bas".

Utilisation du calendrier:

Chercher les dates de la dernière NL, des PQ, PL, DQ suivants, de la prochaine

NL. En déduire les noms des phénomènes astronomiques qui durent environ:

- une semaine.
- un mois.

Utilisation répétée de la rubrique: 2 - Soleil - Terre - Lune - Zodiaque;

Entrer successivement les cinq dates précédentes et porter dans un tableau les réponses aux questions suivantes:

- constellation contenant le Soleil
- hauteur maximale du Soleil (très haut, haut, bas)
- constellation contenant la Lune
- hauteur maximale de la Lune (très haute, haute, basse)
- valeur approchée de l'angle de phase STL (en degrés)
- heure de passage de la Lune au Sud (au méridien)
- retard ou avance de la Lune par rapport au Soleil (en heures)
- période de la nuit où la Lune est visible (totalité, début, fin, aucune).

Utilisation du livre (page 116) ou d'une maquette pour dessiner l'apparence de la Lune à ces différentes dates.

N.B. il est toujours possible de relire la rubrique: 1 - Renseignements pour connaître les conventions utilisées à la rubrique: 2.

Position du Soleil:

Date d'aujourd'hui:

Constellation contenant le Soleil aujourd'hui:

Constellation(s) au Sud en début de nuit:

Date de ta naissance:

Constellation contenant le Soleil à cette date:

Ton signe du Zodiaque:

Comparaison des deux dernières réponses:

Dates	Constellations où est le Soleil	Hauteur maximale du Soleil et des constellations où il se trouve
21- 3 - IX		
21- 6 - IX		
23- 9 - IX		
22-12 - IX		

Position de la Lune:

Dates	Dernière NL	PQ	PL	DQ	Prochaine NL

une semaine représente:

un mois représente:

Dates	constellation du Soleil	hauteur maximale du Soleil	constellation de la Lune	hauteur maximale de la Lune	
NL					
PQ					
PL					
DQ					
NL					
Dates	angle de phase STL	passage de la Lune au Sud	retard de la Lune/Soleil	période de visibilité dans la nuit	forme apparente
NL					
PQ					
PL					
DQ					
NL					

en degrés en heures en heures

Astronomie et Astronomes, aujourd'hui

UN ENTRETIEN A BATONS ROMPUS AVEC ANDRE BRAHIC

Il y a dix ans que j'ai fait la connaissance d'André Brahic. C'était à l'école d'été de Lanslebourg où il nous avait fait un exposé lumineux sur les forces dans l'Univers. Avec les autres stagiaires, j'avais été aussitôt conquis par son enthousiasme. Des entretiens autour d'un café, d'autres occasions de rencontre pour la rédaction des Cahiers Clairaut me convainquirent que derrière la fougue de son éloquence il y avait la rare combinaison d'une intelligence au vif argent et d'un coeur ouvert à tous ceux qu'il aime ou qu'il estime. Bref, c'est un ami. Il me paraissait donc indispensable qu'il figure au sommaire de ce numéro anniversaire des Cahiers tout en sachant qu'au milieu de ses tâches professionnelles d'enseignement et de recherche ainsi que de ses obligations familiales, il ne trouverait pas le temps d'écrire pour nous. Nous avons donc convenu de diner ensemble et, de 21h à 2 h du matin, nous avons bavardé. J'ai rédigé le brouillon de notre entretien et trois jours après nous en avons revu la forme et le fond. Un texte écrit n'a pas la chaleur humaine d'un dialogue animé par André. Voici pourtant, avec son aide, quelques échos de cette soirée d'octobre 1987 dont je le remercie.

Gilbert Walusinski

G.W.- Le titre que je te propose "Astronomie et Astronomes, aujourd'hui" devrait te permettre de nous donner ton avis sur ce qui a marqué dans les progrès de l'astronomie depuis dix ans et quelle évolution ces années ont entraînée dans le travail et la vie des astronomes.

A.B.- Ce n'est pas il y a dix ans mais dans les années soixante, donc un peu antérieurement, que l'astronomie a connu une véritable mutation. Pour quatre raisons principales, chacune entrant en interaction avec les trois autres :

- la naissance de la recherche spatiale ;
- l'apparition de nouveaux et puissants détecteurs de rayonnements grâce aux progrès de l'électronique ;
- l'invention et la construction d'ordinateurs de plus en plus performants ;
- le recrutement au cours de ces années soixante, de nombreux scientifiques dans tous les pays du monde.

Grâce aux sondes spatiales, on a pu observer des objets du système solaire de près, voir dans de bien meilleures conditions les objets lointains et découvrir de fins détails et des structures jusqu'alors inconnues. Grâce aux nouveaux détecteurs on a pu explorer l'Univers dans toute l'étendue du spectre électro-magnétique. Grâce aux ordinateurs, on a pu construire des modèles théoriques qui sont de mieux en mieux en accord avec les observations. En même temps, le nombre des chercheurs a connu une embellie dont on peut se faire une idée en disant que vers 1965 il y avait autant d'astronomes en activité qu'il y en avait eu au total depuis l'apparition de la vie sur la Terre. Embellie qui contraste avec les difficultés actuelles dont nous reparlerons plus loin.

Premiers brillants résultats : des découvertes très importantes comme celle des quasars, celle des pulsars, celle du rayonnement X des corps célestes, l'identification de molécules dans l'espace interstellaire, etc. Durant la dernière décennie, on a recueilli les fruits de cette mutation dans les méthodes et dans les moyens, on s'est familiarisé avec les objets nouveaux.

De ce fait, l'astronomie professionnelle a connu une transformation comparable à ce qui s'est produit en physique des particules avec la construction des grands accélérateurs. Pour se faire une idée des changements en astronomie, pensons au travail de Herschel il y a deux siècles. Ce musicien professionnel a poli lui-même le miroir de son télescope qu'il a installé

dans son jardin ; il a fait l'observation lui-même et cherché à l'interpréter. Cet objet nouveau, n'était-ce pas une comète ? Il suit son déplacement, il rédige et publie ses travaux qui ont conduit à la découverte d'Uranus. En 1986, quand Voyager 2 visite le système d'Uranus, plus de deux mille personnes sont concernées, chacune effectuant une petite part du travail global : il a fallu concevoir la sonde et les instruments qu'elle transporte en fonction d'un programme scientifique dont la mise au point était oeuvre collective ; chaque instrument a dû être longuement testé ; il a fallu lancer la sonde, la suivre et la guider (problème de navigation spatiale) ; vérifier l'enregistrement des données recueillies ; puis traiter ces données avant d'en tirer des conclusions. Au bout de la chaîne, les premières publications : plus de cent vingt pages d'articles dans la revue Science dont chacun porte les signatures de plusieurs dizaines d'astronomes. Et dans les phases de préparation, de fabrication et de lancement de la sonde, de nombreux ingénieurs et techniciens ont eu à intervenir. La parole étant laissée ensuite aux théoriciens pour utiliser les données recueillies à la construction d'un nouveau modèle.

On peut dire qu'on est passé d'une ère artisanale à une ère industrielle avec division du travail et appartition difficilement évitable d'une certaine hiérarchisation des tâches. Ce qui ne signifie pas la disparition complète des astronomes travaillant seuls ou dans une petite équipe de deux ou trois personnes sur un sujet déterminé. Mais le recours aux nouveaux moyens d'observation est plus propice à de grandes entreprises collectives.

Notons en passant que les progrès de l'électronique modifient profondément les conditions d'observation. Si, à la Silla, derrière le télescope de 3,60 m il n'y a souvent personne sous la coupole, si l'astronome doit suivre l'observation sur un écran installé dans une salle voisine, rien ne s'oppose à ce que cette salle soit une de celles du centre européen de Munich, la transmission se faisant alors non par câble mais via un satellite. On est loin du jardin de Herschel...

Autre conséquence de cette évolution, une production "industrielle" de résultats, ce qui ne signifie pas forcément une baisse de qualité par rapport à la production artisanale de jadis. Mais, même un astronome professionnel a aujourd'hui beaucoup de mal à suivre tout ce qui se publie.

G.W. - Essaie pourtant d'énumérer les problèmes actuels qui te paraissent les plus importants.

A.B. - Ça ne sera qu'un échantillonnage de problèmes ouverts et loin d'être résolus par conséquent les plus intéressants parce qu'ils font travailler les cerveaux...

- L'AGE DE L'UNIVERS : le problème consiste à dater aussi précisément que possible depuis combien d'années l'Univers est en expansion. Le problème ne date pas d'il y a dix ans mais il se pose aujourd'hui de telle façon que le débat peut être alimenté d'arguments sérieux. Les divergences proviennent des diverses méthodes d'évaluation des distances des corps célestes et de l'estimation de l'erreur commise. La conclusion reste indécise : entre dix et vingt milliards d'années. Une constante de Hubble égale à 100, dans l'hypothèse d'une constante cosmologique nulle interdirait un âge supérieur à dix milliards d'années ; l'estimation des âges des amas stellaires les plus anciens conduit à un âge de dix-huit milliards d'années ; on a trouvé d'abord vingt, maintenant douze milliards d'années pour l'âge de la Galaxie. Bref c'est un problème ouvert passionnant qui devrait être présenté en détails dans les Cahiers Clairaut.

- LES PROGRES DE L'OBSERVATION EN INFRA-ROUGE : grâce en particulier au satellite IRAS, on a pu déceler des objets froids, des régions où les poussière-

res sont abondantes et qui peuvent révéler des systèmes jeunes ou même en voie de formation (formation d'étoiles, formation de systèmes planétaires,..)

- EXPLORATION DANS TOUT LE SPECTRE ELECTRO-MAGNETIQUE : On peut rappeler les étapes : dans les années 30, il y a un demi siècle, toute notre connaissance de l'Univers est due à la seule observation dans le visible ; dans les années 50, l'exploration s'élargit grâce à la radioastronomie ; dix ans plus tard, on ouvre quelques fenêtres dans l'ultra-violet et dans l'infrarouge ; aujourd'hui, on peut faire la carte du ciel dans toutes les radiations du spectre, des rayons gamma aux ondes radio en passant par les rayons X, l'ultra-violet, le visible et l'infrarouge. Et selon la longueur d'onde choisie, on a la surprise de spectacles tout différents...

- LE PROBLEME DE LA MASSE DU NEUTRINO : Problème (si l'on peut dire) lourd de conséquences. Si cette masse est nulle, les évaluations actuelles de la densité moyenne de l'Univers justifient un modèle ouvert, l'expansion continue indéfiniment. Si la masse du neutrino n'est pas nulle, leur abondance est telle que la densité de l'Univers s'en trouve modifiée, ce qui peut justifier un modèle d'Univers fermé et une expansion qui peut alors s'arrêter avant une contraction.

- L'EXPLORATION DU SYSTEME SOLAIRE :

Elle a été marquée de progrès décisifs grâce au succès des missions Voyager. Les mondes de Jupiter, de Saturne, d'Uranus ont été visités. On a mieux compris la structure (différente dans les trois cas) des anneaux qui entourent ces planètes géantes et leurs interactions avec les satellites qui les accompagnent. La découverte de Charon fait de Pluton un système double. Avoir envoyé une sonde tout près du noyau de la comète de Halley a apporté aussi des surprises : un objet plus gros que prévu et surtout beaucoup plus sombre - il renvoie seulement 3% de la lumière qu'il reçoit - alors qu'on s'attendait à observer de la glace blanche. En fait, aussi bien pour la comète que pour tous les satellites des planètes géantes, le fait de les visiter de près a renversé la plupart des idées reçues. On voyait par exemple, tous les satellites à l'image de la Lune ; chacun a ses caractères propres. La nature a beaucoup plus d'imagination que les astronomes !

Je viens de m'attarder un peu sur le système solaire parce que c'est un sujet que j'ai beaucoup étudié. Mais il y a bien d'autres problèmes qu'il faudrait citer. Encore quelques-uns, en vrac :

- l'étude de la supernova du Grand Nuage de Magellan sera sûrement très instructive, sa situation relativement proche permettant de recueillir un plus grand nombre de données et par suite de réformer les modèles construits jusqu'ici pour ces types d'objets ; là encore on trouve un objet bien différent des schémas traditionnels.

- les mirages gravitationnels commencent seulement à être inventoriés ;

- la présence de matière froide au voisinage immédiat d'une étoile comme β Pictoris ou Véga relance le problème de l'évolution des systèmes planétaires et débouche sur la question "avons-nous des voisins pas trop éloignés?" ;

- si le Soleil est globalement stable, on a découvert de faibles pulsations, des micro-pulsations qui permettent de mieux connaître sa structure interne. On se demande aussi si le Soleil a toujours été aussi stable qu'aujourd'hui depuis les cinq milliards d'années qu'il existe ; des variations importantes auraient-elles pu être en relation avec les périodes glaciaires qu'a connues la Terre ?

Encore une fois, je n'ai certainement pas cité tous les grands problèmes de l'astronomie d'aujourd'hui.

G.W. - Bien sûr. Mais je ne te demande pas de rédiger une synthèse pour un rapport au CNRS. Simple conversation à bâtons rompus, c'est plus plaisant et c'est ton témoignage qui intéresse les lecteurs des Cahiers. Parle nous maintenant des astronomes.

A.B. - Une donnée globale : dans les pays comme la France, l'Allemagne, le Japon, l'URSS ou les USA, il y a environ un astronome pour cent mille habitants, 500 astronomes professionnels en France, 2000 aux USA, 50 en Suisse, ...

Leurs conditions de travail : je l'ai dit en commençant, il y a de moins en moins de place pour le chercheur isolé, construisant son instrument d'observation et menant sa recherche de bout en bout. Un travail d'organisation très complexe est devenu indispensable pour un travail collectif dans lequel on a besoin de bons organisateurs comme de bons chercheurs sans oublier les ingénieurs et les techniciens dont la compétence est mise à contribution. Il en résulte que des tâches d'administration prennent de plus en plus d'importance et font apparaître une catégorie "d'astropoliticiens" à côté des astrophysiciens préoccupés par leurs seules recherches. On peut parfois en ressentir une certaine irritation quand des administrateurs aux certitudes trop enracinées entrent en conflit avec des chercheurs qui, par nature, sont ou devraient être enclins au doute. On peut craindre aussi que ces organisations lourdes, si elles sont inévitables, n'aient tendance à favoriser un certain conformisme plutôt que les initiatives hardies.

Ces remarques faites, je ne voudrais pas laisser croire que l'avenir me paraisse sombre. Non, la recherche en astronomie est toujours aussi passionnante et si les petites équipes de chercheurs sont plus rares, dans petites ou grandes équipes les bons chercheurs ont et auront toujours de l'ouvrage.

Et ne pas oublier que tous les grands projets, réseau de télescopes géants, exploration de Mars par l'homme et tous autres projets spatiaux exigent de grosses équipes très structurées et des budgets qui s'expriment en milliards ou dizaines de milliards de dollars. Dans les équipes qui réaliseront ces projets, beaucoup de talents pourront se manifester mais, dans tous les cas il y a place pour la réflexion a posteriori et la compréhension des résultats par de bons cerveaux cultivés. La mode va fatalement, surtout de la part des administratifs, à ces grosses équipes. On peut souhaiter qu'il y ait un bon équilibre entre ces grosses structures et de petites équipes de chercheurs qui réfléchissent, interprètent les résultats et prennent des initiatives judicieuses en explorant de nouveaux domaines de recherche,

G.W. - Alors, dans les conditions de la recherche telles qu'elles sont et telles qu'elles évoluent, quel est l'avenir des jeunes ?

A.B. - Pour commencer, je veux dire que la recherche en astronomie est passionnante et si variée qu'un jeune y trouvera toujours à développer ses talents. Je n'ai donc pas envie de décourager les vocations.

Dans certains pays, comme aux USA, il y a une part importante de recrutement par contrats temporaires, alors qu'en France, on recrute pour des postes permanents ce qui offre plus de sécurité (nécessaire au chercheur), mais moins de souplesse.

Dans un pays comme la Grande Bretagne, la politique dirigée par Mme Thatcher depuis plusieurs années compromet gravement le recrutement des jeunes astronomes anglais ; et cela pour des années. Au contraire, en Espagne on cherche à rattraper le retard dû aux dégâts du franquisme. Même effort en Chine pour rattraper le retard qui avait été pris en envoyant tous les intellectuels aux champs.

En France, en moyenne sur vingt années, on a recruté une dizaine d'astronomes par ans. Jusqu'à présent, ce nombre a permis aux gens motivés et capables d'obtenir finalement un poste. Actuellement, les débouchés paraissent moins nombreux ; pour y remédier, il faudrait reconnaître qu'un passage par la recherche scientifique est une bonne formation ouvrant des débouchés dans l'industrie, l'enseignement et dans les autres domaines de la vie active ; il faudrait aussi augmenter le nombre et le montant des bourses de recherche, ce qui ne serait pas tellement coûteux et éviterait de gâcher des chances. Aujourd'hui, les étudiants restent parfois plusieurs années dans l'incertitude quant à leur situation future, incertitude qui peut avoir des conséquences malheureuses, voire dramatiques, et qui représente un gâchis humain déplorable.

G.W. - Une dernière question. Depuis quelques années, par des livres, des conférences, des interventions à la radio ou à la télévision - où d'ailleurs nous avons eu plaisir à t'écouter parfois - les astronomes paraissent sortir de leurs observatoires. Ont-ils la place qui doit leur revenir dans la société ?

A.B. - Hélas non, pas encore. Les astronomes sont placés dans la même situation que tous les autres scientifiques. Il est évident que la démarche scientifique devrait avoir plus de place dans une société dont le fonctionnement même fait appel à des techniques fondées sur un savoir scientifique. Les politiques dont le rôle vis à vis de la société s'apparente à celui de l'intendance devraient suivre et non précéder les scientifiques.

G.W. - C'est justement le problème que pose Schatzman "à propos des deux cultures" dans ce numéro des Cahiers.

A.B. - Je crois qu'il ne faut pas se faire d'illusion. Il sera sans doute très difficile d'éviter que dans nos sociétés, la distraction superficielle prenne le pas sur la culture qui fait réfléchir, que les décisions politiques ne soient prises pour des raisons passionnelles plus qu'après un effort de réflexion rationnelle et surtout que le long terme soit toujours sacrifié au court terme. Mais c'est une raison de plus pour lutter en faveur de la culture, de la culture scientifique en particulier. N'est-ce pas au fond le but poursuivi par le CLEA ?

(rédaction G.W. revue et corrigée par André Brahic)

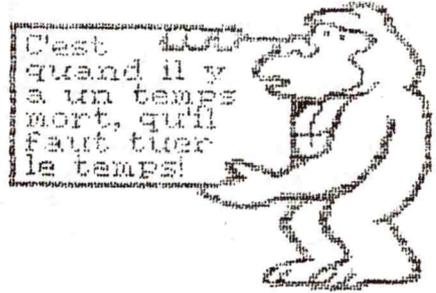


Gilbert WALUSINSKI discutant avec André BRAHIC (vus par Daniel BARDIN)

RECREATION ASTRONOMIQUE

Charades :

Mon premier coule;
Mon deuxième intervient dans ce qui roule;
Mon troisième est une très belle planète;
Mon tout a beaucoup intéressé Galilée.

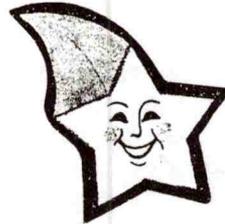


Mon deuxième se pratique souvent au bord de mon premier;
Mon tout est une planète très chaude.

Mon premier est un mois très agréable;
Mon deuxième est une lettre de l'alphabet;
Mon troisième brille;
Mon tout se voit dans le ciel, surtout au mois d'août.



Mon premier se mange;
Mon deuxième se boit;
Mon troisième se porte;
Mon tout est un phénomène optique.



Mon premier a vu Neptune d'après un calcul de Le Verrier;
Mon deuxième est une voyelle permettant à Alfred de Musset l'évocation de notre satellite naturel;
Mon troisième n'est pas dans la voie lactée;
Mon tout a été parmi les premiers à utiliser une lunette astronomique pour observer le ciel.

Mon premier est un estuaire breton;
Mon deuxième est une subdivision de l'espèce;
Mon troisième est une particule chargée;
Mon tout peut être annuelle ou diurne.



Humour :

Gilbert est allé visiter un observatoire. Le ciel est clair et constellé d'étoiles. L'astronome dirige son télescope vers une étoile. Au même moment, une étoile filante traverse le ciel.

- Formidable ! dit Gilbert, vous aviez à peine visé...



Ah! les couchers de Soleil ...

Cette étude porte sur les instants de lever et de coucher du Soleil en différents points de la métropole. Mais faisons d'abord un détour par le cliché épistolaire du disque solaire déformé.

I. Déformation du Soleil à l'horizon

Ce phénomène bien connu est dû à la courbure des rayons lumineux traversant l'atmosphère: *la réfraction remonte les astres vers le zénith*, et ce d'autant plus qu'ils sont plus proches de l'horizon (fig.1).

L'horizon astronomique est le plan horizontal du lieu d'observation M. Les rayons du Soleil traversant l'atmosphère s'incurvent vers M. Le Soleil semble donc être vu à la hauteur (apparente) h' alors que sa hauteur réelle est h . La différence $h' - h$ est la réfraction R . D'où: $h = h' - R$.

Des formules permettent de calculer R en fonction de h mais aucune n'est valable au voisinage de l'horizon (cf *Astronomie Générale* de Danjon). Les Ephémérides publient une table de réfraction établie par des mesures très précises. Un extrait de cette table est présenté en fig.2 (colonnes 1 et 2). Des valeurs négatives de h' s'observent par exemple du sommet d'un phare ou d'une falaise, par suite de la rotondité de la Terre.

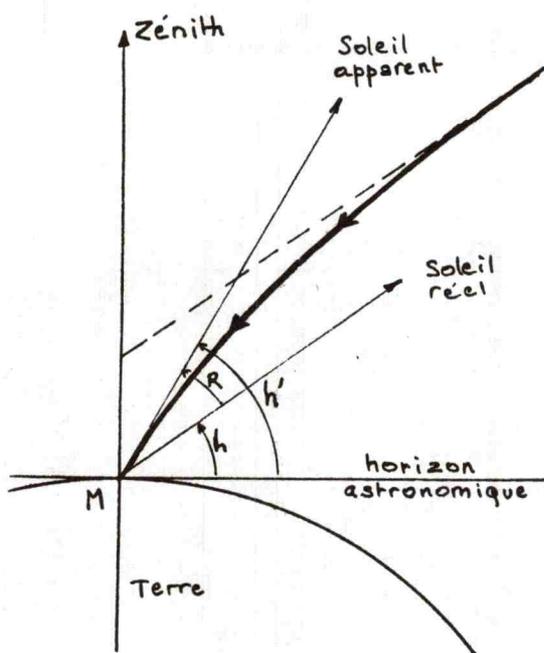


Fig.1 -La réfraction "remonte" les astres vers le zénith.

hauteur apparente h'	réfraction R	hauteur réelle $h=h' - R$
-60'	56'28"	-116'28"
-50'	52'14"	-102'14"
-40'	48'26"	- 88'26"
-30'	45'00"	- 75'00"
-20'	41'55"	- 61'55"
-10'	39'07"	- 49'07"
0	36'36"	- 36'36"
+10'	34'19"	- 24'19"
+20'	32'14"	- 12'14"
+30'	30'21"	- 0'21"
+40'	28'38"	+ 11'22"
+50'	27'03"	+ 22'57"
+60'	25'37"	+ 34'23"
+70'	24'18"	+ 45'42"
---	---	---
+11°	5'	+ 10°55'
+45°	1'	+ 44°59'
+90°	0	+ 90°

Fig.2 -Table de réfraction (extraite des Ephémérides)

La 3^e colonne de la table donne les valeurs de h calculées par $h = h' - R$. La relation est presque linéaire comme le montre le graphique (fig.3).

Une approximation au 1^{er} degré (h et h' en minutes d'arc): $h=1,241.h'-37,58$ est correcte à 3,5% (cette valeur représente la moyenne des valeurs absolues des écarts relatifs avec les valeurs expérimentales).

Une meilleure approximation, hélas au 3^e degré, est représentée par:
 $h = 4,494.x^3 - 12,38.x^2 + 124,1.x - 36,59$ où $x=h'/100$.

Dans ce cas, l'approximation est correcte à 0,11%.

En fait, le graphique (fig.3) est largement suffisant pour nos besoins.

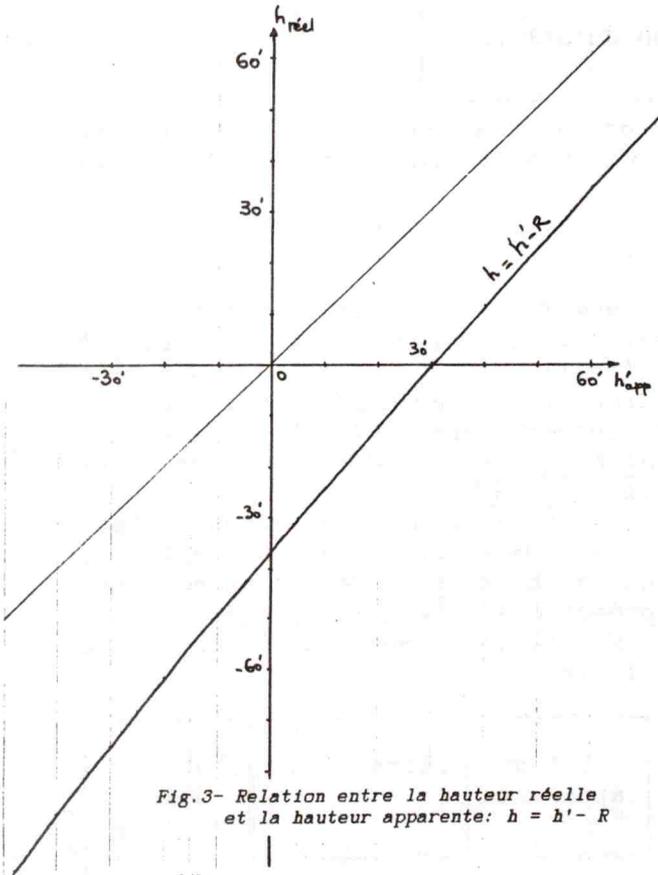


Fig.3- Relation entre la hauteur réelle et la hauteur apparente: $h = h' - R$

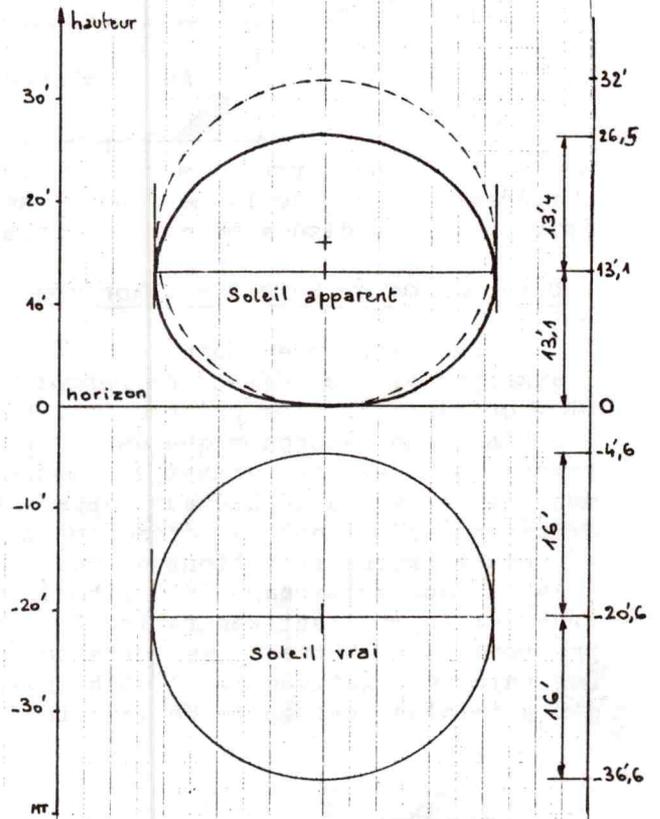


Fig.4- Déformation du Soleil à l'horizon.

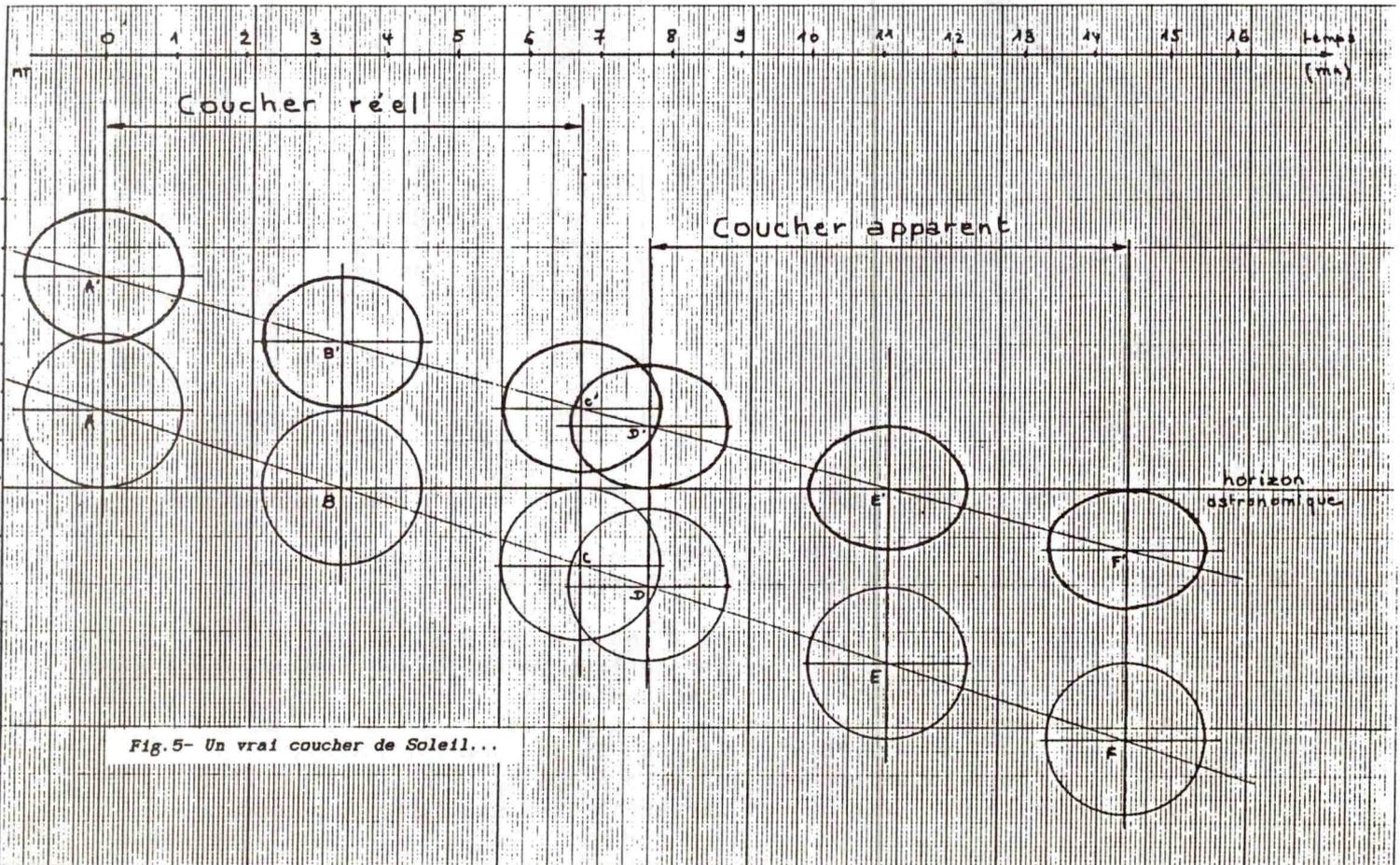


Fig.5- Un vrai coucher de Soleil...

Quelle est la forme apparente du Soleil à l'horizon?

Supposons pour simplifier que le Soleil soit vu depuis la Terre sous la forme d'un disque de diamètre angulaire $32'$. Cette valeur varie en fait de $32,5'$ en janvier à $31,5'$ en juillet selon la position de la Terre sur son orbite. (On négligera l'aplatissement réel du Soleil, variable et de l'ordre de $2/1000$).

Sur papier millimétré de préférence, on place le cercle "réel" par rapport à l'horizon, puis on le transforme point par point par la relation $h' = h + R$.

Remarque: la réfraction ne modifie pratiquement pas l'azimut. Le diamètre horizontal du Soleil diminue de moins de $1''$ quelle que soit sa hauteur (cf. Danjon, p. 156).

Le disque semble toucher l'horizon (fig.4) quand son bord inférieur est à une hauteur $h'=0$. Le bord inférieur réel est donc *sous l'horizon* à $h=-36,6'$, le centre du cercle à $h=-36,6'+16'$ soit $-20,6'$, et le bord supérieur à $-36,6'+32'$ soit $-4,6'$. D'après le graphe de $h=f(h')$, on tire les valeurs correspondantes de h' : 0 ; $+13,1'$ et $+26,5'$ (en minutes d'arc).

La déformation est dissymétrique ($13,1'$ et $13,5'$), la partie située près de l'horizon semblant plus "écrasée" que la partie supérieure du disque. Afin de mieux apprécier cette déformation, la fig.4 comporte en pointillés un cercle de $32'$ de diamètre, tangent à l'horizon.

II. Et mon coucher de Soleil?

Nous y voilà. D'ailleurs tout ce qui se rapporte au coucher concerne également le lever: il suffit d'inverser les variations.

En laissant le temps passer, le Soleil s'abaisse peu à peu sur l'horizon par suite de la rotation de la Terre (mouvement diurne). Par rapport à un point de l'horizon, le Soleil réel décrit un arc de cercle qui se confond avec une droite dans la petite région considérée. Cette droite fait l'angle u avec l'horizontale, et appelons-le *angle au coucher (au lever)*. Attention, cet angle n'est pas celui de l'Ecliptique avec l'horizon comme on le verra plus loin.

Sur la fig.5, l'angle u vaut environ -18° ($\text{tgu} = -1/3$). Traçons quelques positions intéressantes repérées par les centres des disques (réel et apparent):

- A (D'): le Soleil vrai (apparent) est au ras de l'horizon,
- B (E'): le centre du Soleil vrai (apparent) est à l'horizon,
- C (F'): le Soleil vrai (apparent) est sous l'horizon.

Les hauteurs des centres du Soleil vrai à ces différents instants sont alors: $h(A)=16'$, $h(B)=0$, $h(C)=-16'$, $h(D)=-36,6'+16'$, $h(E)=-36,6'$ et $h(F)=-36,6'-16'$.

Il suffit de placer ces centres sur la droite de pente tgu , d'y tracer les cercles de diamètre $32'$ et de dessiner, comme pour la fig.4, les transformés par réfraction: $h' = h + R$.

Le résultat est la fig.5: de gauche à droite, c'est un coucher de Soleil et de droite à gauche, un lever!

Le coucher *réel* se déroule de A à C, tandis que le coucher *apparent* dure de D' à F'. La réfraction fait durer le jour plus longtemps (2 fois la durée CF): le Soleil se lève plus tôt et se couche plus tard.

L'unanimité n'est pas faite sur la définition de l'instant du coucher et on doit à chaque fois préciser s'il s'agit du centre à l'horizon (cas des Ephémérides), ou du bord supérieur, ou du bord inférieur du disque solaire (apparent). On dira ici que le Soleil *commence* à se coucher en D' et finit en F': le spectacle est terminé!

Les points ABCDEF sont alignés. Mais A'B'C'D'E'F' ne le sont pas car la relation $h=f(h')$ n'est pas du premier degré en h' .

Remarquons que les durées AC et D'F' sont *égales*: dans les deux cas, le centre du Soleil *vrai* s'abaisse de $32'$. Le retard CD est tel que le centre vrai baisse de $-16'$ à $-20,6'$. Ce décalage est dans la proportion de $4,6/32$ (environ $1/7$) du coucher AC. On suppose naturellement que le mouvement de rotation de la Terre est uniforme et on néglige la variation de la déclinaison du Soleil pendant le parcours AF.

III. Le terminateur

Nous avons vu que le mouvement apparent du Soleil à l'horizon résulte de la rotation de la Terre. Qu'en est-il tout au long de l'année? La Terre effectue une *translation* annuelle autour du Soleil: son axe polaire, incliné de $66^{\circ}34'$ sur le plan orbital, reste *parallèle à lui-même*. (On ne tiendra pas compte ici du mouvement de précession, de période "trop" longue 25800 ans). L'inclinaison de cet axe est responsable de l'inégale durée des jours et des nuits et est la cause principale du contraste des *saisons*. Une autre cause, de moindre importance, est la forme elliptique de l'orbite terrestre.

La ligne de séparation de la partie éclairée de la Terre et de la moitié plongée dans l'ombre s'appelle le *terminateur*. C'est un grand cercle, situé dans un plan passant par le centre de la Terre, et dont l'axe pointe vers le Soleil. Quand nous sommes sur cette ligne, nous voyons le Soleil à l'horizon: suivant le sens jour-nuit, c'est un coucher ou un lever de Soleil (cf. Fig. 7).

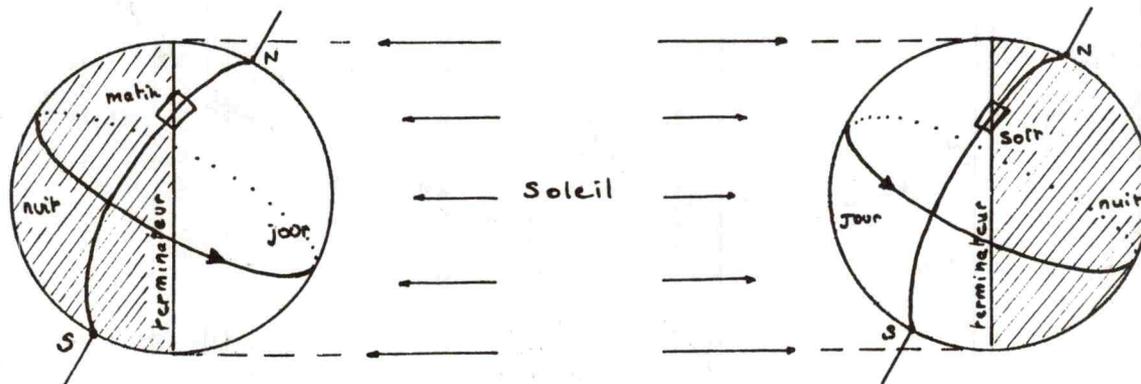


Fig. 7 Le terminateur au lever (a) et au coucher du Soleil (b).

Pour tous les points du terminateur, le Soleil est à l'horizon au même instant: c'est donc l'image des points ayant même heure de coucher (lever) du Soleil. Par suite de la rotation de la Terre, le terminateur balaye la sphère, et l'ombre se déplace au sol: ce phénomène est visible en haute montagne, lors d'un bivouac en paroi...

Comment évolue annuellement la position du terminateur par rapport au sol? Reportons-nous fig. 8 où la Terre est située sur son orbite aux moments des équinoxes et des solstices (la France métropolitaine est surlignée sans chauvinisme). La Terre est pivotée de façon que le terminateur passe par Paris (aux solstices) ou en soit "distant" de 1 heure (aux équinoxes). On verra plus loin les raisons du choix de Paris.

A cause de la constance de l'inclinaison de l'axe polaire, le terminateur fait un angle variable avec le méridien du lieu: cet angle est lié à l'azimut A_0 du Soleil à l'horizon (fig. 9). L'azimut d'un astre est l'angle entre le méridien de l'astre et le méridien Sud, compté de -180° à $+180^{\circ}$ parallèlement à l'horizon, les valeurs négatives étant du côté Est. L'azimut d'un astre à son coucher est donc positif.

Remarque: pour les marins, l'origine des azimuts est le méridien Nord.

Sur la fig. 6, où S est le point Sud de l'horizon, l'azimut du Soleil à son coucher est l'arc \widehat{SC} (et \widehat{SL} au lever). De plus $\widehat{PS}=180-\varphi$, $\widehat{PC}=90-\delta$ et l'angle PSC est droit. Le triangle sphérique PSC

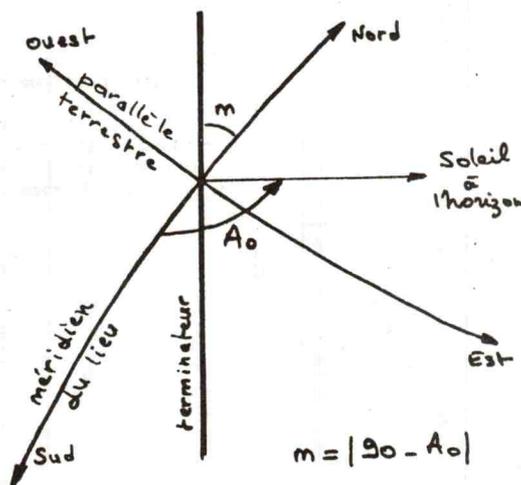


Fig. 9- Lien entre l'azimut A_0 et l'angle terminateur-méridien.

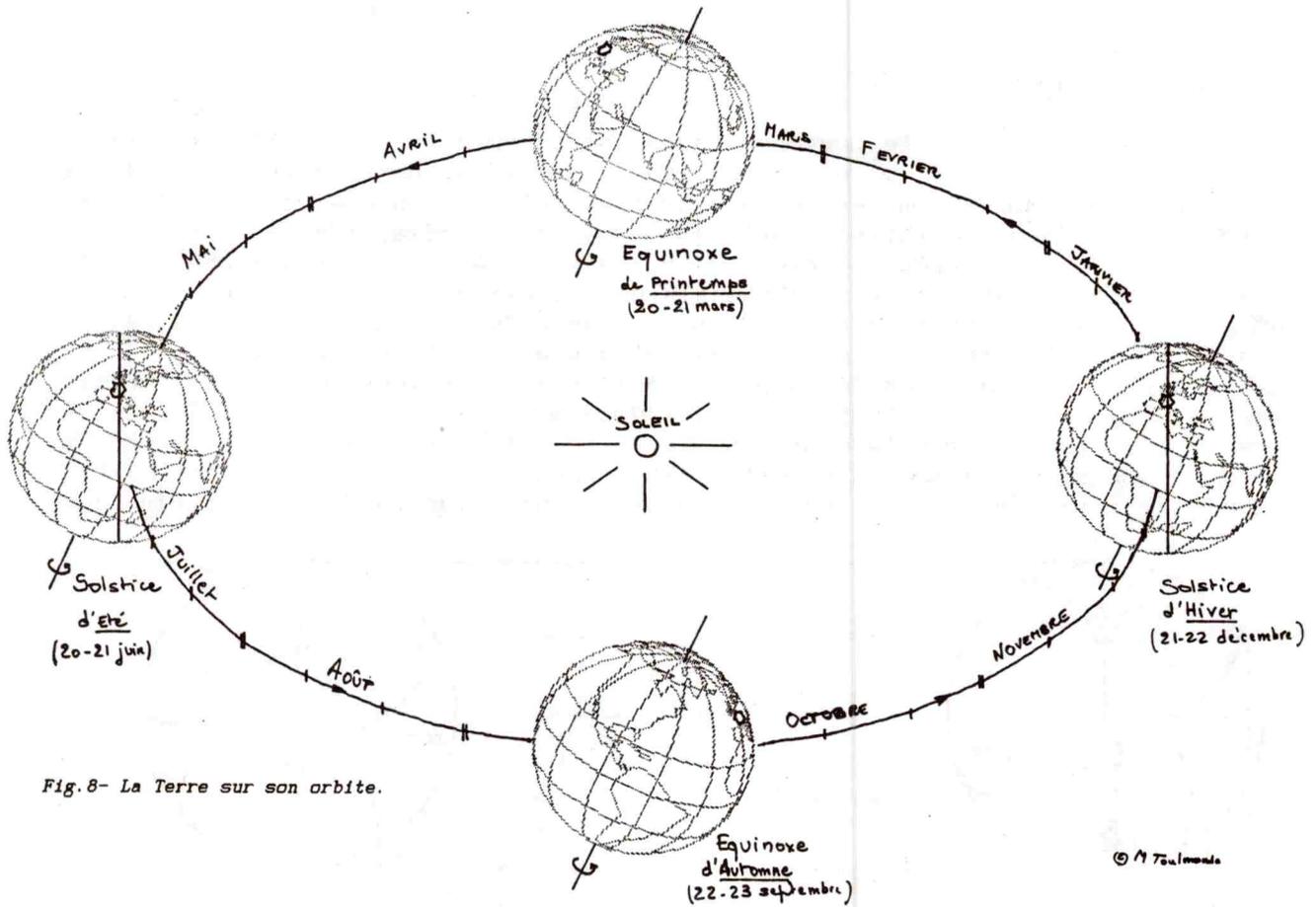


Fig. 8- La Terre sur son orbite.

© M. Teilmond

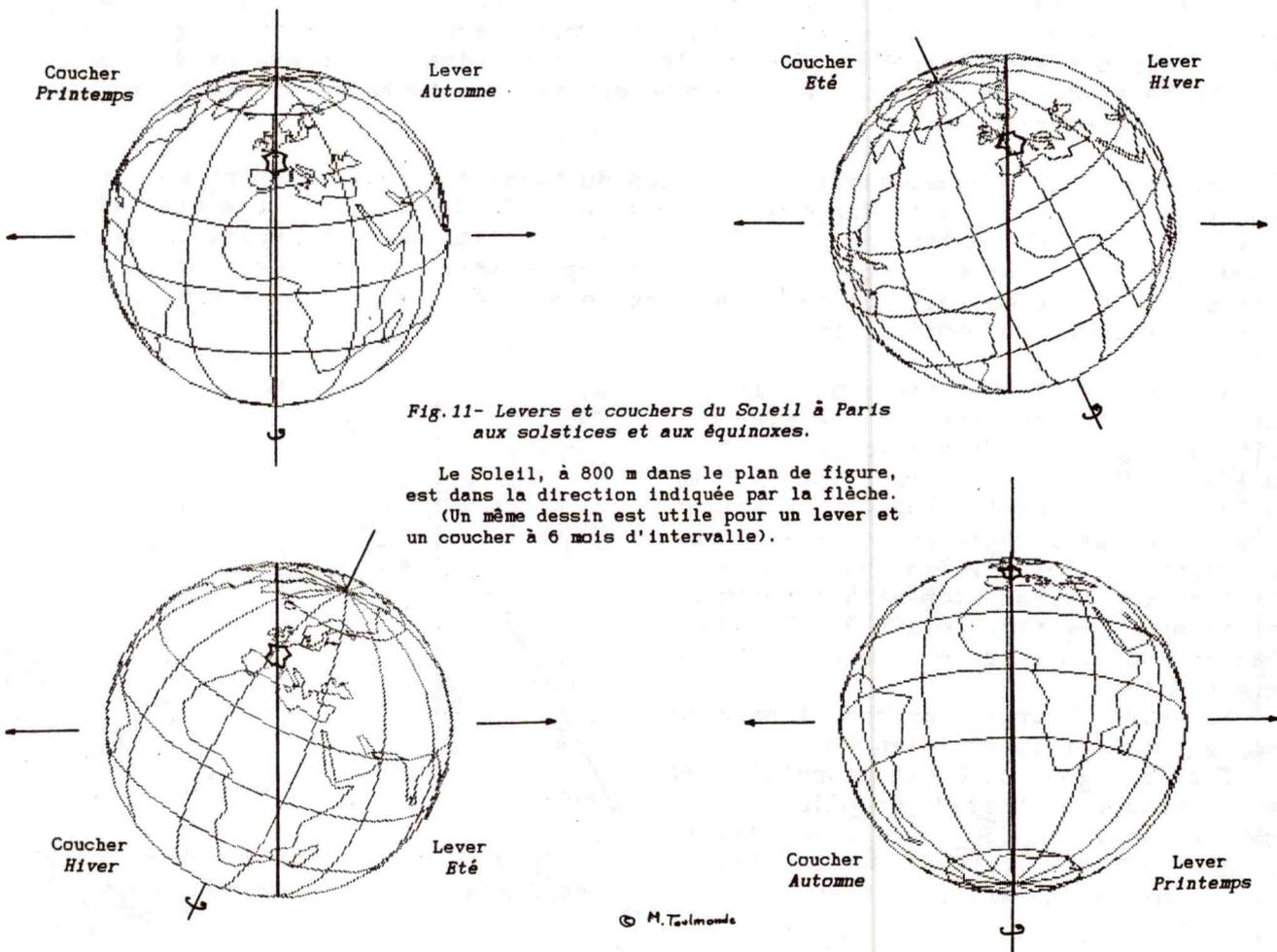


Fig. 11- Levers et couchers du Soleil à Paris aux solstices et aux équinoxes.

Le Soleil, à 800 m dans le plan de figure, est dans la direction indiquée par la flèche. (Un même dessin est utile pour un lever et un coucher à 6 mois d'intervalle).

© M. Teilmond

est donc rectangle en S. La relation fondamentale nous permet de calculer cet azimut: $\cos(90-\delta) = \cos(180-\varphi) \cdot \cos A_0 + \sin(180-\varphi) \cdot \sin A_0 \cdot \cos(90)$ c'est à dire $\boxed{\cos A_0 = -\sin \delta / \cos \varphi}$.

Cette équation en A_0 a 2 solutions de signes opposés, correspondant au lever (-) et au coucher (+). On retrouve naturellement la condition sur δ et φ pour le lever-coucher des astres: $|\varphi| \leq 90-|\delta|$.

Cette équation montre également que l'Equateur céleste ($\delta = 0$) passe toujours par les points Est et Ouest de l'horizon ($A_0 = 90^\circ$).

La déclinaison δ du Soleil variant de $-23,44$ à $+23,44$, la fig.10 illustre les variations de A_0 avec δ pour diverses latitudes. (Le signe de φ n'intervient pas à cause de $\cos \varphi$). Ainsi à l'Equateur, A_0 varie de $66,56$ (solstice d'hiver) à $113,44$ (solstice d'été). Pour la latitude de Paris, les extrêmes sont $52,85$ (presque au Sud-Ouest à 45°) et $127,15$ soit une amplitude de 74° environ: il est donc tout à fait incorrect de dire que le Soleil se couche à l'Ouest! Un net progrès sera fait en disant vers l'Ouest.

A la latitude 56° par exemple, l'amplitude atteint le Sud-Ouest et le Nord-Ouest (Copenhague, Glasgow, Moscou, Cap Horn).

Si on ne tient pas compte de la réfraction, le Soleil se couche à l'Ouest aux équinoxes sous toutes les latitudes, ce qui correspond à 12 h de jour et 12 h de nuit. En réalité pour la latitude de Paris, le coucher du bord supérieur apparent se fera à l'Ouest 2 à 3 jours avant l'équinoxe de printemps, et 2 à 3 j après celle d'automne.

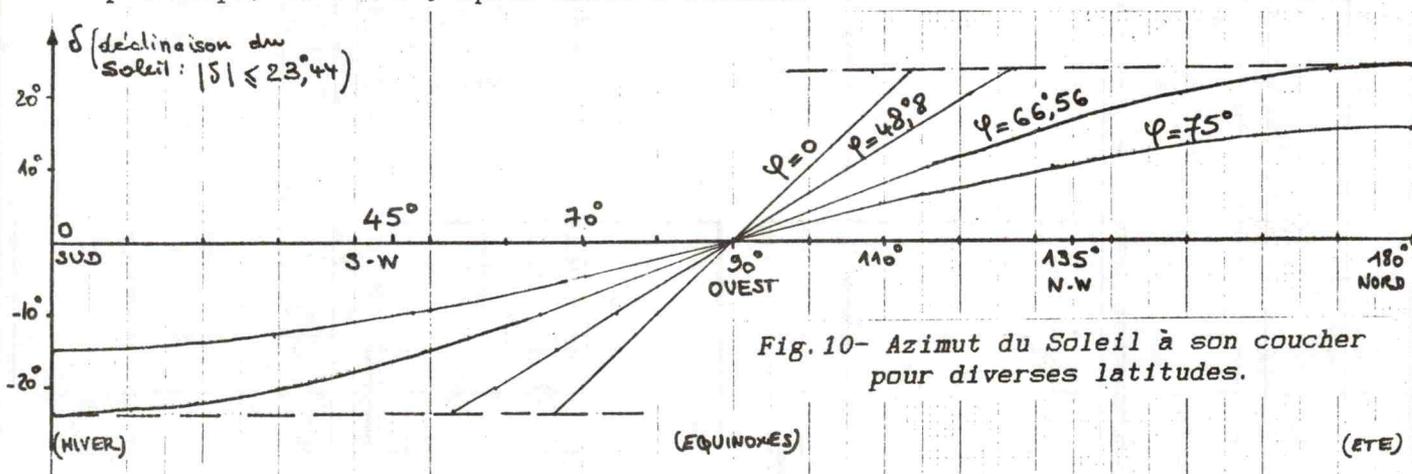


Fig.10- Azimut du Soleil à son coucher pour diverses latitudes.

IV. Lever et coucher du Soleil dans le monde et en France.

En se référant sur la fig.8, dessinons la Terre aux équinoxes et solstices, perpendiculairement à l'axe du terminateur passant par Paris (fig.11). Le Soleil est dans le plan de figure des quatre globes (à 800 m à cette échelle), très loin à gauche (pour le coucher) ou à droite (pour le lever). Notre regard est donc dans le plan du terminateur: un oeil est éclairé et l'autre est dans la nuit. A chacune des configurations correspondent un lever et un coucher du Soleil, à 6 mois d'intervalle.

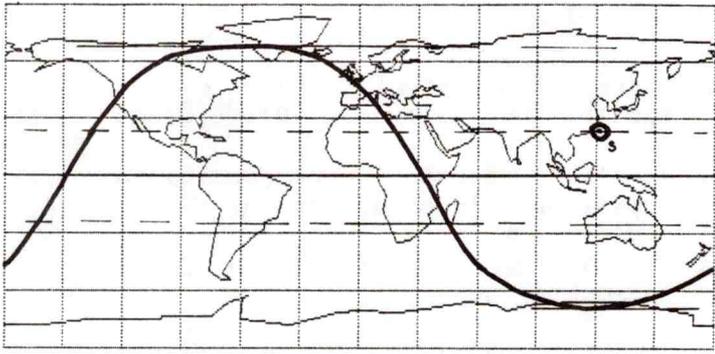
On voit bien comment varie tout au long de l'année l'angle m entre le terminateur et le méridien de Paris. Considérons par exemple les couchers:

- aux deux équinoxes: $m=0^\circ$, le terminateur se confond avec le méridien,
- au solstice d'été: $m=37,15$, le terminateur passe par Paris et Royan,
- au solstice d'hiver: $m=37,15$, le terminateur passe par Paris et Nice.

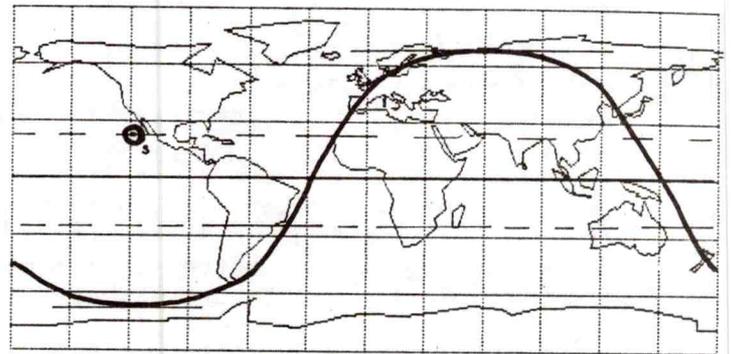
Pour les levers, les saisons sont à décaler de 6 mois.

Dans une autre représentation de la Terre, le terminateur a une forme "sinusoïdale" (fig.12). Pour le tracer, on utilise le fait que deux points de coordonnées géographiques (λ, φ) et (λ', φ') sur le terminateur sont tels que:

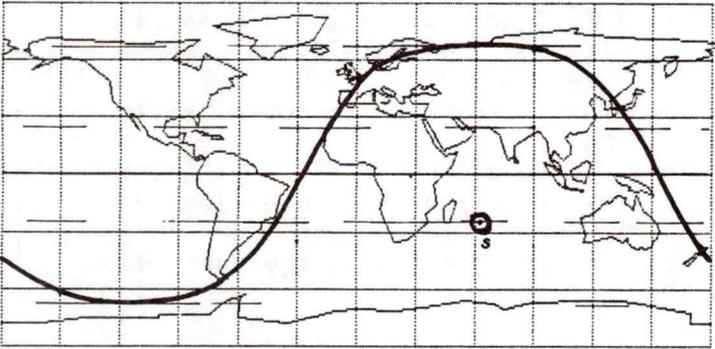
$\cos H / \operatorname{tg} \varphi = \cos H' / \operatorname{tg} \varphi' = -\operatorname{tg} \delta = \text{Cste}$ avec $H'-H = \pm (\lambda'-\lambda)$ où H désigne, pour le lieu (λ, φ) , l'angle horaire du Soleil de déclinaison δ .



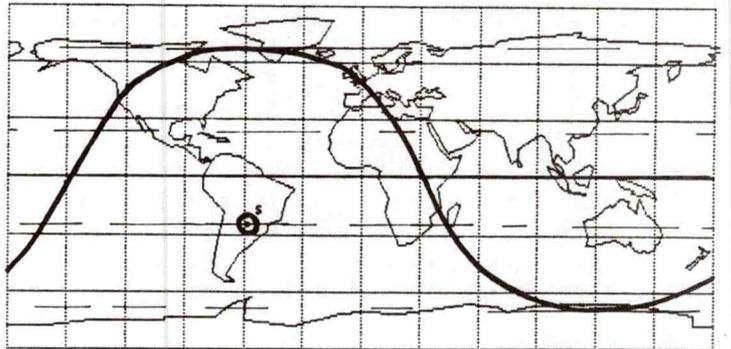
Lever au solstice d'Eté



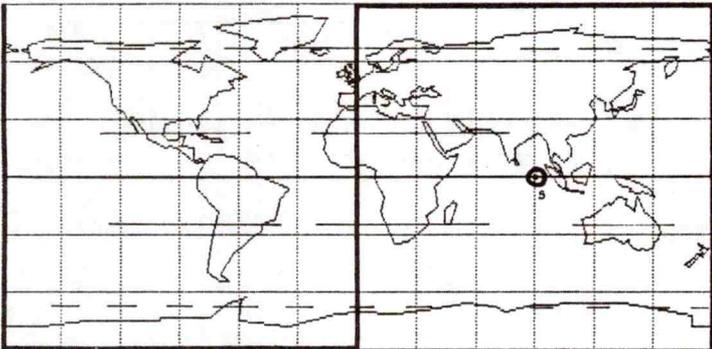
Coucher au solstice d'Eté



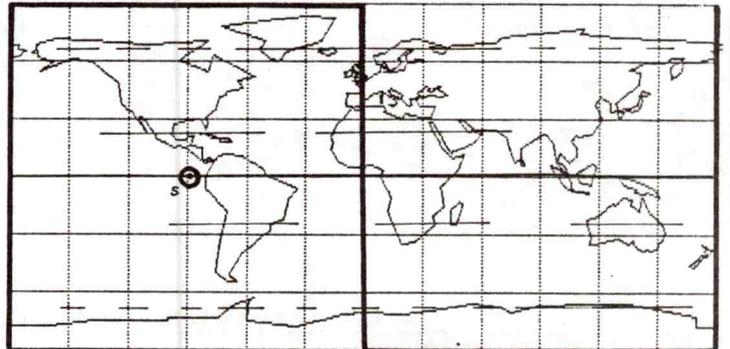
Lever au solstice d'Hiver



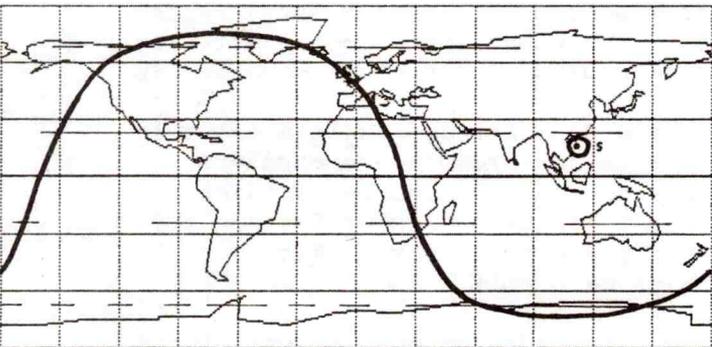
Coucher au solstice d'Hiver



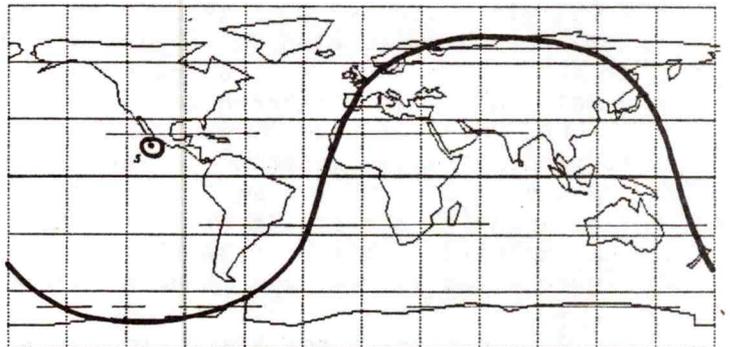
Lever aux équinoxes



Coucher aux équinoxes



Lever début mai



Coucher début mai

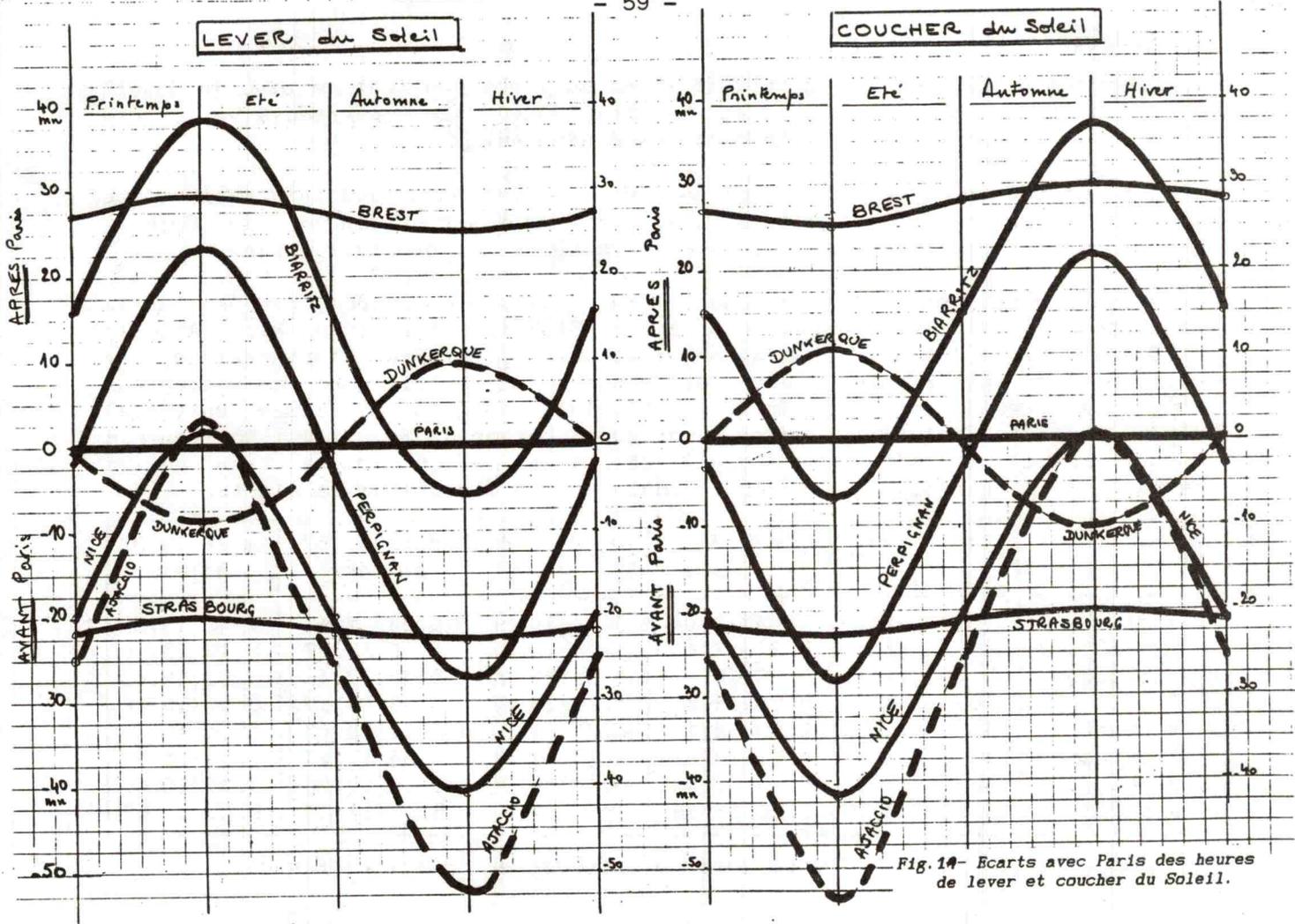


Fig. 14- Ecart avec Paris des heures de lever et coucher du Soleil.

© N. del. Tourneux

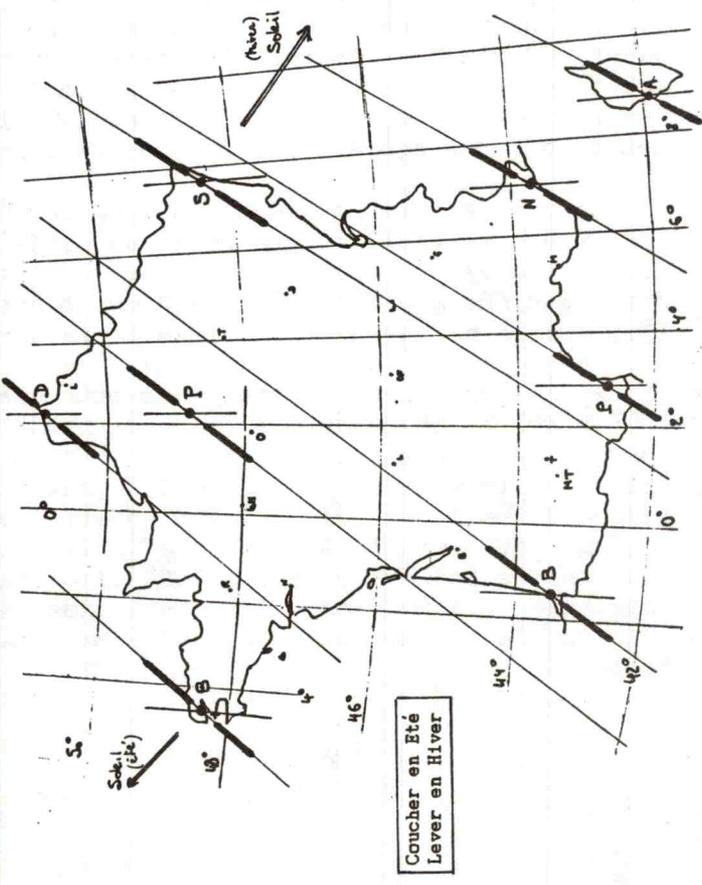
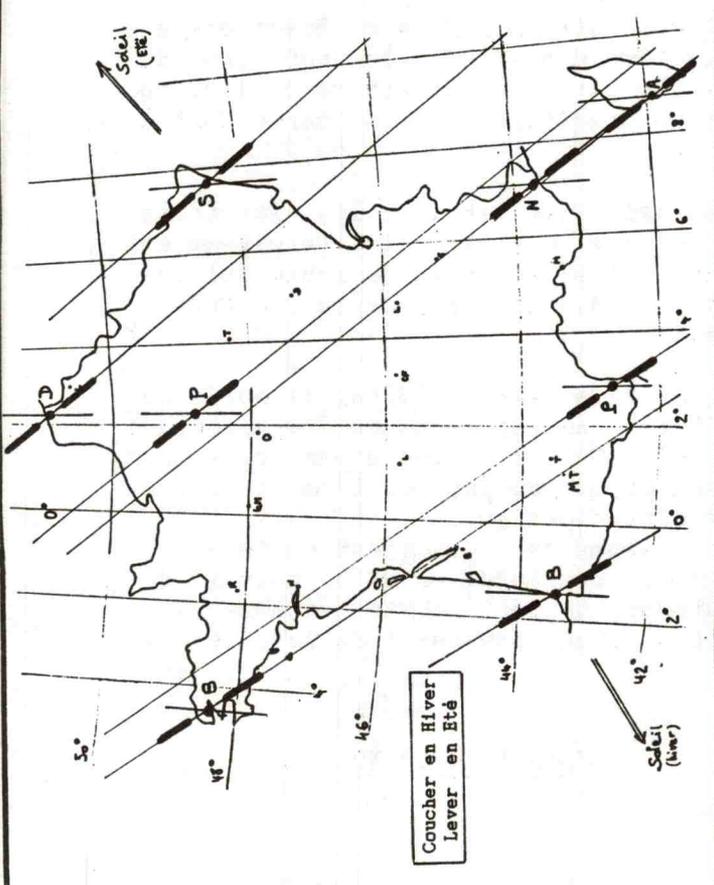


Fig. 15- Positions du terminateur aux solstices.

Sur ces graphiques, la moitié éclairée du globe contient le pied du Soleil (point du globe ayant le Soleil au zénith). Une date intermédiaire a été ajoutée aux moments des solstices et des équinoxes.

La conséquence de tout ceci est que, contrairement aux informations que peuvent laisser croire les médias, les heures de lever et coucher du Soleil, données généralement pour Paris, ne sont valables ... que pour Paris!

Déterminons les écarts engendrés pour 7 villes de France, placées sur le "pourtour" de l'Hexagone: Dunkerque, Brest, Biarritz, Perpignan, Nice, Ajaccio et Strasbourg. A l'aide d'un ordinateur et d'un programme d'éphémérides, on calcule les instants de lever et coucher du Soleil pour ces villes aux solstices et équinoxes. Les résultats (fig.13), indiqués en Temps Universel (TU), correspondent ici au bord supérieur apparent du Soleil à l'horizon: la hauteur réelle du centre du Soleil est alors $-52,6$ compte tenu de la réfraction. L'incertitude sur ces instants est de l'ordre de la minute.

Villes	lat.	long.	S 21/3/87		D 21/6/87		M 23/9/87		m 22/12/87	
			printemps		été		automne		hiver	
Paris	48°8	-2°3	5.53	18.04	3.47	19.58	5.38	17.48	7.42	15.56
Strasbourg	48°6	-7°7	5.31	17.42	3.26	19.35	5.16	17.27	7.19	15.36
Dunkerque	51°0	-2°4	5.52	18.04	3.35	20.09	5.37	17.48	7.51	15.46
Brest	48°4	+4°5	6.20	18.31	4.16	20.23	6.05	18.15	8.07	16.26
Biarritz	43°5	+1°6	6.09	18.19	4.25	19.51	5.54	18.03	7.36	16.33
Perpignan	42°7	-2°9	5.51	18.01	4.10	19.30	5.36	17.45	7.15	16.18
Nice	43°7	-7°3	5.33	17.43	3.49	19.16	5.18	17.28	7.01	15.57
Ajaccio	41°9	-8°7	5.28	17.38	3.50	19.04	5.13	17.22	6.50	15.57

Fig. 13- Heures (TU) de lever et coucher du Soleil en France.

Il ne reste plus qu'à calculer les écarts avec Paris, et à en faire une représentation graphique (fig.14). On comprend aisément la symétrie des courbes pour le lever et le coucher.

Le plus grand écart (en métropole) apparaît pour Nice et Brest entre-elles: **66 minutes** séparent les levers au solstice d'hiver (ou les couchers au solstice d'été), mais seulement 28 mn six mois plus tard (couchers d'hiver ou levers d'été). Pour l'autre "diagonale" Strasbourg-Biarritz, ces écarts sont à peu près d'une heure, puis d'un quart d'heure.

Le cas de Brest ou de Strasbourg se justifie facilement: les latitudes sont presque les mêmes que celle de Paris. De même pour Biarritz, Perpignan et Nice entre elles. Pour Dunkerque et Perpignan, c'est la latitude seule qui les distingue de Paris. Quant à Nice, Biarritz et Ajaccio, par rapport à Paris, l'influence des deux coordonnées se fait sentir.

Après avoir calculé l'angle m pour chaque ville (avec $\delta=23,44$, il varie de $32,3$ à $39,2$), on reporte sur une carte de France les positions du terminateur passant par ces villes aux solstices (fig.15). A l'aide d'une règle, on visualise le bord de l'ombre qui recouvre (ou découvre) progressivement notre pays, et les écarts ci-dessus prennent leur signification.

On peut ainsi vérifier que la vitesse moyenne de déplacement du terminateur sur le sol correspond à 360° (le long d'un parallèle) en 24 h, soit 1° de longitude en 4 mn. Pour les latitudes métropolitaines, cette vitesse est voisine de celle du son, 340 m/s (mais ce n'est pas celui de la nuit qui tombe!).

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE

Y-A-T-IL UN TROU NOIR SUPERMASSIF AU CENTRE DE CHAQUE GALAXIE ?

Cette possibilité paraît effectivement tout à fait plausible au vu d'observations récentes réalisées par différentes équipes sur des galaxies proches. Il s'agit en particulier de notre plus proche galaxie spirale M31 et de sa galaxie compagnon elliptique M32. Ces résultats marquent une nouvelle étape depuis la première vérification observationnelle, **il y a dix ans** - anniversaire oblige ! - de la présence d'un trou noir supermassif dans le noyau de la galaxie elliptique M87. Celle-ci est située dans l'amas Virgo à une distance d'environ 15 Mpc (soit 25 fois plus loin que M31 et M32); elle appartient à la classe des galaxies actives dites radiogalaxies, dans lesquelles se manifestent des phénomènes très énergétiques, comparables à ce que l'on observe dans les quasars. Ainsi, M87 comme certains quasars, abrite une puissante source radio (Virgo A) d'émission non thermique et présente une extension en forme de jet rectiligne - celui-ci avait été reconnu dès 1918 sur des clichés optiques par H.D.Curtis - émettant également en radio et en X (d'après les observations effectuées vers 1980, en interférométrie radio avec le "Very Large Array" (VLA) et en X avec le satellite Einstein); de plus, dès 1969 il était apparu que la source radio centrale était très compacte avec un diamètre de l'ordre de 6 mois de lumière et située exactement dans l'alignement du jet.

Pour expliquer plus généralement les quasars, en tant que galaxies à noyau extrêmement actif dans lequel des puissances de 10^{39-40} W sont produites dans des volumes de dimension aussi petite que quelques heures de lumière, les astrophysiciens Lynden-Bell et Rees ont proposé vers 1970 un modèle constitué d'un trou noir supermassif (de l'ordre de $10^8-10^9 M_{\odot}$) entouré d'un disque d'accrétion en rotation dans lequel une masse de 1 à $10 M_{\odot}$ s'engloutit en moyenne chaque année (voir dans ce numéro l'article de H.Gié), en libérant une luminosité énorme; de plus ce modèle prévoit la production de jets perpendiculairement au plan du disque d'accrétion. Rappelons que la dimension caractéristique d'un trou noir de masse M est donnée par le "rayon" de Schwarzschild $R = 2GM/c^2$ (soit en pc : $R = 10^{-13} M/M_{\odot}$); pour $M = 10^9 M_{\odot}$, on obtient $R = 10^{-4}$ pc, ce qui correspond à un angle de $1,4 \times 10^{-6}$ seconde d'arc à la distance de M87. Il n'est pas possible d'isoler avec nos télescopes une région aussi petite au centre des galaxies car elles sont trop lointaines, mais les observations à haute résolution et à grande sensibilité de la distribution de lumière (par des mesures photométriques) et de la distribution des vitesses (par des mesures spectroscopiques) dans les régions centrales des galaxies permettent **indirectement** de vérifier le modèle du trou noir supermassif. C'est un apport extrêmement important des développements instrumentaux de cette dernière décennie : mise en service de grands télescopes tels le télescope Canada-France-Hawaii de 3,60m (c'est celui de notre nouvelle couverture!) dans un site exceptionnel où la dimension des images est de l'ordre de 0,1"; développement de détecteurs ayant un rendement exceptionnel comme les CCD (Charge-Coupled Device). En effet, la présence d'un tel trou noir supermassif doit induire des vitesses importantes pour les étoiles des régions centrales et aussi un certain excès de lumière au centre par rapport au voisinage. Ceci peut aussi s'exprimer en terme de rapport "masse sur luminosité" nettement plus élevé que dans une situation classique (en présence du trou noir il y a beaucoup de masse cachée non lumineuse par rapport à la luminosité des étoiles). C'est précisément ce qui fut vérifié en 1978 pour la première fois, avec la mise en évidence d'un trou noir de $5 \times 10^9 M_{\odot}$ caché au centre de M87. Les nouvelles observations de cette année concluent à la présence d'un trou noir plus petit. Cependant il ne semble pas exclus que l'on puisse aussi interpréter les observations en invoquant plus simplement un amas compact d'étoiles très denses de faible luminosité (naines blanches et étoiles à neutrons).

Les observations récentes sur M31 et M32 sont intéressantes car ces galaxies sont très proches de nous ce qui permet une analyse à plus grande résolution et elles se rapportent à des galaxies classiques observées dans une phase calme et non dans la phase active du phénomène quasar. Les résultats obtenus par les différentes équipes sont en assez bon accord pour conclure à la présence d'un trou noir de $8 \times 10^6 M_{\odot}$ à $10^7 M_{\odot}$ au centre de M32 et de $10^7-10^8 M_{\odot}$ au centre de M31. De telles galaxies sont représentatives de ce que l'on pourrait appeler des "quasars éteints"; si toute galaxie dans son évolution passe par une phase de durée brève en tant que quasar actif, on devrait s'attendre à trouver de nombreux "quasars éteints" c'est-à-dire que la plupart des galaxies devraient abriter en leur centre un trou noir de $10^7-10^8 M_{\odot}$. Les résultats récents sur les galaxies proches semblent effectivement en faveur d'une activité brève de quasar dans toute les galaxies.

COLLOQUE UAI n° 98 ; PARIS, JUIN 1987.

Du 20 au 24 Juin 1987, la Société Astronomique de France a célébré son centenaire à Paris; ce remarquable anniversaire fut essentiellement marqué par un colloque de l'Union Astronomique Internationale sur le thème: "La contribution des astronomes amateurs à l'astronomie". Deux cent cinquante personnes, environ, représentant vingt six pays, participèrent aux diverses réunions, conférences, visites qui ponctuèrent les cinq journées de ce colloque.

Le nombre élevé des communications annoncées avait obligé les organisateurs à prévoir deux salles séparées dans le Centre Chaillot-Galliéra qui nous accueillait; certaines sessions se déroulaient donc en parallèle et les participants ont été contraints de choisir certains exposés plutôt que d'autres; néanmoins, le programme prévu se déroulant correctement, il était possible de passer sans trop de problème d'une salle à l'autre.

Les sujets furent traités en français ou en anglais et couvraient un très large éventail. Quelques professionnels présentèrent les actions des amateurs avec brio; ce sont, néanmoins, les amateurs eux-mêmes qui intervinrent en grande majorité pour exposer leurs travaux: les observations, l'accès aux instruments professionnels, les appareils et les méthodes, les objets étudiés (étoiles variables, doubles, comètes, planètes), la popularisation, l'astronomie à l'école, l'histoire de l'astronomie, les amateurs célèbres, etc....

Une visite à la Cité des Sciences de la Villette, une réception à l'Hôtel de Ville de Paris, une visite à l'Observatoire de Paris, une autre à celui de Meudon et deux conférences (Hubert Reeves et Patrick Moore) émaillèrent ces rencontres de moments fort agréables, où les discussions entre participants permettaient des échanges de vues sympathiques et fructueux.

Le CLEA était présent à ce colloque: une "affiche" donnait à chacun des informations sur les actions de notre Comité. Michèle Gerbaldi avait fait partie du comité scientifique d'organisation; de plus, elle partage avec S. Dunlop (Grande Bretagne) la lourde tâche de réunir les textes des intervenants pour les faire publier.

L'assemblée de clôture fut l'occasion de se féliciter du parfait déroulement de ce colloque; J.C. Pecker donna à cette occasion son avis de président sur l'efficacité et l'utilité de cette mémorable manifestation.

D.B.

Les dix premières années des Cahiers Clairaut

Grâce à un instrument perfectionné qui nous a été obligeamment prêté par notre spécialiste en Relativité - vous avez reconnu Béatrice Sandré - nous avons pu faire une coupe dans l'espace-temps pour la valeur 2077 au calendrier. Ainsi avons-nous pu feuilleter le numéro 400 des Cahiers Clairaut. Un numéro exceptionnel tiré à 180 000 exemplaires pour marquer le centenaire de notre petite revue. Il est imprimé sur beau papier permettant la reproduction de photos en couleurs et la composition a été réalisée sur ordinateur "petite cerise" par le maître es-informatique du CLEA, Jacky Ofgreen.

Au sommaire de ce numéro, un éditorial de la Présidente du CLEA Vutienne Boguenheim, "les potins de la Voie Lactée" par Vuhuit Goutinelli. Cergy Schatson traite ensuite de la place de l'astronomie dans la culture alors que son collègue de l'Académie des Sciences, Jean-Claude Yeu donne des échos du travail du Collège de France. André Jambic explique comment il a trouvé des morceaux d'anneaux autour de Pluton. Hubert Gisui montre les conséquences de l'effet de marée sur les programmes d'enseignement de la physique. La rubrique des planétaria permet à Agnès Rekca de raconter l'inauguration du dixième planétarium de Strasbourg pendant que Anne Henri se réjouit de constater que le planétarium de La Villette va enfin donner des programmes astronomiques. Daniel Pentecôte présente les plans d'un cadran solaire bourré de trigonométrie. Jean-Paul Chênentiehl commente les photos d'une occultation de Vénus. On remarque surtout la nouvelle couverture de la revue dessinée par Daniel Chantron, ce qui promet un bel avenir pour le deuxième siècle des Cahiers Clairaut.

Nous reproduisons l'article qui nous touche directement puisqu'il est intitulé "LES DIX PREMIERES ANNEES DES CAHIERS CLAIRAUT. Il est signé Al Cor, sans doute un pseudonyme que nous n'avons pas pu identifier.

La rédaction 1987

Le premier numéro des Cahiers Clairaut a paru pour l'équinoxe de printemps 1978. On y rappelle brièvement l'oeuvre astronomique de Clairaut ainsi que la célèbre phrase extraite de la préface de sa géométrie : "... que les premiers pas (dans une science) ne pouvaient être hors de la portée des Commençans, puisque c'étaient des Commençans qui les avaient faits". Justification par conséquent du titre de la revue, ce qui explique aussi pourquoi nous le conservons... cent ans plus tard.

Feuilletons ce premier numéro. Des stagiaires d'Orsay montrent comment obtenir facilement un spectre. Agnès Acker explique la formation de l'arc en ciel. K.Mizar expose les anciennes mesures en Astronomie ; il se met sous la protection d'Alain qui disait "Ce fut la géométrie qui me plut dans l'astronomie" ; K.Mizar devait avoir un penchant plus ou moins pervers pour les mathématiques.

Il serait fastidieux de vous résumer les sommaires des quarante premiers numéros dont la publication s'est étendue de 1978 à 1987, s'achevant sur un numéro double qui devait marquer cet anniversaire. Je préfère insister sur la variété des sujets, des expériences d'initiation astronomique à la Maternelle ou au Cours Élémentaire à la relation déjà bien savante d'une mission au T 60 du Pic du Midi. Dans tous les articles, le souci de l'enseignement est présent, c'est dire qu'on n'a pas craint de faire simple là où il aurait pu paraître plus glorieux de faire savant et compliqué. Y compris dans les feuilletons historiques de K.Mizar dont la prolixité peut avoir lassé des lecteurs. Mais, visiblement, d'après le "courrier des lecteurs" ceux-ci étaient patients ou indulgents.

Je relève quelques bonnes questions avec les réponses détaillées : "Pourquoi le ciel est-il bleu ?" par Michèle Gerbaldi, "L'effet Doppler-Fizeau est-il un effet relativiste ?" par Lucienne Gouguenheim. Des articles jalonnent de grandes découvertes ou des progrès remarquables dans l'exploration de l'Univers. Des sujets qui nous paraissent familiers, trop connus, en 2077 mais qui ne l'étaient pas à l'époque des n° 11 ou 14 des Cahiers. André Brahic y détaillait avec enthousiasme les résultats obtenus par les

sondes Voyager autour de Jupiter, de Saturne et d'Uranus (en 1987, Voyager 2 n'avait pas encore atteint Neptune). La revue ne s'intéressait pas particulièrement au spectaculaire mais les domaines les plus abstraits de l'astrophysique y avaient leur place ; abstraits, disons plutôt délicats. Exemple le remarquable exposé d'Evry Schatzman sur "Les neutrinos solaires" ou celui de Christian Vanderriest sur les mirages gravitationnels. Bien que la publication trimestrielle des Cahiers lui interdise de suivre exactement l'actualité, les grands événements donnaient lieu à des études, le retour de la Comète de Halley en 1986 par exemple avec les articles de A.C. Levasseur-Regourd et de Eric Gérard. "Les Potins de la Voie Lactée" permettaient à Lucette Bottinelli de signaler dans chaque numéro des travaux intéressants ou prometteurs ou de présenter un grand événement, comme la Supernova 1987 du Grand Nuage de Magellan.

Je reviens sur les problèmes d'enseignement. Il y avait les expériences de Liliane Sarrazin avec les enfants du primaire ; Janine Chappelet relate aussi une séance avec des enfants du collège sur l'astrologie pour en faire comprendre l'inermité. A l'autre bout de l'enseignement, je relis l'article de Hubert Gié sur l'effet de marée. Il y avait aussi les articles sur la construction de divers modèles, planétaires, équatoriaux, cadrans solaires. Michel Toulmonde aimait présenter des exercices à prolongement informatique alors que Jean-Paul Rosenstiehl proposait des exercices exploitant bien les ressources d'un club comme celui qu'il animait à l'Université du Maine.

On est un peu étonné que dans ces quarante premiers numéros les collaborations provenant de l'extérieur de l'hexagone national aient été rares. Elles n'en furent que plus appréciées, en particulier celle de Cecilia Iwaniszewska, de Toruń, sur Hevelius, et celles de Nicoletta Lanciano sur son enseignement astronomique dans les classes de nature.

La bibliographie s'efforçait de signaler les meilleurs ouvrages susceptibles d'intéresser les enseignants. C'est seulement au n°5 qu'elle prend l'intitulé "Lectures pour la Marquise", le rédacteur G.W. ayant été très vite obligé d'ajouter "et pour ses amis". Puisque les lecteurs s'étaient mis sous le patronage de Clairaut, il était normal qu'ils se considérassent comme amis de la marquise et sans que cela heurtât le moins du monde leurs fibres républicaines. Il serait sans doute instructif, - mais cruel aussi peut-être -, de relever les titres lus en 1980 et dont il reste des traces dans nos bibliothèques de 2077 ; je n'ai pas osé poursuivre une recherche dans ce sens.

Parlons quantité. Les premiers numéros ont 30 pages, puis 36, puis 40 et certains se gonflent à 48. En dix ans cela fait un volume de près de 1500 pages, donc beaucoup de travail. Le talent, la bonne volonté des auteurs ne fait pas de doute. Ont-ils été récompensés de leurs efforts ? Ce qu'ils recherchaient, ce n'était pas les honneurs, ils auraient été autrement satisfaits si les Cahiers avaient été plus largement lus et diffusés. Or le nombre des abonnés n'avait alors jamais beaucoup dépassé le millier, il était même souvent descendu au-dessous.

Dans les milieux officiels de l'Education Nationale, ce que faisait le CLEA n'était pas vu d'un mauvais oeil ; il y eut même une certaine aide aux écoles d'été ; mais chacun sait que durant ces vieilles années l'Education Nationale n'était pas riche. D'autres que les animateurs de ce premier CLEA se seraient peut-être découragés et nous ne pourrions aujourd'hui commémorer le centenaire des Cahiers. Nos devanciers étaient des Commençaurs au sens où l'entendait Clairaut et ils se disaient sans doute, en rêvant à un numéro 400 tiré à 180 000 exemplaires, à la manière du Liluli de Romain Rolland, "le temps viendra..."

Al-Cor.

DES ETOILES SOUS SURVEILLANCE
CONTRIBUTION DES ASTRONOMES AMATEURS A L'ETUDE DES ETOILES VARIABLES

Lors du Colloque 98 de l'Union Astronomique Internationale, organisé par la Société Astronomique de France ("Contribution des astronomes amateurs à l'Astronomie", Paris 1987 juin 20-24), plusieurs communications ont eu pour sujet l'observation des étoiles variables par les amateurs. C'est que ce domaine d'observation est effectivement un des domaines privilégiés dans lequel les observateurs peuvent espérer apporter aux professionnels une aide utile et appréciée. Il a déjà été question dans les Cahiers Clairaut des différents types d'étoiles variables et des techniques d'observation (Verdenet, 1981) et plutôt que de revenir sur ces points, il a paru intéressant de montrer en quoi consiste le travail du variabiliste amateur et quel genre d'information il peut proposer aux professionnels. Quelques exemples récents montreront comment ces observations ont parfois permis d'aider à construire un modèle astrophysique ou de conclure à sa validité.

Le profane qui jette un coup d'oeil distrait sur le ciel ne soupçonne pas que ce spectacle qui lui paraît immuable est en fait une réalité changeante: la fantastique explosion de la supernova du Grand Nuage de Magellan en est une preuve spectaculaire. Mais si les explosions de supernovae sont plutôt rares, par contre l'éclat de certaines étoiles varie en permanence plus ou moins régulièrement. Il est hors de propos de revenir ici sur une description des différents types de variabilité et sur les mécanismes qui les commandent. Il suffit de savoir que l'éclat peut varier pour des raisons géométriques externes à l'étoile, mais aussi pour des raisons intrinsèques. Dans le premier cas, il s'agit d'un système double dans lequel un compagnon plus sombre vient régulièrement occulter ou éclipser une étoile plus brillante, faisant ainsi varier l'éclat global du couple. L'étude de la variation de ces "binaires à éclipses" (prototype: Beta Persei, la célèbre Algol, l'Etoile Démon des astronomes arabes) permet alors de reconstruire l'orbite du compagnon et d'en déterminer les paramètres. Lorsque l'éclat varie pour des raisons internes à l'étoile, les causes sont multiples. De gigantesques pulsations peuvent faire varier le diamètre de l'étoile (Céphéides, prototype Delta Cephei), ou bien c'est

le passage d'une onde de choc dans l'atmosphère de l'étoile (variables à longue période du type Mira). Ou bien encore, le renforcement d'éclat est la manifestation d'un échange de matière ...un peu brutal dans un système binaire (étoiles "éruptives du type U Geminorum). Cette variabilité intrinsèque est le signe d'une instabilité fondamentale de l'atmosphère et une étude de la variation d'éclat peut aider à comprendre ce qui se passe, surtout si elle est corrélée avec une variation dans d'autres domaines du spectre.

Actuellement, près de 30000 variables sont cataloguées dans la "Bible" de l'astronome variabiliste, le General Catalogue of Variable Stars, autrement dit GCVS. Outre le nombre, une autre difficulté vient de la diversité des périodes: de 90 minutes environ pour CY Aquarii à quelques centaines de jours pour une Mira. Il est évident qu'aucun astronome professionnel ne peut se permettre d'assurer une surveillance continue et efficace de ces étoiles: leur temps est précieux et leurs instruments bien trop élaborés et compliqués pour ce travail. Par chance, plus de la moitié de ces étoiles variables sont accessibles à des instruments non-professionnels, entendez par là des télescopes de diamètre inférieur à 50 cm. Il s'agit d'étoiles "brillantes", la limite inférieure de l'éclat se situant aux alentours de $m=15$ et l'amplitude de variation ne descendant pas au dessous de 0.5 mag. En outre, les amateurs sont nombreux et bien distribués en longitude; leur "temps de telescope" ne coûte pas cher et ils peuvent, en raison de la maniabilité et de la légèreté de leur instrument, profiter du moindre trou dans la couverture nuageuse. Leur travail est simple: il suffit d'estimer l'éclat d'un certain nombre d'étoiles, soir après soir, afin d'établir une courbe de lumière analogue à celle de la figure (1).

Bien qu'un nombre croissant de variabilistes amateurs utilisent de plus en plus des photomètres photoélectriques, se rapprochant ainsi des travaux des professionnels, la majorité continue à pratiquer la photométrie visuelle. L'observateur estime l'éclat en comparant la variable successivement à une étoile de comparaison plus brillante et à une autre moins brillante. Il ne s'agit pas d'une mesure au sens strict du terme et ce qu'on cherche surtout à mettre en évidence est la variation de l'éclat plutôt que sa mesure absolue. L'expérience montre que l'oeil humain est un détecteur peu précis mais étonnamment sensible. Ainsi, si on examine de nouveau la figure (1), on constatera que les estimations s'écartent assez peu les unes des autres. Certes, chaque observateur peut voir l'étoile systématiquement plus brillante

ou moins brillante qu'elle ne l'est réellement. Il y a toutefois un accord général autour d'une courbe moyenne qui est ici typique d'une variable semi-régulière SRb. De fait, un observateur entraîné peut détecter une différence d'éclat de l'ordre de 0.1 mag. et même probablement moins. Au reste, une Association comme le Groupe Européen d'Observations Stellaires (GEOS), spécialisée dans l'étude des étoiles mal connues ou suspectes, soumet les estimations de ses membres à des traitements statistiques éprouvés qui permettent de retrouver la courbe la plus probable. Cela dit, qu'il y ait traitement statistique ou non, une courbe n'est fiable que dans la mesure où on dispose d'un grand nombre d'observations.

Toutefois, ce qui intéresse le professionnel n'est pas tellement la courbe de lumière en soi, mais ce qu'elle révèle. Entendons-nous bien: il n'est pas du ressort de l'amateur variabiliste de construire un modèle d'étoile. Il n'est en fait qu'un auxiliaire, certes précieux, mais pas un chercheur théoricien. C'est en sorte de la collaboration étroite entre l'observateur et le théoricien professionnel que jaillira la compréhension de ce qui se passe. Au reste, toutes les associations spécialisées comprennent aussi des professionnels ou de futurs professionnels. Quelques exemples montreront comment fonctionne cette collaboration.

Les étoiles de type Mira sont très observées par les amateurs, au point que pour certaines d'entre elles comme Omicron (Mira) Ceti ou Khi Cygni, on dispose d'observations ininterrompues depuis le milieu du siècle dernier (et même parfois, bien avant). Ces étoiles sont des géantes rouges un peu plus massives que le Soleil: ce sont des astres qui terminent leur vie et traversent pendant quelques dizaines de milliers d'années une phase d'instabilité. La période varie de quelques dizaines à quelques centaines de jours et la variation d'éclat dans le domaine visible est causée par l'envahissement progressif de la partie rouge du spectre par les bandes moléculaires en absorption de l'oxyde de Titane (OTi et $\text{O}_2 \text{Ti}$). On sait depuis longtemps que ce sont des étoiles pulsantes dont le rayon varie périodiquement comme celui des Céphéides. Cependant, le modèle n'explique pas bien les assez fortes variations de la période. Plusieurs faits observationnels nouveaux sont intervenus au cours de ces dernières années. La comparaison des observations visuelles des amateurs avec celles des radioastronomes a montré une excellente corrélation entre celles-ci. Les variations du flux radio, notamment sur 18 cm (radical oxhydrile OH) sont commandées par un processus maser et la corrélation avec le flux optique suggère une explication du mécanisme de pompage qui l'entretient. D'autre part,

une étude systématique des courbes de lumière visuelles a permis d'établir une bonne corrélation entre la période (établie à partir des minimums d'éclat) et l'amplitude (Gillet, 1985). Un tel accord donne des arguments en faveur d'un modèle d'étoile dont l'enveloppe est parcourue par des ondes de choc, onde peut-être induite par les pulsations d'une étoile centrale beaucoup plus petite (modèle propose par Wood et al. dès 1982). Il reste beaucoup à faire sur les Mirae et il ne fait pas de doute que les milliers d'observations accumulées par les amateurs pendant des dizaines d'années ont été une aide précieuse aux professionnels.

Dans la période à venir, les amateurs seront également mis à contribution pour le programme de mesures de parallaxe par le satellite astrométrique HIPPARCOS. La détermination de parallaxes précises est importante pour obtenir une bonne calibration de l'échelle des distances à l'intérieur de notre Galaxie. Or, Hipparcos mesure à chaque instant deux étoiles situées dans deux champs séparés d'environ 70° . Ces étoiles doivent être plus brillantes que $m=11$. Si l'une des étoiles de la paire est trop faible, l'autre ne pourra être mesurée. Lorsque l'une des étoiles du couple est une Mira, il importe donc de savoir à l'avance quel sera son éclat. En effet, si celle-ci est trop faible, il est inutile de tenter la mesure. Tout cela suppose une circulation rapide de l'information sur l'état de l'étoile vers les professionnels et il est hors de doute que les amateurs sont à même de l'assurer. Ce ne serait d'ailleurs pas la première fois qu'ils travailleraient ainsi, en liaison avec des satellites: de nombreuses campagnes identiques ont déjà eu lieu, comme par exemple la surveillance de l'activité de R Corona Borealis pour le satellite International Ultraviolet Explorer (voir Schweitzer, Proust, 1987).

L'affaire 1 Persei est exemplaire de l'interaction entre professionnels et amateurs. Lorsque l'Observatoire de Genève soupçonna la variabilité de cette étoile, jusque là considérée comme suffisamment stable pour servir de comparaison photométrique, le GEOS entreprit une campagne d'observations visuelles. Il est en effet dans la politique de cette Association d'étudier systématiquement toutes les étoiles pour lesquelles on a des chances de tirer rapidement des résultats nouveaux. Une première campagne visuelle rassembla en 1975 8400 mesures (pour 15 observateurs!). Parallèlement, Genève surveilla l'étoile avec un photomètre photoélectrique pendant deux nuits. Cette colla-

boration permet d'évaluer la fiabilité des observations visuelles qui confirmèrent la variabilité. Restait à déterminer la période et le type de variation. Le modèle de binaire à éclipse n'expliquait pas bien certaines particularités de la courbe des vitesses radiales mesurées et la courbe visuelle prouvait que toute période courte était à exclure. Après que Genève ait communiqué au GEOS une éphéméride probable sur la base d'une période de 67.45 jours, une autre campagne visuelle fut lancée en 1978. L'analyse serrée des 1711 mesures recueillies en 4 mois permit au GEOS de conclure sur un modèle de binaire à éclipses de période 25.939 jours et de type EA (c'est à dire du type Algol). Ces mesures mettaient en outre en évidence une rotation de la ligne des apsides (joignant le périastre de l'orbite à l'apoastre) en environ 1000 ans. Le modèle n'expliquait pas tout à fait, cependant, les variations de vitesse radiale: de nouvelles mesures seront nécessaires pour lever toute ambiguïté (Figer, Maurin, 1979). Cet exemple montre bien comment un groupe d'amateurs bien structuré et en liaison étroite avec des professionnels peut entrer dans le domaine de la recherche.

On aura compris que l'amateur isolé a fort peu de chances de faire oeuvre utile: il est fortement conseillé de travailler au sein d'une grande association spécialisée comme l'Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables (AFOEV) ou le GEOS, déjà mentionné. L'appartenance à une association garantit une circulation rapide de l'information relative aux grands événements: apparition d'une nova, crise imprévue d'une étoile. Elle facilite aussi les contacts avec les observatoires et l'accès à la documentation. Elle permettra enfin au débutant de mieux établir ses premiers programmes et de bénéficier des conseils d'observateurs plus chevronnés. Pour commencer, il suffit d'avoir le goût de l'observation et une bonne dose de patience. L'instrumentation n'est pas un problème: une bonne paire de jumelles 8x40 ou 7x50 permet déjà de faire du bon travail. A condition d'éviter au début certaines étoiles difficiles, un observateur devient fiable à partir d'une centaine d'observations. En outre, pour ceux qui craindraient de s'enfermer dans une certaine routine, il est bon de savoir que l'expérience des variabilistes est souvent sollicitée pour d'autres tâches connexes, par exemple la photométrie visuelle des comètes.

Bref, la tâche est tellement vaste que les variabilistes amateurs ne sont pas près de rester inactifs. Et même si les détecteurs à transfert de charges (CCD) et les équipements photoélectriques sont de plus en plus utilisés par les amateurs, l'oeil humain n'en reste pas moins un instrument irremplaçable: il est rapide à mettre en station (si on peut dire) et il s'adapte rapidement aux conditions météorologiques.

En d'autres termes, même si la photométrie visuelle paraît un peu désuète à l'heure des "puces" ultraminiaturisées et de l'hyperspécialisation, elle a encore de beaux jours devant elle. Si le cœur vous en dit, venez donc nous rejoindre: vous y ferez un travail passionnant et de plus, utile.

Jacques VIALLE

Références

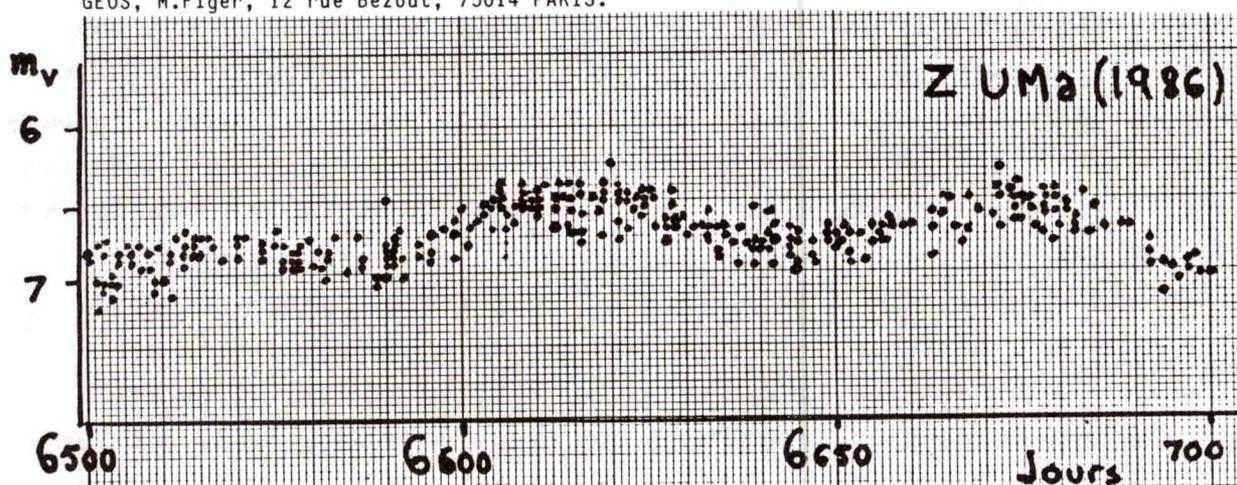
- VERDENET, 1981, Observer les étoiles variables, Cahiers Clairaut, 15,3.
- GILLET, 1983, Sur l'origine des ondes de choc dans l'atmosphère des étoiles Mira, Bull. Ass. Fr. Obs. Etoiles Variables, 31,3.
- SCHWEITZER, PROUST, 1987, l'Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables, l'Astronomie, 101, 303.
- FIGER, MAURIN, 1979, 1 Persei, GEOS CIRCULAR EB 2.

à lire :

- VERDENET, Observer les étoiles variables, comment, pourquoi ?, Association Française d'Astronomie.
- PETIT, Les Etoiles Variables, Masson 1982.

Pour rejoindre une association :

- AFOEV, M.Schweitzer, 16 rue de Plobsheim, 67100 STRASBOURG.
- GEOS, M.Figer, 12 rue Bezout, 75014 PARIS.



Variations d'éclat de l'étoile semi-régulière Z Urase Majoris. Observations réalisées par une dizaine d'observateurs de l'AFOEV au cours des 2^e et 3^e trimestres 1986. Les dates sont données en "jours de la période julienne", chronologie très utilisée par les variabilistes.

NUMEROLOGIE... A PROPOS DE LA NOUVELLE COUVERTURE

- Le numéro 39 -40 des Cahiers Clairaut est double 2
 - Le télescope de 3m60 a été construit en double* 2
 - Les Cahiers Clairaut fêtent leurs 10 ans 10
- or: $2 \times 10^2 = 200$; c'est le nombre d'années qui séparent le télescope de l'époque de Clairaut (ancienne couverture) de celui de Hawai (ou de l'ESO) de la nouvelle couverture ...

* Un exemplaire est à Hawai, l'autre à l'Observatoire Européen Austral (ESO)
Daniel BARDIN

Des élèves pour l'astronomie (3)

Suite et fin de l'article dont les parties 1 et 2 ont paru dans le n°37, p.41 et le n°38, P.19

2. Que nul ne se laisse terre-ifier

"Le ciel n'a plus toutes nos pensées"
Auguste Comte (Etat philosophique de l'Europe.18)

Ces scènes complexes d'énonciation supposent néanmoins une connaissance supplémentaire : il faut encore que l'astronomie occupe chez Auguste Comte une place privilégiée dans l'économie des savoirs positifs, ou que Flammarion la proclame base et principe de toutes les sciences. A vrai dire, cette position stratégique de la science astronomique ne devait pas apparaître clairement aux yeux des publics convoqués à cet enseignement. Plutôt que voie royale dans les sciences de la nature, elle est une route qui paraît doubler assez inefficacement celle des sciences mathématiques qu'elle croise et recroise sans cesse. Régulièrement, en effet, la leçon d'ouverture évoque, un peu embarrassée, qu'il faut pour comprendre le cours savoir un peu de mathématiques, que celui-ci doit donc commencer par des définitions préliminaires de géométrie, ou y renvoyer (19). L'embarras est peut-être moins théorique que pratique. Il s'efforce de ne pas décevoir tout à fait des espérances selon lesquelles il serait possible de se dispenser de l'apprentissage mathématique. C'est ainsi que la lecture du Traité philosophique d'astronomie populaire ne demanderait, à en croire Auguste Comte, "aucune préparation mathématique, que celle qui résulte d'une première année d'études élémentaires". Mêmes propos rassurants dans la bouche d'un conférencier de la société Flammarion à Marseille, en 1886, expliquant : "L'astronomie est une science qui demande l'application des hautes mathématiques. Dans une société de vulgarisation comme la nôtre, tout en rendant hommage à la puissance du calcul, tout en reconnaissant la supériorité de sa méthode rigoureuse, nous nous voyons forcés de bannir absolument les formules que donne la haute géométrie. Il est cependant certains résultats auxquels on est arrivé à l'aide des théorèmes les plus simples de la géométrie élémentaire. Nous ne pouvons les passer sous silence. Mais ce mot de géométrie ne terrifie personne." Dans ces discours, le mot "élémentaire" n'a pas de signification rigoureuse. Il ne réfère à aucun programme encyclopédique pour le sujet connaissant, ni parcours des savoirs ni revue des méthodes. La question, en réalité, est celle de la nécessité de savoir un peu de mathématiques. Auguste Comte explique à cet égard que le peuple, quelque grand que soit son désir de s'instruire, n'a pas vocation comme tel à occuper la place d'un sujet connaissant. On peut sans doute concevoir et réaliser, - les positivistes s'y emploieront, - une initiation universelle et systématique de la raison publique à la saine philosophie, mais celle-ci concerne précisément la raison et non pas le peuple comme peuple. Est peuple celui qui occupe une certaine place dans l'ignorance : "en fait de sciences, précise Auguste Comte, tous ceux qui ne sont pas susceptibles d'entendre les démonstrations sont peuple"(20). Aussi voit-il une différence, pour une connaissance, entre le fait d'être connue et celui d'être populaire. Un savoir populaire est un savoir admis par le peuple. C'est un savoir dont tous ceux qui sont peuple par rapport à lui acceptent les résultats, sans comprendre les démonstrations, en faisant confiance à leurs chefs scientifiques. Dans ces conditions, la nécessité de savoir un peu de mathématiques est appelée par la volonté de ne pas faire de cette délégation confiante une abnégation absolue de la raison. Le Savoir populaire ne doit pas donner son assentiment aux opinions des savants, sur la configuration du système solaire ou sur l'hypothèse de l'universelle gravitation, à la manière dont la croyance obéissait aux chefs religieux quand ceux-ci décidaient de ce qui devait être cru. Il doit accorder sa confiance comme deux savants font l'un par rapport à l'autre, par exemple un mathématicien par rapport à un physiologiste. Il ne refait pas les démonstrations, peut-être même ne saurait-il pas à ce moment précis les refaire. Il accepte provisoirement des conclusions, en se réservant le droit de se déjuger le jour où des

démonstrations concurrentes seraient produites et rencontreraient sa faveur, voire le jour où lui-même, abordant à son tour l'étude scientifique du domaine considéré, arriverait à d'autres résultats. Ce qui donc, aux yeux d'Auguste Comte, fait qu'un savoir populaire noue un lien avec l'activité de connaissance et l'exercice d'une raison est que le sujet de ce savoir, quelles que soient l'étendue (immense) et la durée (indéfinie) de son ignorance, n'ignore qu'à la manière des savants dans le champ des connaissances qui leur sont étrangères. Occuper cette place justifie sans doute qu'on ne puisse pas ignorer tout à fait ce qu'est une démonstration, et que les auditeurs des conférences astronomiques soient contraints à refaire quelques démonstrations élémentaires de géométrie avant d'accorder avec soulagement toutes les autres. Mais cette localisation du savoir populaire éclaire aussi la position stratégique de l'astronomie parmi les sciences proposées aux ignorants.

On voit bien en effet, même si toute l'histoire des sciences est nécessaire pour le voir précisément, comment un savant fait confiance aux démonstrations d'un autre savant à partir de son enracinement dans le démonstratif. Sur quel sol l'ignorant peut-il donner semblable justification et semblables limites à la confiance qu'il accorde aux sciences ? L'astronomie populaire a été, en divers lieux, une tentative pour fonder un tel sol. Et tel est aussi l'un des sens du débat qu'à cette époque Ampère, Comte, Bain, Spencer, Littré, etc ont ou ont eu sur la classification des sciences. Le professeur Foerster, par exemple, l'explique en 1891 à ses collègues de l'Université de Berlin (21) : l'évolution des connaissances supposerait en bonne logique qu'on déplace l'enseignement de l'astronomie dans le cours des études, des sciences mathématiques vers les sciences de la nature. L'astronomie n'est plus seulement mécanique céleste, mais encore astrophysique et astrochimie. Et il semblerait qu'il y ait de bonnes raisons, dès lors, à lui donner une place plus éloignée dans l'ordre des connaissances en en faisant une application, aux phénomènes célestes, des lois de la physique (qui intégrerait par ailleurs la mécanique) et de la chimie. Or Foerster, contre cette évolution de la science elle-même, propose de conserver dans certains cas son ancienne place à l'astronomie. Il faut, selon lui, limiter la nécessaire réorganisation des études scientifiques aux esprits prométhéens, aux élèves des grandes écoles techniques qui ont les yeux tournés vers la production matérielle, l'activité économique, la recherche expérimentale. Maintenir en revanche, à l'Université, l'astronomie à son ancienne place dans le socle épiméthéen, servirait à faire naître dans les têtes libérales deux sentiments, l'un à l'égard des mathématiques, l'autre à l'égard du monde : associée aux mathématiques, l'astronomie leur fait perdre le caractère d'une souffrance infligée aux étudiants sans utilité visible, et provoque un intérêt joyeux pour les théorèmes de la géométrie ; séparée des sciences de la nature, elle donne du monde une image dans laquelle les mouvements calmes de l'archéologie, de la philologie, de l'histoire, de la philosophie, paraissent plus essentiels que le bruit et la fureur de la technique. L'astronomie, dans cette représentation, n'est pas réellement la science du mathématicien ni celle du physicien. Elle donne un sol à partir duquel un sujet a vue sur toutes les activités savantes. Elle place ce sujet à un point où la science peut lui apparaître, où il peut voir dans des démonstrations mathématiques qu'il n'a pas refaites et qu'il ne comprend pas l'exercice joyeux de la raison (22), ou dans les recherches expérimentales dont il ignore tout les manifestations de l'esprit utilitaire.

Or ce qui fait de ce point une position stratégique, et explique pour une part les efforts déployés dans le domaine de l'astronomie populaire, est qu'il éclaire des scènes multiples, qui ne volent pas toutes au secours des humanités défendues par le professeur Foerster. Lorsque Jean Reynaud(23)

situe un astronome sur Jupiter pour observer la Terre, s'étonner de la petitesse de notre planète, de la brièveté de nos siècles, de la densité de nos corps, etc., il n'effectue pas n'importe quel écart littéraire qui rend possible la critique. Il produit d'autres apparences de la surface du connaître pour y rendre visibles et fiables des démonstrations religieuses inédites. Et c'est ainsi peut-être qu'il faudrait lire aussi la pluralité des formes de vie chez Flammarion et ses émules (24), ou l'inimitable multiplication physique de L'Eternité par les astres de Blanqui (25).

S.Douailler

(18) A.Comte, Programme des travaux qui seront employés dans l'ouvrage l'Industrie, dans Ecrits de jeunesse, Mouton 1970.

(19) Th.Nicolle, par exemple, rédigeant un cours d'astronomie pour L'école normale de Pierre Larousse, commence par exposer une vingtaine de définitions géométriques : celles de circonférence, centre, cercle, rayon arc, corde, tangente, angle, perpendiculaire, angle droit, triangle, parallèles, division sexagésimale de la circonférence en degrés, minutes et secondes, mesure des angles, cône, sphère, ellipse (n°48, 25 septembre 1864, pp.349-350).

(20) A.Comte, Sommaire appréciation de l'ensemble du passé moderne, dans Ecrits de jeunesse, p.236.

(21) W.Foerster, Discours prononcé à l'Université de Berlin, 15 octobre 1891.

(22) Voir par exemple une argumentation très proche dans L.Marmottin, "Du rôle des mathématiques en astronomie", discours prononcé à la distribution des prix faite aux élèves de l'institution Saint-Etienne, 25 juillet 1906.

(23) J.Reynaud, Terre et ciel, 1854.

(24) Voir par exemple L.Guétant, Conférence populaire sur l'astronomie, Lyon, 1899.

(25) A.Blanqui, L'éternité par les astres, 1872, Editions de la Tête de Feuilles, 1972.

En face d'un Univers si prodigieusement riche, et dont rien ne nous annonce encore la limite, comment peut-il se faire que nous ne nous sentions pas écrasés ? Sans doute c'est d'abord parce que nous sommes affranchis de l'oppression que nous faisons peser sur nous-mêmes, au nom de fantômes nés de notre seule ignorance, et c'est parce que nous acceptons un monde qui nous ignore, plus volontiers qu'une tyrannie qui nous étouffe. C'est aussi, à coup sûr, parce que, à contempler ce monde, nous éprouvons l'une des joies les plus grandes que nous puissions ressentir, celle de comprendre sans cesse plus de choses, et de sentir notre esprit s'élargir d'autant plus qu'il mesure et domine de plus vastes objets.

JEAN PERRIN

Extrait de la préface au livre L'Architecture de l'Univers par Paul Couderc (éd Gauthier-Villars 1930).

TRANS-SOLUTE

Même si vous n'aimez pas la chimie, vous pouvez être intéressé... Il s'agit d'un KIT permettant de construire un TRANSPARENT animé, montrant le SOLEIL, la LUNE et la TERRE, et leurs mouvements relatifs. G. Fugiglando et J. Ripert l'ont réalisé et le CLEA en assure la diffusion: il est vendu au prix de 50 francs (chèque à l'ordre du CLEA).

Grilles astronomiques - 74 -

Horizontalement :

- I. Astronome français, spécialiste du système solaire.
- II. Divinité qui brasse de l'air.
- III. Constellation au nord du Sagittaire.
- IV. Note de musique
- V. Entre Rigel et Achernar.
- VI. Jupiter lui coupa la langue.

	1	2	3	4	5	6
I						
II					■	
III						
IV		■		■		
V						
VI					■	

Verticalement :

1. Astronome allemand célèbre par ses travaux concernant l'étoile 61 du Cygne.
2. Sur la Terre comme sur la Lune
3. Se pose sur notre satellite naturel.
4. En Belgique - Oui en Russie
5. Grande Course
6. Astronome italien connu par ses travaux sur le Soleil



Si NEWTON avait connu le CLEA !

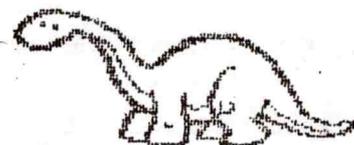
Horizontalement :

- I. Planète.
- II. Divinité chère aux astronomes - témoin de sensibilité.
- III. Perpendiculaire à la ligne Nord-Sud
- IV. Etoile ancienne qui paraît nouvelle.
- V. Symbole chimique - En Russie.
- VI. Véritable star.

	1	2	3	4	5	6
I						
II			■			
III		■		■		
IV					■	■
V			■			
VI						

Verticalement :

1. Musée de l'Astronomie.
2. Se rapporte au Soleil - Début d'une science de l'être.
3. Fonctionne par ondes hertziennes.
4. Possède des raies caractéristiques dans le jaune - Celui de l'astronomie consulte les Cahiers Clairaut.
5. Banal - Peut faire de l'astronomie, mais elle aussi ...
6. Célèbre catalogue d'étoiles - Lutte chaque jour contre le serpent Apopi.



Mon seul regret: ne pas avoir connu les CAHIERS CLAIRAUT ! ...

Dix années de lectures astronomiques

Une évidence : l'abondance de la littérature astronomique durant ces dernières années. Même en se limitant aux dix dernières, anniversaire des Cahiers oblige. Comment ne pas se réjouir devant une telle récolte d'ouvrages parmi lesquels, s'il y a des "doublons" ou même des livres un peu légers, des titres marquent les progrès de l'astronomie et la variété des publications révèle le goût croissant d'un large public pour la connaissance de l'Univers. Des livres d'astronomie ont connu une grande diffusion, certains ont même retenu l'attention des media alors que ceux-ci donnent plus volontiers la parole aux bonimenteurs.

Cette abondance est-elle raisonnable, explicable ? J'en vois plusieurs raisons. Une crise évidente de la littérature française entraîne maints lecteurs à désertir une production romanesque surabondante mais trop souvent creuse pour rechercher des lectures plus substantielles. Ce qui explique en particulier le succès des productions historiques et justifie l'effort de plusieurs éditeurs en direction d'ouvrages scientifiques. Parmi ces derniers l'astronomie a une place presque privilégiée. Je dis presque pour ne pas paraître oublier tant d'excellents ouvrages de biologie. Sur les sciences physiques, ce n'est pas la même abondance - même si récemment nous avons été gâtés avec plusieurs livres sur la physique des particules - et sont encore plus rares les ouvrages de mathématiques lisibles par un assez large public.

La biologie et l'astronomie ont permis à de bons livres d'avoir un grand succès. Sans doute parce qu'ils étaient clairs et bien écrits mais aussi parce que ces deux sciences nous touchent directement : Nous-mêmes, comment fonctionne notre corps ou notre esprit ("L'Homme neuronal" par Pierre Changeux, éd Fayard), comment cette machine merveilleuse se reproduit sans se copier à l'identique ("Les secrets du gène" par François Gros, éd Odile-Jacob) ; chez nous ou si vous préférez notre Univers avec les éternelles questions "où sommes-nous ?", "comment l'Univers s'est-il formé?", "existe-t-il de la vie et sous quelle forme en dehors de la Terre ?", etc... Avec ce fait important que les progrès récents de l'astronomie spatiale, de l'observation et de la théorie transforment les réponses qui pouvaient être données il y a dix ans.

Face à cette avalanche de bonnes et belles oeuvres, saurai-je faire le bon choix ? Je n'ai pu tout lire et tout choisir, tout jugement est subjectif Je dois en prévenir le lecteur et faire appel à lui pour redresser tout jugement hâtif ou corriger toute regrettable omission. Je propose la classification suivante :

1. Sur la formation et l'information des enseignants en astronomie.
2. Les grands ouvrages collectifs de synthèse.
3. Les monographies de bonne vulgarisation.
4. Sur l'histoire de l'astronomie.
5. Les guides pratiques pour l'observation.
6. Les livres pour enfants.

Ce qui exclut les traités ou les mémoires écrits par les astronomes professionnels pour exposer leurs travaux, ouvrages hautement spécialisés réservés à un public forcément restreint.

1. Pour l'enseignement

Cette rubrique est naturellement liée aux activités du CLEA, en particulier les écoles d'été (voir l'article qui leur est consacré). Côté livres, cela se traduit par la collection des comptes rendus. C'est impressionnant, c'est utile et, ce qui ne gâte rien, c'est savoureux.

Ne font pas double emploi avec ces comptes rendus les fascicules "Formation continue des maîtres en astronomie" édités par le Laboratoire d'Astronomie

d'Orsay : 1. L'observation des astres et le repérage dans l'espace et dans le temps ; 2. Les mouvements des astres ; 3. La lumière messagère des astres ; 4. Naissance, vie et mort des étoiles ; 5. Renseignements pratiques et bibliographie pour l'astronomie ; 5 bis. (Supplément) ; 6. L'Univers extragalactique et la cosmologie. En préparation : 7. La Relativité et l'astronomie 8. Fragments d'histoire de l'astronomie. Ces fascicules, sur des sujets bien délimités, réunissent des études faites au cours des écoles d'été ou des articles parus généralement dans les Cahiers Clairaut.

Vous me direz, comptes rendus et fascicules ce ne sont pas des vrais livres. Mais nous avons eu aussi des vrais livres spécialement écrits pour la formation des enseignants, ceux de Lucienne Gouguenheim et d'Agnès Acker.

Ce n'est pas un hasard si le **second** livre de la collection "Liaisons scientifiques" préconisée par la Commission Lagarrigue a été consacré à l'astrophysique. Pas un hasard non plus que Lucienne Gouguenheim, qui depuis 1976 animait les écoles d'été et les stages d'Orsay ait su aussi bien et de façon aussi originale présenter à des enseignants les grands principes de la recherche qu'elle pratique.

Dans la suite de cet article, je vanterai les mérites d'autres ouvrages - vous ne voudriez pas que je dépense encre et papier pour médire de livres mal écrits ou mal pensés -, mais si j'avais dû me restreindre à n'en citer qu'un seul j'aurais choisi les "Méthodes de l'astrophysique". Tout le fini d'un livre et surtout le choix fait par Lucienne d'un plan qui est un modèle. Relisez ; d'abord les outils de la connaissance, gravitation et spectroscopie ensuite les problèmes, distances, dimensions, masses, mouvements, températures et enfin évolution. Imaginez qu'on vous demande de raconter tout ce que vous savez en astronomie ; c'est à ce plan que vous reviendrez si vous ne voulez pas vous contenter de descriptions superficielles (qui pourtant ne manquent pas en librairie, mais je vous ai dit que je n'en parlerai pas ici).

Bref, ces "Méthodes" sont devenues notre fidèle compagnon de travail de même que les astronomes professionnels se réfèrent toujours à "l'Astronomie générale" de Danjon pour l'astrométrie et à "l'Astrophysique générale" de Pecker et Schatzman.

Pour nous, le fréquent recours aux "Méthodes" ne nous empêche pas d'avoir souvent besoin de "l'Initiation à l'Astronomie" d'Agnès Acker (2ème édition 1979) parce qu'il est souvent utile, avant un exposé, de vérifier qu'on n'a pas oublié les fondements.

2. L'Univers en mille pages

Au rayon des grands livres, je retrouve toujours "Astronomie populaire" de Camille Flammarion (éd Flammarion en deux volumes, 840 p., 1880) à côté de "Astronomie populaire Flammarion", édition refaite sous la direction d'André Danjon (éd Flammarion, 610 p., 1955). Dans la première les figures sont gravées et le style est celui de Flammarion sans coupure ; dans la seconde, il y a des photographies, le style est plus académique.

J'ai beaucoup aimé "Histoire de l'Univers" réalisée sous la direction d'Avram Hayli (éd Hachette, 448 p., 1980). Les auteurs des divers chapitres faisaient bien comprendre l'évolution des idées au fur et à mesure des découvertes. D'où le titre justifié du volume.

Le "Grand atlas Universalis de l'Astronomie", publié en 1983 sous la direction de Jean Audouze et de Guy Israël donne en 432 pages grand format l'état des connaissances à la date indiquée sur tous les objets de l'Univers.

Le livre est remarquablement illustré. Je crois qu'une réédition est en cours après mise à jour.

J'avoue pourtant ma préférence, dans le genre, pour "l'Astronomie Flammarion" publiée en 1985 sous la direction de Jean-Claude Pecker (1072 pages, éd Flammarion). Deux volumes et la présentation est soignée. Travail remarquable ; la rédaction des chapitres est due à André Boisshot, Roger Bonnet, Lucette Bottinelli, André Brahic, Ludwik Celnikier, Simone Dumont, Michèle Gerbaldi, Marcel Golay, Lucienne Gouguenheim, Jean Guibert, Jean Heidmann, Nicole Heidmann, Robert Kandel, Christian Magnan, Bruno Morando, Laurent Nottale, Jean-Claude Pecker, Françoise Praderie, Jean Rösch, Gilbert Vedrenne, Philippe Véron, Gérard Wlérick, Jean-Paul Zahn. Qualité également des illustrations, photos et graphiques. J'ai fort apprécié et suis certain de ne pas être le seul - que Jean-Claude Pecker ne se soit pas contenté de superviser, de mettre son nom sur la couverture, il intervient souvent dans des "encadrés" qui facilitent la lecture aux non spécialistes à qui, justement, s'adresse l'ouvrage. L'Univers en mille pages, on pouvait croire que ce serait une caricature, non c'est une attrayante introduction à des études plus approfondies. Un gros livre qui ferait aimer l'astronomie à qui ce sujet n'était pas familier.

Je n'oublie pas un ensemble plus austère, "l'Encyclopédie Scientifique de l'Univers" réalisée par le Bureau des Longitudes. Son premier volume "La Terre, les eaux, l'atmosphère" avait paru en 1977 ; 2ème édition en 1984. Le deuxième "Les étoiles, le système solaire" datait de 1979, 2ème édit. 1987. Le troisième volume "La Galaxie, l'Univers extragalactique" est de 1980 et le quatrième et dernier "La Physique" de 1981. Ce sont des ouvrages de référence et à ce titre bien commodes pour vérifier telle ou telle donnée. Par cette publication régulièrement renouvelée (on l'espère), le Bureau des Longitudes reste fidèle à sa mission qui était si bien illustrée par la vieille collection des Annaires, source inestimable pour l'histoire de l'astronomie.

3. Chers amis

Parvenu à la troisième partie de ma classification, les monographies de bonne vulgarisation, comment n'éprouverai-je pas quelque inquiétude? C'est la rubrique la plus foisonnante et puisque je ne pourrai tout citer, je fâcherai les auteurs que j'aurai omis. Comme dans toutes les rubriques mais dans celle-ci particulièrement. Comment m'en tirer honorablement ? Je suis resté longtemps la plume en l'air, presque décidé à renoncer. Mais se taire est peu glorieux, il faut aussi ne blesser personne. Voltaire, providentiellement, est venu à mon secours dans ses "Conseils à un journaliste"; écoutons-le : "Un lecteur en use avec les livres comme un citoyen avec les hommes : on ne vit pas avec tous les hommes, on choisit quelques amis".

Voici, dans ma bibliothèque, ces livres-chers-amis qui éclipsent peut-être injustement ceux que je ne citerai pas.

Le premier est déjà vieux sa brochure en est fatiguée, il est très antérieur à la période de dix ans que je me suis fixée et je la transgresse pour lui, tant ce livre fut pour moi important. C'est "L'architecture de l'Univers" par Paul Couderc ; mon édition est celle de 1941, la deuxième, la première remontait à 1930 époque où je croisais Paul Couderc dans la cour du lycée Charlemagne, lui comme professeur, moi comme élève. Le livre comporte une dizaine de belles photos, c'était rare à l'époque. Vous avez sûrement souvenir des premières phrases de la préface de Jean Perrin : "C'est une bien faible lumière qui nous vient du Ciel étoilé. Que serait, pourtant, la pensée humaine si nous ne pouvions pas percevoir ces étoiles..." Ce livre fut une révélation pour l'enseignant débutant que j'étais ; de ces 140 pages j'essayais de tirer un enseignement actualisé du programme de "cosmographie" qui figurait alors dans les classes terminales.

"Sous l'étoile Soleil" par Jean-Claude Pecker paraît en 1984 (éd Fayard, 412 pages). Un beau sujet. A partir de l'histoire des conceptions humaines sur cet objet qui n'a pu échapper à l'attention des hommes, l'Auteur nous entraîne dans tous les chapitres de l'astronomie d'aujourd'hui c'est à dire aussi dans la physique la plus actuelle. Pas étonnant pour qui connaît Pecker que le livre se termine par quelques bons mots de poètes ; "Quel pur travail de fins éclairs consume...". Ce Soleil, pourquoi ne le reconnaitrai-je pas, je le pille sans scrupules, puisque c'est un ami qui l'a écrit.

"L'Odyssée cosmique" par Jean Heidmann (éd Denoël, 1986), en à peine 150 pages, nous engage à réfléchir sérieusement sur le destin de l'Univers. J'imagine le plaisir que Paul Couderc aurait eu à commenter ce livre, n'aurait-ce été que pour marquer le chemin parcouru depuis 1930. Lecture particulièrement stimulante après laquelle on peut reprendre "Introduction à la cosmologie" que Jean Heidmann avait publiée en 1973 (éd PUF) pour ceux que n'effraient pas un peu de formulation mathématique. Autre charme de son Odyssée, on s'y aventure sur le sentier de la vie. On peut espérer du même auteur, dans les prochaines années, de nouveaux travaux sur la bioastronomie.

Sous un autre angle, Evry Schatzman avec "Les Enfants d'Uranie" nous détaille les problèmes de la recherche des civilisations extraterrestres (éd Seuil, 1986) sachant que le théorème d'existence des dites civilisations n'a pas encore été démontré. Des estimations que nous n'oublierons pas: la plus proche planète avec des êtres vivants à quinze années de lumière de nous, c'est probable. Des civilisations capables de communiquer avec nous, sans doute beaucoup plus loin et par conséquent avec des difficultés de communication accrues. Mais il faut chercher, la chance peut jouer. Qui vous dit qu'il y a des voisins pas tellement loin de nous qui sont impatients de communiquer!

Dans un autre genre, pour une vulgarisation plus simple mais tout aussi sérieuse, le livre de Lucette Bottinelli et Jean-Luc Berthier "L'Univers des étoiles" (éd Gammaprim, 1986) peut servir d'introduction à qui n'aurait pas encore mis le nez dans la vie tumultueuse des étoiles ; les stars vous savez tout ce qui leur arrive !

Volontairement, volontairement, je limite le nombre des livres-amis. Mais pour ne rien dire de plus personnel sur les auteurs vivants, je reconnais quelle chance j'ai eue, après avoir tant profité de son "Architecture de l'Univers", d'avoir dix ans plus tard bénéficié de la chaude amitié de son auteur.

4. Cher Kepler, cher Galilée

Côté histoire de l'astronomie, on n'est pas gâté. Vous me direz que les astronomes ont autre chose à faire que des recherches historiques. IL fallait une autre époque pour qu'un astronome chevronné, ayant d'ailleurs roulé sa bosse en bien d'autres domaines tumultueux, écrive "A History of Astronomy" en 500 pages. Mais elle était presque complète du temps que vivait Pannekoek, mort je crois vers 1954. Depuis, qui s'est risqué à écrire une histoire complète de l'astronomie ?

Il faut donc, si l'histoire des découvertes vous intéresse, vous rabattre sur des monographies traitant d'un problème, d'un savant ou d'un problème sur un savant. Les commémorations sont de bonnes occasions pour des publications parfois intéressantes, par exemple ce volume sur Roemer et la mesure de la vitesse de la lumière (éd Vrin, 304 p., 1978).

Ne pas oublier les rééditions de classiques comme celle de la "Théorie du ciel" de Kant (éd Vrin 1984), des "Comètes" d'Arago (éd Blanchard 1986).

Ou mieux encore la traduction d'Atolycos de Pitane, "La sphère en mouvement, levers et couchers héliques" (éd Les Belles Lettres, 192 p., 1979).

Je fais une place à part à deux livres qui m'ont paru passionnants "Kepler, astronome astrologue" par Gérard Simon (488 p., bibliothèque des Sciences humaines, éd Gallimard 1979) et "Galilée hérétique" par Pietro Redondi (448 p., bibliothèque des histoires, éd Gallimard 1983). Les auteurs ne sont ni l'un ni l'autre des astronomes mais des historiens qui ont eu recours aux meilleures sources. Ils nous donnent sur les deux astronomes des vues profondes et originales. Grâce à quoi nous pouvons mieux comprendre l'importance qu'attachait encore Kepler à l'astrologie et peut-être pénétrer dans les secrets du Vatican sur l'abominable condamnation de Galilée.

Enfin, le plus réussi des livres dans cette catégorie historique, le petit chef d'oeuvre de Françoise Balibar "Galilée, Newton lus par Einstein, espace et relativité" (128 p., collection "philosophies", éd PUF 1984). Un modèle qu'on souhaiterait voir imiter, les sujets de manquent pas dans l'histoire des grandes notions : des textes, des réflexions actuelles, autrement dit un vrai bon outil de culture.

5. Guides

La réédition longtemps attendue de "La revue des constellations" par R.Sagot et J.Textereau, publication de la SAF a été la bienvenue. Sont venus s'y ajouter : le "Catalogue des étoiles les plus brillantes" par F.Ochsenbein, A.Acker, E.Legrand, J-M.Poncelet et E.Thuet-Fleck (éd Observatoire de Strasbourg), "Découvrir le ciel" par J-L.Halbwachs (éd Bueb et Reumaux) puis tout dernièrement "Formes et couleurs dans l'Univers" par Agnès Acker (éd Masson 1987) avec son catalogue d'amas, de nébuleuses et de galaxies.

Je fais une place à part aux "Histoires d'étoiles" par Marie-Françoise Serre (éd de l'Imprimerie Bonnefoi à Bazoches sur Hoëne) qui joint l'exploration des constellations au rappel des légendes du ciel de l'antiquité, un vrai petit bijou.

"Astronomie pratique et informatique" par Christian Dumoulin et Jean-Paul Parisot (éd Masson, 1987) me paraît aussi à ranger dans les guides mais ici c'est pour les amateurs que les calculs ne repoussent pas.

6. Pour les enfants

Le genre est difficile. Ici encore, Paul Couderc fut un pionnier avec "Parmi les étoiles" (éd Bourrelier, 1938). Jean-Claude Percker a donné à nos enfants ou petits-enfants son charmant "Papa, dis-moi, l'astronomie qu'est-ce que c'est ?" (éd Ophrys, 1980).

La littérature astro-enfantine doit normalement être un lieu de rencontre des pédagogues et des astronomes. A ce titre, il faut signaler "Mon premier livre d'astronomie" par Michel Toulmonde (éd Epigones 1982) et "A la recherche des extra-terrestres" par J.Heidmann et J-C.Ribes (éd Nathan 1985). Non sans risque, y compris celui de faire des erreurs, j'essaye de commenter des images dans une collection "Fenêtre ouverte sur l'astronomie" (éd Epigones 1987) ; trop tôt pour en parler, la fenêtre n'est qu'entrouverte.

J'arrête ici cet incomplet et partial bilan. Que pouvons-nous attendre de lire dans les années qui viennent ? En 1997 j'essaierai de faire mieux.

Gilbert Walusinski

METTEZ VOTRE PLANETAIRE A L'HEURE : longitudes écliptiques héliocentriques des planètes au premier janvier 1988 : Mercure 296° - Vénus 358° - Mars 209° - Jupiter 31° - Saturne 264°
Uranus 267° - Neptune 278°

La commission inter IREM d'astronomie

C'est en juin 1981 que fut créée, sur proposition de l'IREM de Limoges, la Commission inter IREM "Astronomie". La première réunion de travail eut lieu à l'Observatoire de Paris le 9 janvier 1982. Elle n'a cessé de fonctionner depuis cette date, au rythme d'une réunion par trimestre. Les motivations de cette action furent multiples.

Vers la fin des années 70, un large mouvement en faveur de l'enseignement de l'astronomie se développait et aboutissait, après la journée consacrée à cette question au Congrès de l'UAI, à Grenoble en 1976, à la première école d'été d'astronomie (Lanslebourg 1977), qui précédait de peu la naissance du CLEA. Ce mouvement, rendu nécessaire par l'abandon progressif de l'enseignement de l'astronomie dans le secondaire, prenait en compte le vif intérêt des élèves, mais aussi des enseignants, pour cette activité pluridisciplinaire par nature et très motivante en faveur de l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques. Ainsi nous sembla-t-il opportun de rassembler les divers travaux réalisés à cette époque par quelques IREM et qui portaient sur des aspects didactiques ou sur la formation des enseignants en astronomie.

Jusqu'en 1968, l'astronomie (y compris l'astrophysique) fut enseignée, au niveau du Secondaire, dans le cadre des études mathématiques et il paraissait tout indiqué que les IREM participent activement à la formation des enseignants dans ce domaine, alors qu'aucune autre structure officielle de l'Éducation Nationale n'était en mesure de le faire. La réalisation n'a pas été facile, beaucoup d'animateurs ont du déployer des efforts méritoires pour imposer une telle activité dans leur IREM et persuader quelques "mathématiciens" que l'astronomie pouvait avoir quelque rapport avec la culture mathématique. Ces efforts furent en partie récompensés car beaucoup d'enseignants de tous ordres (primaire, secondaire et parfois même du supérieur) comprirent que, pour reprendre l'aphorisme de Lichtemberg, on pouvait, par la confrontation de ces disciplines, "porter des regards neufs à travers de vieux trous".

Les années 75-80 furent relativement fastes dans ce domaine, les IREM accueillèrent alors des stagiaires à qui étaient attribuées des heures de décharge de service ! D'assez nombreuses publications virent alors le jour. Les tentatives d'étouffement progressif dont les IREM ne tardèrent pas à être victimes furent, dans la plupart des académies fatales, aux activités astronomiques dans ce cadre-là, les groupes "astronomie" n'étaient plus considérés comme prioritaires...

Une autre motivation de la commission "Astronomie" était de maintenir ou de susciter les actions de formation ou de recherche didactique sur l'enseignement de l'astronomie. Un objectif important de cette commission fut réalisé en 1984 avec la publication d'un travail en commun sous la forme d'un bulletin Inter-IREM entièrement consacré à l'astronomie et tiré à environ trois mille exemplaires (ce document peut être obtenu dans chaque IREM).

Un nouveau travail inter-IREM vient d'être entrepris cette année, avec la préparation d'une publication dont le thème est centré sur "les mouvements apparents et relatifs des astres". Une brochure d'une centaine de pages doit regrouper des textes et des travaux pratiques utilisables dans le cadre de l'enseignement des mathématiques et de la physique pour le niveau secondaire. Une plaquette de diapositives accompagnera cette