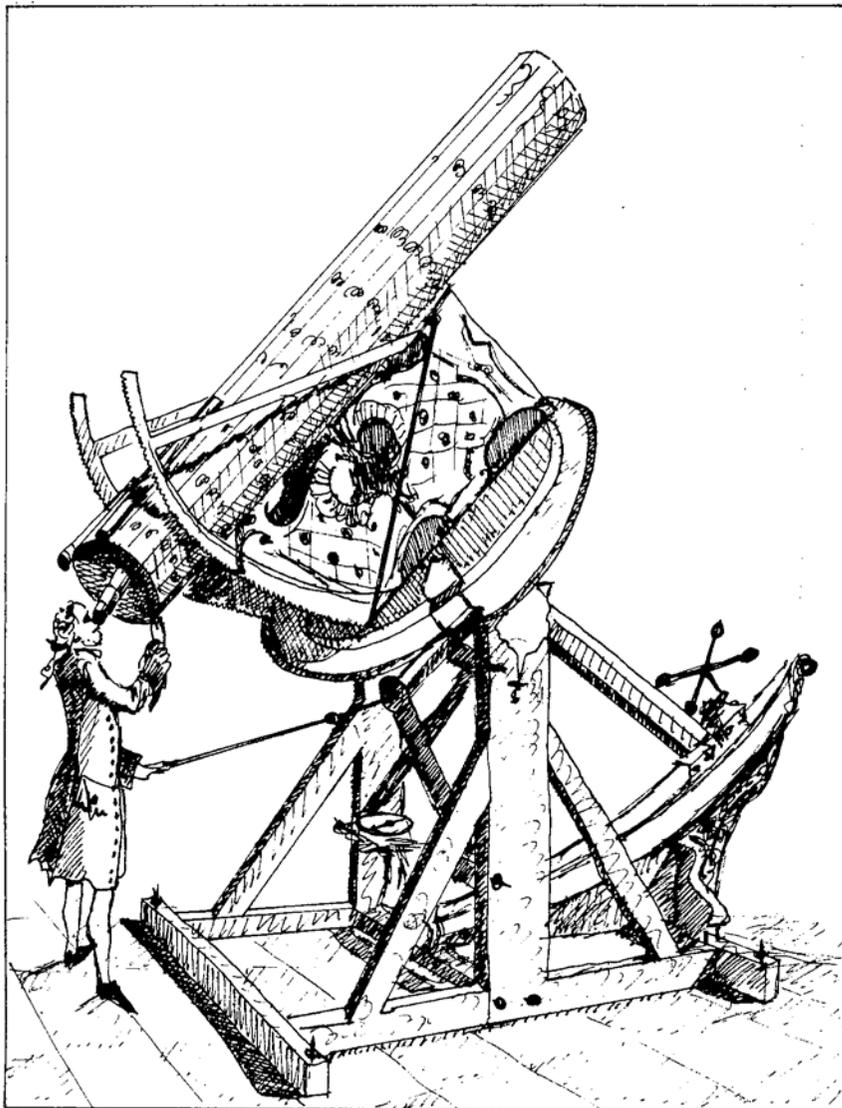


# les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n°10 - automne 1980

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 10 Automne 1980

Johannes Kepler.....p 3  
 Qu'est-il arrivé à Uranus et Neptune ?.....p11  
 Lectures pour la Marquise.....p15  
 Réalisations d'un club d'Astronomie.....p18  
 Energie solaire et durée de vie du Soleil.....p25  
 Courrier des Lecteurs.....p26  
 Formation Continue des Maitres.....p29  
 Eclipses de Lune par la pénombre.....p30

EDITORIAL

Avec ce numéro de la rentrée commence une "histoire en plusieurs épisodes" concernant Képler et ses lois. La parole est donnée aussi à des clubs d'Astronomie, qui semblent s'être donné le mot pour organiser des concours... Les élèves du club d'Astronomie du Collège Château Forbin à Marseille et Daniel Bardin nous expliquent comment ils ont observé l'éclipse de Lune par la pénombre de Mars dernier.

Un problème pour l'équipe de rédaction: vous ne vous réabonnez pas assez vite ... et le prix des timbres a beaucoup augmenté ! Nous comptons sur vous pour nous faire parvenir rapidement votre réabonnement, ou nous informer, le cas échéant, que vous ne souhaitez pas vous réabonner. A l'avance, merci.

Bonne rentrée des classes pour tous !

La Rédaction

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

Mr - Mme - Mlle - : .....

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 12
- s'abonner aux Cahiers Clairaut du numéro 9 au numéro 12
- se réabonner aux Cahiers Clairaut du numéro 9 au numéro 12
- ci-joint ma contribution financière : 15 F pour 4 numéros  
45 F pour 12numéros

il est toujours possible de se procurer des numéros anciens au prix de 5 F l'unité.

Chèque à libeller à l'ordre de Mademoiselle L. GOUGUENHEIM CCP 20936-80V PARIS.

Remplir , cocher les cases correspondantes et renvoyer cette fiche à Madame F. DELMAS Institut d'Astrophysique 98 bis boulevard Arago 75014 PARIS

Johannes KEPLER (1571 - 1630)

1. Le "Mystère Cosmographique"

Nicolas Dupont, animateur du cercle Orion (à Laxou) de la Société Lorraine d'Astronomie, nous transmet une question "peut-être naïve posée par un jeune membre du cercle : comment Kepler a-t-il découvert et démontré sa première loi ? "

Cette question n'est pas naïve du tout. Surtout pour nous, enseignants. Connaître, faire connaître les lois physiques et leurs applications, c'est important. Mais faire comprendre comment on a pu les découvrir, ne l'est-ce pas autant ? Vieux débat : enseigner de bonnes recettes avec la meilleure manière de s'en servir ou (pas forcément exclusif) apprendre à réfléchir en essayant de comprendre comment d'autres ont cherché, échoué souvent, réussi parfois... En tout cas, s'il est un sujet vraiment indiqué pour fertiliser l'enseignement par l'histoire des sciences, c'est bien celui de Kepler. Essayons donc de le présenter dans cette perspective.

Comme le dit fort justement Pierre Costabel dans son excellente notice de l'Encyclopaedia Universalis (tome 9, p.647), Kepler "confia au livre imprimé les méandres de ses démarches. Il fut, et il est, presque illisible." Ayons donc recours, pour le connaître et le comprendre, à des médiateurs en qui nous puissions avoir confiance. Par exemple, cette courte notice de Costabel qui, en deux pages situe l'homme et son oeuvre. Le livre classique d'Alexandre Koyré, "La Révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli" (éd. Hermann, 1961) consacre 360 pages sur les 524 du livre à Kepler, analysant ses démarches successives en détail ; pour moi, c'est l'ouvrage de référence. Mais je joins, pour mieux saisir certains aspects étranges de la pensée de Kepler, le livre de Gérard Simon, "Kepler, astronome astrologue" (éd. Gallimard, 1979, 488 p) dont l'intérêt a déjà été signalé ici (Cf CC n° 4).

La Société Astronomique de France a édité, pour le quatrième centenaire de Kepler une brochure de 132 pages contenant entre autres des articles de P.Costabel et de Gérard Simon ainsi que "La genèse des lois de Kepler" par P.Russo et "La méthode de Kepler est-elle une non-méthode ?" par J-C.Pecker. Il faut aussi citer les histoires de l'astronomie, celle de Pannekoek en particulier ainsi que l'Histoire Générale des Sciences(tome 2).

Enfin le livre de Arthur Koestler, "Les Somnambules" (éd Calmann-Lévy, 1960, 582 p) est à lire, même s'il faut faire des réserves sur certains excès du style baroque de l'auteur. Mais la lecture est facile et spécialement sur Kepler assez passionnante.

Encore n'ai-je rien dit d'une foule d'ouvrages en anglais ou en allemand sur un sujet qui a intéressé astronomes, historiens et philosophes de tous les pays. Essayons pourtant de ne pas crouler sous la documentation pour dégager l'essentiel d'une oeuvre qui marque la naissance de l'astronomie moderne. Comme nous aurons à nous reporter constamment à la pensée de Kepler, à le citer souvent, je le désignerai par K ; personne ne devra y voir blasphème... ou plagiat.

Avant K

=====  
K est né en 1571 à Weil, dans le Württemberg. Se destinant au pastorat, il vient étudier la théologie à l'université de Tübingen. Il y suit l'enseignement de Michael Mästlin qui l'initie aux conceptions de Copernic. K les compare à celles de Ptolémée et il est aussitôt acquis à l'héliocentrisme. On peut même dire : "K est le premier grand esprit pour qui l'héliocentrisme est une affaire réglée. De terme de la recherche comme il l'était pour Copernic, il est devenu point de départ ; et de ce fait des questions/jusqu'alors à peine évoquées se trouvent posées en toute clarté." (G.Simon, op cité p.238)

Reportons-nous donc un moment, pour mieux apprécier l'originalité de la pensée de K, sur les idées de ses prédécesseurs. Chez tous, il y a le respect d'un a priori

qui leur paraît nécessaire : les mouvements célestes sont circulaires et uniformes. Chez Ptolémée, aussi bien que chez Hipparque avant lui, ces mouvements ont lieu autour de la Terre. Chez Copernic, autour du Soleil. Faisons-nous à cette idée que la façon d'argumenter en 1543 n'est pas la nôtre : "Tout d'abord il nous faut remarquer que le monde est sphérique, soit parce que cette forme est la plus parfaite de toutes, totalité n'ayant besoin d'aucune jointure ; soit parce qu'elle est la forme ayant la capacité la plus grande, qui convient le mieux à tout contenir et tout embrasser ; soit aussi parce que toutes les parties séparées du monde, je veux dire le soleil, la lune et les étoiles, sont vues sous cette forme ; soit parce que toutes choses tendent à se limiter ainsi comme il apparaît dans les gouttes d'eau et d'autres corps liquides, lorsqu'ils tendent à se limiter par eux-mêmes. C'est pourquoi personne ne mettra en doute que cette forme n'appartienne aux corps divins." (Copernic, "Des révolutions des orbes célestes", chapitre 1) . Et plus loin : "Nous allons rappeler maintenant que le mouvement des corps célestes est circulaire. En effet, la mobilité de la sphère est de tourner en rond ; par cet acte même, tandis qu'elle se meut uniformément en elle-même, elle exprime sa forme, celle du corps le plus simple où l'on ne peut trouver ni commencement ni fin, ni distinguer l'un de l'autre." (idem, chapitre 4).

Ce beau principe du mouvement circulaire et uniforme posé, il faut dépenser des trésors d'imagination pour rendre compte des phénomènes qui ont l'audace de ne pas obéir aux contraintes qu'on leur impose. La circularité n'est pas mise en doute, l'observation n'en fournit pas les moyens. Mais la non uniformité des mouvements est constatée. Alors Hipparque a imaginé d'excentrer les orbites : le Soleil décrit un cercle autour de la Terre qui n'en occupe pas le centre ; l'excentricité est le rapport des distances au centre de la Terre et du Soleil. Ptolémée perfectionne : le rayon qui tourne uniformément joint le Soleil au point équant, symétrique de la Terre par rapport au centre du cercle orbite.

Si Copernic inverse les rôles en faisant décrire les orbites des planètes autour du Soleil, en plaçant donc la Terre à sa modeste place de troisième planète du Système, il respecte toujours le principe des orbites circulaires décrites uniformément ce qui l'amène à reprendre à Ptolémée avec l'excentricité l'idée des épicycles. Tel est le système du monde encore bien compliqué que K apprend de Mästlin à Tübingen et dont il comprendra bien les avantages comme nous le verrons plus loin.

Pour compléter ce rapide tableau de l'astronomie avant K, il faut encore citer, en contraste, les noms de Rheticus et de Tycho Brahé. Georg Joachim von Lauchen (1514-1576), le jeune mathématicien de Wittenberg surnommé Rheticus, est célèbre pour avoir publié "Narratio prima" peu après sa rencontre avec Copernic dont les idées l'avait enthousiasmé ; ce qui décida enfin Copernic à rendre publiques ses conceptions et son grand ouvrage cité plus haut. Ajoutons à la gloire de Rhéticus cette idée qui devait plaire à K : il y a six planètes et six est le premier entier parfait (égal à la somme de ses diviseurs propres  $6 = 1 + 2 + 3$ ). On doit aussi à Rheticus une table des sinus de  $10''$  en  $10''$  à quinze décimales et la notion de cosinus (1551). Bref, Rheticus est un théoricien.

Tycho Brahé (1546-1601) se méfie au contraire de toute théorie. Mais c'est un observateur hors pair dont la rencontre avec K fut providentielle. Tycho bénéficia longtemps de la protection très effective et de l'aide matérielle du roi Frédéric de Danemark. Grâce à quoi il put construire un grand observatoire, Uraniborg, et accumuler pendant plus de vingt cinq ans des données précieuses sur les mouvements des planètes. Il repéra en particulier dix oppositions de Mars qui furent plus tard fort utiles à K. Tycho inventa de multiples appareils de mesure, tous, évidemment, à alidades, ce qui ne l'empêche pas d'atteindre la précision de la minute d'angle. Le 11 novembre 1572, il observe une "étoile nouvelle", une nova, dans Cassiopée, qu'il note plus brillante que Vénus. Le roi Frédéric étant mort, ses héritiers coupent les vivres à Tycho qui se réfugie auprès

de l'Empereur Rodolphe à Prague où il rencontrera K.

### Le Mystère Cosmographique

===== Revenons à K lui-même, un peu en arrière dans le temps. En 1594, K est nommé mathématicien des États de Styrie et professeur à l'école protestante de Graz. Charges qui, heureusement pour nous, lui laissent beaucoup de temps libre pour méditer sur la structure du monde. Il écrit alors le Mysterium Cosmographicum (MC) qui paraît en 1596 grâce à Mästlin.

L'ouvrage débute par un exposé des mérites du système de Copernic. 1°) Il explique simplement les particularités des mouvements planétaires, - stations, rétrogradations -, par un facteur unique, le mouvement de la Terre et les positions de celle-ci par rapport aux autres planètes ; 2°) pourquoi les planètes inférieures, Mercure et Vénus, accompagnent toujours le Soleil et ne sont jamais en opposition ; 3°) pourquoi, pour les planètes supérieures, il y a coïncidence entre apogée et conjonction, périégée et opposition ; 4°) pourquoi enfin et surtout, le Soleil joue un si grand rôle dans le système (chez Ptolémée, ce rôle n'est fondé sur rien alors que chez Copernic il l'est dans la structure même du système).

K examine longuement ces avantages en soulignant les imperfections du système de Ptolémée. En passant, tout pythagoricien qu'il soit, il réfute l'idée de Rheticus : "Qu'il n'y a pas de nombre d'une perfection telle que l'on puisse en déduire que le nombre des planètes soit justement tel ou non un autre, ou qu'elles ne soient pas infiniment nombreuses. Car si Rheticus, dans sa Narratio, déduit le nombre des orbes du caractère sacré du nombre six, cette conclusion me paraît peu probable. En effet lorsqu'on parle de la structure de l'Univers, on ne doit pas appuyer sa démonstration sur des nombres qui n'ont reçu une valeur particulière que de choses engendrées après la création du monde." (cité par Koyré, op cité p.139)

Pour expliquer les mouvements, K cherche une relation entre distances au Soleil et forces motrices. Mais il ne connaît (et encore approximativement) que les distances

relatives et, sur les forces, il n'a que des idées a priori. K se lance avec hardiesse dans des recherches infructueuses mais il ne s'en lasse pas. Simplement il écrit : "Je n'en finirais pas si je voulais tout raconter en détail." Ne nous attardons donc pas sur ce sujet pour l'instant, il faudra y revenir quand nous parlerons précisément de la genèse de la deuxième loi.

Par contre, dans le MC, il faut s'attarder sur l'idée géniale qui consiste à faire intervenir les cinq polyèdres réguliers, encore dits platoniciens, dans l'architecture du système du monde. Pour K, Dieu a voulu créer le monde le plus beau. L'atteste la "perfection" de la sphère et de la ligne droite (et du plan). Or ces êtres géométriques se trouvent heureusement combinés dans les polyèdres réguliers inscriptibles dans la sphère et circonscriptibles à elle. De plus leur nombre, cinq, ce qui a été démontré par Euclide, convient d'après K à l'arrangement des six sphères ou orbes portant les orbites des planètes. Relisons plutôt ce que K recommande à son lecteur :

"L'orbe de la Terre est la mesure des autres orbes. Circonscrib lui un Dodécaèdre : la sphère qui l'entoure est celle de Mars ; circonscrib à l'orbe de Mars un Tétraèdre : la sphère qui l'entoure est celle de Jupiter. A l'orbe de Jupiter circonscrib un cube : la sphère qui l'entoure est Saturne. Place maintenant dans l'orbe de la Terre un Icosaèdre ; la sphère qui lui est inscrite est Vénus ; place dans l'orbe de Vénus un Octaèdre : la sphère qui lui est inscrite est Mercure.

Tu as là la raison du nombre des planètes."  
(cité par Koyré, op cité p.146)

K reconnaît que la correspondance entre sa construction et les données de l'observation n'est pas parfaite, même si chaque orbe est d'une certaine épaisseur, celle-ci devant être suffisante pour tenir compte des excentricités (l'orbite excentrique reste à l'intérieur de l'orbe). Mais la correspondance paraît à K trop significative pour être accidentelle. Remarquons aussi que, pour K, cette construction des polyèdres ne contredit pas l'objection qu'il

adressait à Rheticus sur le nombre six, car ici il s'agit d'une description de ce monde créé parfait par Dieu en utilisant des objets également créés par le même. Il semble que dans la circonstance K ait été plus platonicien que pythagoricien. Admirons, en tout cas l'ingéniosité de K et retenons l'importance qu'il accorde dès 1596 au calcul des distances des planètes au Soleil, ce qui sera l'essentiel de sa troisième loi, trouvée plus de vingt ans plus tard.

Dans le MC, K s'intéresse aussi à l'action animatrice du Soleil. Alors que Copernic se contentait de constater, le Soleil est au centre du monde, K veut trouver une explication, une loi qui rende compte du fait d'observation, cette ronde des planètes autour du Soleil. Il doit y avoir une raison si les planètes vont d'autant moins vite qu'elles sont plus éloignées du Soleil. Il pense par analogie à l'action de la lumière qui s'atténue proportionnellement au carré de la distance. Mais, sans doute parce que toutes les planètes se meuvent sensiblement dans le plan de l'écliptique, au lieu de penser à une telle propagation de l'action animatrice du Soleil dans l'espace, il l'imagine dans un plan et en déduit que son atténuation est proportionnelle à la distance. Nous verrons que c'est en partie grâce à cette affirmation erronée qu'il découvrira la deuxième loi.

Vers les lois

===== Ces longs préliminaires devraient donc nous aider à comprendre les démarches qui vont conduire K à ses grandes découvertes. Ils ont aussi l'avantage de nous faire connaître tout de suite les traits qui sont propres à son génie. Peu d'hommes ont été comme lui imprégnés de tradition, nourris de culture classique et sans doute y a-t-il encore moins de savants qui ont su comme lui bousculer les idées reçues. Esprit à contrastes : sa volonté, par exemple, d'épurer l'astrologie de ce que la tradition y avait accumulé de sornettes (cf le livre de G.Simon); et, en même temps, son goût pour la grande synthèse scientifique. K a vingt cinq ans quand il publie MC, quelle maîtrise, quelle audace et, à bien des égards, quelle intuition !

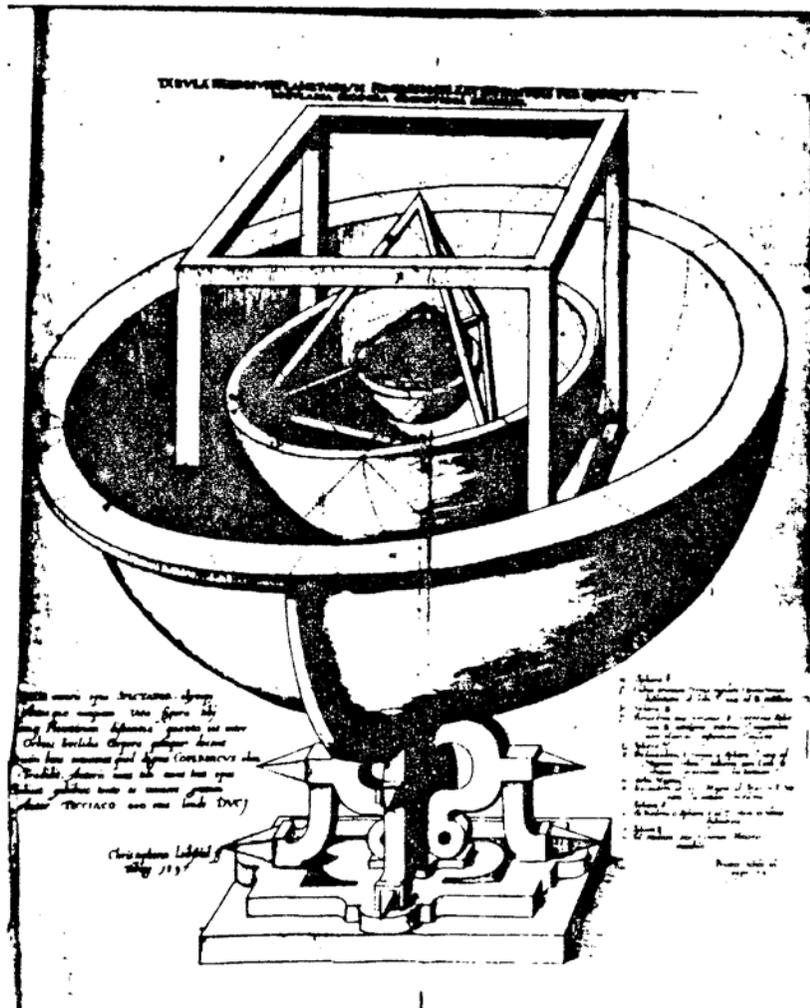


Figure extraite du M.C.

Rien de tout cela ne lui aurait été possible sans deux richesses qui manquèrent à Tycho : une forte culture mathématique, une imagination fertile mais toujours dominée par le souci de tenir compte des faits d'observation. Faut-il alors en conclure déjà que K est un représentant typique de l'esprit scientifique moderne ?

Vous le saurez peut-être en lisant notre prochain épisode "Les deux premières lois" dans le n°11 des Cahiers Clairaut.

K.Mizar

QU'EST-IL ARRIVE A URANUS ET NEPTUNE ?

Les planètes! Holst leur a composé une symphonie, les poètes leur ont dédié des odes, les rêveurs ont médité sur elles et les véhicules spatiaux ont traversé leurs atmosphères pour se poser sur leurs surfaces. Cette exploration spatiale a apporté des résultats souvent spectaculaires et a permis aux astronomes d'améliorer considérablement leurs connaissances de la nature du système solaire. Mais les astronomes ne sont pas les seuls à enrichir leurs connaissances sur les planètes. Le grand public a tellement entendu parler des récentes découvertes dans le système solaire que personne ne considère plus les planètes comme des concepts abstraits de la science moderne, mais comme des compagnons de voyage dans l'espace, bien tangibles. En fait, les connaissances du grand public sur la science planétaire sont tellement développées, qu'il suffit de mentionner le nom d'une planète pour que vienne à l'esprit ses caractéristiques, voire sa personnalité. Mercure est chaude et désolée, Vénus enveloppée du mystère de ses nuages, la Terre c'est notre monde, Mars une planète rouge dédiée au dieu de la guerre, Jupiter est géante et gazeuse, Saturne est entourée de ses anneaux et Pluton, solitaire, est la plus distante.

Deux membres sont absents de cette énumération: Uranus et Neptune. Aucune image ne vient à notre esprit lorsque nous pensons à elles. Une grande part de cet anonymat vient de ce qu'aucun vaisseau spatial ne s'est encore aventuré jusqu'à leurs grandes distances; et leurs images dans nos télescopes ne sont pas aussi frappantes que celles de Saturne ou de Vénus. On peut penser aussi que ces planètes nous parlent peu parce qu'on sait peu de choses sur elles. Faut-il en conclure qu'elles sont inintéressantes et n'ont aucune histoire? Absolument pas.

Si Uranus et Neptune sont peu connues aujourd'hui, elles étaient totalement inconnues il y a deux siècles. C'est William Herschel qui découvrit Uranus en 1781; né en Allemagne, il travailla en Angleterre et fut l'un des plus grands praticiens des observations au télescope. Au cours d'une observation de routine, il découvrit un disque verdâtre dans la constellation des Gémeaux. On savait depuis Galilée que les étoiles apparaissent comme des points lumineux dans les télescopes, du fait de leurs très grandes distances; seuls les objets du système solaire, plus proches, ont l'aspect d'un disque. Certainement, Herschel avait découvert un nouveau membre du système solaire. Mais quel était-il? Il pensa tout d'abord avoir découvert une comète. Mais après plusieurs semaines d'observations cette hypothèse ne fut pas confirmée par ses collègues qui suggérèrent qu'il s'agissait d'une planète. Herschel en convint rapidement et, malgré sa première erreur d'identification, il devint le premier homme qui ait découvert une planète depuis l'antiquité.

Pour prédire où observer un objet céleste que l'on vient de découvrir, on doit calculer son orbite; dans ce cas précis, il s'agit de déterminer les paramètres qui décrivent le mouvement d'Uranus par rapport au Soleil. A cause de la grande distance d'Uranus au Soleil (19 fois plus éloignée du Soleil que la Terre), on comprit très vite qu'il faudrait des années d'observations pour déterminer l'orbite avec précision. Peu soucieux d'attendre des décennies, quelques astronomes eurent une idée astucieuse: Uranus n'aurait-elle pas déjà été observée dans le pas-

sé, et confondue avec une étoile ? Les recherches effectuées dans les cartes du ciel archivées fournirent rapidement des résultats spectaculaires: on avait observé Uranus et porté sa position sur des cartes célestes depuis 1690 !

Armés de ces informations sur la position apparente d'Uranus sur une aussi longue période, les astronomes utilisèrent la théorie de la gravitation de Newton pour calculer l'orbite d'Uranus. Puis, ils attendirent, pleins de confiance, les nouvelles observations, s'attendant à ce qu'elles confirment leurs prévisions. Un problème surgit tout de suite: Uranus semblait être à la traîne, en retard sur la position prédite. Les observations de la position de la planète dans le ciel étaient en désaccord avec la position théorique, malgré toutes les améliorations apportées à la précision du calcul. Cette situation était troublante, bien sûr. La théorie de Newton avait rendu compte de façon triomphale de pratiquement tous les mouvements dans le système solaire. Il était donc choquant qu'elle n'explique pas celui d'Uranus.

On proposa beaucoup d'explications. Certains pensaient que, pour quelque raison inconnue, la loi de Newton ne s'appliquait plus à de aussi grandes distances. D'autres proposèrent une idée tout aussi hardie. Ils se demandaient si le mouvement d'Uranus n'était pas affecté par l'influence gravitationnelle d'une planète encore plus distante.

Les premiers à rechercher une planète trans-uraniennne furent l'astronome français Urbain Jean Joseph Le Verrier et le jeune anglais John Couch Adams. Leur travail reposait sur la théorie et non sur l'observation. C'eut été un travail impossible que de rechercher au hasard dans le ciel un nouveau disque planétaire. Ces deux hommes préférèrent déterminer par le calcul les caractéristiques et la position d'une planète hypothétique qui rendrait compte du désaccord entre le mouvement d'Uranus prédit par la théorie et celui qu'on observait.

Bien qu'Adams parvint à son résultat préliminaire avant Leverrier, il ne put tester son calcul. A cette époque, en Angleterre, l'Astronome Royal était Sir George Biddell Airy. Bien que savant de tout premier plan, Sir George était un personnage très autoritaire. Airy classait les gens en deux catégories: ceux qui avaient fait leurs preuves et méritaient son attention, et les autres. Adams, récemment diplômé, tombait dans la seconde catégorie. En conséquence, Airy refusa de le recevoir et même de répondre à ses lettres. Il n'est donc pas surprenant qu'Adams ne fut pas autorisé à utiliser un télescope anglais pour rechercher dans le ciel la planète à la position qu'il avait prédite.

Tout au contraire, Le Verrier n'eut aucune peine à convaincre les observatoires de rechercher la huitième planète dans la région très limitée du ciel où il pensait qu'elle devait se trouver. Cependant, pour trouver un objet précis dans un champ riche en étoiles, on doit disposer d'une bonne carte de cette région du ciel. Leverrier eut la chance que cette carte existe à l'observatoire de Berlin.

Le 18 septembre 1846, Le Verrier écrivit à Johann Gottfried Galle à Berlin, lui demandant de rechercher sa huitième planète dans la constellation Aquarius. En utilisant la carte stellaire de Berlin, Galle compara la position des astres qu'il observait à celle qu'ils avaient

sur la carte. Vues depuis la Terre, les positions des étoiles changent peu, alors que les planètes se déplacent parmi le champ d'étoiles fixes. Tout ce que Galle avait à faire consistait donc à trouver un astre qui n'existait pas sur la carte.

Après quelques recherches, Galle découvrit un astre qui n'était pas représenté sur la carte. En une nuit d'observations, il découvrit Neptune, la huitième planète, à peu près là où Le Verrier avait prédit sa position. Un grand débat s'éleva pour savoir qui créditer de la découverte de Neptune, Le Verrier ou Adams. Aujourd'hui, on leur attribue conjointement cette découverte majeure. Ils n'ont pas seulement résolu le problème posé par le mouvement d'Uranus et découvert Neptune, mais, ce qui est largement aussi important, ils ont montré que les lois de Newton s'appliquent dans les régions les plus reculées du système solaire. Aujourd'hui, les astronomes se servent des lois de Newton pour décrire les mouvements d'étoiles et même de galaxies très éloignées, ce qui démontre l'universalité de ces lois.

Les histoires d'Uranus et de Neptune sont mêlées depuis le tout début. Cette parenté ne se limite pas à l'histoire de leur découverte. En fait, Uranus et Neptune ont tant de similitudes qu'on les appelle parfois les "planètes jumelles". Qu'il s'agisse de leur dimension, leur masse, leur composition ou leur aspect, elles sont presque identiques.

Uranus est un peu plus grande que Neptune; mais, pour les standards terrestres ce sont de véritables géantes. Le diamètre d'Uranus est à peu près quatre fois celui de la Terre ! Bien que son diamètre soit un peu plus petit, Neptune est la plus massive, avec une masse d'environ 17 fois celle de la Terre.

Les études spectroscopiques montrent qu'Uranus et Neptune sont composées essentiellement d'hydrogène et d'hélium, avec de petites quantités de méthane et d'ammoniac. Neptune possède un peu plus de ces gaz lourds qu'Uranus, ce qui explique sa masse plus élevée en dépit de son plus faible diamètre. Toutes les deux ont un aspect remarquable au télescope. Elles se présentent sous l'aspect d'un disque verdâtre, dû en particulier à la présence de méthane dans leurs atmosphères. Cette couleur est frappante, parcequ'il n'y a pratiquement pas d'astres verts. On trouve quantité d'objets rouges, bleus ou jaunes, mais Uranus et Neptune détiennent le marché pour le vert.

Nous savons déjà que ces deux planètes sont éloignées du Soleil. Uranus réside 19 fois plus loin du Soleil que la Terre et Neptune à une distance une fois et demi plus grande. Ces grandes distances du Soleil expliquent leurs très basses températures, à environ  $-200^{\circ}\text{C}$  ! Paradoxalement, Neptune, la plus éloignée, est plus "chaude" qu'Uranus.

De même que, dans une famille, des jumeaux ont des personnalités différentes, nos planètes jumelles font également preuve de quelque individualité dans leur comportement.

Uranus a attiré sur elle les feux de la rampe en 1977 avec la découverte spectaculaire de ses anneaux. Un autre trait étonnant concerne son axe de rotation. Toutes les planètes tournent sur elles-mêmes autour d'un axe, tandis qu'elles se déplacent autour du Soleil. Sur Terre, nous tournons autour de notre axe une fois par jour et nous accomplis-

sons une révolution autour du Soleil une fois par an.

La plupart des planètes ont leur axe de rotation à peu près perpendiculaire au plan de leur orbite autour du Soleil. Par contre, l'axe de rotation d'Uranus est tellement incliné qu'il est presque contenu dans le plan de son orbite. Cela implique que le Soleil d'été sur Uranus passe à midi au zénith au pôle nord, mais monte à peine au-dessus de l'horizon à l'équateur - à peu près exactement à l'opposé de ce qui se passe sur des planètes "normales" comme la Terre.

Puisque nous parlons des axes de rotation, il convient de noter qu'il a été très difficile de déterminer les axes de rotation d'Uranus et de Neptune. L'une des raisons de cette difficulté est qu'il n'existe aucun détail marquant aisément observable à leur surface, comme la grande tache rouge de Jupiter.

Dans le cas d'Uranus, les chercheurs ont obtenu des périodes de rotation allant de 10 à 30 heures sans qu'on puisse décider quelle valeur est la bonne. Un travail récent, effectué à l'Université du Texas par Harlan Smith et D. Slavsky a établi que le jour sur Neptune dure 18 heures 26 minutes.

La caractéristique la plus étonnante de Neptune est sa température anormalement élevée. Elle résulte probablement de l'interaction avec l'un de ses deux satellites, Triton. Triton est à peu près deux fois plus gros que la Lune et c'est peut-être le plus gros satellite du système solaire. Non content de cet honneur, Triton contribue aussi aux "règles de la circulation" dans le système solaire. Pratiquement tous les satellites sont animés d'un mouvement de révolution autour de leur planète centrale dans le sens direct. Par contre, Triton tourne dans le sens opposé, ou sens rétrograde. Comme si ça ne suffisait pas, le rayon de l'orbite de Triton diminue lentement et, comme ce fut le cas pour Skylab, Triton est en train de se rapprocher de Neptune avec laquelle il entrera peut-être en collision !

La nature particulière et le mouvement étrange de Triton ont inspiré aux théoriciens un scénario qui explique pourquoi Neptune est plus chaude qu'Uranus. A cause de sa grande masse et de sa proximité de Neptune (il est plus près de Neptune que la Lune de la Terre) le satellite exerce un effet de marée intense sur la planète. On pense que ces forces de marée provoquent une friction à l'intérieur de Neptune. Comme on sait, des forces de friction provoquent de la chaleur. Les calculs montrent que la chaleur générée par de telles forces de friction suffirait à rendre compte de la température de Neptune. Cependant ce problème est loin d'être résolu.

Avec toutes ces particularités, Uranus et Neptune méritent plus de publicité ! Si elles ne sont pas plus célèbres, ne soyez pas trop surpris car, comme dit la grenouille Kermit, "ce n'est pas facile d'être vert".

David Slavsky

Note de la Rédaction: Cet article est reproduit avec l'aimable autorisation de la rédaction de Mc Donald Observatory News (cf. Cahiers Clairaut n°8). La traduction est de la Rédaction des Cahiers Clairaut.

+++++  
+ Lectures pour la marquise et pour ses amis +  
+++++

La Galaxie, l'univers extragalactique

===== Avec le troisième tome de  
l'Encyclopédie Scientifique de l'Univers, nous disposons  
d'un remarquable ensemble de références sur l'astronomie  
actuelle. Le tome 1, "La Terre, les eaux, l'atmosphère"  
a paru en 1978, le tome 2, "Les étoiles, le système solaire"  
en 1979 et voici le tome 3 "La Galaxie, l'univers extraga-  
lactique" (édition Gauthier-Villars, format 21/29,7 ; 286  
pages, 109 figures, cartonné). Le Bureau des Longitudes  
qui est maître d'oeuvre nous promet le tome 4, la Physique  
en 1981, le tome 5, la Géographie en 82, la révision du  
tome 1 en 83, etc.

On retrouve dans ce tome 3 les qualités des deux livres  
précédents : clarté, précision, richesse de la documentation  
et présentation irréprochable. Ici les textes sont sans  
doute plus difficiles en raison des sujets traités qui  
utilisent des connaissances de haut niveau. Mais on doit  
féliciter les auteurs d'avoir réussi à réunir une telle  
documentation et à la rendre utilisable. Analysons rapi-  
dement le sommaire, il donnera une idée de l'étendue des  
sujets abordés.

Première partie: le système galactique. Cinématique  
et dynamique statistique par Jean Delhaye et Marie-Odile  
Menessier. Amas et associations par Marie Lacoarret. La  
matière interstellaire par James Lequeux. La Galaxie par  
Yvon Georgelin.

Deuxième partie : l'univers extragalactique. Les gala-  
xies proches par Danièle Alloin. Galaxies actives et quasars  
par Suzanne Collin-Souffrin. Cosmologie observationnelle  
par Philippe Véron. Théorie de l'évolution de l'Univers  
par Henri Andriolat. L'origine des éléments chimiques par  
Jean Audouze.

Troisième partie : Astrophysique des hautes énergies.  
Astronomie du rayonnement par Thierry Montmerle. L'astro-  
nomie des rayons X par Sergio Ilovaïski.

Les auteurs sont des spécialistes français des

observatoires, de l'université ou du CNRS. En tête de chaque chapitre une photographie toujours bien choisie et qui bénéficie du grand format adopté. Mais ce n'est pas un livre d'images, c'est un ouvrage de documentation scientifique riche en tableaux de données, en graphiques. En fin de chaque chapitre, une abondante bibliographie.

Faute de pouvoir entrer ici dans les détails de tous les chapitres, je me contenterai de citer quelques trouvailles que j'ai faites (tant pis si elles témoignent aussi de mon ignorance !). Ainsi, je connaissais les amas globulaires et les amas ouverts, mais j'ignorais les associations découvertes par Ambartzumian en 1949 et les anneaux stellaires découverts par Isserstedt et Schmidt-Kaler sur les clichés en rouge de l'atlas Palomar.

Le vent solaire, j'en avais entendu parler mais je ne me doutais pas que les étoiles de masse supérieure à quinze fois celle du Soleil perdaient chaque année de la matière au taux de  $10^{-6}$  à  $10^{-5}$  masse solaire, l'éjectant à une vitesse pouvant atteindre 2000 km/s.

J'avais lu l'article de S. Collin-Souffrin sur les quasars dans le n° 7 des Cahiers Clairaut (oui, j'y suis abonné) ce qui m'a permis de tirer le plus grand profit de son article sur les galaxies actives.

Je n'ai pas encore eu le temps de lire à fond les chapitres sur la cosmologie et l'astrophysique des hautes énergies. Mais je vois immédiatement leur intérêt ou un de leurs intérêts : faire le point sur des sujets en plein mouvement. Ce sera drôlement intéressant de comparer ces chapitres avec ceux qui paraîtront dans cinq ans.

Remarque d'ailleurs valable pour toute l'Encyclopédie. Sa valeur est immédiate comme référence pour l'état de la science aujourd'hui. Sa valeur est historique pour fournir des documents à ceux qui s'intéresseront demain à l'évolution des idées et des connaissances.

Bref, on a déjà dit et justement dit qu'un tel ouvrage a sa place dans les bibliothèques des lycées et collèges. Il faut le répéter et plaindre les enseignants qui ne pourront souvent s'y reporter.

## Notre Univers

===== Texte de James Muirden, traduit et adapté par Marie Ange Sevin et revu par Jean Heidmann. Illustrations de Ron Jobson, Brian Pearce et Mike Saunders. 92 pages en couleurs, format 24/32 ; édition Hatier.

Une présentation attrayante où l'iconographie, qui est de qualité, joue le rôle principal. Certains schémas, par exemple celui qui donne les tailles respectives des planètes, sont très parlants (même si n'y figurent pas les anneaux d'Uranus et de Jupiter). Le chapitre sur l'homme dans l'espace, avec quelques propositions futuristes, enchante les jeunes lecteurs de 8 à 15 ans à qui est sans doute destiné l'ouvrage.

Celui-ci se termine par un glossaire de huit pages contenant des informations historiques et des définitions fort utiles. L'index final contribue également à donner à cet ouvrage d'aspect fort plaisant la qualité d'un bon ouvrage de culture pour les jeunes.

G.W.

## Dans les revues

=====

La Recherche. Juin 80 "Les trous noirs géants" par Brandon Carter et Jean-Pierre Luminet. "Hipparcos, une nouvelle base pour l'astrophysique" par Catherine Turon Lacarrieu.

Juillet-Aout. "Les mirages gravitationnels" par Marc Lachièze Rey et Jean Schneider.

Septembre. "Les noyaux de galaxies" par Jean-Luc Nieto. "Vénus, morne plaine" par Alain Dupas. "Embouteillages autour de Saturne" par André Brahic.

Pour la science. Juin 80. "La structure primitive de l'Univers" par John Barrow et Joseph Silk.

Aout 80. "L'origine des météorites ignées" par Harry Me Sween et Edward Stolper.

Septembre. "L'effet des marées dans le système solaire" par Anny Cazenave et André Brahic. "Les phénomènes astronomiques émetteurs de rayons gamma" par Martin Leventhal et Crawford Mac Callum.

## Glane

=====

"Il y a des gens qui prétendent que rien n'empêche de croire que, le ciel étant immobile, c'est la Terre qui tourne autour de son axe. Mais ces gens là ne sentent pas, à raison de ce qui se passe autour de nous, combien leur opinion est souverainement ridicule."

Ptolémée (l'Almageste, livre premier chapitre VI) ; cité et souligné par Baudelaire dans "Mon coeur mis à nu".

REALISATIONS D'UN CLUB D'ASTRONOMIE

Le club d'Astronomie du Collège de Schweighouse s/ Moder est abonné aux Cahiers Clairaut. Il nous écrit:

"Ci-joint un concours astronomie réalisé l'an dernier et tiré au photographe. Celui-ci a compté environ 110 participants (sur 380 élèves) et nous avons pu distribuer quelques lots grâce aux finances de la coopérative scolaire. Il a été entièrement réalisé par les membres du collège en s'appuyant sur les documents...

Ci-joint également une montre solaire "en kit" pensée par le club et vulgarisée en s'aidant de la montre du berger des Pyrénées décrite dans "Midi au Soleil" de Jean Fulcrand et Pierre Bourges. Elle nous a beaucoup étonnés par sa remarquable précision lorsqu'elle est parfaitement réalisée. Nous avons fabriqué et vendu 150 de ces montres au sein du collège, ce qui nous permet de constituer une petite bibliothèque du Club.

Nous avons construit la même montre en bois pour les membres du club en utilisant comme support des morceaux de manche à balai, le style étant lui-même en bois très fin.

Nous avons également en construction un ciel mobile entièrement en bois avec dans la caisse support du disque étoilé un système d'éclairage par ampoules. Les étoiles sont obtenues en perçant le disque de trous de différentes tailles remplis ensuite de cire à bougie ce qui nous donne les étoiles de différentes "grandeurs" et de couleurs variées.

Nous réalisons également des planétaires faciles à utiliser et avons en projet pour l'an prochain un grand planétaire avec fiches de bois pour les planètes ainsi qu'un cadran solaire pour le collège (réalisé en collaboration avec le professeur d'Education Manuelle)."

La rédaction des Cahiers Clairaut a eu beaucoup de plaisir à construire la montre solaire que le club lui a offerte. Elle a pensé que le texte du concours d'astronomie intéresserait ses lecteurs: il est donné dans les pages suivantes.

Le club existe depuis deux ans et son adresse est la suivante:

Club Astronomie du Collège  
Rue des Sports  
67590 SCHWEIGHOUSE S/ MODER



5-Précisez la phase de cette lune (dessin ci-dessous)



- premier quartier
- dernier quartier

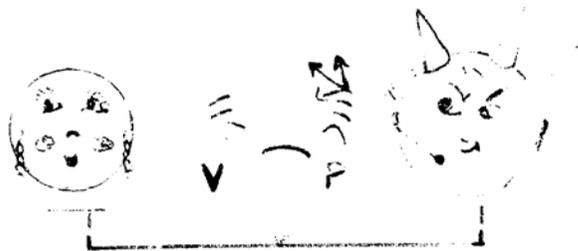
6-Les mers lunaires sont en fait des :

- Etendues d'eau salée
- Etendues d'eau douce
- Surfaces (plaines) poussiéreuses ou rocailleuses



7-Quelle est la plus grosse planète du Système Solaire après Jupiter ?

- Pluton
- Saturne
- Vénus
- Terre



8-Le Soleil est l'étoile la plus proche de la Terre .

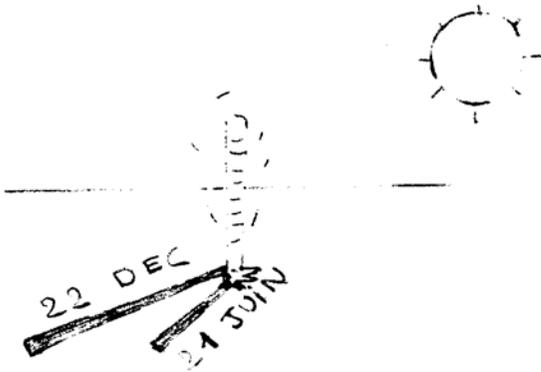
- Vrai
- Faux

9-Combien de jours le Soleil met-il pour faire un tour complet autour de la Terre ?

- 365 jours 1/4
- 31 jours
- 24 heures

( ne rien cocher si les 3 réponses s'avèrent fausses )

10-Le plus vieil instrument astronomique est tout simplement un bâton planté dans le sol. Il permettait de déterminer solstices et équinoxes. (croquis)



C'est un :

- gnomon
  - Cadran solaire
  - astrolabe
- (cf dictionnaire)

11-A la fin du IIIème millénaire avant J-C, 2 astronomes Hi et Ho auraient été condamnés à mort pour avoir négligé d'annoncer une éclipse du Soleil.

Ceci se passait :

- Au Japon
- En Chine
- En Afrique du Nord

12-Le Soleil appartient à un groupement d'étoiles (notre Galaxie appelée communément Voie Lactée groupant environ 200 milliards d'étoiles) et ayant la forme suivante. (vue par la tranche)

Il se situe :

- Sur le bord de la VL
- Au centre de la VL

13-Placer Soleil, Terre et Lune par leurs initiales dans les cercles lors de :

-Une éclipse solaire



-Une éclipse lunaire

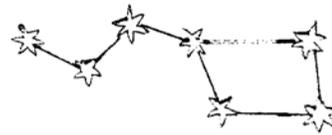


(les tailles des astres ne sont pas respectées)

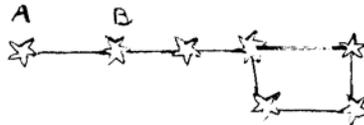
I4-Quelle est la forme réelle de la Grande Course?

1er croquis

2ème croquis



I5- Une étoile de la Grande Course est en fait double. Il s'agit de deux étoiles bien visibles (observer un soir par ciel clair).



C'est l'étoile  A  B

I6- Une de ces quatre affirmations concernant la Grande Course est fausse. Laquelle?

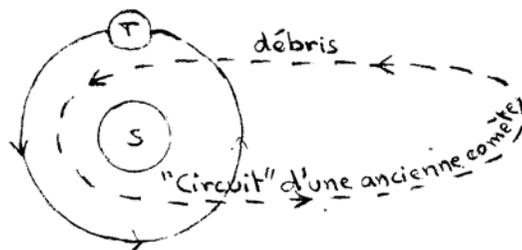
- Les Romains se représentaient les 7 étoiles formant le chariot comme 7 boeufs se déplaçant autour du pôle céleste.
- Les Arabes se représentaient un cercueil derrière lequel les 3 étoiles formant le timon marchaient comme des pleureuses.
- Les Grecs y voyaient 7 de leurs 9 Muses choisies pour figurer au ciel à cause de leur beauté.
- Elle représentait la princesse Callisto après sa transformation en ourse par Héra, épouse jalouse de Zeus.

I7- Nous recevons sur Terre un demi milliardième de la lumière (et donc de la chaleur) produite par le Soleil.

Au tarif EDF ceci représenterait une facture de

- 20000 dollars par seconde. (donné en francs x5)
- 20000 milliards de dollars par seconde. (donné en francs x5)

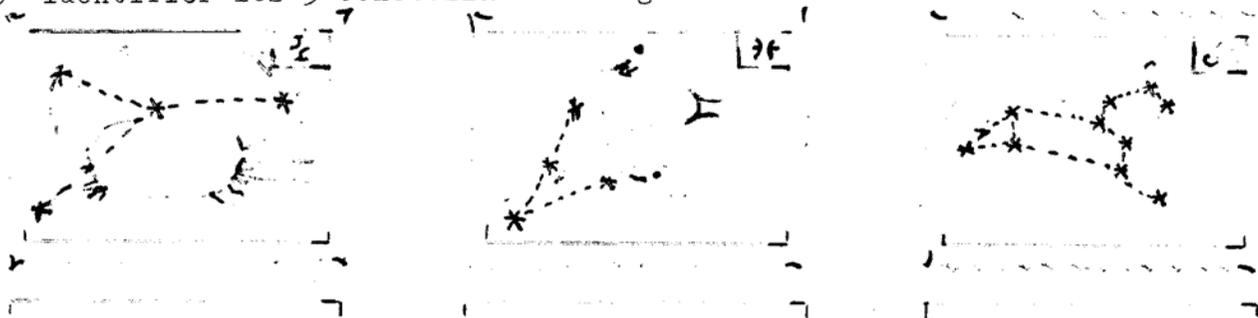
I8- Les étoiles filantes (souvent de fines particules pénétrant dans l'atmosphère et s'échauffant à cause de leur vitesse) sont fréquemment des débris de comètes pulvérisées croisant la Terre.



Vrai

Faux

19- Identifier les 3 constellations figurant sur ces timbres:



20- Le soleil fonctionne comme une bombe atomique à hydrogène et consomme chaque seconde 4,2 milliards de tonnes de ce gaz et s'amaigrit donc d'autant. Quand tout l'hydrogène sera consommé, il deviendra:

- une étoile géante rouge
- une étoile naine blanche très lourde (une cuillerée de matière pesant le poids de plusieurs milliers de locomotives)
- un gigantesque nuage de gaz après explosion

21- Donner les couleurs de Bételgeuse et Rigel, étoiles appartenant à la constellation d'Orion très visible le soir au sud-est en janvier février (et facilement repérable grâce à trois étoiles très brillantes et alignées). (colorier le cadre ou y porter la couleur)



22- La constellation (groupe d'étoiles dans le ciel) appelée "Machine Pneumatique"

- Existe réellement et est visible surtout de l'hémisphère sud.
- Est une simple invention de l'esprit.

23- En 1972, la sonde Pionier 10 a été lancée en direction de Jupiter qu'elle survola 21 mois plus tard. Depuis elle poursuit sa route qui la conduira hors de notre système solaire à une vitesse constante de 41400 km/h. Combien de temps mettrait-elle pour atteindre l'étoile la plus proche du soleil "Proxima Centauri" (visible dans le ciel austral) située à plus de 4 années lumière? (vitesse de la lumière: 300000 km/s)

- Plus de 100000 ans
- Plus de 10000 ans
- Plus de 100 ans

(cette question a été extraite du concours astronomie organisé en 1978 par les DNA)

24- Qu'observent les hommes sur cette tapisserie moyen-âgeuse? (scène figurant sur la célèbre tapisserie de Bayeux)



- un satellite artificiel.
- une comète
- un météorite (étoile filante)

25-Cette dernière question plus délicate...en principe...que les précédentes trouvera facilement réponse en allant consulter au CDI l'ouvrage "Encyclopédie universelle Bordas"(chapitre consacré au calendrier de la page II 129 à la page II 132.)

L'astronomie est à l'origine d'un événement très curieux et unique dans l'histoire de l'occident-survenu entre le 4 octobre et le 15 octobre 1582. Quel est cet événement dans lequel la papauté fut directement impliquée?

Bon courage et bonne chance.

Le club astronomie remercie les élèves ayant réalisé les affiches annonçant le concours ainsi que leur professeur de dessin. Il remercie de même "l'administration" du collège qui a encouragé la réalisation de ce concours et mis à sa disposition des moyens modernes de tirage.

oooooooooooooooooooo

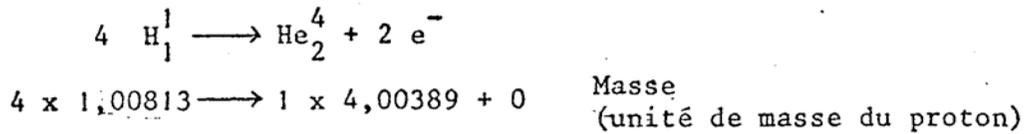
Rappelons à tous que le club astronomie est à la disposition de chacun, au collège, tous les lundis dès 16h45 pour une participation régulière mais aussi pour fournir tout renseignement... utile concernant le ciel et l'espace. De même, sous le préau, le club affiche les nouvelles astronomiques les plus importantes ainsi qu'un descriptif mensuel du ciel fourni par l'observatoire de Strasbourg.

oooooooooooooooooooo

Pour tout renseignement concernant le déroulement du concours, vous pouvez consulter Carmona Christophe(4eme c)-Dollinger Michelle(6eme a)-Sibler Jean-Luc(5eme b).

ENERGIE SOLAIRE ET DUREE DE VIE DU SOLEIL

L'énergie solaire est produite par la transmutation exothermique de l'hydrogène en hélium, suivant la réaction nucléaire globale:



1. Cette réaction s'accompagne d'une perte de masse  $\Delta m$ , transformée en énergie  $E$  selon la relation d'Einstein. Calculer la production d'énergie solaire correspondant à la transmutation d'un kg. d'hydrogène, sachant que la vitesse de la lumière est  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.
2. Le Soleil envoie une quantité d'énergie  $C = 1360 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s}$  à la surface de la Terre. Sachant que le noyau solaire contient environ  $2 \cdot 10^{29}$  kg d'hydrogène, calculer la durée de vie du Soleil (distance Terre-Soleil =  $1,496 \cdot 10^{11}$  m).

Remarque : La transmutation de l'hydrogène en hélium ne peut se faire que dans certaines conditions de température et de pression, atteintes dans le noyau des étoiles.

SOLUTION :

1. La perte de masse est de  $4 \times 1,00813 - 4,00389 = 0,02863$  unités, soit une perte relative de:  $0,02863/4,03 = 0,0071 = \Delta m/m$ . Un kilogramme d'hydrogène transmuté en hélium conduit donc à une perte de masse:  
 $\Delta m = 0,0071 \text{ kg}$ . L'énergie produite  $E = \Delta m \cdot c^2$  est égale à:  
 $E = 0,0071 \times 9 \cdot 10^{16} = 6,4 \cdot 10^{14} \text{ J}$ .
  - 2.- L'énergie totale  $E_0$  que rayonne le Soleil dans l'espace est égale à :  $C \cdot 4\pi d^2$ , où  $d$  est la distance Terre-Soleil.  
 $E_0 = 1360 \times 4\pi \times (1,496 \cdot 10^{11})^2 \approx 3,8 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$ .  
Donc, à chaque seconde, une masse  $M$  d'hydrogène est transmutée, telle que:  $M = 3,8 \cdot 10^{26} / 6,4 \cdot 10^{14} = 6 \cdot 10^{11} \text{ kg}$ .  
(soit 600 millions de tonnes, dont  $0,0071 \times 6 \cdot 10^{11} = 4,5$  millions de tonnes sont transformées en énergie).
- La durée de vie du Soleil est égale à:  
 $2 \cdot 10^{29} / 6 \cdot 10^{11} \approx 333 \cdot 10^{15}$  secondes, soit 10,6 Milliards d'années.

COURRIER DES LECTEURS

Dans cette rubrique, nous faisons écho à toute remarque ou question posée par un lecteur. Ou bien nous essayons d'y répondre nous-mêmes, ou bien nous sollicitons l'aide d'autres lecteurs. Ecrire au responsable de la rubrique Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 St-Cloud.

Un concours "Micrométéorites"

===== La MJC de Wittelsheim par sa section astronomie, ouvre un concours scolaire sur les micrométéorites. Concours ouvert à toutes les classes du primaire et des collèges du Haut-Rhin et du Bas-Rhin, à partir du 1<sup>er</sup> novembre 1980 sur une période de 5 ou 6 semaines. Renseignements et inscriptions à adresser avant le 26 octobre à la MJC, Maison-pour-tous, 110 route de Reiningue, 68310 WITTELSHEIM. Le concours consistera à récolter des micrométéorites afin d'étudier par statistique leur flux au niveau du sol au cours des jours successifs. Travail mené parallèlement à celui d'une "commission régionale des météores et micrométéorites" organisée par des astronomes amateurs de la région.

Les Cahiers Clairaut sont heureux de faire écho à cette initiative et souhaitent que de nombreux Collègues d'Alsace puissent y participer.

Un concours interscolaire astronomique

===== Jean-Louis Pala, professeur de mathématiques à Cannes, a fondé avec son épouse qui enseigne le français un club scolaire Cosmolys. Tous deux son animateurs du GAPRA qui organise depuis trois ans chaque année, un concours challenge d'astronomie entre les divers CES des Alpes-Maritimes. Les 60 questions proposées aux concurrents ont été mises au point avec l'aide de M. Paul Muller de l'Observatoire du CERGA.

Les Collègues intéressés par ce questionnaire peuvent se le procurer en écrivant au GAPRA, 18 bd Chancel, 06600 ANTIBES et en joignant 5 F.

L'heure d'été

=====  
Notre Collègue Roger Moureaux, professeur à  
Oyonnax nous demande où retrouver les dates des changements  
d'heure au cours des dernières années. Il trouvera tous  
les renseignements dans les Ephémérides 1980 du Bureau des  
Longitudes, p.44 . On y apprend que l'innovation de cette  
heure d'été date de 1916, qu'elle est en grande partie  
responsable du décalage de 2 heures pendant la période de  
l'occupation, et que depuis 1976, nous retrouvons ces 2  
heures pendant six mois. On prétend officiellement que  
l'heure d'été fait faire des économies d'énergie. Est-ce  
bien sûr ? Tient-on compte des inconvénients de cet  
important décalage en particulier dans l'Ouest du pays ?

A propos de Mizar

=====  
Dans son article sur Mizar, Alexis Turailac  
demandait sur quels textes s'appuyaient Sagot et Texereau  
pour dire dans la Revue des Constellations que Galilée  
aurait dédoublé Mizar en 1620. Robert Sagot nous répond  
fort obligeamment :

"Jusqu'à une époque récente, tout le monde s'accordait  
pour attribuer la priorité de la découverte à Riccioli :

1) Camille Flammarion dans "Les étoiles et curiosités du  
ciel", 1882, p 106 : "Mizar est la plus ancienne étoile  
double découverte au télescope ; elle a été signalée par  
Riccioli dès l'année 1650..."

2) Charles André dans "Traité d'astronomie stellaire", 1900  
tome II, p.103 : "C'est probablement la première étoile qui  
ait été reconnue double ; cette découverte a été faite en  
1650 par Riccioli..."

3) Thomas Lewis, dans "Measures of the double stars.."1906,  
p.359 : "It was noted by Riccioli about 1650 and is generally  
considered to be the first double star discovered."

4) Paul Baize dans L'Astronomie, juin 1939, p.241 :

"Lorsque Riccioli découvrit la duplicité de Mizar en 1650,  
il ne se doutait pas de l'importance que devait prendre  
l'étude des étoiles doubles dans l'astronomie moderne."

Affirmations unanimes ! Mais l'année suivante, dans

L'Astronomie de juin 1940, p.130, on lit cette nouvelle : "M.Umberto FEDELE nous adresse le texte latin d'une note de Galilée trouvée dans Edizione Nazionale delle Opere de Galilée (vol III, partie 2, p.877) qui montre que ce n'est pas Riccioli qui a, le premier, reconnu la duplicité de Mizar mais bien Galilée vers 1620." C'est en m'appuyant sur cette information que j'ai ajouté dans la Revue des Constellations l'alternative "ou Galilée dès 1620".

Il pouvait paraître audacieux de corriger de 30 ans la date habituellement admise. En réalité j'étais plutôt timide. En mai 1957, Paul Baize dans L'Astronomie, p.207, fait la mise au point suivante : "On a longtemps écrit que Riccioli avait été en 1650 l'auteur de cette découverte. En fait, la séparation de Mizar a été effectuée dès 1611 par Galilée (Oeuvres, III, partie 2, p.877)."

Chateaubriand, Vénus et la Lune

===== Faisons d'abord amende honorable.

Dans le Cahier 9, nous avons voulu nous moquer de Chateaubriand qui aurait vu Vénus se lever le soir. Mais en tapant à la machine, nous avons écrit Lune là où il aurait fallu lire Vénus. Quand on veut se moquer des autres, il faudrait au moins savoir de quoi on parle !

Notre Collègue Maurice Paumier nous écrit que Chateaubriand en a écrit d'autres, des sottises astronomiques. Il nous cite le dernier paragraphe des Mémoires d'Outre Tombe. Le 16 novembre 1841, à six heures du matin, de sa fenêtre donnant à l'Ouest le grand écrivain aurait vu "la Lune pâle et élargie s'abaissant sur la flèche des Invalides..." M.Paumier a vérifié que, cette année là, la Lune était nouvelle le 13 donc non visible le 16 à six heures du matin.

Dans L'Astronomie de février 1951, p.77, André Danjon avait déjà relevé ce passage, mais il donnait une autre interprétation. Le manuscrit des Mémoires est malheureusement perdu. Un copiste n'a-t-il pas écrit 16 là où Chateaubriand aurait écrit 1<sup>er</sup>. Vérification faite, le 1<sup>er</sup> la Lune ne se couchait qu'à 9 h 42 et il y avait des éclaircies alors que le 16 le ciel était couvert. L'astronomie au secours de la critique des textes !

FORMATION CONTINUE DES MAITRES DE SCIENCES PHYSIQUES

ASTRONOMIE

Le service de la Formation Continue des Maîtres de Sciences Physiques de l'Université de Paris-Sud, placé sous la direction de G. Soussan, organise du 17 décembre 1980 au 4 février 1981 un stage d'Astronomie.

OBJECTIF

Ce stage est non seulement en relation avec les nouveaux programmes des classes de 4<sup>ème</sup> et de 1<sup>o</sup> AB, mais a pour but également de montrer comment des exemples d'objets astronomiques peuvent servir à illustrer certaines notions de physique fondamentale.

DEROULEMENT ET PROGRAMME

Le stage se déroulera au Centre Scientifique d'Orsay (station R.E.R. : Orsay) pendant 6 séances de 3 heures, à raison d'une séance par semaine, le mercredi après-midi de 14 h à 17 h.

Il débutera le mercredi 17 décembre 1980 et se terminera le mercredi 4 février 1981. Les trois premières séances se feront essentiellement par groupe d'une dizaine sur un thème défini. Elles seront consacrées à des travaux sur documents astronomiques, qui illustreront différents thèmes dont le mouvement des astres, l'analyse de leur rayonnement. Un complément scientifique sera donné en introduction aux activités des groupes de travail.

Les deux séances suivantes seront consacrées à la réalisation d'un projet choisi parmi : construction d'un cadran solaire, d'une carte céleste, d'un spectroscopie, d'un planétaire. Ces travaux pratiques nécessitent peu de matériel et peuvent facilement être réalisés avec une classe ou un club.

Le stage se terminera par un bilan général au cours duquel les différents groupes de travail et ateliers échangeront leurs expériences, et par une étude critique du matériel pédagogique.

Chaque groupe sera encadré par un enseignant universitaire astronome.

MOYENS MATERIELS

Tous les participants recevront une documentation sur l'ensemble des thèmes ainsi qu'une bibliographie. Ils auront accès à une bibliothèque d'Astronomie, à un petit atelier de mécanique, à un laboratoire photographique et à divers instruments d'observations.

INSCRIPTIONS

Les demandes d'inscription à ce stage, ou de renseignements, sont à adresser à :

Mademoiselle L. GOUGUENHEIM

Université de Paris-Sud

Centre Scientifique d'Orsay

Laboratoire d'Astronomie

Bâtiment 426

91405 ORSAY CEDEX

ÉCLIPSE DE LUNE PAR LA PÉNOMBRE; 1er MARS 1980.

. Collège Château Forbin, Marseille.

Dans le courant de Janvier 1980, les élèves du club d'astronomie du collège (des 5èmes, 4èmes et 3èmes) me demandèrent si nous pourrions observer l'éclipse du 1er Mars. Ils connaissaient assez bien le mécanisme des éclipses, mais le mot "pénombre" leur posait un problème: que verrions-nous? où et comment déceler un phénomène aussi léger?

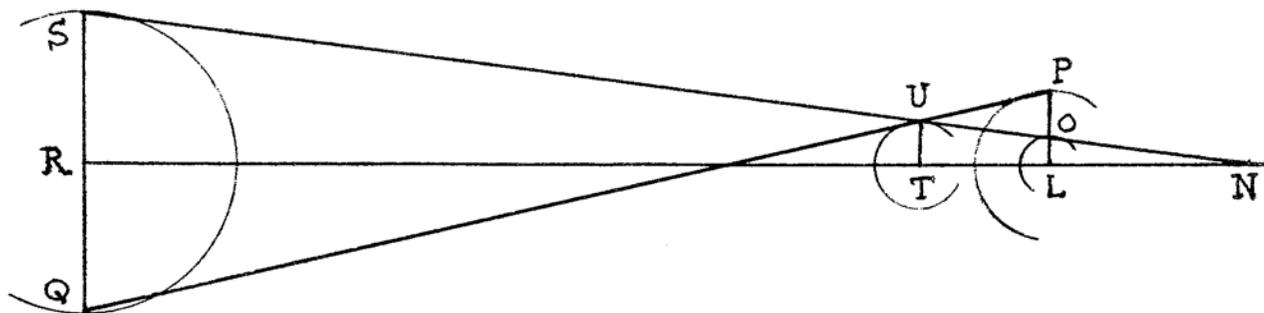
Je leur proposai de chercher des réponses dans les Éphémérides publiées pour la S.A.F. par Gauthier-Villars et préparées par le Bureau des Longitudes.

Les éléments trouvés en parcourant cet ouvrage apportèrent d'autres questions; de la visibilité à l'oeil nu puis aux instruments, on passa aux problèmes de dimensions, et enfin à ceux de la photographie.

En relatant le cheminement de ce travail, nous allons montrer ce que des adolescents ont su faire en partant d'un ouvrage aussi rébarbatif (apparemment !) que les Éphémérides.

APPROCHE GÉOMÉTRIQUE:

Le croquis ci-dessous sert de point de départ à la majorité des calculs; ces derniers sont restés élémentaires puisqu'au club l'effectif est composé du seul premier cycle.



RS: rayon du Soleil; QS: diamètre du Soleil; TU: rayon de la Terre; LO: rayon de l'ombre; LP: rayon de la pénombre; RT: distance de la Terre au Soleil; TL: distance de la Terre à la Lune; TN: longueur du cône d'ombre de la Terre. Comme d'habitude, les proportions ne peuvent pas être respectées; les angles aigus sont en réalité très petits.

La Lune n'est pas représentée sur ce croquis; elle se trouve quelque part dans le plan indiqué par PL.

Les numéros de pages sont, bien entendu, ceux des Ephémérides; les heures sont indiquées en T.U.

Page 218: 1er Mars; pénombre; visible de Paris; entrée dans la pénombre: 18h 46mn; maximum: 20h 45; sortie: 22h 44; grandeur de l'éclipse: 0,654.

Première question: la pénombre entamera-t-elle le nord ou le sud de la Lune? En cherchant les coordonnées du Soleil au moment de l'éclipse, il est simple de trouver les coordonnées du centre de l'ombre, à l'opposé du Soleil. En comparant ce point et le centre de la Lune au même moment, nous obtenons une première indication.

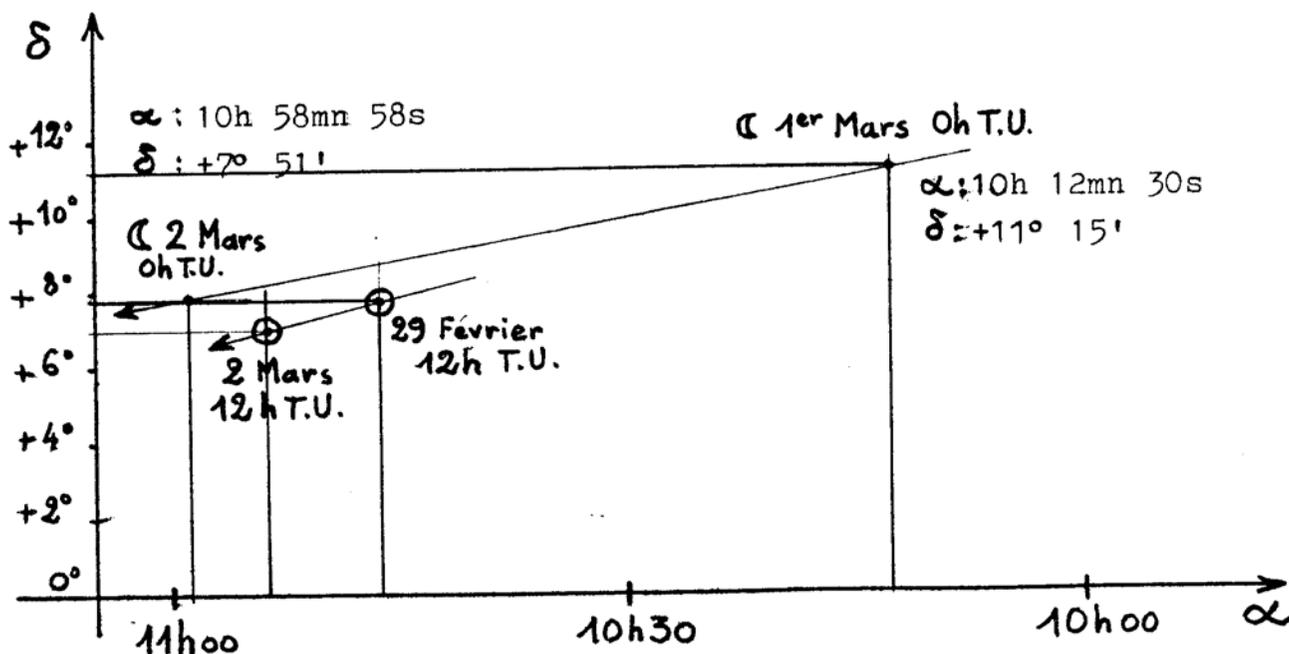
Pages 84 et 86: positions du Soleil à 12h T.U. :

29 Février: 22h 46mn 22s et  $-7^{\circ} 48'$

1er Mars : 22h 50mn 07s et  $-7^{\circ} 25'$

2 Mars : 22h 53mn 51s et  $-7^{\circ} 02'$

Les ascensions droites du point central de l'ombre sont donc les mêmes moins 12 heures; les déclinaisons sont les mêmes, mais positives; les trajectoires apparentes, ramenées localement à des droites pour simplifier, apparaissent ainsi:



La Lune passe donc au nord du point anti-solaire; la pénombre mordra le sud du disque lunaire. Les positions de notre satellite, à 0h T.U. , se trouvent à la page 87.

Un tel résultat poussa les élèves à rechercher plus de détails et, en particulier, ceux-ci voulurent prévoir les dif-

férentes configurations du phénomène, tout en sachant que seule la période entourant le maximum donnerait une chance de déceler un assombrissement.

Il nous manquait les diamètres (réels et apparents) des astres, ainsi que les distances (RT, TL, TN) pour arriver à dessiner LO et LP ainsi que la Lune aux différents moments de l'éclipse.

Notons, au passage, que ces renseignements se trouvent dans de nombreux ouvrages; le "Que sais-je?" n° 940 de Paul Couderc sur les éclipses, d'une lecture aisée, est très enrichissant. Comme nous avons décidé de nous en tenir aux Ephémérides, le groupe se mit donc aux calculs.

DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES:

Page 87: lever de la Lune à Paris: 17h 19mn. Le phénomène commence à 18h 46mn et de plus Marseille se trouve à l'est de la capitale; pas de problème de visibilité donc, si la météo reste favorable.

Page 46: rayon équatorial de la Terre:

$$TU = 6378,14 \text{ km}$$

Page 52: diamètre de la Lune: 0,272 par rapport à  $\odot = 1$ .

" du Soleil: 109 " "

A la page 168, le rapport pour la Lune est donné avec une décimale de plus: 0,2725.

Page 87: parallaxe de la Lune (c'est à dire demi-diamètre de la Terre vu de notre satellite):

1er Mars à 0h: 54' 14"

2 Mars à 0h: 54' 04" .

Page 165: observations physiques du Soleil:

	1/2 diamètre du $\odot$ à 12h	distance $\odot$ à 0h
26 Février	16' 10",82	14 810 . 10 <sup>4</sup>
5 Mars	16' 08",91	14 839 . 10 <sup>4</sup>

CALCULS:

1°)  $RS = 6378,14 \cdot 109 = \underline{695\ 218 \text{ km.}}$

2°) puisque 8 jours s'écoulent du 26 Février au 5 Mars (à 0h), le 1er Mars à 20h 45 (soit 20,75 heures) il se sera écoulé:

$$4 \text{ jours} + \frac{20,75}{24} = 4,8645833 \text{ jours ;}$$

La distance de la Terre au Soleil vaudra:

$$14\ 810.10^4 + \frac{(14\ 839.10^4 - 14\ 810.10^4) 4,8645833}{8}$$

d'où:  $\underline{RT} = \underline{14\ 827,634.10^4 \text{ km.}}$

3°) dans les triangles rectangles NRS et NTU, nous écrivons:

$$\frac{RS}{RN} = \frac{TU}{TN} \text{ d'où: } \frac{RS}{RT+TN} = \frac{TU}{TN} \text{ puis: } TN = \frac{TU \cdot RT}{RS - TU}$$

L'application numérique aboutit à:

$$\underline{TN} = \underline{1\ 372\ 929 \text{ km.}}$$

4°) des données de la page 87, tirons la parallaxe de la Lune le 1er Mars à 20h 45mn:

$$54' 14'' - \frac{(54' 14'' - 54' 04'') \cdot 21,75}{24} = 54' 4'',9;$$

cet angle représente la valeur de  $\widehat{ULT}$ ; or:  $\frac{TU}{\widehat{ULT}} = TL$ .

L'application numérique donne alors:

$$\underline{TL} = \underline{405\ 393 \text{ km}}$$

5°) par un raisonnement identique au 3°), nous écrivons dans les triangles NTU et NLO:

$$\frac{TU}{TN} = \frac{LO}{LN} \text{ d'où: } LO = \frac{TU \cdot LN}{TN}; \text{ comme } LN = TN - TL,$$

$$LO = \frac{TU \cdot (TN - TL)}{TN}$$

$$\underline{LO} = \underline{4\ 495 \text{ km}}$$

6°) puisque les angles aigus sont très petits, nous pouvons étendre le même calcul aux triangles OPU et RSU;

$$\frac{OP}{TL} = \frac{OS}{RT} \text{ d'où: } OP = \frac{2RS \cdot TL}{RT}$$

$$\underline{OP} = \underline{3\ 802 \text{ km}}$$

Nous possédions donc toutes les valeurs recherchées, sauf le rayon de la Lune:

$$6\ 378,14 \times 0,2725 = 1\ 738 \text{ km.}$$

Nous pouvons donc tracer le dessin prévisionnel de l'éclipse. Les arcs parcourus par le centre de la Lune et par le centre de l'ombre étant très courts, nous les avons assimilés à des segments de droites; de même, nous avons continué à utiliser la règle de 3 pour trouver les positions intermédiaires.

Képler ne serait pas très content, mais c'est en connaissance de cause que les adolescents ont effectué ces approximations.

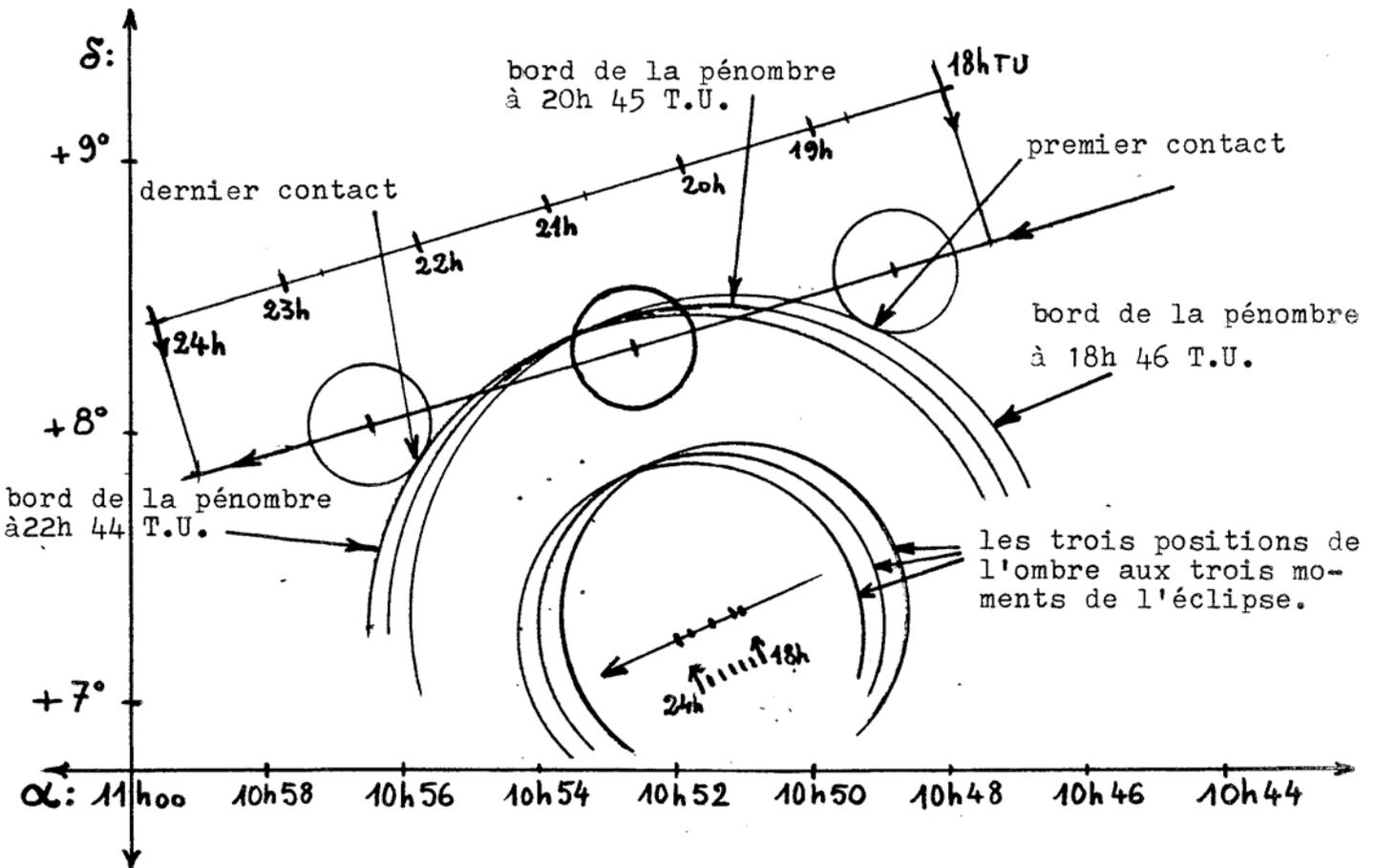
Ainsi, à 18h T.U., la position de la Lune devient:

$$\alpha = 10h 12mn 30s + \frac{(10h 58mn 58s - 10h 12mn 30s) \times 18}{24} = 10h47mn21s$$

$$\text{et } \delta = 11^\circ 15' - \frac{(11^\circ 15' - 7^\circ 51') \times 18}{24} = 8^\circ 42'$$

Par le même calcul, les positions du centre de l'ombre à 18h et à 24h T.U. deviennent:

	$\alpha$	$\delta$
1er Mars 18h T.U.	10h 51mn 03s	7° 19' 15"
1er Mars 24h T.U.	10h 51mn 59s	7° 13' 30"



Pour trouver l'échelle du graphique, le calcul suivant fut réalisé: puisque la parallaxe de la Lune a été calculée au moment de l'éclipse, la parallaxe de la Terre vaut:

$$54' 5'' \times 0,2725 = 14' 44'',25 ; \text{ ce rayon angulaire de la}$$

Lune, rapporté aux déclinaisons sur le graphique, correspond aux 1738 km du rayon réel. Cette manière de faire peut s'adapter au tracé de n'importe quelle phase du phénomène grâce aux échelles de temps reportées près des trajectoires.

PHOTOGRAPHIE:

Grâce à un petit télescope de 115mm d'ouverture, nous avons photographié l'éclipse. L'image du foyer primaire était agrandie par un oculaire Clavé de 16mm et mesurait 18mm sur la pellicule; cette dernière était une Ektachrome 400 et les meilleurs clichés furent pris au 1/60ème et au 1/125ème de s.

L'image ci-dessous est un tirage négatif d'une des diapositives; la diapo a été placée dans l'agrandisseur comme un négatif. Ainsi, le résultat présente un contraste beaucoup plus marqué que sur la diapo; l'observation visuelle et à l'aide de jumelles ne donnait pas une impression aussi nette .

On a tracé de part et d'autre du cliché les limites perceptibles de la pénombre ( le sud est en bas ) par comparaison avec un tirage semblable mais pris lors d'une Pleine Lune normale.



