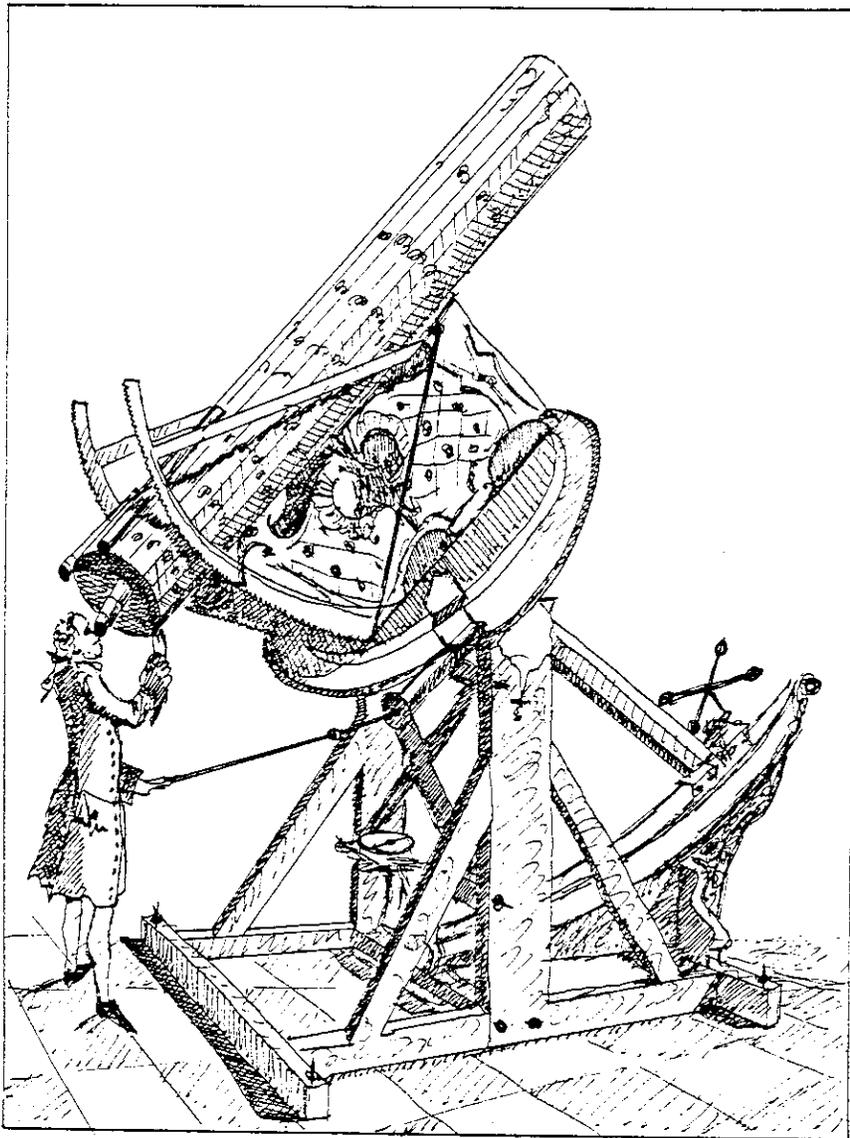


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n°15 - hiver 1981

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 15 Hiver 1981

Observons les étoiles variables p8
Petite histoire de la parallaxe du Soleil p10
L'origine du système solaire p15
Courrier des lecteurs p20
Petites annonces p23
Expérience faite par un ami de Galilée p23
Lectures pour la Marquise et ses amis p24
Fascicules d'Astronomie p30
Mesure du rayon de la Terre p30
Ecole d'été d'Astronomie p30

EDITORIAL

L'Astronomie est souvent, vous nous l'écrivez, un sujet qui intéresse vos élèves et un point de départ qui permet une réflexion plus profonde sur l'histoire de la pensée scientifique, sur l'appréhension du réel, sur la méthodologie scientifique, sur l'utilité de la Physique. Beaucoup d'entre vous animent des clubs, se heurtent aux difficultés financières, mais nous disent aussi que ces clubs sont actifs, vivants. Il est question dans ce numéro du club des Pléiades de Nice, qui a fait un beau travail sur Galilée à l'occasion d'un FACTE. Les stagiaires de l'école d'été ont feuilleté avec beaucoup d'intérêt le compte rendu, hélas épuisé. Ils nous ont incité à faire l'effort de le retirer pour les lecteurs des cahiers Clairaut (voir p. 20)

La Rédaction

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

Mr - Mme - Melle :

Adresse :

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

Souhaite :

- s'abonner aux Cahiers Clairaut du numéro 1 au numéro 16
s'abonner aux Cahiers Clairaut du numéro 13 au numéro 16
se réabonner du numéro 13 au numéro 16
ci-joint ma contribution financière :
tarif normal : 20Fr pour les numéros 13 à 16
100Fr pour les numéros 1 à 16
tarif de soutien :
40Fr pour 4 numéros

Prix du numéro : 7Fr

Chèque à libeller à l'ordre de L.Gouguenheim. Rémplir, cocher les cases correspondantes et renvoyer à Mme F.Delmas, IAP, 98bis Brd Arago, 75014 Paris.

DES OBSERVATIONS PASSIONNANTES ET UTILES
OBSERVONS LES ETOILES VARIABLES

Etoiles... Variables: voilà un assemblage de mots qui eut fait bondir les philosophes grecs, si convaincus de l'immuabilité des astres ! et qui fait encore sursauter la plupart de nos contemporains.

Pourtant, à toutes les périodes de l'histoire, les hommes ont observé l'apparition brusque d'étoiles temporaires très brillantes, déformant les constellations si familières par leur présence. Ce fut le cas pour l'étoile d'Hipparque en 125 avant J.C., l'étoile de Tycho Brahé en 1572 ... etc...

Ce n'est qu'en 1596 que fut découverte la première étoile variable classique: Fabricius observa dans la Baleine une étoile de troisième grandeur qui n'existait pas sur les anciens catalogues. Puis elle disparut. Bayer la dessina sur son atlas, en 1603... Elle fut revue en 1638 mais disparut en 1639... et reparut en novembre de cette année. Ces observations montrèrent que certaines étoiles avaient un éclat soumis à des alternances de disparition et de réapparition: éclat variable. Appelée plus tard Mira Ceti (Merveilleuse de la Baleine), cette étoile est surveillée depuis et on lui a trouvé une période de 331 jours entre 2 maxima d'éclat, ce maximum pouvant se limiter à la 4ème grandeur... mais aussi atteindre la 1ère !

La seconde étoile variable découverte est Algol, observée dès 1669: ses variations sont extrêmement régulières, et sa période très courte est de 2j 20h 48min 52s. On peut aussi citer une étoile du Cygne: khi, pouvant varier en magnitude de la 3ème à la 14ème grandeur ! en 406 jours; soit un éclat de 1 à 30 500 fois .

Les catalogues d'étoiles variables se sont rapidement enrichis, ainsi: en 1980 on en comptait 396; puis 1227 en 1903; 8889 en 1942... actuellement on en enregistre environ 30 000 plus 9 000 suspects .

La principale difficulté fut de leur donner un nom ! Au début, on parlait de "la variable du Lion", de la "variable de la tête de l'Hydre" mais, le nombre augmentant, il fallut un répertoire plus précis. C'est l'astronome allemand Argelander (dans son catalogue d'étoiles B.D.) qui décida de les appeler R, S, T,...Z; puis après RR, RS,...RZ; SS...SZ; en arrivant à ZZ (54ème variable d'une constellation), ce qui fut fait dans le Cygne en 1907. On décida de reprendre à AA, AB ... jusqu'à QZ. La suivante fut appelée V 335, ce qui permettait une suite illimitée. Dans le Sagittaire, on a dépassé V 2050, V 1668 dans le Cygne, alors que dans le Burin (petite constellation australe) on n'en est qu'à W.

Alors, comment étudier toutes ces étoiles ? Il n'y aura jamais assez d'astronomes professionnels (ni même amateurs) pour les étudier toutes. Aussi, beaucoup reste à faire et chacun peut y participer, avec un peu de bonne volonté et de simples jumelles, la plupart du temps !

I- Les types de variables.

La classification moderne est assez complexe; nous nous limiterons ici aux étoiles observables facilement, c'est-à-dire variant d'une façon

assez nette et sur des périodes assez longues.

Une étoile variable se caractérise par deux paramètres:

- l'amplitude de variation entre un maximum et un minimum d'éclat
- la période: durée écoulée entre deux maxima successifs

On représente souvent ces deux paramètres graphiquement en portant le temps en abscisse et l'éclat en ordonnée: on a alors la courbe de lumière caractéristique de l'étoile. On peut distinguer plusieurs catégories:

1) Les variables pulsantes:

- Céphéides (d'après Céphée) variant jusqu'à 2 grandeurs en 1 à 70 jours. Ce sont des étoiles géantes très lumineuses, animées par une pulsation de leur atmosphère, comme une respiration gigantesque. Les RR Lyre et W Vierge, du même genre de variables pulsantes sont beaucoup plus difficiles à trouver, car l'amplitude de leurs variations est beaucoup plus faible.

- type Mira Ceti à longue période

Beaucoup sont suivies par les amateurs, car elles sont assez faciles à repérer par leur couleur rouge. Elles varient de 2,5 à 6 magnitudes (ou grandeurs) dans l'ensemble, cette variation pouvant atteindre jusqu'à 10 magnitudes. Et ceci avec des périodes allant de 80 à 1000 jours. Elles sont aussi animées de "gigantesques respirations"

- variables semi-régulières dont les variations assez faibles sont très instables et variées.

- les RV Taureau, à doubles maxima.

2) Les variables éruptives

On citera particulièrement:

- les novae, ces fameuses et historiques étoiles temporaires. Les variations d'éclat sont si amples que l'on croyait assister à l'apparition brutale d'une étoile nouvelle (Nova Stella) là où il n'y avait rien. On sait maintenant qu'il existait une étoile faible, ou pré-nova (parfois invisible dans un grand instrument). Cette étoile augmente brutalement d'éclat, souvent de 12 à 13 grandeurs en quelques heures: leur éclat est multiplié par plus de 100 000 ! Puis l'éclat diminue lentement, souvent pendant quelques années et il reste une post-nova proche de l'éclat initial.

Au XXème siècle, on se rappellera surtout la Nova Persée de 1901 qui brilla autant que Véga; celle de l'Aigle en 1918, étoile de la vicoire des poilus, qui égala presque Sirius: celle du Cygne en 1975 qui augmenta de plus de 20 grandeurs et retomba très vite: elle atteignit la magnitude 1,7. Certaines sont récurrentes, c'est-à-dire qu'elles ont brillé plusieurs fois (T Couronne, RS Ophiuchus, WZ Flèche ...)

- Les R Couronne sont des étoiles assez brillantes, dont l'éclat s'effondre brutalement et qui s'affaiblissent. Elles peuvent demeurer brillantes 10 ans avant de faiblir sans avertissement préalable ! On explique cette extinction partielle par un nuage absorbant de grains de carbone.

- Les U Gémeaux et Z Girafe sont des mini-novae à répétitions. Normalement à l'éclat minimum, elles montent brusquement vers un maximum où elles demeurent quelques jours, avant de retomber. Leur périodicité est loin d'être évidente, mais la moyenne est assez bien respectée. Certain-

nes brillent tous les 10-20 jours, d'autres tous les deux ans !

- On peut citer les Supernovae, encore plus spectaculaires que les novae, et plus cataclysmiques, mais rares dans notre Galaxie. Et beaucoup d'étoiles inclassables et de type unique.

3) Les variables à éclipses.

Les variations perçues depuis la Terre ne sont alors que le résultat d'une coïncidence géométrique: l'étoile est composée de deux étoiles orbitant l'une autour de l'autre. L'une est plus froide, donc moins lumineuse (si elle a un rayon comparable), et occulte la lumière de l'autre en passant devant: c'est le minimum principal. Quand la plus lumineuse cache la plus faible, on assiste à un minimum secondaire, plus difficilement observable. Algol (ou encore Béta Persée) est de ce type.

Leur observation est moins conseillée aux amateurs, car on connaît leurs éléments avec une telle précision, qu'elle les dépasse un peu.

Certaines de ces éclipses se produisent toutes les 6 heures; d'autres tous les 27 ans !

II- Les observations.

1) Les instruments.

Tous les instruments permettent d'étudier des étoiles variables: de l'oeil nu aux télescopes de 50 cm et plus. Reste à savoir bien choisir et se limiter selon ses possibilités.

Les jumelles sont un instrument de base indispensable: leur grand champ permet de reconnaître l'environnement de la variable, de choisir des étoiles de comparaison pour l'éclat. Leur principal inconvénient est leur inconfort, que l'on peut compenser en s'appuyant sur un bâton ou en les fixant sur un pied photo panoramique.

Tout instrument astronomique peut permettre d'observer des variables, pourvu qu'il n'ait pas un grossissement trop important. Le diamètre seul limitera la valeur du minimum accessible: il est bon de se limiter à la 4ème grandeur à l'oeil nu, à la 9ème dans une lunette de 60 mm de diamètre ou à la 13ème dans un télescope de 200 mm.

2) Les cartes de repérage.

Connaître ses constellations est la première nécessité: des petits atlas simples et une carte mobile y aideront. Des cartes spéciales sont éditées par les associations de "variabilistes" (voir notes) pour repérer l'étoile visée et estimer son éclat. Ces cartes sont, généralement, à enboitements: une carte à grand champ, montrant des étoiles brillantes (carte A); une carte centrée sur la variable, pour les étoiles vues aux jumelles (carte B) et des cartes de plus en plus détaillées selon les diamètres des instruments utilisés et l'éclat des minima.

3) La mesure.

Une fois l'étoile repérée (c'est ce qui repousse le plus souvent le débutant) il s'agit de comparer l'éclat de l'étoile à celui des étoiles voisines. La méthode fut inventée par Argelander: il s'agit de choisir une étoile voisine un peu plus brillante, au premier coup d'oeil. Appelons a. Puis on choisit une étoile un peu plus faible, appelée b.

La méthode des degrés est simple: si deux étoiles sont presque identiques, mais que l'une paraît par fois plus brillante, on dit qu'elles diffèrent de 1 degré. Si l'une est un peu plus brillante au premier coup d'oeil, elles diffèrent de 2 degrés... et ainsi de suite jusqu'à 5 degrés. Ne pas aller plus loin.

Alors, si a et b sont les étoiles de comparaison et que a a 4 degrés de plus que b, on les notera $a4b$. Si la variable V est à 3 degrés de a et à 1 degré de b, on aura: $a3V1b$ etc...

Le tout est d'avoir assez d'étoiles de comparaison pour suivre une variable dans toute son amplitude. C'est généralement le cas; ou alors, on ne l'étudie pas, la réservant aux professionnels et leurs moyens photométriques.

4) Les résultats.

Même sans connaître l'éclat réel des étoiles a et b on peut faire une courbe de lumière de la variable; mais, bien sûr, il vaut mieux traduire les degrés en magnitude visuelle exacte (ou grandeur).

L'observateur ayant reporté sur son carnet sa mesure $a3V1b$, va chercher les magnitudes réelles de a et b, par exemple 8,2 et 9,0. L'écart est donc de 0,8 magnitudes pour 4 degrés, soit 0,2 magnitudes par degré. La variable a donc la magnitude $8,2 + 0,6 = 8,8$ (ou bien $9,0 - 0,2$ évidemment). En général, les virgules ne sont pas sur les cartes où les unités portées sont des dixièmes de magnitudes (88 pour 8,8 107 pour 10,7). Un observateur expérimenté peut atteindre une précision de 0,1 magnitude et estimer le demi-degré. L'habitude permet de connaître par coeur la localisation (et même l'éclat des voisines) de plus de cent étoiles: le cerveau est une belle chose.

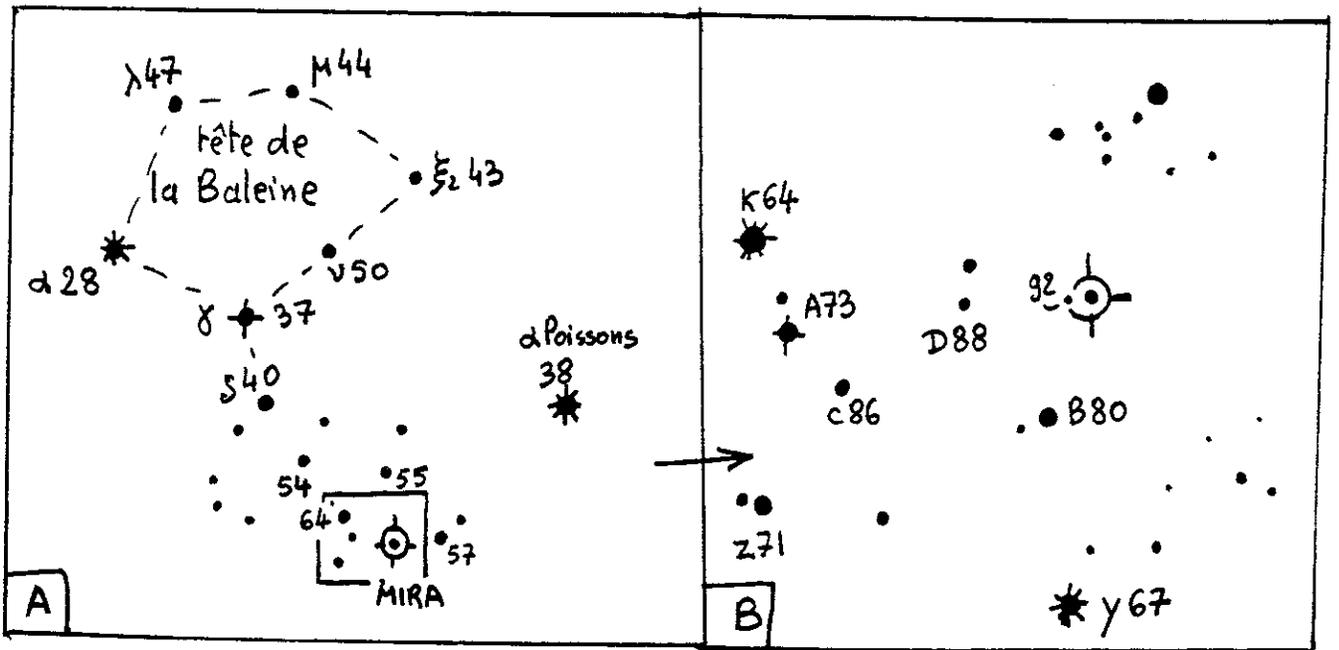
Je n'insisterai guère plus ici: le tout est d'essayer. Pour ce faire, je vous donne quelques cartes d'initiation et quelques exemples de courbes.

Pour les passionnés, je leur conseillerai de s'adresser à l'"Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables" (AFOEV), âgée de plus de 60 ans et fondée par l'un des grands spécialistes mondiaux que fut Antoine Brun. Elle procure les cartes et publie les résultats dans ses bulletins. Vous pouvez aussi lire, je n'oserai pas dire le meilleur livre français qui traite du sujet (puisque je l'ai écrit moi-même), mais c'est à peu près le seul: "Observer les étoiles variables" Edition A.F.A.

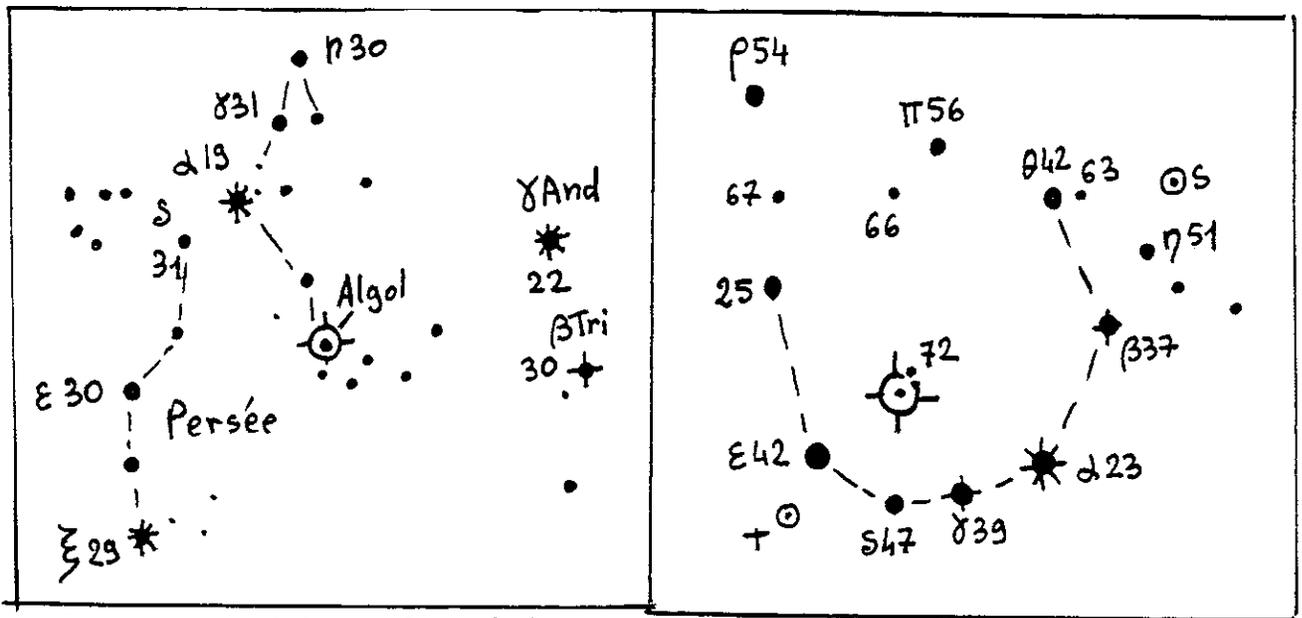
Pourquoi observer les variables ?

Parce que c'est utile : cela demeure l'un des rares sujets de l'Astronomie où l'amateur aide le professionnel; nous sommes très souvent sollicités par les professionnels afin de suivre certains astres visuellement, pendant qu'ils les suivent par radio, par spectrographe ou par satellite à rayons X... Et puis c'est si facile, même aux plus jeunes, et puis c'est de l'Astronomie qui bouge, où il y a même du suspense !

M. Verdenet

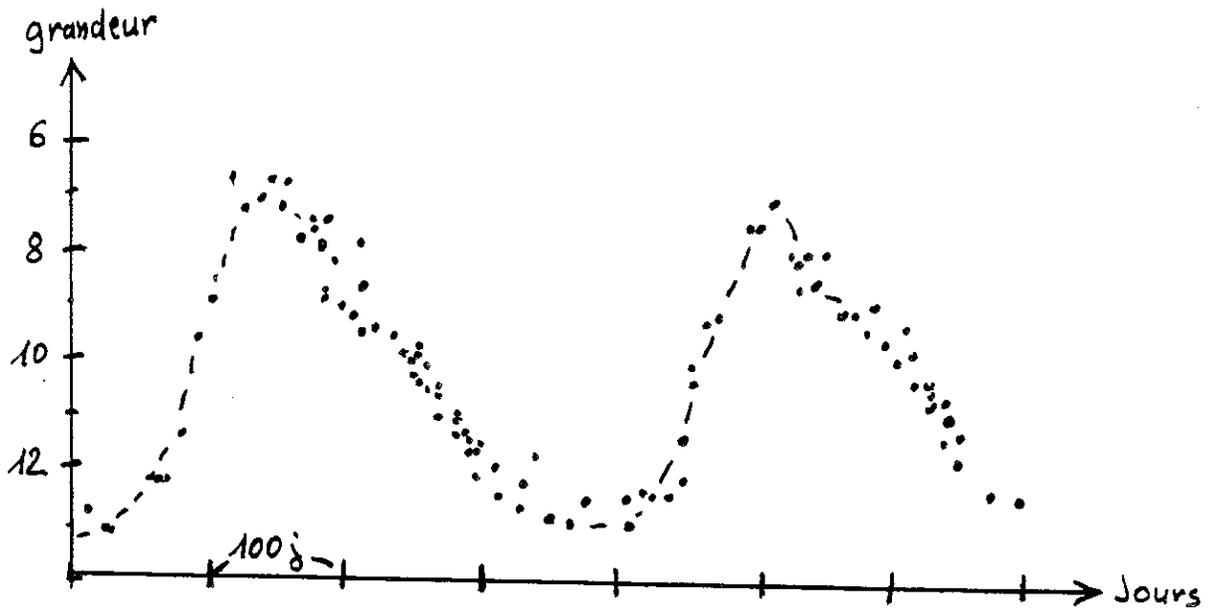


cartes pour MIRA Ceti : variable de 2.0 à 10.1 en 331 j

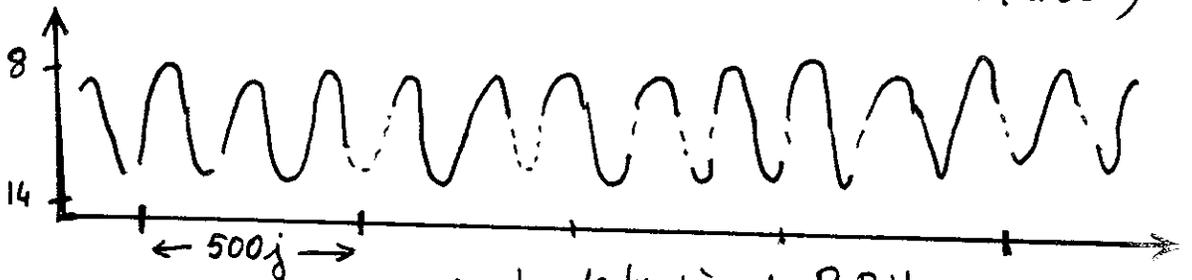


ALGOL : de 2.2 à 3.5 en 2,867. j

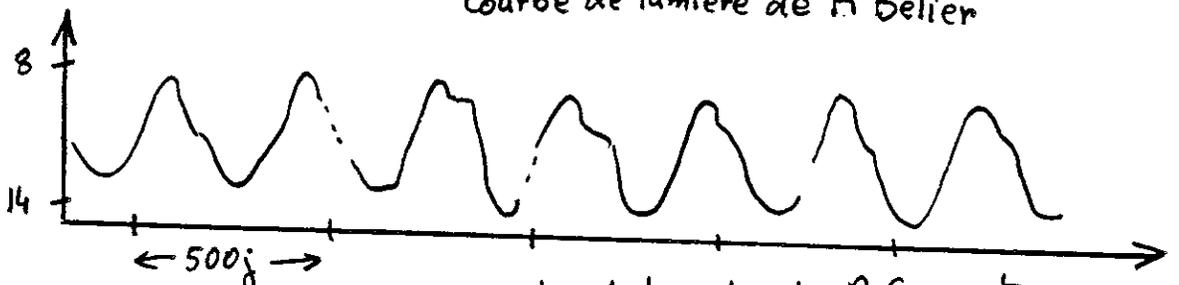
R Couronne : de 5.8 à 15



Courbe brute de la "Mira": S Couronne en 1972.73 (AFOEV)



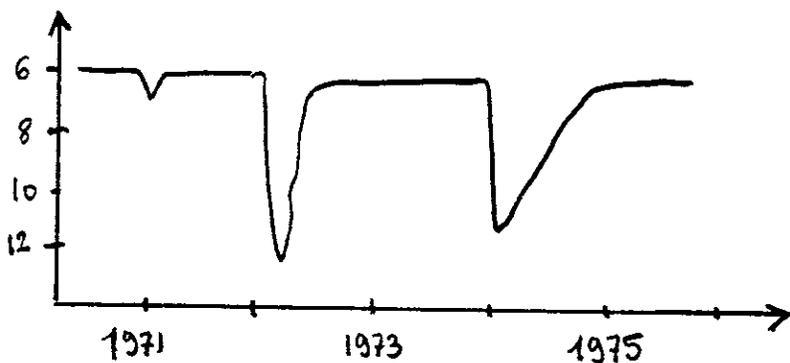
courbe de lumière de R Bélien



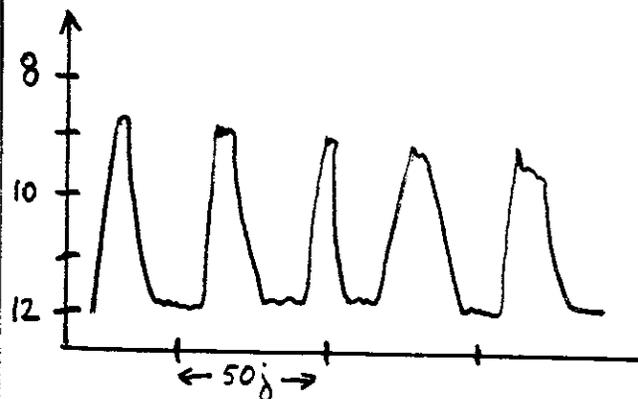
courbe de lumière de R Serpent

ci-dessus :

LES MIRA

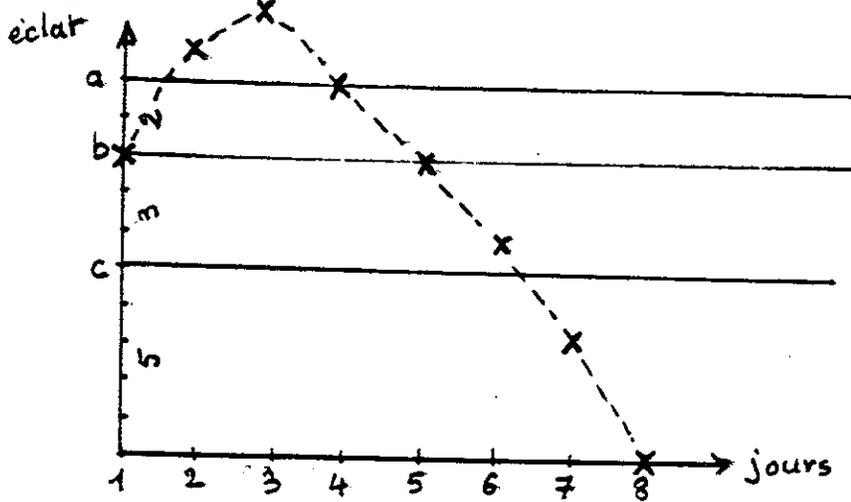
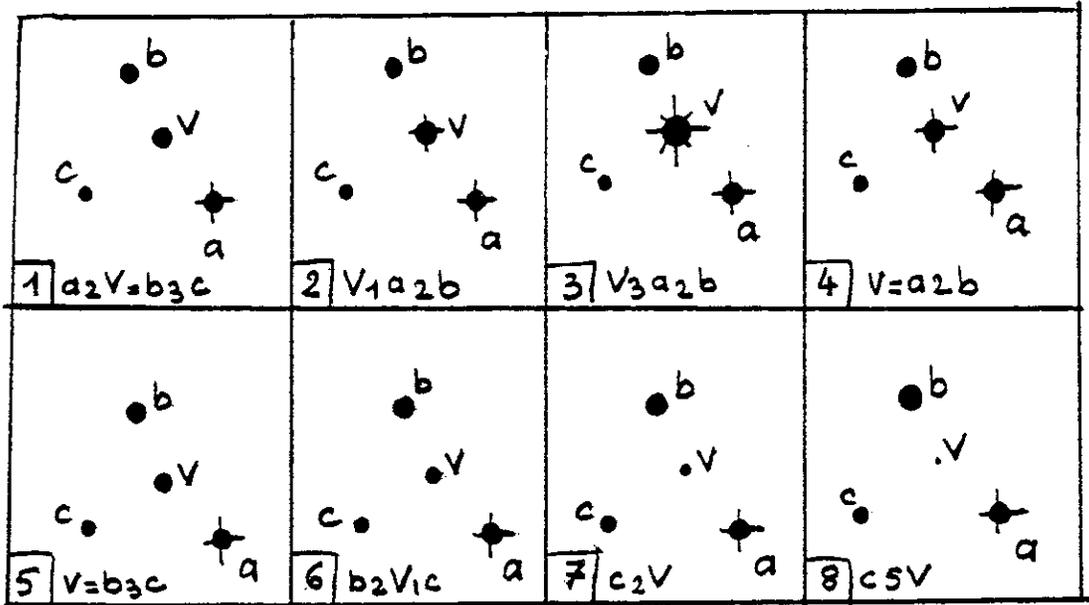


R Couronne et ses chutes



L'éruptive SS Cygne

Exemple d'étude d'une étoile variable : V



Association Française des Observateurs d'Etoiles Variables (AFOEV)
s'adresser au Secrétaire Général: M. Verdenet Champ-Aubé 71140
BOURBON LANCY

Publications spécialisées:

- Bulletins et circulaires de l'AFOEV
- "Observer les étoiles variables", publication de l'Association Française d'Astronomie, 115 rue de Charenton 75012 PARIS (environ 35f)
- Rubrique: Etoiles Variables, dans "Astronomie" chez Larousse (nouveau)

Petite histoire de la parallaxe du Soleil

Nous reprenons l'histoire où nous l'avons laissée avec la mesure par Cassini et Richer de la parallaxe de Mars (Cf CC n°14, p.13). Elle les conduisait à donner 9,5 pour la parallaxe du Soleil. Pourquoi ce résultat était-il encore loin du 8,790 que nous adoptons aujourd'hui ?

Sans doute les raisons instrumentales étaient-elles principalement responsables. En 1672, la lunette méridienne qui permet les mesures d'angle les plus précises n'est pas encore inventée. Römer n'installera à Copenhague sa machina domestica, véritable prototype de la lunette méridienne, qu'en 1690. Retenons qu'à l'époque et encore longtemps au XVIII ème siècle, la précision sur les mesures de temps est supérieure à la précision des mesures d'angle.

La méthode de Halley

=====
Durant son séjour à Ste Hélène, Halley avait observé un passage de Mercure sur le disque du Soleil. Ce qui lui donna l'idée d'une méthode originale pour mesurer la parallaxe de Mercure : sur le disque du Soleil servant de référence, la trajectoire apparente de Mercure a une position et une longueur différentes selon qu'elle est observée de Greenwich ou de Ste Hélène. Halley essaya cette méthode en notant les instants où Mercure paraissait entrer ou sortir du disque solaire. Le résultat qu'il en déduisit (45") était absolument sans intérêt, il s'en rendit compte mais il présuma que la méthode bénéficierait de conditions d'application beaucoup plus favorables avec un passage de Vénus devant le Soleil. Mais...

A quelles conditions un passage de Vénus se réalise-t-il ?

=====
Première condition : Vénus doit être en conjonction inférieure. Si vous vous rappelez que la période sidérale de Vénus est 224,7 jours, vous en déduirez que d'une conjonction inférieure à la suivante s'écoulent 583,9 jours ou période synodique de Vénus. Le calcul est peut-être plus facile en convertissant les périodes sidérales de la Terre

et de Vénus en "moyens mouvements", c'est à dire mesures en secondes d'arc du parcours en un jour de la Terre et de Vénus sur leurs orbites respectives : 3548",2 pour la Terre, 5767",7 pour Vénus.

Deuxième condition : que la conjonction inférieure de Vénus ait lieu peu avant, ou peu après ou même exactement au moment du passage de Vénus à l'un des noeuds de son orbite. Ces deux noeuds sont l'intersection de l'écliptique (dont le plan est celui de l'orbite de la Terre) par le plan de l'orbite de Vénus. Les plans des deux orbites de la Terre et de Vénus font entre eux un angle de 3°,4 ; angle suffisant pour que, lors d'une conjonction inférieure quelconque Vénus passe au méridien largement au-dessus ou au-dessous du Soleil. Par contre, si Vénus est en conjonction alors que la planète est au voisinage d'un noeud, il y aura passage de Vénus sur le disque solaire.

Le calcul exact de la périodicité des passages de Vénus devant le Soleil demanderait de tenir compte d'un faible mouvement rétrograde des noeuds sur l'écliptique. Négligeons-le. On peut retenir : Vénus passe au noeud ascendant (latitude céleste de la planète nulle et croissante) le 8 décembre, au noeud descendant le 6 juin. Il suffit alors de calculer des multiples de la période synodique de Vénus assez voisins de multiples de l'année sidérale :

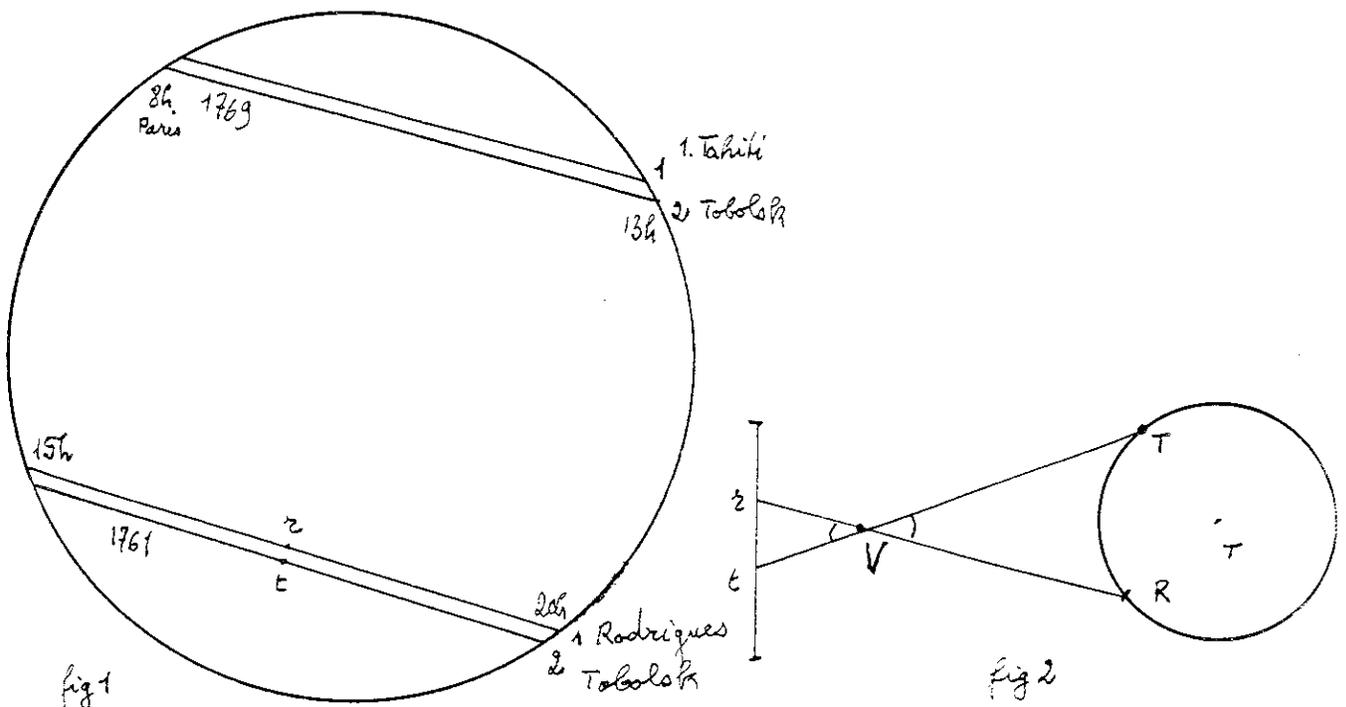
$$583,9 \times 5 = 365,2564 \times 8 - 2,55$$

$$583,9 \times 152 = 365,2564 \times 243 - 4,25$$

Retenons ces périodes de 8 années et de 243 années. Les passages au noeud ascendant se reproduisent à huit ans d'intervalle (par exemple le 18741209 et 18821206) puis 243 ans plus tard (21171211 et 21251208). De même au noeud descendant (17610606 et 17690603, les deux passages du XVIIIème siècle dont nous allons parler) puis 243 ans plus tard (20040608 et 20120606). Le calcul plus précis fait intervenir l'excentricité des orbites et la variation de date des passages de la Terre et de Vénus à leurs périhélies respectifs.

Les passages du XVIIIème siècle

===== Le 6 juin 1761, l'observation du phénomène fut réalisée depuis Tobolsk, en Sibérie et depuis l'île de Rodrigues, dans l'Océan Indien (nous retenons deux des observations faites entre beaucoup d'autres). Ici et là, l'observateur devait soigneusement noter l'heure d'entrée de Vénus sur le disque solaire puis l'heure de sortie. En ramenant les heures locales à une heure standard (par exemple celle de Paris), on en déduisait les longueurs différentes des cordes décrites par l'image de Vénus sur le disque solaire (cf fig 1 copiée sur le livre de Pannekoek) et par conséquent l'angle sous lequel, à partir de Vénus on voit l'écart entre les milieux r et t des deux cordes, c'est à dire l'arc de méridien terrestre entre Tobolsk et Rodrigues (fig2)



Il reste alors un calcul dans la technique duquel nous n'entrons pas pour en déduire l'angle sous lequel, de Vénus on voit le rayon de la Terre , c'est à dire la parallaxe de Vénus.

En 1761 les observations furent donc réalisées par Pingré à Rodrigues et par Chappe d'Auteroche à Tobolsk . En 1769, il y eut encore plus d'observateurs et parmi eux

le Capitaine Cook à Tahiti, des astronomes russes à Tobolsk et même Hell qui put observer le passage sur le Soleil de minuit à Vardö, tout au nord de la Norvège.

Les aventures de Le Gentil Le Gentil de la Galaisière s'embarqua pour les Indes en 1760 dans le but d'aller observer le passage de Vénus à Pondichéry. Retardé dans son voyage par des faits de guerre (qui opposait la France et l'Angleterre), il s'établit à Pondichéry pour attendre le passage de 1769 puisqu'il a raté celui de 61. Il en profite pour étudier l'astronomie hindoue. Mais en 1769, le mauvais temps l'empêche d'observer. Tombé malade, il ne revient en France qu'en 1771 où on l'avait considéré comme disparu.

De son voyage, Le Gentil rapportait des plantes de l'Inde inconnues en Europe et qu'il confia au Jardin du Roi. Il dédia l'une d'elle à Mme Hortense Lepaute qui avait aidé Clairaut à calculer la date du retour de la Comète de Halley (en tenant compte des perturbations de Jupiter et Saturne sur la comète). Cette plante, c'est l'hortensia.

Quant aux résultats de ces expéditions lointaines et de ces mesures, ils furent plutôt décevants. Repérer l'instant où le petit disque de Vénus était complètement "entré" sur le disque solaire s'avéra plus délicat que prévu. Des observateurs placés en un même lieu donnèrent des estimations différant de plusieurs dizaines de secondes. Des effets optiques rendent difficile l'appréciation de l'instant précis considéré.

On admit cependant que la parallaxe du Soleil déduite de toutes ces observations était comprise entre 8",55 et 8",88. Ce qui représentait un indéniable progrès sur la mesure de Cassini. Ces deux valeurs limites correspondent à une unité astronomique comprise entre 147 et 153 millions de kilomètres.

Pannekoek remarque, au sujet des expéditions astronomiques lointaines au XVIII^{ème} siècle, qu'il ne faut pas les juger selon les critères modernes. A l'époque, les voyages étaient à la fois plus difficiles matériellement et plus riches d'enseignement tant il y avait de choses à découvrir. Ainsi La Condamine, au Pérou, en 1738, s'il était venu la faire des mesures géodésiques en rapporta la première description de l'arbre chinchona dont on extraya plus tard la quinine. A noter également que le gouvernement français en

guerre contre l'Angleterre donna l'ordre d'assurer la liberté de mouvement du Capitaine Cook dont la mission était "au service de l'humanité".

Quant à notre parallaxe du Soleil, dans toutes ces aventures ? Il faudra attendre les grands progrès de l'astrométrie au XIXème siècle pour nous donner enfin cet étalon de longueur indispensable à l'arpentage de l'Univers. Ce sera le sujet de notre troisième et dernier épisode...

(à suivre)

K.Mizar

Annexe - Edmund Halley (1656-1742)

=====

Né dans une famille de riches marchands de savon, Edmund Halley eut le bonheur de rencontrer Flamsteed. Le premier astronome royal établissait alors un catalogue des étoiles du ciel boréal. Halley décida d'en faire autant pour le ciel austral et s'installa pour cela dans l'île de Ste Hélène ainsi appelée à jouer un rôle important dans l'histoire... des sciences. En étudiant la trajectoire de la comète de 1682, il montre que son orbite est elliptique. En lui appliquant les lois de Kepler, il prévoit son retour pour 1758. Cette comète porte désormais son nom.

En 1718, Halley compare les latitudes célestes d'Aldébaran, de Sirius et d'Arcturus avec celles que donnaient Ptolémée et Hipparque. Il trouve des différences de l'ordre du demi degré, très supérieures donc aux erreurs de mesure faites par les anciens. Halley formule une explication : les étoiles fixes ne sont pas aussi fixes qu'on le croyait, elles ont des mouvements propres. De ce point de vue, 1718 marque un changement dans la conception de l'Univers : l'immutabilité du ciel est mise en doute pour la première fois.

Halley succéda à Flamsteed comme astronome royal. Il enseigna aussi la géométrie à l'Université d'Oxford ce qui l'amena à apprendre l'arabe pour traduire en anglais les "Sections coniques" d'Apollonius de Perge.

Anniversaire oublié Il y a 350 ans, Vernier, châtelain de Dormans en Franche Comté, perfectionnait le nonius utilisé depuis le XVIème siècle. Sur un quart de cercle avec lequel il mesurait les déclinaisons des étoiles, Vernier, grâce à son curseur appréciait les minutes et secondes d'arc bien plus précisément qu'avec les cercles concentriques imaginés par Pierre Nunez de Coïmbre.

M.P. On trouvera dans le fascicule n°2 de la Formation Continue des Maîtres de l'Université Paris XI (voir p.30) l'exemple de la détermination de la distance du Soleil par l'observation d'un passage de Mercure devant le Soleil.

L'ORIGINE DU SYSTEME SOLAIRE

Si elle nous semble moins mystérieuse que l'origine de l'univers, l'origine du système solaire est un événement encore assez mal compris.

Il y a environ 5 milliards d'années, un grand nuage de matière interstellaire composé de gaz et de poussières s'est contracté à proximité d'un bras spiral de notre galaxie. A mesure que la contraction s'accélérait, le nuage s'est mis à tourner de plus en plus vite tout en s'aplatissant comme un disque. La zone centrale était si massive, si chaude et si dense que des réactions nucléaires donnèrent naissance à une étoile : le soleil.

Ces idées concernant la formation du système solaire ont déjà 300 ans. C'est René Descartes qui, le premier, proposa le concept de nébuleuse primitive : un disque de gaz et de poussières en rotation à partir duquel les planètes et les satellites se forment. Un siècle plus tard, Buffon propose un second mécanisme : un objet très massif (une autre étoile ?) est passé si proche du soleil que de la matière en a été arrachée et s'est lentement transformée en planètes. Durant les deux siècles suivants, les différentes théories se partagent entre les deux voies tracées par Buffon et Descartes. La théorie la plus intéressante est certainement celle proposée par Kant et Laplace qui améliorent l'idée originale de Descartes en expliquant comment les particules de matières de la nébuleuse tournent de plus en plus vite à mesure qu'elles se rapprochent du centre de la nébuleuse : Laplace suggère qu'une série d'anneaux se forment.

Aujourd'hui la théorie catastrophique de la formation du soleil à partir de la rencontre serrée de deux étoiles est abandonnée. Le calcul de la probabilité selon laquelle le système solaire s'est ainsi formé n'offre aucune difficulté : la possibilité d'une telle collision dépend de la taille du soleil et de la distance moyenne entre les étoiles. Nous prendrons comme taille du soleil $D = 10^6$ km et la distance moyenne entre les étoiles égale à 1 année-lumière 10^{13} km. Le soleil se déplace au milieu des étoiles à une vitesse de l'ordre de 30 km/s.

Pour se ramener à des dimensions terrestres, divisons toutes ces valeurs par 10^9

Diamètre du soleil	≈ 1 m
Distance entre les étoiles	$\approx 10^4$ km
Vitesse	≈ 1 km/an 3 m/jour.

La probabilité pour que deux étoiles se rencontrent est la même pour que deux voitures se déplaçant aléatoirement à la surface de la terre à la vitesse moyenne de 3 m/jour se télescopent !

C'est pourquoi il n'existe que d'infimes chances pour qu'une telle collision se produise. Pêchant par un autre point faible, la théorie des collisions s'avère incapable d'expliquer pourquoi les orbites planétaires sont pour la plupart circulaires. La raison majeure de la grande variété de théories originales de la formation du système solaire provient principalement du manque d'informations pour les appuyer. L'histoire de la terre n'est connue que sur une durée qui couvre moins de 10 % de son évolution. Le but des théories était d'expliquer :

- l'orientation des axes de rotation des planètes parallèle au plan de l'écliptique,
- l'espacement des planètes en accord avec la loi établie par Titus et Bode (fin du XVIIIe). La distance moyenne r d'une planète (exprimée en unités astronomiques : distance moyenne Terre - Soleil) est donnée par la loi empirique

$$r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$$

valant $-\infty$ pour Mercure, 0 pour Venus, 1 pour la Terre, ...

(Elle conduit à une erreur d'un facteur 2 pour Pluton : elle donne 40 au lieu de 77).

Ces quelques données n'imposaient que peu de contraintes et permettent ainsi la prolifération des théories. Dans les 20 dernières années la situation a changé catégoriquement : une quantité fantastique de nouvelles informations sont venues enrichir la connaissance du système solaire grâce à l'exploration spatiale.

I - L'AGE DU SYSTEME SOLAIRE

Aujourd'hui on connaît assez bien la chronologie de la formation du système solaire: condensation des poussières, du nuage protosolaire, agglomération et enfin formation de ses divers éléments dont la Terre. Les données actuelles recueillies par la cosmochimie sont suffisamment précises pour que l'on puisse retracer les grandes lignes de l'évolution du système solaire depuis sa formation il y a environ 4,5 milliards d'années.

Jusqu'au XIXe siècle, l'image du monde découlait de l'ancien testament et la genèse correspondait à un événement précis : au XVIe siècle, un moine anglais avait fixé l'âge de la Terre à 5738 ans.

Au XIXe, 2 écoles s'affrontent au sujet de l'ancienneté de la Terre

- . les physiciens estiment à 200 millions d'années le temps nécessaire à la Terre pour se refroidir (Kelvin)
- . les naturalistes avec Darwin ont besoin d'un âge beaucoup plus élevé pour que la théorie de l'évolution puisse être appliquée.

Le conflit sera résolu en 1896 avec la découverte de la radio-activité naturelle par Becquerel. Cette radioactivité présente dans toutes les roches dégage de grosses quantités de chaleur (^{238}U , ^{235}U , ^{40}K) et cette source d'énergie interne est le principal facteur de chauffage du centre de la Terre : elle pouvait donc être beaucoup plus vieille que ne le prédisait Lord Kelvin.

1. METHODE

Rutherford eut le premier l'intuition générale que cette radioactivité pouvait servir à déterminer les différents âges géologiques. Par unité de temps un noyau radioactif (PERE) a une certaine probabilité de se désintégrer pour donner un autre noyau (FILS). Les désintégrations radioactives se font à des vitesses différentes et on appelle période le temps nécessaire pour que la moitié du PERE soit désintégrée.

La période τ est telle que

$$P(t) = P(t_0) \exp \{ - (t-t_0) \lambda \}$$

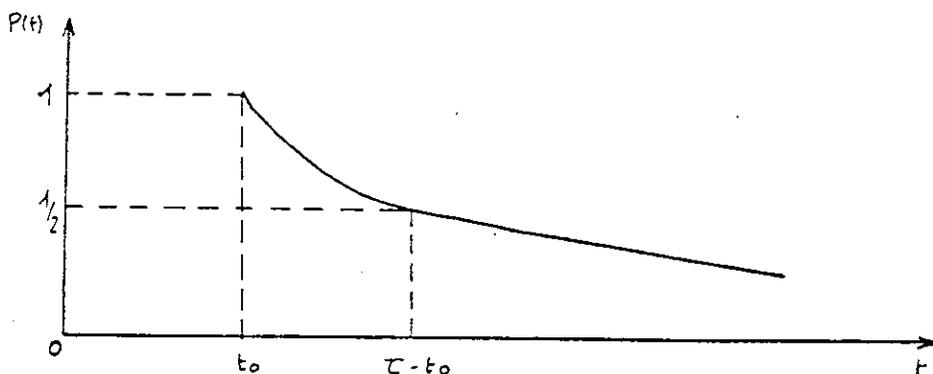
$$P(t) = P(t_0)/2$$

$$\tau = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,69}{\lambda}$$

Exemples (Tableau 1)

Pere	Fils	τ	
K^{40}	Ar^{40}	$12 \cdot 10^9$	
Rb^{87}	Sr^{87}	$50 \cdot 10^9$	
U^{235}	Pb^{207}	$0,7 \cdot 10^9$	C^{14} 5700 ans
U^{238}	Pb^{206}	$4,5 \cdot 10^9$	

PERIODE DE DESINTEGRATION



Les concentrations en Père et Fils sont reliées par l'équation :

$$F = F_0 + P_0 (1 - e^{-\lambda t}) = F_0 + P (e^{\lambda t} - 1)$$

où F_0 et P_0 sont les concentrations initiales ($t_0 = 0$)
et F et P sont les concentrations à l'instant t .

La datation radiochronologique consiste à mesurer les quantités F et P contenues dans le matériau. Pour mesurer l'âge avec précision on choisit un nuclide dont la période est de l'ordre de grandeur de l'âge présumé.

Cette mesure peut être cependant délicate : elle repose sur la mesure de la variation relative de la quantité du nuclide fils laquelle dépend de F_0 . Si le nuclide père est peu abondant, peu de noyaux fils apparaîtront et la datation sera imprécise.

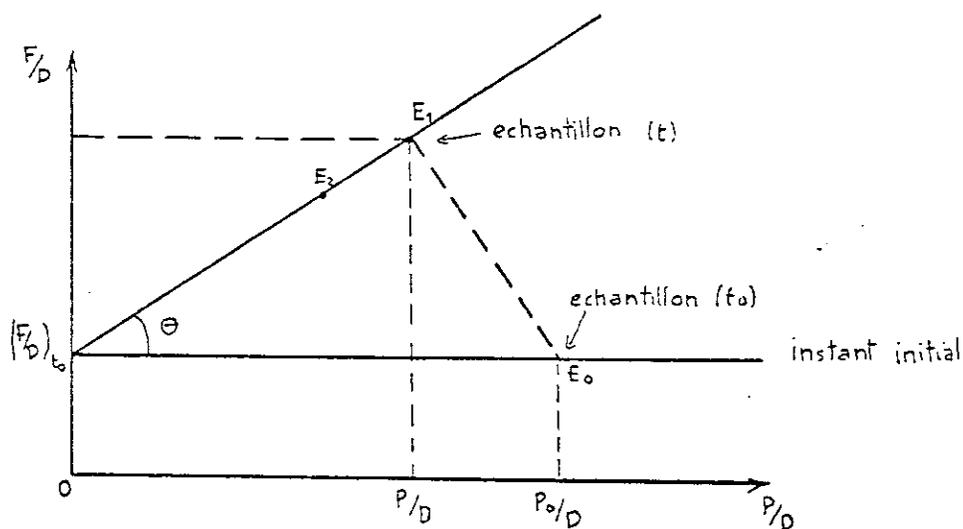
Quand on date une roche, l'âge mesuré est celui de la dernière modification due à des phénomènes physico-chimiques : ce dernier fractionnement est aussi appelé la «fermeture» du système. La nature de l'événement correspondant est très variée : fusion de la roche, cristallisation, métamorphisme.

Les couples de nuclides utilisables sont en nombre assez limité. Tous ces nuclides sont peu abondants dans la nature à l'exception du potassium. Les spectromètres de masse perfectionnés à l'occasion des analyses des échantillons lunaires atteignent des sensibilités de l'ordre de $10^{-12}g$!

2. UTILISATION DES ISOTOPES

La difficulté principale est la connaissance de la concentration initiale F_0 et en général, toutes les roches d'un système considéré n'ont pas les mêmes concentrations initiales. La datation est encore possible en ne considérant plus les concentrations absolues mais les concentrations relatives à celle d'un isotope stable.

Prenons comme exemple le cas de $Rb^{87} \rightarrow Sr^{87}$. Le strontium possède un isotope stable Sr^{86} et à l'instant t_0 , tous les échantillons ont le même rapport Sr^{87} / Sr^{86} : on fait l'hypothèse que les deux isotopes d'un même élément sont quasi identiques et que du point de vue chimique il n'existe pas de ségrégation.



Si D est la concentration de l'isotope stable, dans un diagramme (F/D, P/D) les différents échantillons se situent sur une droite à l'instant initial. Au cours du temps, le point représentatif de l'échantillon E passe de E_0 en E_1 : il se déplace vers la gauche et vers le haut P diminue et F augmente :

$$\frac{F}{D} = \left(\frac{F}{D}\right)_0 + \frac{P}{D} (e^{\lambda t} - 1)$$

L'angle θ est tel que :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\frac{F}{D} - \left(\frac{F}{D}\right)_0}{\frac{P}{D}} = e^{\lambda t} - 1$$

indépendant de F_0 et P_0 . A un instant t, tous les échantillons de même âge se situent sur une droite (E_1, E_2) dont le point d'intersection avec l'axe $P = 0$ fixe la valeur de F_0 : ce point correspondrait à une partie du système ne contenant pas de nucléide père.

Grâce à la mesure des concentrations des isotopes, on a accès facilement aux concentrations initiales.

3. DATATION DU SYSTEME SOLAIRE

Pour déterminer la date de la création du système solaire, il est nécessaire d'établir une corrélation entre l'événement modifiant les concentrations chimiques et l'événement géologique. Le second problème consiste à choisir les échantillons représentatifs de cette formation. L'évolution des magmas planétaires (Terre, Lune) remet à 0 les horloges radiochronologiques en mélangeant les roches de différents âges et c'est pour cette raison que l'on préfère étudier les météorites meilleurs témoins de la naissance du système solaire.

Les chondrites carbonées

Il existe une catégorie spéciale de météorites utilisée pour la datation du système solaire : ce sont des chondrites ainsi nommées parce qu'elles contiennent des chondres, c'est-à-dire de petites sphères silicatées qui témoignent d'un phénomène de fusion. Elles ont une composition chimique assez uniforme, très proche de celle du soleil (hormis H et He) et on peut dire que se sont des témoins de la condensation de la nébuleuse primitive.

Parmi les météorites, certaines semblent s'être différenciées à l'intérieur de corps planétaires de la taille présumée d'astéroïdes. Les chondrites quant à elles apparaissent constituées de minéraux qui n'auraient subi que peu de transformations.

Dans les chondrites carbonées, les chondres sont dispersées dans un substrat noir enrichi en carbone qui peut contenir quelques inclusions blanches. Ces oxydes de silicates riches en Ca et Al seraient apparus à une température de l'ordre de 1600 K ce qui indique que ces minéraux sont des témoins de la condensation initiale.

Age des chondrites

Les différents chronomètres (Rb, U, Th) s'accordent pour donner un âge de l'ordre de 4,6 milliards d'années pour les chondrites carbonées. Le résultat le plus remarquable est la faible dispersion des âges des différentes météorites carbonées : elles définissent un intervalle de condensation de l'ordre de 15 millions d'années.

Age de la Terre et de la Lune

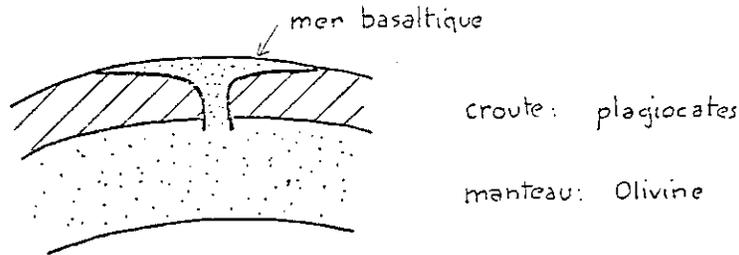
Les seuls échantillons accessibles de la croûte terrestre ont été soumis à un fractionnement chimique au cours des temps géologiques. Les plus vieux massifs ont un âge d'environ 3,6 milliards d'années. En comparant l'évolution de la composition isotopique du plomb dans la croûte terrestre et en combinant les résultats avec les mesures de composition initiale du plomb faites sur les météorites, l'âge de différenciation de la Terre est d'environ 4 milliards d'années.

Depuis quelques années, un autre objet est accessible à la mesure : c'est la Lune. La surface de la Lune se compose de :

1) Montagne anorthosique constituée de 90 % d'un feldspath de la famille des plagioclases calciques. L'âge de ces montagnes est difficile à mesurer car les impacts météoritiques ont profondément bouleversé la surface.

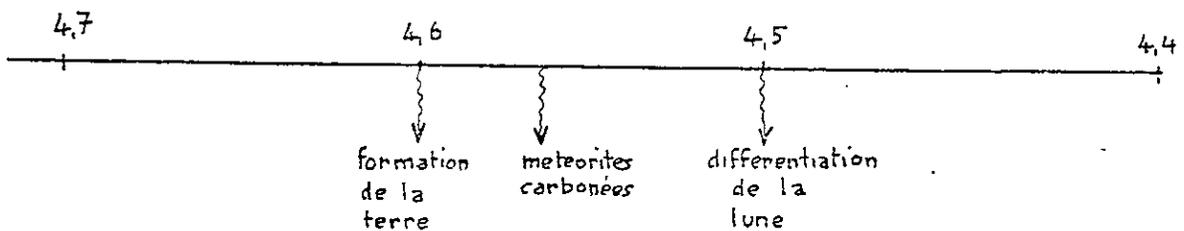
2) Les mers basaltiques

L'étude des échantillons provenant des mers est plus simple : on obtient un âge de l'ordre de 3,2 à 4 milliards d'années.



Très peu de temps après la formation de la Lune, le manteau s'est différencié en deux parties distinctes : la croûte formée des matériaux les plus légers (plagioclases) et le manteau inférieur constitué d'olivine. Entre 3,5 et 4 milliards d'années, d'importants bombardements météoritiques ont fracturé la croûte à travers laquelle le magma est sorti et a rempli les cratères météoritiques donnant naissance aux mers lunaires.

D'après toutes ces déterminations, l'âge de la condensation du nuage protostellaire et l'âge de différenciation de la Terre et de la Lune semblent très proches : l'agglomération des planètes s'est produite très peu de temps après la condensation du nuage protostellaire.



J.P. PARISOT

Astronome à l'Observatoire de
Besançon

NDLR: Nous publierons dans les prochains numéros des Cahiers la suite de l'article, consacrée à la formation du système solaire et à l'évolution des atmosphères planétaires.

Courrier des lecteurs

Sur les pas de Galilée

===== Une équipe d'enseignants et d'élèves du CES Valeri de Nice a réalisé un "pacte" sur le beau sujet Galilée. Notre collègue Jeanine Chappelet qui est aussi animatrice CEMEA a fondé depuis plusieurs années dans son CES un club d'astronomie, "Les Pléïades", géré par ses membres et qui se devait de participer aux recherches sur le grand savant florentin.

Ainsi ont été réalisés une exposition sur Galilée à l'occasion du centenaire de l'Observatoire de Nice puis un voyage à Florence de caractère surtout scientifique en collaboration avec une école de Florence.

Une douzaine d'enseignants se sont joints à notre collègue dans cette entreprise pluridisciplinaire ; le CES Valeri comprenait un professeur d'italien et des élèves apprenant cette langue. Au cours du voyage, les élèves du club des Pléïades ont pu faire une observation de Jupiter avec leurs propres instruments depuis la maison de Galilée à Arcetri. On peut imaginer quel aurait été le réconfort pour le vieillard condamné à la réclusion s'il avait pu entendre les exclamations des jeunes astronomes amateurs !

Le CES Valeri a édité un beau cahier de 96 pages représentant le travail des élèves sur l'oeuvre scientifique de Galilée. Tiré à très peu d'exemplaires, il est malheureusement épuisé. Sur la demande des stagiaires de Grasse 81 qui ont eu le plaisir d'entendre le récit de Jeanine Chappelet, Lucienne Gouguenheim se propose d'en faire une réédition (25 F l'exemplaire) qui sera disponible en janvier (sauf encombrement de l'imprimerie de l'Observatoire de Meudon). Les collègues intéressés, adressez-vous à L.G., Observatoire de Meudon, 92190 MEUDON.

L'enseignement élémentaire et l'astronomie

===== Melle Marguerite Gentet, institutrice à Angoulême nous écrit : "Ne serait-il pas possible que astronomes et enseignants s'associent et

adressent une lettre à M. le Ministre de l'Education Nationale afin que l'enseignement de l'astronomie soit reconnu obligatoire au même titre que celui de l'éducation physique par exemple ou que tout autre enseignement ? Je signerais bien volontiers une telle lettre.

D'autre part, il serait bon, je crois que les Cahiers Clairaut réservent quelques pages à l'enseignement de l'astronomie aux jeunes élèves. Les instituteurs sont certes pleins de bonne volonté mais ils aimeraient être guidés dans cette matière afin de rendre leurs efforts plus efficaces."

Notre Collègue nous propose deux actions distinctes. Tout à fait d'accord sur la seconde. Il nous reste à recueillir de bons exemples de ce que certains collègues réalisent déjà dans leurs classes. Les CC s'efforceront de publier de tels témoignages qui prouveront que ce mouvement en faveur d'une initiation scientifique précoce n'est pas utopique.

Quant à la lettre au Ministre, je pense qu'il faut y réfléchir. L'idée est séduisante. Cependant, insérer l'astronomie dans les programmes, qu'est-ce que cela signifiera si une information sérieuse et généralisée des enseignants n'a pas précédé la mise en application de ce programme ? Raison de plus par conséquent pour que les CC fassent une place à des essais d'enseignement très élémentaire. Pour le Ministre, ne faudrait-il pas, pour commencer lui demander de favoriser, de développer cette information scientifique des enseignants ?

Grâce aux écoles d'été

===== Un ancien des écoles d'été, André Hernette, qui regrette de n'avoir pu participer à Grasse 81, a animé une initiation à l'astronomie au Centre Culturel de la Sainte Baume. Son public, très varié, a suivi des exposés théoriques le matin, a construit des cadrans solaires l'après midi, ou visionné des films, puis il a fait de bonnes observations nocturnes grâce au beau ciel de Provence.

"L'ignorance de beaucoup de gens en face de l'Univers est étonnante, remarque notre Collègue. Mais dès que l'on soulève le voile, ils sont intéressés et veulent en savoir davantage!" Bravo à l'action de notre ami.

Les étoiles variables

=====
Notre Collègue Verdenet, de Bourbon Lancy, qui est un animateur de l'Association Française d'Astronomie, s'intéresse plus particulièrement aux étoiles variables. Il a d'ailleurs écrit un article sur ce sujet pour ce numéro (p.3). L'observation des étoiles variables est en effet un thème ouvert aux amateurs. Verdenet souhaite faire des adeptes, il a raison.

Echos et gazettes

=====
Dans l'Echo d'Orion (n°63) édité par la Société Lorraine d'Astronomie, un article sur la loxodromie, une belle photo de la Voie Lactée avec Deneb et la nébuleuse America. Enfin la suite d'un grand répertoire des cadrans solaires.

La Gazette d'Uranie est éditée trimestriellement par le Groupe de Recherche et d'Animation Astronomique du Limousin (à ceux qui cherchent toujours le GRAAL, nous pouvons leur donner l'adresse). Dans le numéro d'avril-juin 81, un plaidoyer pour l'astronomie et le début d'une étude sur la mesure des magnitudes par notre Collègue C.Dumoulin.

Les CC sont heureux de saluer l'activité de confrères.

Les potins de la Voie Lactée

=====
Nous groupons sur cette rubrique des informations diverses cueillies au hasard des échos dans ce petit coin de Voie Lactée où nous sommes...

Dans Le Monde du 8/10/28, André Brahic, dans un article intitulé "Le système solaire nous attend", plaide pour que l'exploration si bien commencée, en particulier par les sondes Voyager, ne soit pas compromise par des décisions intempestives du Président Reagan. L'Agence Spatiale Européenne ne peut-elle prendre le relai ?

Dans les Nouvelles Littéraires du 29 novembre 1981, pl3, à propos d'un crime qui se serait produit le dernier jour du mois de février 1978 : "L'année 1978, pas de chance, est une année bissextile..." Monsieur Jourdain, lui, avait appris l'almanach !

New Scientist du 17 septembre 81 nous rappelle que Pioneer 10, lancé par la NASA en mars 1972 est toujours en fonctionnement après avoir visité Jupiter en décembre 75 et Saturne en 76. Il est maintenant à plus de 25 unités astronomiques du Soleil. A cette distance, il perçoit encore des fluctuations du vent solaire.

PETTITES ANNONCES

S. A. P. T. La Société d'Astronomie Populaire de Toulouse, bien connue des amateurs d'astronomie, adresse à ses adhérents une revue bimestrielle, "Pulsar". Comme en 1981, mais avec de très nombreuses additions, nous venons de faire paraître un numéro spécial, Ephémérides 1982, qui vous aidera à préparer vos observations. Les 56 pages de ce numéro, de format 21 / 29,7, contiennent en effet des informations concernant :

- les coordonnées du Soleil et de la Lune,
- les coordonnées des planètes du Système Solaire ainsi qu'un diagramme représentant la visibilité des planètes en 1982,
- les positions des satellites de Jupiter,
- la liste des occultations des étoiles et des planètes pour Paris et Toulouse,
- un calendrier des phénomènes divers,
- le catalogue des objets Messier.

Ce numéro spécial est envoyé gratuitement aux membres de la S. A. P. T. à jour de cotisation 1982, mais vous pouvez le commander sur simple demande à adresser à la Société d'Astronomie Populaire de Toulouse, 9, rue Ozenne à 31000 - Toulouse, accompagnée d'un règlement de 45 F (C.C.P. 157-34 U, Centre de Toulouse, à l'ordre de la S. A. P. T.)

+ + + + +

UNE EXPERIENCE FAITE PAR UN AMI DE GALILEE ET RETAITE AU CLUB DES PLEIADES

N.D.L.R. Ce texte est extrait du Cahier "Sur les pas de Galilée" dont il est question par ailleurs dans le Courrier des Lecteurs.

Un sénateur ami de Galilée, lui a écrit une lettre au sujet d'une expérience qu'il avait pu réaliser. Il s'agissait d'une expérience portant sur la chute des corps. Aristote avait dit que si on laissait tomber un corps du haut d'un mat d'un navire avançant très vite, ce corps retombait loin derrière le navire.

Ce sénateur avait fait l'expérience sur un bateau. Le résultat montra qu'Aristote avait tort: la pierre est tombée au pied du mat.

Nous, au club des Pléiades, nous avons refait l'expérience, mais avec un montage différent. Nous partons en courant: un tient une chaise, l'autre court à côté de lui avec une pierre dans la main. Il place sa main au-dessus de la chaise, il la lâche. Selon Aristote, la pierre doit tomber loin derrière nous. Hé bien NON ! elle tombe sur la chaise juste à la verticale de l'endroit où elle a été lâchée.

CONCLUSION:

Au Club des Pléiades nous sommes en parfait accord avec l'ami sénateur de Galilée.

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

L'astrophysique à l'endroit

===== Sous le prétexte que l'auteur de "Méthodes de l'Astrophysique" est notre amie Lucienne Gouguenheim, principale animatrice de ces Cahiers Clairaut, faudrait-il que j'atténue tout le bien que je veux dire de son ouvrage ? J'accepte que l'on suspecte l'impartialité de mon jugement : que l'on se reporte au livre lui-même, je suis persuadé que vous serez vite rallié à mon avis.

Pour moi, ce livre est une présentation de l'astrophysique "à l'endroit" rédigée exactement comme il le faut pour les enseignants que nous sommes, non spécialistes en astronomie mais désireux de comprendre vraiment comment sont abordés aujourd'hui les grands problèmes de l'Univers.

A l'endroit ? Oui, par opposition avec beaucoup d'ouvrages qui présentent l'Univers objet par objet. Ce qui n'est pourtant pas forcément un mauvais plan ou une mauvaise façon de présenter certains acquis. Mais si, dans une monographie comme celle si réussie par Michèle Gerbaldi sur la Nébuleuse du Crabe (Cf BUP n°632n mars 1981) cela permet une révision des divers problèmes et des méthodes variées utilisées pour cette exploration particulière, pour une présentation d'ensemble, cela donne de l'Univers une image du genre diorama pour exposition. Ce qui n'est peut-être pas mauvais pour des visiteurs pressés. Seulement, nous avons, nous autres enseignants, d'autres exigences. Les résultats nous intéressent moins que les manières de les obtenir, les découvertes nous passionnent moins pour ce qu'elles éclairent que pour la nouvelle manière dont elles font se poser les vieux problèmes. Or, c'est justement l'idée directrice de ce livre "Méthodes de l'astrophysique". Je souligne METHODES.

Que la rédaction soit bien celle que nous souhaitons, ce n'est pas un hasard : l'auteur sait son métier et connaît notre public. Que ce soit par son enseignement à l'Université Paris-Sud (Orsay) ou mieux encore par celui des stages d'enseignants comme ceux qu'elle anime à Orsay ou comme les

écoles d'été dont nous sommes nombreux à avoir bénéficié L.G. sait quel genre de questions nous aimons lui poser. Il y a bien des astronomes aussi lancés qu'elle dans la recherche mais qui n'ont pas cette connaissance directe des besoins de l'enseignement, même de celui que l'on dit élémentaire (ce qui signifie ici fondamental).

Le livre est édité dans la collection "Liaisons Scientifiques", dirigée par Hubert Gié et Roland Omnès dont l'objectif est de prolonger et de mettre en pratique les meilleures idées de la commission dite Lagarrigue pour la réforme de l'enseignement des sciences physiques. Il s'agit, en premier lieu, de fournir aux enseignants une information scientifique actualisée. Or L.G, en plus de ses charges d'enseignement, assure la direction d'un laboratoire du CNRS associé à l'Observatoire de Nançay. Son activité de recherche, en particulier en collaboration avec L.Bottinelli, porte sur les distances des galaxies. Son livre porte ainsi fort heureusement la marque de la science en train de se faire.

Pourtant, rien de trop technique dans la rédaction. Ce sont les idées qui sont mises en avant. La clarté des schémas, de leurs légendes très explicites et de tout le texte, tout cela rend la lecture facile. Grâce à l'index alphabétique, nous nous servons aussi du livre comme d'un ouvrage de référence quand sur telle question posée par nos élèves nous voudrions nous assurer de la meilleure réponse.

Reprenons le sommaire. Le premier chapitre traite des interactions fondamentales, interactions nucléaires, forces électromagnétiques, attraction universelle. Nous voilà tout de suite en mesure de comprendre lois de Kepler, effets de marée, problèmes de dynamique stellaire, structure spiralée des galaxies. Second chapitre, "ce que nous apprend la lumière" ; on admire en passant une très belle photo en noir du spectre du Soleil avec sa multitude de raies ; théorie du corps noir, théorie des spectres, effet Doppler-Fizeau. Nous voilà munis des grands moyens d'investigation. A nous maintenant les grands problèmes...

Sont ainsi successivement étudiés : distances, dimensions, masses, mouvements, températures. On peut croire que

L'Univers est ainsi désarticulé et qu'on ne va plus s'y reconnaître. Bien au contraire, on le découvre en le comprenant mieux, à la manière dont au labo photo on voit apparaître l'image dans le bain révélateur. Au début quelques éléments seulement et on les identifie mal ; distances des planètes, des étoiles, des galaxies, cela ne suffit pas à les bien connaître. D'autres aspects de l'image apparaissent, d'autres aspects de l'Univers se dévoilent, les masses, les mouvements et tous ces aspects se complètent, nous concevons mieux la constitution de l'image photo, ici la constitution et le fonctionnement de cet Univers. Tout cela, c'est ce que je me permettrais d'appeler de l'astrophysique à l'endroit, pas de la conférence pour dames du monde ou effets de voix ou d'images le samedi soir à la télé. N'oublions pas le dernier chapitre sur les âges des objets et les échelles de temps, chapitre qui fait synthèse en posant clairement les problèmes cosmologiques.

Aux qualités de la rédaction, il faut ajouter pour ce livre celles de la présentation, nettement meilleure que celle du livre de A. Guinier sur la structure de la matière. Les photos en noir sont toutes instructives et il y a aussi un cahier de seize pages de photos en couleurs avec les anneaux de Saturne comme Voyager 1 les a vus, la nébuleuse du Crabe comme on l'a photographiée à St Michel, et bien d'autres.

Bref, si vous croyez encore que mon jugement sur ce livre est entaché de partialité amicale, dépêchez-vous de juger sur pièce. Il peut y avoir un obstacle, le prix ; même un peu réduit pour les enseignants, il est encore et forcément assez élevé en raison de la qualité de la présentation. Mais on peut aussi se priver d'un plein d'essence... Ou bien demander l'achat du livre par la bibliothèque du lycée ou du collège. L'essentiel est que vous puissiez avoir le livre à portée de la main : le lire, le consulter souvent.

Méthodes de l'Astrophysique, comment connaître et comprendre l'Univers. Lucienne Gouguenheim. Préface de Jean-Claude Pecker, professeur au Collège de France. Collection "Liaisons scientifiques", 304 p, relié ; édition Hachette CNRS. Niveau II-III classe le prix 0

L'évolution cosmique

===== Le livre de Hubert Reeves, "Patience dans l'azur", est d'un autre ton, d'un autre genre. En un sens, lecture complémentaire des "Méthodes de l'astrophysique".

Autre ton d'abord. Ici, celui d'un roman et l'auteur a indéniablement un talent de conteur. "Je me suis méfié du style, écrit-il, j'ai résisté à la tentation de polir les phrases, de faire littéraire J'ai pris le parti de la naïveté." Ce qui était, en fait, choisir un style, celui qui convient à la bonne vulgarisation. Justement le cas de ce livre.

Le sujet est le plus passionnant qui soit, celui de l'évolution dans son ensemble. Depuis la formation de l'Univers tel que nous l'observons, comment se sont formés les atomes des divers éléments, puis les galaxies, puis les étoiles et les planètes ; comment la vie a pu apparaître sur certaines d'entre elles probablement et sur l'une d'elles (devinez laquelle) certainement. Comment ces êtres vivants ont évolué et parmi eux celui auquel vous pensez peut-être et dont certains spécimens s'intéressent à l'astronomie (parmi ceux-là, les lecteurs du livre de Reeves). Quel sera, enfin, l'avenir vraisemblable de cet Univers.

Sujet qui requiert beaucoup de science et par conséquent, dans le cadre de ce livre, bien des simplifications. Mais Reeves sait présenter les idées essentielles et grâce à sa "naïveté", nous les présenter de façon compréhensible. Seul danger de sa manière, nous donner parfois le sentiment que toutes ces recherches sont un jeu d'enfant. C'est le revers de toute vulgarisation, surtout la bonne. Heureusement, nous savons bien, même si ce livre se lit comme un roman, que la recherche cosmologique ... n'est pas un roman.

L'auteur renvoie en notes quelques références pour le lecteur qui voudra approfondir ou quelque incidente comme la savoureuse légende du vieillard de l'Himalaya : tous les cent ans, il vient effleurer avec un mouchoir de la plus fine soie une montagne plus haute et plus dure que l'Himalaya ; selon Bouddha, après une période d'un kalpa (10^{32} années), la montagne sera rasée au niveau de la mer. Non sans malice, Reeves fait un calcul qui lui donne le même résultat à cent

ans près, étant donnée l'incertitude où nous sommes encore sur la vie moyenne des quarks. Ce qui, apparemment, n'embarrassait pas Bouddha.

Les notes ne suffisant pas, Reeves a eu la bonne idée de rejeter en annexes des exposés moins "naïfs" que le corps de son texte ; cela lui permet de traiter des sujets importants de façon encore condensée, certes, mais fort instructive. La liste de ces annexes est suggestive : 1) la lumière ; 2) les neutrinos ; 3) inventaire des éléments de la complexité ; 4) l'évolution nucléaire illustrée ; 5) l'évolution stellaire illustrée ; 6) les trous noirs ; 7) le second horizon ; 8) l'ultime horizon. Le livre comporte une trentaine de schémas très clairs et un cahier de 32 pages de photos en noir bien légendées. Je regrette seulement que le livre ne comporte pas d'index alphabétique.

Bref, c'est un livre de physicien, - Reeves est spécialiste d'astrophysique nucléaire et directeur de recherches au CNRS au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay - d'un astrophysicien qui aime nous faire partager sa passion lucide pour la recherche. Et on peut aimer son goût du pittoresque pour nous raconter ses découvertes.

Patience dans l'Azur - L'évolution cosmique. Hubert Reeves. Collection "Science ouverte". 272 p + 32 p de photos; éd Seuil. Niveau II-III Classe de prix B

(* A la page 31, une malencontreuse coquille : c'est en 1675 et non en 1610 que Römer a mesuré la vitesse de la lumière.)

Nébuleuses et galaxies

===== Sous ce titre, Serge Brunier nous offre un "atlas du ciel profond", dans le but d'aider les astronomes amateurs à repérer facilement puis observer tous les objets "flous", amas d'étoiles, nébuleuses et galaxies qui sont accessibles avec des instruments modestes. Les constellations visibles dans nos régions sont successivement passées en revue. L'auteur indique des moyens de repérage pour les objets les plus faibles.

Les photographies qui illustrent le livre ont toutes été réalisées par des amateurs expérimentés (la légende précise le matériel utilisé, le temps de pose). En particulier, on admire une belle photo de la nébuleuse d'Orion réalisée

à partir d'un balcon au second étage d'un immeuble du quinzième arrondissement de Paris. Chacun des cinq cents objets répertoriés est sommairement décrit.

Un livre qui rendra donc grand service aux amateurs.

Nébuleuses et galaxies, atlas du ciel profond.
Serge Brunier. Préface de Jean Heidmann.
192 p ; format 18/26, 97 illustrations, broché ;
éd Dunod. Niveau II Classe de prix B

Les étoiles

===== On aurait tort d'oublier quel vaste public Camille Flammarion avait su toucher. Récemment, à la télévision, Monsieur Bergeret (celui d'Anatole France) nous disait quel intérêt il prenait à ses livres.

Camille Flammarion avait voulu compléter son "Astronomie populaire" par une revue du ciel observable. Ayant expliqué les grandes lois dans ce grand ouvrage, il entreprit de décrire le ciel, constellation par constellation dans "Les étoiles et les curiosités du ciel". L'édition de 1892 (que je me plais à consulter souvent dans ma bibliothèque) était épuisée depuis longtemps. Une réédition augmentée de commentaires par Jean-Claude Pecker, est en souscription (210 F au lieu de 280 F pour les membres de la Société Astronomique de France).

Dans les revues

===== + Espace et Information, n°20 (oct 81) : dossier sur les satellites héliosynchrones.

+ Pour la Science, n°47 (sept 81) : "L'atmosphère de Vénus" par G.Schubert et C.Covey. n°48 (oct 81) : "Des étoiles très jeunes dans la constellation d'Orion" par G.Wynn-Williams.

+ La Recherche, n°125 (sept 81) : "Le Soleil et l'environnement terrestre" par R.Gendrin ; "Des étoiles qui ne devraient pas exister" par J.Lequeux. n°127 (nov 81) : "Quand le Soleil vibre" par E.Fossat.

°°

Qui osera prétendre que l'amateur d'astronomie manque de livres ou d'articles pour apaiser sa fringale de lecture ?

G.W.

FASCICULES D'ASTRONOMIE

Le service de la Formation Continue des Maîtres en Astronomie de l'Université Paris XI publie des fascicules d'Astronomie destinés aux enseignants. Ils regroupent, autour de thèmes unificateurs reliés aux programmes de 4ème et de 1ère A et B, divers documents dont certains ont été publiés dans les Cahiers ou dans les Compte Rendus des écoles d'été; d'autres, concernant l'exploitation de documents d'observation astronomique, ont été rédigés par divers participants à des stages de Formation Permanente en Astronomie à Orsay.

Chaque Fascicule comporte une première partie théorique, qui développe les principales notions fondamentales recouvrant le thème; la seconde partie est consacrée à la réalisation d'appareils simples ou à l'exploitation de documents d'Astronomie. Trois fascicules sont actuellement disponibles:

Fascicule I: L'observation des astres et le repérage dans l'espace et dans le temps. 78 pages. Prix 20 francs

Fascicule II: Les mouvements des astres. 110 pages. Prix 25 francs

Fascicule III: La lumière messagère des astres. 126 pages. Prix 25 francs

On peut obtenir ces fascicules en s'adressant à L. Gouguenheim (Université Paris XI, Laboratoire d'Astronomie, Bât. 426 91405 Orsay Cedex). Donnez, si vous le pouvez, l'adresse de votre établissement, ce qui permet de bénéficier de la franchise postale.

§ § § § § § § § § § § § § § § §

MESURE DU RAYON DE LA TERRE

Mme Sanglerat, Collège Maison Blanche, 14 rue Maison Blanche, 92140 CLAMART, voudrait refaire l'expérience de la mesure du rayon terrestre avec des collègues situés sur le même méridien que Versailles.

+ / + / + / + / + / + / + / + / +

ECOLE D'ETE D'ASTRONOMIE

La prochaine école d'été d'Astronomie se déroulera dans la seconde quinzaine de Juillet 1982, dans le complexe de Sophia Antipolis près de Valbonne. Le prix du séjour en pension complète est de 35 francs par personne. Comme chaque année, l'école durera 8 jours et le nombre de participants est limité à 65. L'organisation sera voisine de celle des écoles d'été précédentes: elle comprendra un enseignement théorique et un enseignement pratique. Toute demande d'inscription est à adresser à Melle L. Gouguenheim Radioastronomie Observatoire de Meudon 92190 Meudon. Les demandes seront prises dans l'ordre d'arrivée. Prière de joindre une enveloppe timbrée. Merci.

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin de liaison du C.L.A.E.

Directeur de la Publication: L. Gouguenheim Université de Paris Sud Bât. 426 91405 ORSAY CEDEX

Comité de Rédaction: L. Bottinelli, J. Dupré, M. Gerbaldi, L. Gouguenheim, G. Malusinski.

Édité à l'Université de Paris-Sud, Laboratoire d'Astronomie Bâtiment 426 91405 ORSAY CEDEX

Prix du numéro: 7F abonnement annuel (4numéros) 20 francs

Dépot légal: 1er trimestre 1979 Numéro d'inscription à la C.P.D.A.P.: 61610