

SOCIETE

ASTRONOMIQUE

DE LYON



Notre couverture :

Vue du tube du télescope de 3,60 m. On aperçoit en haut l'anneau de tête portant le miroir secondaire.

En bas, au premier plan, l'emplacement de l'électronique de guidage et de pointage du télescope piloté par ordinateur.

Vous trouverez, page suivante, la suite de l'article :

« Les Eclipses »

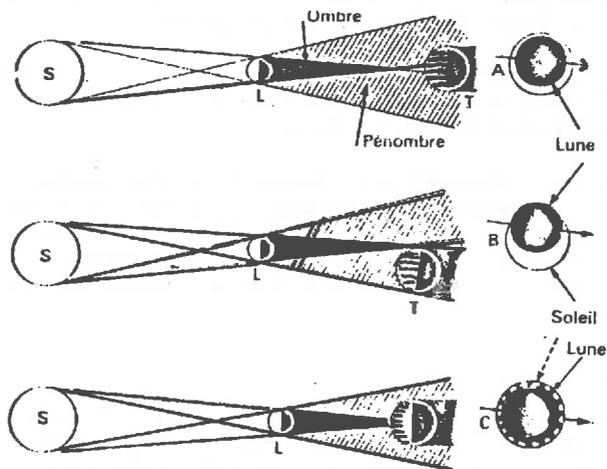
par Mme M.T. Martel, le 2 décembre 1978

dont le début vous a été présenté dans le numéro 16 de notre brochure.

Eclipses de Soleil observées du sol.

Les schémas géométriques possibles d'une éclipse de Soleil sont représentés sur la figure 2.

Figure 2



Sur le graphique du bas, une petite surface de la Terre coupe le cône d'ombre de la Lune, *l'éclipse est totale*. La totalité affecte successivement les régions terrestre d'Ouest en Est que touche la cône d'ombre au fur et à mesure du déplacement de la Lune. Le disque brillant du Soleil tout entier se trouve caché par la Lune, et autour de la *photosphère* éclipsee apparaissent la *chromosphère* et la *couronne* solaire représentées ici symboliquement par une petite enveloppe semi-obscurcie autour du disque central obscur.

Le graphique central indique l'aspect sous lequel apparaît le Soleil pour les régions terrestres que touche le cône de pénombre. Les observateurs placés à quelques centaines de kilomètres de part et d'autre de la bande de totalité n'assistent qu'à une *éclipse partielle* d'autant plus réduite qu'ils en sont plus éloignés.

Enfin, sur le graphique du haut, le cône d'ombre projeté par la Lune a son sommet situé en avant de la surface terrestre que touche son prolongement. *L'éclipse est annulaire*, le disque de la Lune se superpose sur le disque solaire sans le masquer complètement. L'obscurité n'est pas profonde sur la Terre dans la bande d'éclipse centrale.

Pour qu'il y ait éclipse totale de Soleil en un lieu de la Terre, il faut que ce lieu soit à l'intérieur du cône d'ombre de la Lune et que ce cône atteigne la Terre, c'est-à-dire que sa longueur surpasse la distance de la Terre à la Lune.

Or la distance Soleil-Terre varie de 23 050 R au périhélie à 23 840 R à l'aphélie. La distance Terre - Lune varie de 56 R au périgée à 64 R à l'apogée.

Le cône d'ombre de la Lune atteindra sa plus courte distance de 57,4 R avec le Soleil au périhélie et la Lune à l'apogée et sa plus longue distance de 59,4 R avec le Soleil à l'aphélie et la Lune au périgée. Il s'ensuit que la distance terre - Lune au moment d'une éclipse de Soleil définit l'aspect du phénomène :

- de 56 R à 57,4 R l'éclipse sera totale
- de 59,4 R à 64 R l'éclipse sera annulaire
- de 57,4 R à 59,4 R l'éclipse peut être totale, annulaire ou mixte.

Le calcul très précis des distance Terre - Soleil permet seul de déterminer, dans ces cas-là, le déroulement du phénomène.

La largeur maximale de la bande de totalité coïncide avec un cône d'ombre long de 59,4 R et une distance Lune - sol terrestre de 55 R. Elle s'étend donc sur 257 Km. L'éclipse totale du 15 février 1961 a balayé le Sud de la France de Bordeaux à Grenoble, la largeur de la bande de totalité ne dépassait guère 150 Km. L'éclipse du 30 juin 1973 traversait toute l'Afrique de la Mauritanie au Kenya, sa bande de totalité s'étendait sur 234 Km.

La plus longue durée possible pour une éclipse totale est de 7 minutes et demie. A Montélimar, le 15 février 1961, l'éclipse a duré 2 minutes. A Atar (Mauritanie) et au Tchad, le 30 juin 1973, l'éclipse a duré 7 minutes 8 secondes.

Une éclipse est un phénomène essentiellement fugitif car le mouvement orbital de la Lune entraîne l'ombre à la surface de notre globe plus rapidement que la rotation de la Terre n'entraîne l'observateur. La vitesse de la Lune est de 1,017 Km par seconde tandis que la vitesse d'un point du globe est au plus de 0,464 Km par seconde à l'équateur. L'ombre fuit donc rapidement vers l'Est à la vitesse de près de 0,55 Km à la seconde, soit près de 2 000 Km à l'heure.

Eclipses de Soleil vues d'avions.

Les observations en plein ciel permettent d'échapper aux nuages qu'apporte l'atmosphère. De plus, un véhicule mobile peut accompagner la course de l'ombre lunaire et prolonger par son déplacement la durée de l'éclipse. Le vol du Concorde 001, pendant l'éclipse du 30 juin 1973 a permis d'observer pour la première fois une même éclipse pendant 74 minutes de totalité.

Citons en terminant quelques-unes des contributions scientifiques les plus importantes apportées par l'observation des éclipses totales de Soleil :

- découverte des raies de l'hélium dans la chromosphère,
- découverte des raies d'atomes fortement ionisés ayant perdu de 10 à 15 électrons, fer, nickel et calcium, dans la couronne,
- présence d'un spectre continu dans la basse couronne dû à un gaz d'électrons polarisant totalement la lumière qu'ils diffusent,
- forme variable de la couronne liée à l'activité solaire,
- émission de grands « jets coronaux » révélant l'existence d'un « vent solaire »,
- perturbations de l'ionosphère terrestre,
- vérification de la théorie de la relativité générale d'EINSTEIN par la mise en évidence de l'effet de courbure de l'espace-temps autour du Soleil.

L'INAUGURATION DU TÉLESCOPE FRANCO-CANADIEN DE 3,60 m A HAWAÏ

par H. ANDRILLAT, Université de Montpellier II

Le 28 septembre 1979, Monsieur le Secrétaire d'Etat à la Recherche inaugurerait le grand télescope franco-canadien de 3,60 m, à Hawaï.

Pourquoi construire à notre époque un tel télescope dont les dimensions le placent certes parmi les plus grands du monde mais sans toutefois lui donner les toutes premières places et pourquoi le situer en un lieu si éloigné de la France, presque à l'antipode ?

On sait qu'un télescope est désigné par le diamètre de son miroir et que, plus ce dernier est grand, plus grande sera la quantité de lumière reçue d'un astre. Ce fait présente un double intérêt : recevoir davantage de lumière des astres connus et, partant, obtenir plus d'informations sur eux, mais aussi observer des astres plus lointains et agrandir notre connaissance de l'univers observable. Une autre qualité d'un télescope est son pouvoir séparateur. Théoriquement un télescope dont le miroir a un diamètre de D cm peut distinguer deux détails séparés par la distance angulaire dont la valeur ρ en secondes d'arc est donnée par

$$\rho = \frac{12}{D} \text{ pour le domaine spectral du visible.}$$

On est donc naturellement tenté, pour toutes ces raisons, d'envisager la construction de télescopes de plus en plus grands. On est toutefois limité dans une telle entreprise par diverses contraintes : le coût de la construction, évidemment, qui varie approximativement comme le cube du diamètre du miroir, mais aussi par des contraintes physiques, dont les principales sont relatives à l'atmosphère terrestre : une météorologie mauvaise nuit évidemment à de bonnes observations : un télescope qui coûte très cher doit pouvoir fonctionner un très grand nombre de nuits par an. L'agitation atmosphérique perturbe les images et réduit le pouvoir séparateur que l'on doit attendre du télescope. Enfin, l'atmosphère coupe l'ultraviolet et l'infrarouge lointains, régions du spectre où s'orientent les études modernes. Ce défaut s'accroît à basse altitude où la traversée d'une plus grande couche d'atmosphère entraîne une absorption plus grande. Le télescope spatial est si onéreux qu'il n'est concevable qu'à l'échelle d'une utilisation mondiale et sa durée de vie est très limitée.

La liste ci-dessous situe le télescope de 3,60 m d'Hawaï parmi les plus grands actuellement en service :

diamètre	Site	pays	altitude	date de mise en service
6 m U.R.S.S.	Mont Pastoukov	Caucase	2 050 m	1974
5 m U.S.A.	Mont Palomar	Californie	1 800 m	1949
4 m U.S.A.	Kitt Peak	Arizona	2 100 m	1973
4 m U.S.A.	Cerro Tololo	Chili	2 500 m	1974
3,9 m G.B.	Siding Spring	Australie	1 200 m	1974
3,6 m C.F.H.	Mauna Kea	Hawaï	4 200 m	1979
3,57 m E.S.O.	La Silla	Chili	2 450 m	1976
3,5 m Allemagne	Cedar Alto	Espagne	2 160 m	1979

On remarquera que chacun d'eux a sa priorité propre ; par exemple : le 6 m est le plus grand ; le 5 m assure une utilisation parfaite depuis 1949 ; le 4 m de Cerro Tololo ou le 3,57 m de la Silla observent l'hémisphère sud ; etc...

Le télescope d'Hawaï se détache nettement par son altitude : 4 200 m. On pourrait parler d'un télescope semi-spatial. Il est d'ailleurs prévu d'utiliser largement, comme dans le domaine spatial, les techniques d'automatisation de commande du télescope et de réception des données.

L'île d'Hawaï, la plus grande de l'archipel de ce nom, est une île volcanique, constituée principalement par deux immenses volcans : le Mauna Loa (la montagne de feu) encore en activité et le Mauna Kea (la montagne blanche). Il neige quelquefois, en effet, à cette altitude de 4 200 m, même sous la latitude tropicale (+ 20°) d'Hawaï.

C'est sur ce volcan éteint que l'Université d'Hawaï installa plusieurs télescopes (deux de 61 cm et un de 2,20 m). La NASA y construisit également un télescope infrarouge de 3 m. Les observateurs eurent tôt fait de reconnaître là un site astronomique exceptionnel. Soumise au régime des vents alizés, l'île reçoit chaque jour une énorme quantité de pluie qui précipite les poussières de l'atmosphère. C'est un climat tropical typique où la couche d'inversion (altitude des nuages) se situe aux environs de 2 500 m. Au-dessus, c'est un ciel d'une grande pureté (la couche basse de nuages protégerait même d'une éventuelle mais très improbable pollution). A cette altitude l'atmosphère raréfiée donne aux images une stabilité remarquable qui assure un excellent pouvoir séparateur. L'infrarouge et l'ultraviolet sont transmis très loin dans le spectre et constituent des priorités d'observations pour le grand télescope. A ce sujet, la Grande Bretagne inaugurerait sur le même site, quelques jours après le C.F.H.T., un grand télescope de 3,80 m (un miroir pour l'infrarouge n'exige pas la même qualité qu'un miroir «optique» pour les longueurs d'onde plus courtes. Cela explique que ce télescope anglais ne figure pas sur la liste ci-dessus). Certes de telles conditions d'altitude peuvent se trouver en France, dans les Alpes par exemple, mais il s'agirait alors d'un pic alors que le Mauna Kea est une gigantesque colline aux pentes très douces : la climatologie y est donc très différente.

On notera enfin que la latitude basse (+ 20°) permet l'observation de presque tout le ciel.

L'histoire de la construction de ce bel instrument a débuté en 1973 (l'achat du miroir était bien antérieur), avec la signature le 25 octobre d'un accord tripartite entre la France (C.N.R.S.), le Canada (C.N.R.C.) et l'Etat Américain d'Hawaï (U.H.) qui fixait la conception de l'instrument, son budget, le calendrier de sa réalisation, son fonctionnement et son utilisation future.

Une société de coordination des travaux fut créée, la Société du C.F.H.T. Elle tint sa première réunion à l'Observatoire de Haute-Provence le 20 juin 1974 et, sous la présidence du Professeur Fehrenbach, directeur de cet observatoire, et sous le patronage de l'Institut National d'Astronomie et de Géophysique, elle prit en charge toutes les étapes de la construction.

L'Université d'Hawaï apportait au projet le site et les moyens d'accès. La

France et le Canada se partageaient à part égale le coût de la construction : 91 millions de francs (moins d'un franc par Français !), en prévoyant la répartition du temps de télescope à 42,5 % pour la France, 42,5 % pour le Canada, 15 % pour l'Université d'Hawaï.

La partie centrale du bâtiment est un pilier de béton cylindrique. Des entreprises de Montréal et d'Honolulu se chargèrent des terrassements, des fondations et de la construction de ce pilier achevé en octobre 1974. Tout autour du pilier, un bâtiment périphérique à armature métallique constitue la base de la coupole. Ce bâtiment périphérique comme la coupole elle-même furent construits par la Société Britain Steel de Montréal. L'assemblage de la coupole eut lieu en avril 1976 à Hale Pohaku, la station d'altitude intermédiaire. Son montage définitif au sommet eut lieu en novembre 1976.

Parallèlement une société française de La Rochelle (Société Nouvelle des Ateliers et Chantiers de La Rochelle) construisait en France toute la monture du télescope. Celle-ci est en fer à cheval pour que le télescope puisse viser le pôle. C'est une roue dentée de 10 m de diamètre au bord extérieur du fer à cheval qui assure l'entraînement horaire. Elle a été taillée par la Société Citroën Messian. Le télescope et sa monture furent transportés par bateau au port de Kawaihae de l'île d'Hawaï. Le voyage dura de juillet à septembre 1978. Le montage assuré par les soins de la Britain Steel fut réalisé enfin sous la coupole pendant le premier trimestre 1979.

La première photographie au foyer primaire (« la première lumière » du télescope), fut présentée au Congrès de l'Union Astronomique Internationale à Montréal en août 1979. C'est une galaxie spirale photographiée en une minute de pose seulement et qui laisse espérer que ce télescope de 3,60 m est une parfaite réussite technique.

Les amateurs d'astronomie aimeront savoir que le miroir de 3,60 m de diamètre est en cervit et qu'il fut acheté dès 1968.

Coulé aux U.S.A. par la Société Owens-Illinois à Toledo (Ohio), son polissage a été effectué par les soins de l'Observatoire Victoria. Ce polissage a duré de 74 à 77 et sur les 14 tonnes du miroir, 350 kg ont été abrasés pour arriver à en surfer la partie réfléchissante au 1/10e de micron près. Il fut finalement aluminé en juillet 1979.

Trois foyers sont prévus sur le télescope : un primaire, un Cassegrain, un coudé. Trois anneaux de tête interchangeables et adaptables en haut du tube du télescope sont donc prévus pour porter chacun un miroir secondaire pour une combinaison optique donnée.

La mise en service du télescope prévoit les premières missions d'observation dès 1980 mais encore seulement au foyer primaire. C'est essentiellement le foyer photographique, auquel peut s'adjoindre évidemment la caméra électronique. Les autres foyers sont destinés à la photométrie et à la spectroscopie en général mais avec des techniques souvent très sophistiquées, comme la polarimétrie, l'interférométrie Perrot Fabry ou l'interférométrie appliquant les méthodes de transformées de Fourier.

On notera qu'une bonette universelle de haute précision destinée au foyer Cassegrain a été entièrement construite par les ingénieurs et techniciens de l'Observatoire de Haute-Provence. Elle comporte notamment le pointage et le guidage par télévision et prévoit l'utilisation de tous les récepteurs modernes : tubes images, détecteurs à réseaux de diodes, récepteurs de type multiphot, système à comptage de photons, etc...

On conçoit sans peine le rôle essentiel et important de l'informatique sur un télescope doté de tous ces perfectionnements et récepteurs modernes.

Grâce à l'adjonction d'ordinateurs les plus modernes, on prévoit ainsi une automatisation presque totale des observations, du stockage des données et de leur traitement ultérieur. L'astronome ne devrait en principe que contrôler sur place le déroulement du programme d'observation qu'il s'était fixé. Il faut penser que les conditions sévères d'altitude imposées ralentissent sérieusement l'activité intellectuelle et physique et que l'automatisation la plus systématique possible est absolument indispensable.

La perfection de réalisation de l'ensemble laisse penser que ce magnifique instrument franco-canadien fera du site d'Hawaï, dans les années à venir, un des hauts lieux de l'astronomie mondiale.

La conférence se poursuit alors par la projection de diapositives relatant l'inauguration du 28 septembre 1979 et montrant différents aspects du télescope, de sa coupole et du site. Vient ensuite la présentation de l'île d'Hawaï elle-même avec ses fleurs et ses volcans ; paysages étranges et grandioses, au contraste toujours étonnant, allant des plages paradisiaques du Pacifique aux immenses coulées de lave souvent effrayantes, toujours sublimes.

Le voyage s'achève. En quittant le grand observatoire notre pensée va aux ouvriers, aux techniciens, aux ingénieurs qui l'ont édifié dans les éprouvantes conditions de la haute altitude.

Les Hawaïens ont eux-mêmes activement participé à ces travaux et il serait injuste de ne point leur rendre ici cet hommage.

Certes, aujourd'hui, les Hawaïens sont peu nombreux sur l'île, submergés qu'ils sont par la puissante civilisation américaine. Il est facile de dire leur courage ou leur gentillesse mais la meilleure façon de leur rendre hommage, me semble-t-il, est d'essayer de nous plonger en leur propre mentalité.

Pour les Hawaïens, le Mauna Kea est une montagne sacrée avec son auréole de légendes et de croyances. Que pensent donc les Dieux d'Hawaï des coupoles des hommes et, pour reprendre une expression du pays, de ces étranges «pustules», surgies au sommet de leur montagne, pour scruter le ciel et leur arracher les secrets de l'Univers ? N'est-ce point leur colère que l'on entend aujourd'hui encore gronder aux flancs du Kilauea ?

Cette mentalité aurait tendance à nous faire sourire de nos jours. Pourtant, sous sa fraîcheur, se cache la sagesse ancestrale et profonde des gens simples : « connaître par l'amour plus que par la raison ».

Pour combien de temps encore l'île d'Hawaï restera-t-elle cette île d'amour où le même mot « Aloha » s'emploie indifféremment pour dire simplement : « bonjour » ou pour dire : « je t'aime » ?

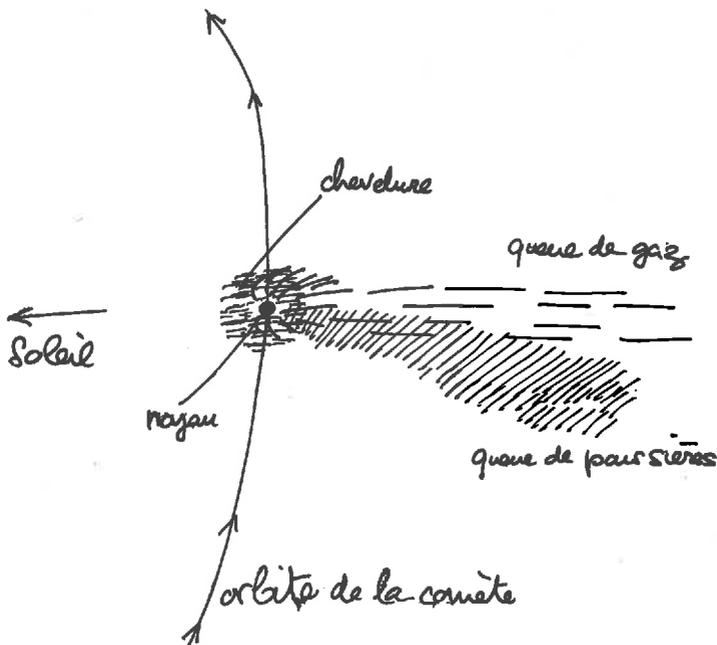
Certes la civilisation moderne n'y a pas encore tout submergé. Elle a laissé encore intactes des jungles vierges et profondes, tout comme la lave des volcans a épargné de-ci de-là le jaillissement des fleurs merveilleuses. Le rouge et le noir ...

Par cette luxuriance, les Dieux d'Hawaï veulent-ils sans doute signifier aux hommes la victoire possible de l'amour et de la vie sur la mort. Mais seront-ils jamais entendus ? Et quand d'un dernier coup d'aile, le papillon Monarque vient faire l'offrande d'une ultime note de couleur aux crépuscules enchantés du Pacifique, le visiteur ne peut s'empêcher de sentir son cœur envahi par la nostalgie d'un paradis peut-être à jamais perdu.

LA NATURE PHYSIQUE DES COMETES

par M. SAUTE, astronome à l'Observatoire de Lyon

Avant d'exposer les idées actuelles sur la nature physique des comètes, il n'est pas inutile de rappeler brièvement quelle est l'apparence d'une comète dans le ciel et son mouvement au voisinage du soleil. Très grossièrement, une comète se compose de trois parties : le noyau, la chevelure entourant le noyau et la queue plus ou moins longue selon la distance au Soleil. C'est ce que montre la figure. Cette chevelure est d'ailleurs à l'origine de l'appellation «comète» puisqu'en grec, *χρητης* veut dire chevelu. La queue est elle-même divisée en deux parties, une queue droite et une autre courbe. Nous en verrons plus loin la nature. Le noyau est très petit et rassemble la presque totalité de la masse de la comète. Cette terminologie est celle toujours en usage de nos jours.

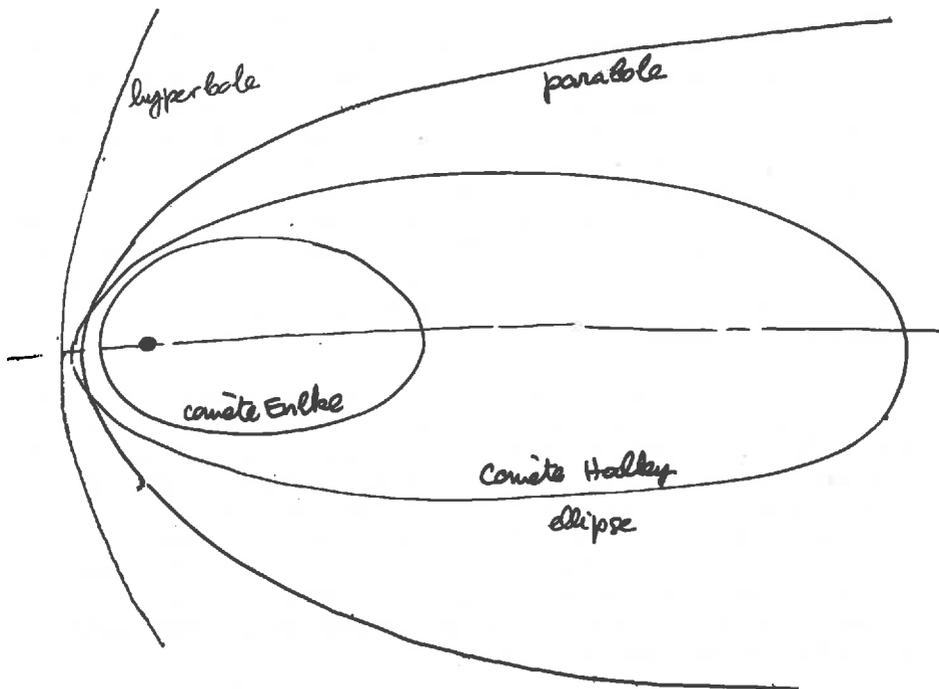


Selon une théorie actuellement en vigueur, élaborée en 1950 par Van Wörden et Oort, les comètes sont des astres du système solaire. Toutes les comètes observées à ce jour ne décrivent pas nécessairement des orbites périodiques autour du soleil. La figure qui suit montre trois type d'orbites possibles :

a) orbite circulaire ou elliptique, comme la comète d'Encke, dont la période est de 3,3 ans ou la comète de Halley, de période 76 ans, cette dernière ayant une orbite très allongée, beaucoup plus que ne le montre la figure ;

b) orbite parabolique ;

c) orbite hyperbolique.



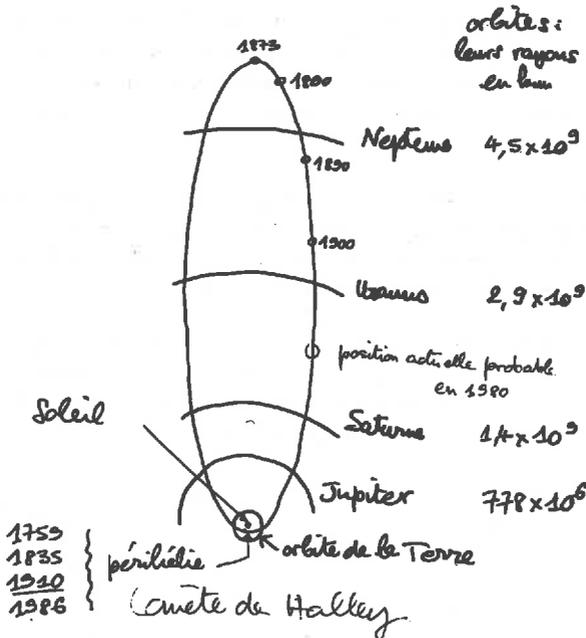
Toutes les comètes portent un nom, celui de son ou de ses découvreurs. Il semble ici inutile de donner le nom de comètes à orbites paraboliques puisqu'en principe celles-ci n'ont été vues qu'une seule fois. On remarque cependant qu'il n'y a guère de différence entre une orbite elliptique très allongée et une orbite parabolique (voir figure).

Combien y a-t-il de comètes ? On ne sait pas mais on doit noter que seules sont visibles par l'observateur terrestre celles qui s'approchent suffisamment de nous et du Soleil, puisque, ainsi que les planètes, les comètes ne rayonnent pas par elle-même : en bref, elles ne possèdent pas de sources de rayonnement qui leur sont propres. Pour cette raison, on peut imaginer avoir observé seulement un petit nombre de comètes : seulement 600 d'entre elles s'approchent du Soleil à moins de deux fois la distance moyenne de la Terre au Soleil. Une étude statistique peut conduire au nombre total de comètes présentes dans le système solaire, soit environ 100 milliards ! Cette estimation est très grossière mais non dépourvue de signification.

Il n'est pas sans intérêt de dire comment on découvre les comètes, car c'est une recherche ouverte aussi bien aux amateurs qu'aux professionnels. Il est possible de faire ce travail visuellement avec une bonne paire de jumelles ou une lunette équipée d'un objectif de 10 à 15 cm de diamètre. L'essentiel est de disposer d'un champ de vision suffisamment vaste pour pouvoir explorer l'ensemble du ciel en un temps acceptable. Une comète, au moment de sa découverte (peu ou pas de queue !), ressemble étrangement à une nébuleuse ce qui montre qu'il faut connaître le ciel pour éviter des confusions et l'annonce trop hâtive d'une nouvelle comète ! Encore, la comète identifiée comme certaine peut-elle être une comète déjà répertoriée, portant un nom, et par conséquent périodique. Il ne faut point se décourager. *Beaucoup de patience* est nécessaire car en moyenne il faut 120 à 200 heures d'observation pour faire une découverte.

Comment les Anciens ont-ils regardé les comètes ? Généralement les apparitions des comètes ont été souvent interprétées comme associées aux fléaux subis par l'humanité. Aristote lui-même soutient la thèse des « exhalaisons terrestres » s'enflammant à la rencontre d'un principe igné. La théorie des comètes exposée par Aristote est pourtant celle qui a prévalu jusqu'au XVI^e siècle ! bien que Sénèque ait fait preuve de suffisamment d'esprit critique pour réfuter les idées d'Aristote et avancer que les comètes rentrent dans la catégorie des planètes, et, dit-il, « Il n'est pas encore possible, à cause de leur rareté, de connaître leur marche, ni de savoir si leur retour est périodique et si un ordre déterminé les ramène à jour fixe ». Reconnaissons que cette allusion à la périodicité des comètes témoigne d'un esprit ouvert et d'une immense foi dans l'avenir.

Associées à la mort de grands hommes, les comètes étaient les « âmes des grands hommes » qui remonteraient au ciel, ainsi pour la grande comète qui apparut à la mort de César en 44 avant Jésus-Christ. Chez les Grecs, une comète apparue en 372 avant Jésus-Christ et décrite par Aristote comme ayant une queue de 60°, ce qui est considérable, annonce, selon Diodore de Sicile, la décadence des Lacédémoniens. Plus récemment, la comète de Halley, dont on connaît 29 apparitions depuis l'an - 239 jusqu'à la dernière en 1910, apparut en avril 1066, au moment de l'invasion de l'Angleterre par Guillaume le Conquérant. Les chroniqueurs écrivent : « Les Normands, guidés par une comète, envahissent l'Angleterre ». La célèbre tapisserie de la Reine Mathilde représente cette planète.



On comprend ainsi que bien souvent les comètes aient été dépeintes comme des javalots, des sabres, des crinières, des têtes coupées aux cheveux et à la barbe hérissées.

Ne nous moquons pas, mais reconnaissons que peu de progrès étaient à attendre de telles attitudes en face de phénomènes naturels. Il faut attendre Tycho Brahé et la comète de 1577 pour ébranler la théorie d'Aristote.

Nous entrons dès lors dans la période moderne, celle dans laquelle les observations de Tycho Brahé, les lois conséquentes de Kepler (1609 et 1619) relatives au mouvement des planètes autour du Soleil et la fameuse loi de la gravitation universelle de Newton en 1687 permettent à Halley d'établir que les comètes ont des orbites elliptiques et sont des astres périodiques. Il en déduit ainsi que la comète de 1531, apparue en 1607 à Képler et Longomontanus et observée par lui-même en 1682, est une seule et même comète ! Depuis, beaucoup d'études ont été consacrées aux comètes, tant pour l'étude de leur mouvement et pour la compréhension de leur nature, que pour leur origine.

Examinons maintenant la nature de la queue des comètes. Nous savons depuis 1531 qu'elle est toujours dirigée à l'opposé du Soleil. Nous avons vu que les queues étaient soit droites, soit courbes, suivant la terminologie actuelle, de type I ou II. Une queue de type I, d'ailleurs non exactement dirigée à l'opposé du Soleil, est de structure filamenteuse, chaque rayon pouvant atteindre une largeur de 2 000 km, ce qui donne une idée de la longueur des filaments, parfois supérieure à la distance de la Terre au Soleil. Les queues de type II sont courtes et larges et sont beaucoup plus fréquentes que les queues de type I.

L'analyse de la lumière qui nous provient des queues de comètes, réalisée au moyen d'un spectrographe, appareil à disperser la lumière, montre que les queues de type II sont constituées de poussières de dimensions 0,25 à 0,5 millièmes de millimètre, les queues de type I de gaz ionisé, c'est-à-dire un gaz dont les atomes et les molécules constituants ont perdu un ou plusieurs électrons et portent donc une charge électrique positive. Nous dirons maintenant pour simplifier queue de gaz et queue de poussière.

Comment agit la lumière solaire sur les poussières constituant la queue ? Rappelons qu'un rayon lumineux peut être assimilé à un flot de grains de lumière, appelés photons, qui chacun possède une énergie bien déterminée dépendant seulement de la couleur ou fréquence pour parler quantitativement. Chaque fois qu'un photon solaire rencontre un grain de poussière éjecté par le noyau de la comète, il lui cède une partie de son énergie, un peu à la manière d'une boule de billard qui en heurte une autre précédemment au repos. Le grain de poussière bien qu'attiré par le noyau cométaire (loi de la gravitation) et par le Soleil (voir figure) recule dans la direction initiale du photon, ceci expliquant la position de la queue de poussière relativement au Soleil. Une théorie élémentaire explique très bien la forme de la queue, toutes les poussières n'ayant d'ailleurs pas la même dimension et ne subissant donc pas la même force répulsive. L'effet décrit plus haut et dû aux photons est appelé *pression de radiation*.

Quelle est la masse de la queue de poussière ? Considérable, pour de la poussière, puisque dans le cas de la comète Arend-Roland 1957 III, elle serait comprise entre 10 et 100 millions de tonnes. (Rappel : la masse de la Terre représente tout de même 60 000 milliards de fois la masse de cette queue de poussière).

La queue de gaz montre un spectre complexe. Son analyse a permis de mettre en évidence la molécule CO^+ , la plus abondante de toutes d'où la couleur bleutée associée aux queues de gaz, mais aussi l'azote moléculaire ionisé une fois N_2^+ , le gaz carbonique CO_2^+ , la molécule CN_2^+ . Il s'agit sans doute de gaz libérés par le noyau, puis photodissociés, c'est-à-dire qu'une molécule complexe a pu être « cassée » en molécules plus simples par le choc d'un photon, ces molécules plus simples étant elles-mêmes ionisées par d'autres photons solaires. On notera que la pression de radiation ne peut en aucun cas rendre compte des queues de gaz ionisé. De plus, des globules irréguliers se déplacent le long des filaments de la queue de gaz. L'explication en est le *vent solaire* dont la vitesse est d'environ 300 à 400 km/s au voisinage de l'orbite terrestre : il s'agit d'un flux de protons (le proton est le noyau de l'atome d'hydrogène) et d'électrons constamment émis par le soleil. L'interaction entre ces particules et le gaz ionisé de la queue permet de rendre compte du mouvement propre aux globules.

Il existe bien sûr des anomalies comme des queues constituées de grains de poussière relativement gros, 1/10^e de millimètre à 1 millimètre, donc bien moins sensibles à la pression de radiation. Une queue de cette composition peut prendre une direction telle que par projection sur le ciel, elle apparaisse dirigée vers le Soleil. Ce fut le cas de la comète Areude-Roland 1957 III à la fin du mois d'avril 1957.

La chevelure est de forme relativement sphérique et habituellement visible même lorsque la comète s'approche au plus près du Soleil (distance périhélie), bien qu'alors sa dimension soit minimum. Elle est composée de molécules neutres, donc non ionisées, dont les spectres apparaissent les uns après les autres lorsque la comète s'approche du Soleil. Ainsi on voit successivement apparaître le cyanogène CN au spectre très caractéristique, puis C_3 , NH_2 , C_2 , CH, OH, NH, et même les raies du sodium Na, mais seulement lorsque la comète passe très près du Soleil, à moins de 0,7 unité astronomique (l'unité astronomique est une unité conventionnelle qui vaut la distance de la Terre au Soleil). On notera que la chevelure, étant constituée de gaz neutres, ne subit aucune action du vent solaire, pas plus que de la pression de rayonnement. Enfin, les molécules observées aussi bien dans la chevelure que dans la queue de gaz ne peuvent exister que dans des milieux extrêmement peu denses, et proviendraient donc de la photodissociation de molécules plus complexes présentes dans le noyau : ce sont les molécules-mères, l'ammoniac NH_3 , le méthane CH_4 , l'eau H_2O , etc...

Venons-en maintenant au noyau. C'est le noyau qui décrit l'orbite elliptique ou parabolique autour du Soleil. C'est de lui que viennent les matériaux constituant la chevelure et les queues de gaz et de poussière. Le plus généralement, il contribue très peu à l'état global de la comète. Il est petit, le rayon, pour autant qu'il soit sphérique, variant de 1 à 10 km et peut-être encore beaucoup moins : cela dépend du modèle théorique adopté. Ce noyau apparaîtra donc toujours comme un point lumineux. De quoi est-il fait ? Jusqu'en 1950, on admettait qu'il était un agglomérat de particules sans cohésion, grains de sable ou gravillons, de dimensions variées. C'était le modèle du « banc de sable » aujourd'hui abandonné. C'est l'Américain Whipple qui, en 1950, proposa le modèle appelé « boule de neige sale » de façon très imagée. Il s'agit d'un conglomérat de poussières météoriques et de cristaux d'eau H_2O , et de NH_3 , CO_2 , CH_4 , C_2 , et N_2 . En raison de la faible conductivité thermique de l'ensemble, le rayonnement solaire ne parviendrait à chauffer que les

couches superficielles, ce qui entraînerait la sublimation d'une certaine quantité de gaz et la libération de poussières mais seule une faible partie de la masse du noyau disparaît ainsi. Le noyau solide est d'ailleurs entouré d'un noyau nébulaire dont le spectre montre d'une part que le rayonnement solaire est diffusé par les poussières et d'autre part, la présence des molécules CN, NH₂ puis C₂, CH, OH, NH. Quelquefois, on observe également des raies spectrales du fer, du chrome et du nickel, lorsque la distance périhélie est suffisamment faible. La masse perdue par chaque comète lors de chacun de ses passages au périhélie doit être égale à 0,2 ou 0,3 % de la masse totale du noyau. Récemment, dans les années 1970 à 1974, une confirmation de la présence d'eau sous forme de glace comme constituant principal des noyaux cométaires a été apportée grâce à la conjugaison des méthodes d'investigation astronautique et radioastronomique. En effet, la molécule d'eau H₂O peut facilement se dissocier en un atome d'hydrogène H et ce qu'on appelle le radical hydroxyle OH. Le satellite OAO 2 a permis la mise en évidence, dans la comète Bennett, de l'hydrogène, observable dans l'ultraviolet, raie Lyman α , et du radical OH, observé par ailleurs en radioastronomie dans la comète Kohoutek. Le noyau de la comète se trouve donc entouré d'un halo d'hydrogène atomique.

Depuis l'avènement de l'ère spatiale, il a été considéré comme possible l'envoi d'une sonde au voisinage d'une comète et si possible plus près encore ! Dès 1960, divers projets ont été étudiés. Il y a bien des difficultés à surmonter, et des compromis à faire. L'astronome souhaitera étudier une comète intéressante du point de vue scientifique mais l'ingénieur de la base spatiale souhaitera envoyer une sonde vers la comète la plus facile à atteindre. De nombreuses autres conditions d'observabilité doivent être satisfaites. La NASA avait dressé une liste de six comètes visitables (les conditions techniques étant dominantes) :

- Tempel 2 en 1967
- Encke en 1974, 1980 et 1984
- Arrest en 1976
- Grigg Skjellemp en 1977
- Kopff en 1983
- Halley en 1986

L'ESRO européenne avait retenu :

- Tempel 2 en 1972
- Giàcobini Zuiner en 1972
- Tuttle - Giacobini - Kresale en 1973
- Broole 2 en 1973

(choix scientifiques dominant dans ce cas).

Une solution actuellement en cours d'étude est la voile solaire utilisant la pression de rayonnement. Pour la comète de Halley, une voile de 800 m de côté serait appropriée à la propulsion dans le voisinage du Soleil de la sonde lancée de la Terre en 1982, pour le rendez-vous en mars-avril 1986.

Voici brossé à grands traits ce que nous savons actuellement de la nature des comètes. Je n'ai pas pu tout dire : il fallait choisir. Je ne parlerai pas de l'origine des comètes. Ce serait le sujet d'une autre conférence. Tous les problèmes sont-ils résolus ? Bien sûr, non ! De nouvelles observations au sol, en altitude et hors l'atmosphère terrestre permettraient sans doute d'affiner sans cesse la compréhension de la nature et de l'évolution des comètes, sujet passionnant entre tous.

**
*

Le deuxième camp d'astronomie organisé par la Société Astronomique de Lyon s'est déroulé du 4 au 10 juillet à Meaux la Montagne, charmant village situé à 700 m d'altitude et entouré de forêts de sapins. Malgré un temps particulièrement défavorable, ce fut un plein succès puisque tous les participants sont repartis avec regrets le jeudi, et avec l'espoir de revenir l'année prochaine. L'ambiance était très amicale et optimiste en ce qui concerne le temps, bien que cet optimisme n'ait pas, hélas, été justifié. En effet, un seul jour, ou plutôt un seul soir, le dimanche, il nous a été permis d'observer une partie des beautés du ciel que nous nous étions promis de faire admirer à chacun, particulièrement aux néophytes. Mais cette seule soirée a suffi pour leur mettre «l'eau à la bouche» pour des observations futures.

Bien que passées à l'intérieur, les autres soirées n'ont pas été ennuyeuses pour autant. Des discussions très intéressantes ont animé ces soirées, soit sur des sujets qui avaient été exposés au cours de la journée, soit sur des sujets parfois improvisés. De temps en temps, un optimiste sortait pour voir l'état du ciel et revenait la mine déconfite... Des nuages, toujours des nuages... Mais cette mauvaise nouvelle n'altérait pas la bonne humeur ni l'intérêt des participants aux discussions.

Il est à signaler que malgré de grandes différences d'âge, tous, jeunes et plus âgés, ont vécu cette semaine ensemble dans une excellente ambiance, unis par le même idéal, l'amour des merveilles célestes.

Nous tenons à remercier, ici, bien vivement, les animateurs qui par leurs exposés ont permis à ce stage d'être un plein succès. Parfois ces exposés ont largement débordé le temps qui était prévu pour chacun à cause des nombreuses questions posées par les participants, ce qui démontrait bien l'intérêt pris par chacun pour tous les sujets traités. De nombreuses notes ont également été prises.

Donc, merci à nos collègues et amis, astronomes amateurs, et un grand merci également à Monsieur Adam, astronome à Saint-Genis-Laval, qui, pendant deux jours, s'est consacré à ce stage. Après avoir parlé d'astronomie au cours d'une matinée, aux enfants des écoles de Meaux et Cublise, il a fait pour les participants au stage une conférence sur l'astronomie générale, parlant du soleil pour nous emmener jusqu'aux plus lointaines galaxies, conférence agrémentée de magnifiques diapositives. Le lendemain, il nous a parlé d'un sujet beaucoup plus neuf et encore très théorique, les trous noirs. Ici, évidemment, pas questions de diapositives en couleurs !

Pour terminer, nous ne voulons pas oublier Monsieur Favrichon, maire de Meaux la Montagne, et les membres du Conseil Municipal qui, non seulement nous ont accordé l'autorisation d'organiser ce stage comme le précédent sur leur commune et nous ont aidés dans le choix des emplacements d'observation, mais, en plus, avaient organisé, le lundi après-midi, une fort sympathique réception en plein air pour tous les participants.

M. SOGNO

*

BIBLIOGRAPHIE

Encyclopédie scientifique de l'univers. Les étoiles. Le système solaire.
sous la responsabilité du Bureau des Longitudes
Edité par Gauthier-Villars - Prix : 95 F

Le Bureau des Longitudes est en train de publier une encyclopédie scientifique de l'Univers en cinq tomes. Les tomes 2 et 3 sont consacrés à l'astronomie et, pour l'instant, le tome 2, seul, est paru (ainsi que le tome 1 qui ne nous concerne pas ici).

Cet ouvrage a été rédigé par les meilleurs spécialistes français et il serait trop long d'en donner la liste ici. Il faut dire tout de suite qu'il ne s'agit pas d'un ouvrage d'initiation mais qu'une personne ayant une certaine culture scientifique et s'intéressant à l'astronomie sera passionnée par ce livre.

Les deux premiers chapitres se rapportent à l'astronomie de position et à la mécanique céleste. Ils exigent, pour être bien compris, quelques connaissances mathématiques du niveau d'une classe de mathématiques supérieures.

Les cinq suivants ne nécessitent quant à eux aucun matériel mathématique ou physique particulier. Ils nous entretiennent de la Lune, des planètes, de leurs satellites, des comètes et du milieu interplanétaire. Les découvertes les plus récentes trouvent bien sûr ici leur place : la géologie de la Lune est étudiée d'après les résultats des missions Apollo et la physique des planètes s'appuie sur les observations faites par les sondes spatiales. Le chapitre sur les comètes se termine par une liste des comètes périodiques et des dates de leurs retours observés.

Viennent ensuite trois chapitres constituant la seconde partie de l'ouvrage intitulée « Le Soleil et les bases de la physique stellaire ». On y trouve la théorie de l'atmosphère du Soleil et des étoiles ainsi que de longs développements sur l'activité solaire.

La dernière partie de l'ouvrage comprend cinq chapitres consacrés aux étoiles. On commence par les données fondamentales : parallaxes, photométrie, spectroscopie. Le chapitre sur les étoiles doubles est clair et précis : par exemple, le lecteur pourra apprendre comment on procède pour déterminer le rayon de certaines étoiles doubles. A propos des étoiles variables, en plus de la classification des variables périodiques et des variables catastrophiques, les idées modernes sur l'interprétation de la pulsation ou sur les novae sont exposées. On passe ensuite aux familles physiques d'étoiles : naines, géantes, etc. Le livre se termine par un remarquable chapitre sur l'évolution stellaire telle qu'on arrive à la concevoir actuellement.

Nous attendons avec impatience la sortie de l'autre tome consacré à l'astronomie : il portera sur la Galaxie et l'univers extragalactique.

Enfin, ajoutons que le Bureau des Longitudes envisage de revoir tous les cinq ans les cinq volumes de son encyclopédie scientifique de l'Univers afin que celle-ci soit toujours à jour.

D. SONDAZ

Calculs astronomiques pour amateurs
par S. Bouiges - Edité par Masson (1980)

Ce livre comble, a priori, une double lacune : l'absence de livre simple concernant l'Astronomie fondamentale et l'absence de références concernant le calcul et la mise en œuvre des méthodes associées. De faible volume (140 pages), il traite des systèmes de coordonnées, de

l'heure, du calcul des positions planétaires, des déterminations d'orbites, de la détermination des heures de lever et de coucher d'un astre, du calcul d'un cadran solaire, etc.

Il est axé sur la pratique et l'usage de calculatrices de poche programmables. De ce point de vue, si aucun calcul ne pose de problèmes de programmation particuliers, certains programmes peuvent être tout de même assez longs et fastidieux à écrire (par exemple : calcul du temps sidéral..) ; un certain nombre d'entre eux ne pourront être mis en œuvre que sur des machines de taille suffisante, dans le haut de gamme des calculatrices programmables.

La «génération montante» des calculatrices, programmables en langage évolué (BASIC), va bientôt aplanir toutes ces difficultés. Il faut d'ailleurs s'attendre à ce que, bientôt, plutôt que d'éditer des éphémérides complètes, les divers services chargés des calculs astronomiques livrent des formules et des listes de coefficients qui permettront à chacun d'établir avec sa propre calculette ses éphémérides et cela de façon bien plus compacte et précise qu'aujourd'hui.

Au total, un livre clair et important, bien que ne pouvant pas, évidemment, prétendre à traiter exhaustivement le sujet.

T. DUMONT

Atlas d'astronomie

Edité par Stock

Il s'agit là d'un très bon ouvrage d'initiation. Sous un faible volume (format de poche - 288 pages), il contient une foule de renseignements et des explications claires et substantielles. En ce qui concerne la présentation, le texte figure sur les pages de droite et, en regard, sur les pages de gauche, se trouvent des schémas en couleurs illustrant ce qui est dit en face.

On commence par l'histoire sommaire de l'astronomie, puis on donne la définition précise des différentes branches de l'astronomie et la description des instruments (lunettes et télescopes) après avoir expliqué les termes techniques couramment employés. Les principes élémentaires de la photométrie et de la spectroscopie sont exposés d'une manière très simple mais avec toute la rigueur souhaitable. Des rudiments concernant l'astronomie de position sont donnés en évitant d'écrire trop de mathématiques... Plus de soixante-dix pages décrivent le système solaire depuis la structure interne du Soleil jusqu'au paysage lunaire en passant par les anneaux de Saturne, le magnétisme terrestre, le problème des canaux de Mars, etc. La partie consacrée aux étoiles débute par des notions sur les distances stellaires, sur les magnitudes, les masses, etc. Les classes spectrales sont illustrées par des reproductions de spectres. De nombreux dessins facilitent la compréhension des divers types d'étoiles doubles et les diverses catégories d'étoiles variables sont accompagnées de leurs courbes de lumière. On parle ensuite des amas globulaires et de l'étude globale de la Galaxie, notamment de sa rotation. Un chapitre concernant l'évolution stellaire précède un sur les galaxies où, en quelques pages, sont données des idées sur la classification des galaxies, l'évaluation de leurs distances, le décalage vers le rouge, les quasars, ... Quelques mots sur la cosmologie terminent la première partie (209 pages) de l'ouvrage. La seconde partie est un atlas astronomique comportant, sur les pages de gauche, des cartes du ciel et, sur les pages de droite, des explications se rapportant à ces cartes.

D. SONDAZ

Société Astronomique de Lyon
69230 – Saint-Genis-Laval

Sommaire

- 1 – Suite de l'article « Les Eclipses »
- 3 – L'inauguration du Télescope franco-canadien de 3,60 m à Hawaï.
- 8 – La nature physique des comètes
- 14 – Compte rendu du camp d'astronomie de Meaux la Montagne
- 15 – Bibliographie

Prix : 10 F