Bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes

Les Cahiers Clairaut

numéro 114 - ETE 2006

ISSN 0758-234X

Comité de liaison enseignants astronomes

Le **CLEA**, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, est une association déclarée à but non lucratif (loi de 1901), fondée en 1977. Elle réunit des enseignants et des astronomes professionnels qui veulent ensemble promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement et dans les organismes de culture populaire.

Le **CLEA** organise des stages nationaux (écoles d'été) et régionaux. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège et du lycée et, de manière générale, à tous les formateurs. On s'efforce d'y conjuguer information théorique et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et recherche du meilleur usage de ces matériels, etc.). Le **CLEA** favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes, hors de toute contrainte hiérarchique.

L'organe de liaison du **CLEA**, les **CAHIERS CLAIRAUT**, est une revue trimestrielle. On y trouve des articles de fond (astrophysique, histoire, philosophie, enseignement…), des comptes rendus d'expériences pédagogiques, des notes critiques de livres récents, des innovations en matière d'activités pratiques.

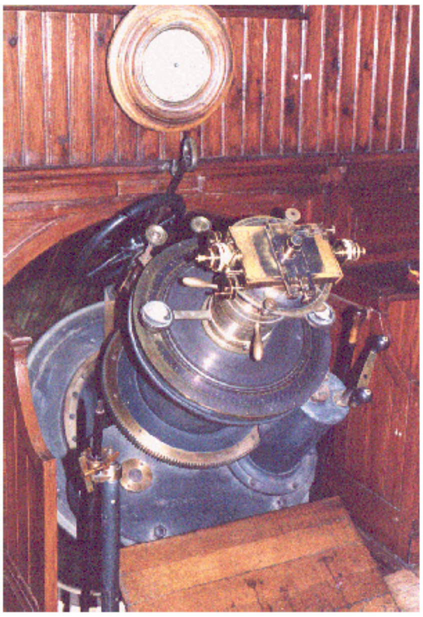
Le **CLEA** a mis en place une liste de diffusion afin de permettre des échanges rapides entre les abonnés. L'adresse est la suivante : C-L-E-A@yahoogroupes.fr

Bureau du CLEA pour 2006

Présidents d'honneurs : Lucienne Gouguenheim, Jean-Claude Pecker, Evry Schatzman
Président : Georges Paturel
Trésorier : Jean Ripert
Trésorier Adjoint : Jacky Dupré
Rédacteur des Cahiers : Georges Paturel
Secrétaire : Lucette Mayer
Secrétaire Adjoint : Eric Josselin
Responsable du site web : Francis Berthomieu

Rédacteurs Adjoints des Cahiers Clairaut
Daniel Bardin, Francis Berthomieu, Michel Bobin, Pierre Causeret, Frédéric Dahringer,
Charles-Henri Eyraud,
Marie-Agnès Lahellec,
Christian Larcher, Chantal Petit, Jean Ripert, Jean-Noël Terry, Daniel Toussaint

Associés de rédaction
Lucette Bottinelli, Jacky Dupré, Jean-Luc Fouquet,
Michèle Gerbaldi
Lucienne Gouguenheim,
Colette Le Lay, Lucette Mayer
Philippe Merlin, Josée Sert



A PROPOS DE LA COUVERTURE

Lunette coudée de l'observatoire de Lyon.

Cette lunette, fabriquée par les établissements Gautier de Paris, a été mise en service en 1887. Elle a un objectif constitué d'une lentille de 35 cm de diamètre (diaphragmée à 32 cm) et de 7,80 m de distance focale. Cet instrument est unique. Parmi les six autres instruments semblables, il est le seul encore utilisable dans son état d'origine. La caractéristique principale d'une telle lunette est que, par un jeu de miroirs plans, l'image se forme toujours au même endroit (photo ci-contre), dans un local situé au sommet du bâtiment. C'est de ce local d'observation que s'effectuent toutes les opérations de pointage, à l'aide de commandes mécaniques. L'entraînement est assuré par un mécanisme d'horlogerie à poids.

G. Paturel

Photographies : Ph. Merlin

Les Cahiers Clairaut
Été 2006 n° 114

EDITORIAL

Tout évolue, les étoiles comme les hommes. Nul doute que le monde change. Avec l'arrivée d'Internet et les nombreuses revues d'astronomie qui existent en France comme à l'étranger, il fallait s'interroger sur l'évolution possible des Cahiers Clairaut. De cette réflexion il est ressorti que nous devions nous recentrer sur notre spécificité : l'enseignement. Certes, Internet regorge d'information. Mais, comme le soulignait notre trésorier Jean Ripert, l'information n'est pas la formation. Nous devons participer à la formation des enseignants, et en particulier des "commençants" comme disait Clairaut. La meilleure formation est celle que l'on se fabrique soi-même. Apprendre à réfléchir sur la nature des choses ("De Natura Rerum") est aussi important que d'apprendre les choses de la Nature. Une bonne question n'est-elle pas plus importante qu'une bonne réponse ?

La Rédaction
patu@obs.univ-lyon1.fr

COURS

Cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique : X- Les étoiles meurent aussi

Georges Paturel, Observatoire de Lyon

Résumé: *Encore un cours court ! Nous avons vu dans le dernier cours que les étoiles évoluaient. Nous allons voir dans ce cours-ci que les étoiles meurent aussi en donnant naissance à des objets fascinants : les pulsars, les supernovae, les trous noirs.*

Introduction

Dans le cours précédent, nous avons vu que les étoiles évoluent en transformant leur matière originelle, afin de produire de l'énergie. Nous avons compris comment les astronomes suivent cette évolution à l'aide du diagramme de Hertzsprung et Russel (dit diagramme HR). L'hydrogène se transforme en hélium, l'hélium peut se transformer en carbone, le carbone en oxygène, etc. Mais jusqu'où va se poursuivre cette transformation ? Ce processus permet-il de produire de l'énergie indéfiniment ? Comment va-t-il s'arrêter et comment les étoiles cesseront-elles de briller ? Voilà bien des questions auxquelles nous ne pourrions pas répondre sans le secours de la physique.

Pendant une durée de vie humaine, nous ne pouvons pas percevoir l'évolution complète pour une même étoile, de sa naissance à sa mort. Cependant, en observant des étoiles diverses, à différents stades de leur évolution il est possible de reconstituer le cheminement complet d'une étoile, de sa naissance à sa mort.

C'est un peu comme si un extraterrestre venait observer les humains que nous sommes pendant une heure. Il verrait des bébés naître, il verrait des enfants, des adolescents, des hommes d'âge mûr, des vieillards. Il pourrait, en s'aidant de sa logique et de sa connaissance de la matière vivante, reconstituer la vie typique d'un individu. Il pourrait commettre des erreurs en imaginant une phase "chien". Mais il pourrait comprendre les grandes lignes de notre évolution individuelle.

La mort d'une étoile

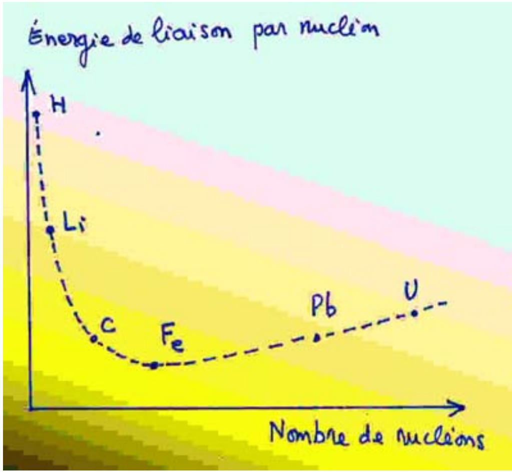
Reste maintenant à aborder la partie la plus dramatique : la mort de l'étoile. Il y a plusieurs scénarios possibles, selon la masse de l'étoile.

Les plus petites étoiles s'éteindront lentement après avoir, dans un ultime sursaut de contraction centrale, soufflé les régions externes pour former les nébuleuses planétaires. Le centre continuera son effondrement jusqu'au stade de refroidissement ultime, sans pouvoir allumer de réactions nucléaires d'un ordre supérieur, faute de masse suffisante pour fournir la pression nécessaire. Ces objets froids iront mourir dans le cimetière des **naines blanches**, froides et peu lumineuses. C'est le retour à la case départ, dans le bas droit du diagramme HR.

Les étoiles les plus massives pourront allumer la fusion du carbone central en silicium (avec formation, au passage de néon et d'encore plus d'oxygène). Les cycles deviennent très courts. Le stade ultime de la fusion est celui qui forme du fer. En effet, au-delà, le processus ne fournit plus d'énergie, mais en consomme. On ne peut pas former des éléments plus lourds que le fer par le processus de fusion simple.

La limite du fer

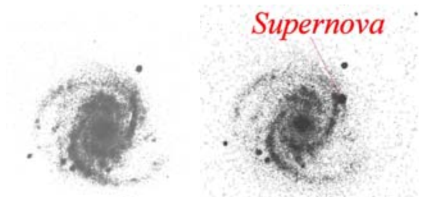
Regardez, c'est le graphique ci-dessous qui nous l'explique. Si on trace l'énergie qui lie une particule (proton ou neutron - ce qu'on appelle les nucléons) au noyau atomique en fonction du nombre total de particules de ce noyau, on constate qu'il y a un minimum situé au voisinage du fer (Fe).



On obtient donc de l'énergie soit fusionnant des noyaux légers (ex.: Hydrogène) soit en cassant des noyaux lourds (ex.: Uranium). La seconde solution est plus facile (c'est la fission), mais le gain en énergie est moindre. Ça se voit sur la courbe. C'est ce qu'on réalise avec les bombes dites "atomiques" ou plus couramment avec les centrales nucléaires. L'autre solution (la fusion) est beaucoup plus difficile mais beaucoup plus énergétique. Mais comment faire pour faire fusionner des noyaux qui se repoussent ? La solution est de leur communiquer des vitesses énormes en augmentant la température. Or pour l'instant on ne sait le faire qu'à partir du premier processus (fission) et sans être capable de contrôler la réaction. C'est ce qui a donné les bombes thermonucléaires, amorcées par des bombes "atomiques". Les chercheurs essayent bien de maîtriser ce second mécanisme mais ça ne marche pas encore. Le jour où ce sera possible, l'énergie, pour les hommes et à leur échelle, sera quasiment illimitée. C'est ce que fait le Soleil. Mais lui a eu l'avantage de sa masse. L'énergie de sa contraction initiale a été suffisante pour amorcer le processus de fusion.

Dans la phase de fusion extrême, l'énergie produite et la vitesse de production sont telles que le phénomène est "explosif". Une telle explosion constitue une **Supernova**. L'étoile devient extrêmement lumineuse pendant quelques jours. La matière constitutive est éparpillée dans l'espace. Seul un cœur très dense subsiste.

Lors d'une telle explosion, il y a une grande surabondance d'énergie libérée et une partie peut servir à former des éléments plus lourds que le fer : par exemple, du plomb, de l'or, de l'uranium.



Avant, après...

Il est amusant de penser que, si vous possédez de l'or, ou même du plomb, cette matière s'est presque exclusivement formée lors d'une explosion de supernova. Avouez que vous regardez votre alliance (ou votre batterie) avec plus de respect.

Pulsars et troublants trous noirs

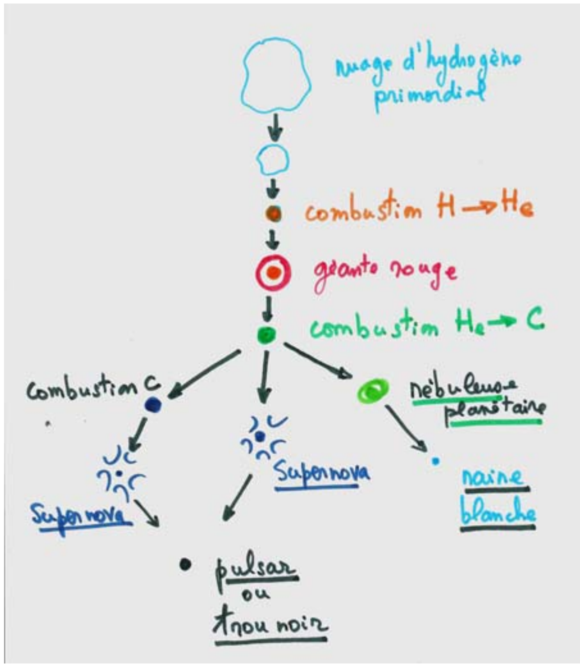
Après l'explosion, le cœur se concentre jusqu'à atteindre une masse volumique inimaginable, jusqu'à un milliard de tonnes par centimètre cube. Pendant cette contraction la vitesse de rotation augmente, parfois jusqu'à un tour en une milliseconde. Cette augmentation de la vitesse de rotation lors d'une contraction est une loi de la physique, la loi de conservation du moment angulaire. Les patineurs l'utilisent lorsqu'ils serrent les bras le long du corps pour tourner plus rapidement. Ces astres en rotation rapide sont des **pulsars**. À cause du champ magnétique très intense qui règne à leur surface, les électrons relativistes émettent de la lumière ; c'est ce qu'on appelle l'émission synchrotron. Cette émission est orientée par les lignes du champ magnétique et, du fait de la rotation, nous recevons des impulsions radio, à chaque tour, avec une très grande régularité, comme celles provenant d'un phare maritime. Les premières détections firent croire aux astronomes qu'il pouvait s'agir de signaux d'êtres extraterrestres.

Mais il y a plus mystérieux encore. Les étoiles encore plus massives pourront poursuivre l'effondrement central et nous ne connaissons pas de mécanisme susceptible d'arrêter un tel effondrement. L'objet ainsi formé peut retenir par sa gravitation tous les corps. La vitesse de libération est supérieure à la vitesse de la lumière. Même la lumière ne peut s'échapper. Nous avons un **trou noir** ! Notez que ce n'est pas seulement la densité qui fait d'un corps un trou noir. C'est le rapport masse sur rayon. La conséquence peut être importante pour notre univers.

On peut se demander ce que devient la matière qui a été éparpillée dans l'espace après l'explosion d'une supernova. C'est très simple. La nature va la recycler. De nouvelles étoiles vont se condenser à partir de cette matière.

Nous résumons dans un diagramme général les différents types d'évolution stellaire. On s'aperçoit que la description de l'évolution stellaire fait appel aux lois très générales de la physique (atomique, nucléaire, quantique). Seule la phase trou noir est encore énigmatique.

On comprend que les astrophysiciens aient été tentés très tôt par des simulations numériques. En partant d'un simple nuage d'hydrogène, on lui applique les lois de la physique et on regarde comment il évolue. C'est ainsi que l'on a pu comprendre l'évolution des étoiles, de leur naissance jusqu'à leur mort.



Les étoiles les moins massives finissent leur vie en naines blanches alors que les étoiles les plus massives finissent en pulsars, voire même en trous noirs, après avoir explosées en Supernovae. Quel chemin parcouru depuis leur naissance à partir de la contraction de la matière originelle !

Finissons en avec le Soleil

Notre Soleil est une petite étoile, une étoile dite "naine". Il ne connaîtra pas la fin catastrophique des supernovae mais il va connaître la phase d'expansion de toute géante rouge et il englobera toutes les planètes qui l'entourent. Nous mourrons donc grillés ! Il ne nous reste que quelques milliards d'années pour trouver une solution. Le plus simple sera, sans doute, d'aller voir ailleurs...

CURIOSITÉ

La citation mystérieuse

Pierre Lerich

Résumé : *Einstein a été, toute sa vie, harcelé par les journalistes et les photographes. Son image était partout. Encore aujourd'hui, son personnage légendaire est exploité sans scrupule pour vendre un jeu éducatif, une pilule pour améliorer sa mémoire, et même une huile de table supposée rendre intelligent. Mais le comble, le sommet de l'absurdité, c'est de voir ce pauvre Einstein utilisé pour vendre des horoscopes.*

En exergue de son livre *L'astrologie, science du XXI*[e] *siècle,* Élisabeth Teissier (de son vrai nom Germaine Hanselman) a placé cette citation d'Einstein :

> « *L'Astrologie est une science en soi, illuminatrice. J'ai beaucoup appris grâce à elle et je lui dois beaucoup. Les connaissances géophysiques mettent en relief le pouvoir des étoiles et des planètes sur le destin terrestre.*
> *A son tour, en un certain sens, l'Astrologie le renforce. C'est pourquoi c'est une espèce d'élixir de vie pour l'humanité* ».
>
> Albert Einstein

Cette citation, sans aucune référence, est douteuse à bien des égards.

1. On ne reconnaît pas du tout le style habituel d'Einstein. Il y a trop de « je ». Einstein était très réticent à parler de lui-même. Il pensait comme Pascal que « le Moi est haïssable ». Il y a trop de flou : les « connaissances géophysiques », c'est quoi exactement ? « En un certain sens », « une espèce de, » ces expressions vaporeuses ne sont pas habituelles chez lui. Que veut dire « le destin terrestre » ? « Illuminatrice », « élixir de vie » sont des termes un peu exaltés, bien éloignés de la retenue et de la modération du style habituel d'Einstein.

2. On ne reconnaît pas non plus sa personnalité. Einstein était croyant. Selon ses amis, son Dieu était celui de Spinoza, sensible dans l'harmonie de l'univers, dans la beauté de la nature, mais sans le moindre rapport avec les destinées individuelles des humains. A l'inverse, l'horoscope ne s'intéresse qu'au particulier, à l'anecdotique. Il suppose un égocentrisme fondamental, bien étranger au caractère d'Einstein.

3. On ne reconnaît pas non plus l'inspiration de son œuvre scientifique. Le monde des apparences (telle planète dans telle constellation comme on peut la voir depuis la Terre par un effet de perspective) n'a aucun sens dans l'univers réel. Einstein a cherché des lois invariantes, indépendantes de l'observateur, ce qui est le contraire même de l'astrologie. On peut dire que la relativité exclut l'astrologie.

4. Au moins une fois, Einstein s'est exprimé directement au sujet de l'astrologie. C'était à propos de la correspondance de Kepler. Einstein rendait hommage à son génie, mais regrettait qu'il n'ait jamais réussi à se débarrasser complètement d'une certaine

curiosité à l'égard de l'astrologie (tout en rejetant comme superstitions la plupart de ses dogmes traditionnels). Einstein écrit exactement ceci : « Que le lecteur fasse attention aux remarques concernant l'astrologie. Elles montrent que l'ennemi intérieur a été rendu inoffensif, bien qu'il n'ait pas été tout à fait mort ». Peut-on imaginer un instant Einstein parlant de « l'ennemi intérieur » de Kepler et écrivant par ailleurs (on ne sait pas ou ni quand) : « j'ai beaucoup appris grâce à elle [L'astrologie] » ? La citation à propos de Kepler se trouve dans *Conceptions scientifiques* d'Einstein, chez Flammarion dans la collection « Champs », page 166.

Jusqu'à preuve du contraire, la citation d'Einstein, dans le livre d'E. Teissier, est un faux grossier. Elle apparaît trois fois dans le cours de l'ouvrage et le nom d'Einstein y est cité 12 fois parmi les adeptes fervents de l'astrologie, entre Copernic, Galilée, Newton (laissons de côté les littéraires) et toutes ces références sont aussi truquées que celle d'Einstein. On peut défendre l'astrologie plus ou moins astucieusement, mais a-t-on le droit de fabriquer de toutes pièces des témoignages ?

Dans sa thèse de sociologie présentée en 2001 à la Sorbonne (toujours à propos de l'astrologie), E.Teissier a de nouveau placé en exergue la même citation d'Einstein. Aucun membre du jury, pas plus que le Président, n'a posé de question sur l'origine de la citation. Ces messieurs ne sont pas curieux, ou peut-être sont-ils si peu informés sur Einstein que cette citation leur a paru plausible ?

Si des universitaires reconnus ont pu avaler, sans broncher, cette marchandise douteuse, comment voudrait-on que le grand public fasse preuve d'esprit critique ? Le but de cette citation était évident : donner à l'astrologie la caution d'un savant connu du monde entier, de façon que chacun puisse se dire : si Einstein y croyait, c'est que l'astrologie est vraiment une science sérieuse.

Les astres indiquaient, avec certitude, qu'une chaire d'astrologie allait être créée à la Sorbonne, et qu'elle serait immédiatement attribuée à Mme Teissier. Ou bien les astres se sont trompés, ou bien Mme Teissier a mal compris leur message. La chose ne s'est pas faite malgré de solides appuis politico-médiatiques. N'en parlons plus.

Tout cela n'est pas bien grave : les livres d'E. Teissier comportant la fameuse citation d'Einstein ont déjà disparu des librairies et ne se trouvent plus que par hasard chez le bouquiniste ou le soldeur. Ils ne méritent pas de passer à la postérité : c'est un bric-à-brac indigeste qui va de Nostradamus au Karma, en passant par les vies antérieures et le « New Age ». Pas de quoi en faire un drame, sinon pour défendre la mémoire de ce pauvre Einstein si souvent malmenée, et plus encore depuis qu'il n'est plus là pour protester contre les exploitations abusives de son nom et de sa célébrité. ■

Note bienveillante

Il m'est arrivé de donner une citation que j'attribuais, de bonne foi, à Pierre alors que c'était Paul qui l'avait dite (Pierre Curie et Paul Langevin). E. Teissier a peut-être été victime de sa mémoire, elle aussi.

Je connais aussi une phrase souvent citée : "*Les naïfs ne savaient pas que la chose était impossible à faire, alors ils l'ont faite*". Je l'ai vue attribuée à au moins deux auteurs : Mark Twain et Marcel Pagnol.

Enfin, dans un film de Gilles Grangier : "Sous le signe du Taureau" (film que j'avais bien aimé), Jean Gabin, dans le rôle d'un scientifique ruiné par ses recherches, se cache pour dicter ses mémoires. Il cite une phrase : "*La science ne connaît pas d'échec, elle ne connaît que des abandons*". À sa secrétaire qui lui demande l'auteur de la citation, il répond : "Attribuez-la à Oppenheimer". Mais il faut se rappeler que c'était ..."Sous le signe du Taureau"...

GP

HISTOIRE

Ce que notre ciel doit aux Arabes

Roland Laffitte [1]

Résumé : Voici les noms usuels des étoiles de la *Grande Ourse* : a UMa = *Dubhe,* b = *Mérak,* g = *Phecda*, d = *Mégrez,* e = *Alioth*, z = *Mizar*, h = *Alkaïd* ou *Bénetnasch*, q = *Sarir Banat al Nash*, ik = *El Kaphzak*, *Alkaphrah* ou *Talita*, lm = *Tania*, nx = *Alula*, s^1s^2 = *Al Thiba*, c = *El Kophrah*, enfin, Fl. 80 = *Alcor, Suha* ou *Saïdak*[1].

La figure de la *Grande Ourse*

La figure de la *Grande Ourse* nous vient des Grecs qui la nommaient *Arktos*, « l'Ours », déjà attestée chez Homère [2]. Mais il est aisé de voir que ces noms ne sont pas grecs, ni latins d'ailleurs. En fait, ils sont arabes, et la raison en est simple. C'est essentiellement par la traduction des traités astronomiques arabes, et non par des documents latins restés très marginaux, que ces figures devinrent familières aux savants du Moyen Âge européen avant de toucher le grand public. Lorsque les astronomes arabes bénéficièrent, dès la fin du VIIIème siècle, des traductions des traités hellénistiques, et notamment de l'*Almageste* de Ptolémée dont ils se mirent à vérifier systématiquement les résultats, ils acceptèrent le formatage du ciel opéré par leurs brillants prédécesseurs. Mais, contrairement aux Grecs, ils attribuèrent des noms à quantité d'étoiles, d'abord en héritage de leur tradition puis afin de pouvoir les graver aisément sur leurs astrolabes et leurs globes célestes qui dépassaient rarement 15 centimètres de diamètre. Et c'est de ces appellations que les Européens héritèrent lorsqu'ils se familiarisèrent avec les instruments et les traités astronomiques arabes, de l'An mil jusqu'à la Renaissance.

Parmi les noms que les Arabes donnèrent aux étoiles de la *Grande Ourse*, certaines indiquent bien leur position dans la figure ptolémaïque : ainsi b = *Mérak* est l'arabe *Maraqq al-Dubb al-Asghar*, « le Bas-Ventre du Grand Ours », g = *Phecda* vient de *Fakhd al-Dubb al-Asghar* « la Cuisse du Grand Ours », d = *Mégrez* s'explique par *Maghriz al-Dubb al-Asghar* « la Racine de la Queue du Grand Ours ». Quant à a = *Dubhe*, de l'arabe *al-Dubb*, il s'agit tout simplement de l'« Ours », sans que l'on sache pourquoi le nom arabe de la constellation s'est fixé sur cette étoile. Cependant, là s'arrête la liste des noms liés à cette figure.

La figure de *Nasch et ses filles*

Les autres appellations se répartissent en trois catégories :

La première est liée à une figure propre à l'imaginaire arabe qui s'appelle *Na'sh wa-banâtu-hu* soit « Nasch et ses filles » : il s'agit de h = *Bénetnasch*, qui est l'arabe *Banât Na'sh*, soit « Les Filles de Nasch ». Quant à q = *Sarir Banat al Nash*, il s'agit de *Sarîr Banât Na'sh*, « la Banquette des Filles de Nasch ». Il semble bien que *Na'sh* soit le nom d'une divinité nord-arabique antique, correspondant au nom biblique de *'Ash* que l'on retrouve dans le *Livre de Job*. La tradition populaire a ensuite pris le terme dans le sens commun de *na'sh*, « civière », voyant dans les étoiles du *Grand Chariot* un cortège funéraire où les quatre étoiles *abgd* figurent un groupe portant une civière, et devancé par les trois *Banât*,

« Filles », la première étant *al-Qâ'id*, « la Conductrice », ce qui donne chez nous *Alkaïd* pour h *UMa*, parallèlement à *Bénetnasch*.

La figure des *Gazelles*

La seconde catégorie de noms est liée à une autre figure arabe, celle d'*Al-Zhibâ'*, « les Gazelles », ce qui a donné *Al Thiba* pour s^{1}s^2 *UMa*. C'est ainsi que les couples nx, lm et ik sont, en arabe, *Qafzât al-Zhibâ'*, « les Sauts des Gazelles », qui ont donné chez nous *Alula*, « le Premier [Saut] », *Tania*, « le Second » et *Talita*, « le Troisième », qui se nomme aussi *El Kaphzah*, « le Saut », appellation d'où dérive aussi *El Kophrah* pour c *UMa*. C'est la proximité du *Lion* qui explique ce dicton : « Les Gazelles sautèrent lorsque le Lion frappa la terre de sa queue ». Chez les Arabes, la constellation des *Gazelles* est encore plus conséquente puisque les espaces du *Petit Lion* et du *Lynx* sont occupés par *Al-Zhibâ' wa-awlâdiha*, « les Gazelles et leurs Petits ».

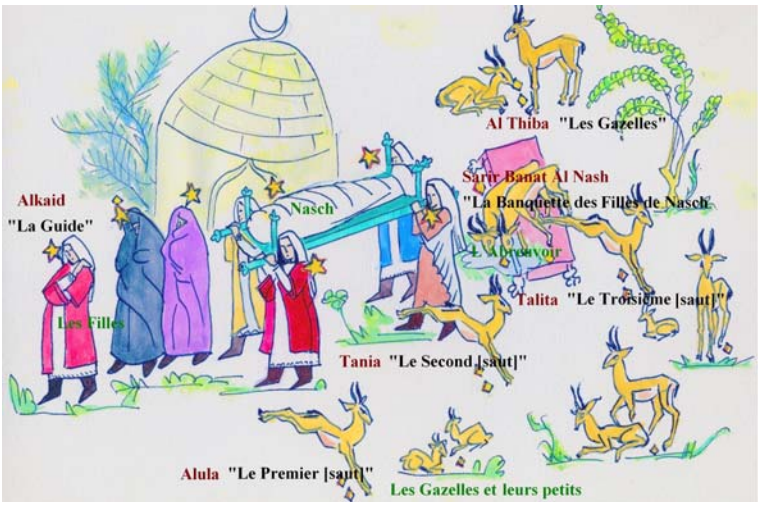
La troisième catégorie regroupe des noms qui n'appartiennent qu'à des étoiles individuelles : e = *Alioth*, dont l'écriture arabe, *al-jawn*, pourrait correspondre à un nom d'animal, un « cheval noir » pour les uns, un « taureau » pour les autres ». Quant à Fl. 80, toute proche de z *UMa*, ce qui lui vaut chez les Arabes les noms d'*al-Saydaq*, « le Fidèle compagnon », dont nous avons fait *Saïdak*, elle est plus souvent *al-Suha*, « la Délaissée », devenu chez nous *Suha*, bien que notre appellation la plus familière pour cette étoile soit *Alcor*, nom apparu à la Renaissance par déformation de *Alioth*, dont nous venons de voir le sens.

Si nous balayons de la même manière la totalité de la voûte céleste, nous constaterons que les Arabes nous ont offert les deux tiers de nos noms usuels d'étoiles, la moitié d'entre eux correspondant à la description de leur situation dans les figures grecques, et l'autre moitié à des figures propres à leur imaginaire.

---

(1) Roland Laffitte est l'auteur de *Héritages arabes : Des noms arabes sur les étoiles*, Paris : Geuthner, 2ème édition, 2005. Il prépare actuellement un ouvrage sur *Babylone : Naissance et diffusion des constellations et du zodiaque*. Il est responsable d'un projet éducatif de représentations comparées des voûtes célestes babylonienne, grecque, arabe et contemporaine, intitulé *Le Ciel, patrimoine commun* et consultable sur le site : www.selefa.asso.fr.

(2) Les Grecs appelaient aussi cette constellation *Amaksa*, « *le Chariot* », figure originaire de Mésopotamie où elle était nommée depuis longtemps déjà *Eriqqu* ou *Sumbu*, « le Chariot » », tandis que la *Petite Ourse* y était *Eriq shammê*, « le Chariot céleste ». Comme 5 autres figures boréales, 6 australes et les 12 du zodiaque, les Grecs héritèrent de Babylone 24 de leurs 48 constellations. Nous en connaissons aujourd'hui 88. C'est que 40 furent ajoutées, entre la Renaissance et le XVIIIème siècle, les unes pour combler les endroits de la voûte céleste qui paraissaient trop vides aux cartographes du ciel, les autres pour décrire la partie du ciel austral invisible sous nos latitudes.



© *RL* Les constellations arabes de *Banat Nas'sh*, « Nasch et ses Filles » et *d'Al-Zhibâ'*, « les Gazelles »

Mesures de distances : la parallaxe pour les objets inaccessibles

G. Paturel, Observatoire de Lyon

Résumé : *L'exercice que nous vous proposons ici est, nous l'espérons, formateur. Il présente la méthode des parallaxes, méthode sur laquelle repose la calibration de pratiquement toutes les mesures de distance dans l'univers. L'exercice a l'intérêt d'être facile à faire au sein d'un atelier, d'un club ou même d'une classe, car les observations sont faites de jour, avec un objet fixe. Ce sera l'occasion de voir les mesures d'angle, les conversions, les calculs de champ d'une lunette ou d'un télescope et aussi l'importance de l'estimation de l'incertitude d'une mesure.*

Comment mesurer la distance d'un objet inaccessible, comme l'est, par exemple, une planète ou une étoile ? Le principe consiste à viser cet objet depuis deux sites dont la distance de séparation est connue. C'est la méthode dite de la parallaxe. Pour pouvoir expérimenter la méthode avec des élèves, il est possible de mesurer la parallaxe de la Lune, comme l'a fait Pierre Causeret dans l'article que vous pourrez lire dans ce Cahier. Mais c'est déjà une expérience difficile car il faut observer la Lune depuis deux villes distantes, la nuit, rigoureusement à la même heure. Il nous a paru intéressant d'expérimenter d'abord la méthode, simplement en plein jour, avec un objet lointain comme un clocher.

En quoi cette méthode diffère-t-elle de la méthode de triangulation exposée dans le précédent article de cette série ? La différence essentielle tient à ce que, dans la méthode de triangulation, chaque point visé est accessible. Ceci ne veut pas dire que l'on est capable de reporter le mètre étalon le long de la ligne qui nous conduit jusqu'à l'objet. Il peut y avoir par exemple un fleuve ou un précipice qui nous interdit l'accès direct. Mais on peut, de proche en proche mesurer une grande distance par des observations depuis les différents points. C'est ce que nous avons fait dans le dernier article. En revanche, dans la méthode des parallaxes utilisée en astronomie, c'est bien évidemment l'espace qui nous sépare de l'objet considéré. Il n'est donc pas question non plus d'envisager une mesure par report du mètre étalon le long de la ligne de visée. De plus il n'est pas possible d'aller sur un point intermédiaire pour y effectuer de nouveaux pointés.

Voici la vue que j'ai de la fenêtre de mon bureau. Je vais essayer de mesurer la distance du clocher du village, sans quitter mon bureau. Est-ce possible ? C'est la situation de l'astronome cherchant à mesurer la distance d'un objet céleste.

Une autre différence est que les angles à mesurer sont très petits, du moins pour les objets astronomiques classiques. A la fin de cet article nous évaluerons l'amplitude typique des angles de parallaxes.

Mise en évidence de l'angle de parallaxe

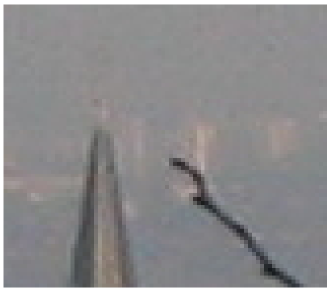
J'ai commencé par faire des clichés avec un simple appareil photo numérique en me plaçant sur le bord gauche de la fenêtre, puis sur le bord droit.

Vue du depuis le bord gauche de ma fenêtre

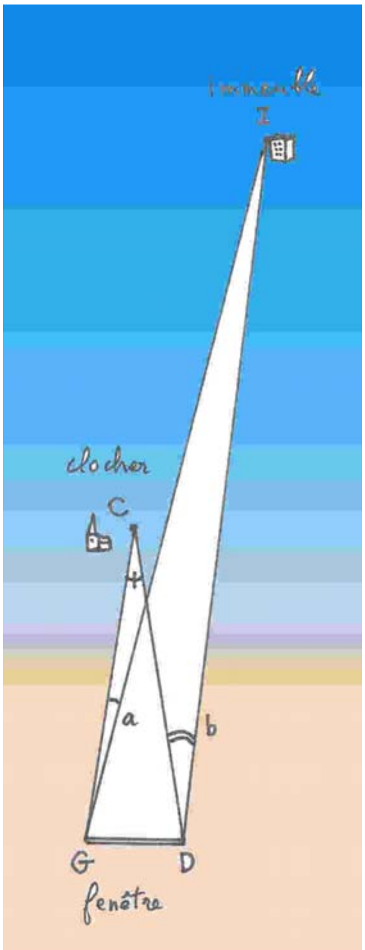
Vue depuis le bord droit

S'il n'y avait pas les branches en premier plan, j'aurais du mal à savoir que les deux photos ne sont pas prises exactement du même endroit. En grossissant beaucoup l'image, j'ai pu mesurer la distance entre la pointe du clocher et un immeuble lointain qui apparaît comme une barre verticale. Pour être plus précis j'ai compté les pixels jusqu'au bord gauche de l'immeuble, là où le contraste entre le clair et le sombre était le plus important. Sur l'image de gauche j'ai trouvé 20 pixels et sur l'image de droite 24 pixels. L'angle de parallaxe est donc de 4 pixels.

Est-ce normal de trouver plus de pixels sur l'image de droite ? Un simple petit schéma montre que oui. En effet, on peut considérer en première approximation que l'immeuble lointain est ... à l'infini. C'est faux bien sûr mais en comparaison du clocher, c'est peut-être acceptable.



Un agrandissement du sommet du clocher.



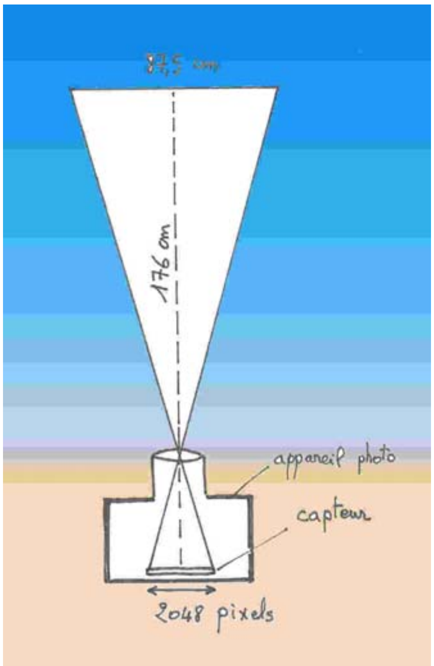
Si l'immeuble était à l'infini (si GI et DI étaient parallèles) l'angle GCD serait égal à $b-a$. L'angle b est l'angle qui correspond à l'écart entre le clocher et le bord de l'immeuble (24 pixels), vu depuis le point D (le côté droit de la fenêtre). L'angle a correspond à ce même écart (20 pixels) vu depuis le point G (le côté gauche). On voit sur le schéma que l'angle b est supérieur à l'angle *a*. L'angle qui nous intéresse est l'angle GCD.

Essayons de faire le calcul de la distance entre ma fenêtre et le clocher. Tout d'abord, il faut savoir à quel angle correspond un pixel du capteur. Comment déterminer cela ? Une méthode simple consiste à photographier une longueur connue depuis une distance connue. En photographiant les portes de mon placard qui ont une largeur de 87,5 cm, je suis obligé de me reculer à 176 cm pour qu'elles couvrent toute la largeur du capteur (2048 pixels). Le champ de mon appareil (angle de prise de vue) est donc à peu près :

$$champ = 2 \times \arctan\left(\frac{87{,}5/2}{176}\right) = 27{,}92°$$

Notez qu'on trouve un résultat acceptable en prenant plus simplement arctan(87,5/176).

Ces 27,46° sont couverts par 2048 pixels. Chaque pixel couvre donc 27,92/2048 = 0,0136°, c'est-à-dire :1pixel = 49,08".



On peut calculer l'angle de parallaxe (GCD). Nous avons mesuré qu'il correspondait à 4 pixels. GCD=196,3" = 0.00095 rad. La distance GD entre les deux bords extrêmes de ma fenêtre est d'environ 90 cm. Je trouve donc la distance qui sépare ma fenêtre du clocher du village : D = 90/0.00095 =94559 cm soit D=950±300m. L'incertitude de 300 m est énorme. Elle correspond à une erreur de un pixel. C'est assez décevant. Mais nous allons faire mieux.

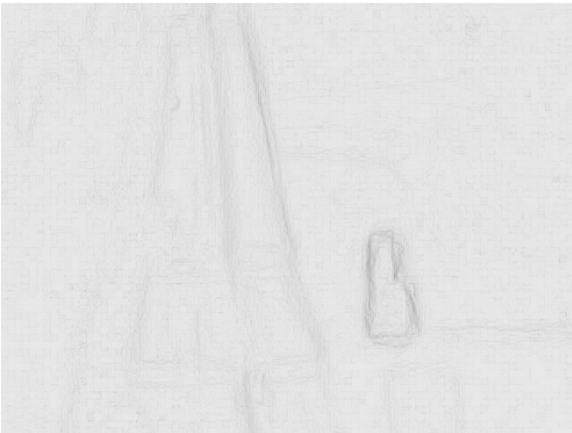
Utilisation d'un petit télescope

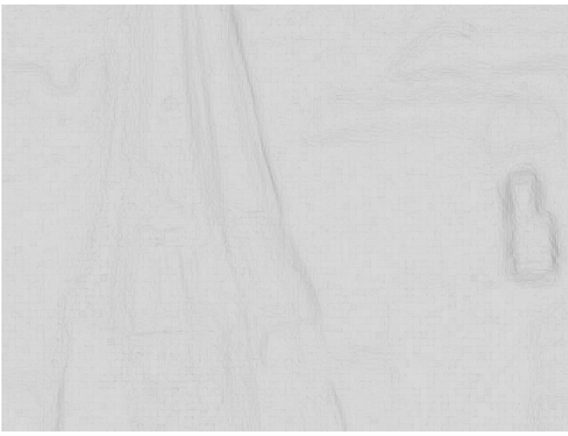
Comment améliorer beaucoup la mesure ? C'est simple : il faut augmenter le grossissement, c'est-à-dire la distance focale. La distance focale de mon appareil numérique était de 11 mm environ. Avec un petit télescope, la focale est de 2000mm, soit un gain en précision théorique de 180. On devrait pouvoir obtenir une précision de quelques mètres !

L'appareil photo est remplacé par une Webcam, moins résolvante. Nous y perdrons un facteur trois environ. Globalement nous devrions pouvoir atteindre une précision 50 fois meilleure que précédemment, soit environ une dizaine de mètres. C'est l'incertitude finale que nous adopterons.

Les deux prises de vue sont données ci-dessous. Tout le champ de la Webcam ne montre qu'un tout petit bout du clocher.

C'est une sorte de cheminée (partie claire sur la droite des clichés) d'un immeuble lointain qui nous servira de référence. On devine, plus au loin des maisons. Mais leur repérage est plus difficile. L'effet de parallaxe est cette fois-ci très visible. Pour mesurer le décalage, il n'est plus question de compter les pixels. Nous obtiendrons un tracé du contour des formes avec un logiciel de traitement et nous mesurerons le décalage au double décimètre sur une impression papier.
Voici à quoi ressemblent ces contours pour les deux images.





L'avantage de faire tracer juste les contours est d'éviter une trop grande consommation d'encre, lors de l'impression.

J'ai trouvé les résultats suivants : pour la mesure depuis le bord gauche de ma fenêtre la distance mesurée sur le papier entre le bord du clocher et le bord de la cheminée est de 25,5 mm. Pour la même mesure faite avec le cliché pris depuis le bord droit de ma fenêtre je trouve 75 mm. Le champ total est de 180 mm sur notre impression papier. Il nous faut trouver la valeur angulaire de ce champ total pour exprimer notre parallaxe (75 - 25,5) non pas en millimètres sur le papier mais en seconde d'arc.

Nous allons procéder d'une manière différente de celle utilisée précédemment.

Tout d'abord, j'ai mesuré la dimension du capteur. Ce n'est pas très facile car il ne faut pas le toucher, pas le salir, et il est difficile de l'approcher. Avec beaucoup de précautions j'ai trouvé qu'il avait une longueur de 4,3 mm pour 640 pixels. Rassurez-vous, si vous ne parvenez pas à faire cette mesure, il y aura une autre méthode, plus directe, pour obtenir le champ de votre télescope. Mais continuons sur cette voie. La distance focale du télescope étant de 2000 mm, le champ total des 640 pixels de la Webcam est de : atan(4,3/2000) = 0,12319°. On en déduit facilement qu'un pixel correspond à 0,693".

Revenons à notre mesure de l'angle de parallaxe. Le décalage mesuré était de 75–25,5 = 49,5 mm quand le champ total valait 180 mm. Or ce champ total est de 0,12319°. On en déduit que l'angle de parallaxe GCD est :

GCD = 49,5×0,12319/180 = 0,033877°

(C'est-à-dire GCD = 122").
Le calcul est maintenant simple. La distance entre les deux points de visée (distance GD) était de 63 cm. Elle était plus petite que précédemment à cause du diamètre du tube du télescope. La distance entre ma fenêtre et le clocher est donc :

$$D = \frac{0,63}{\tan(0,033877)} = 1065,5 \text{ m}$$

On trouve le même ordre de grandeur que dans notre première mesure mais cette fois-ci l'incertitude devrait être de l'ordre de 6 à 10 m. Je dis "devrait être", car nous avons supposé que le point de référence (la cheminée) était à l'infini.

Un examen minutieux des deux clichés montre que la cheminée de référence s'est elle-même déplacée par rapport à une maison allongée visible en arrière-plan. En corrigeant la première mesure de ce petit effet, on trouve que le décalage est de 54,5 mm et non de 49.5 mm. En reprenant le même calcul, on trouve un résultat, sans doute plus juste :

D = 968 ±10m

Comparaison avec la réalité

Ce petit jeu manquerait de piquant si nous ne pouvions pas avoir la valeur exacte ou quasiment exacte. J'ai pris tout d'abord une carte d'état major. 1cm y représente 250m (échelle 1/25000). La distance D mesurée sur la carte est de 38,25 mm, ce qui conduit à D = 956±7 m. L'incertitude est estimée en supposant que la mesure est faite au quart de millimètre sur la carte.

Avec une photo aérienne de l'IGN j'ai mesuré précisément la distance entre ma fenêtre et la pointe du clocher. J'ai trouvé 192 mm. Sur ce cliché la légende donne 1cm ≡50m. Ce résultat conduit à D = 960±2 m.

Que conclure ? On pourrait naïvement avoir l'impression que le résultat obtenu avec un simple appareil photo numérique est aussi bon que celui obtenu avec un télescope. Un examen des incertitudes ne laisse pas de doute : le télescope est bien plus précis. C'est une façon de montrer l'intérêt des calculs d'incertitudes, même approximatifs.

Mon ambition est maintenant de poursuivre les mesures pour obtenir une détermination encore meilleure. Comment pourrai-je faire ? A moins d'installer un télescope gigantesque dans mon bureau, la seule solution est d'augmenter la largeur de la base. Comme il n'est pas question non plus de faire agrandir ma fenêtre, je devrai viser depuis deux fenêtres différentes. Mais ce sera pour plus tard.

Pour vous faire réaliser la difficulté des mesures de distances stellaires, sachez que l'étoile la plus proche serait située, dans notre expérience, à 170 km.

Essai avec une Webcam et une optique bricolée...

Un autre essai a été conduit à l'aide d'une Webcam montée sur un pied photo, derrière un objectif de 150 mm de distance focale. La réalisation est faite avec des tubes de PVC. On voit sur l'écran de l'ordinateur portable que le grossissement est moindre qu'avec un télescope (On reconnaît la pointe du clocher). Cette solution économique peut aussi être envisagée. Nous décrirons dans le prochain numéro un petit montage réalisé par G. Lecoutre, du collège Gérard-Philippe à Saint Priest.

Notez que le cintre n'est pas utile dans l'expérience.

AVEC NOS ÉLEVÈS

Calcul de la distance de la Lune par une mesure de parallaxe

Pierre Causeret, Académie de Dijon

Résumé : *Voici deux photos de la Lune en croissant avec Mars à gauche. Elles ont été prises le même jour à la même heure depuis deux villes éloignées, la première en Bourgogne, la deuxième en Provence. On peut en déduire la distance de la Lune. Le calcul est un peu long mais peut être fait avec des élèves de collège (à partir de la 4ème) ou de lycée.*

Photo Francis Berthomieu

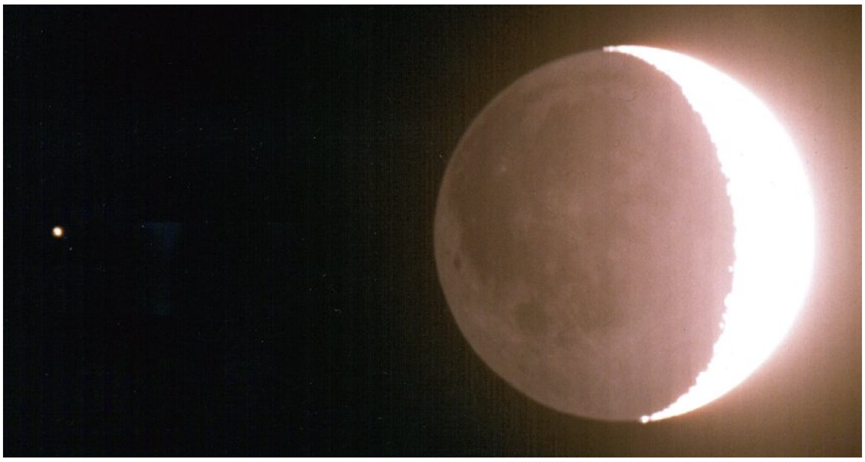


Photo Pierre Causeret

Les données :

Ces deux photos ont été prises le 12 décembre 1999 à 18h TU, la première depuis Lorgues dans le Var et la deuxième depuis Esbarres en Côte d'Or.
La planète Mars est visible à gauche sur la photo.

Coordonnées de Lorgues :
6,32° Est ; 43,48° Nord

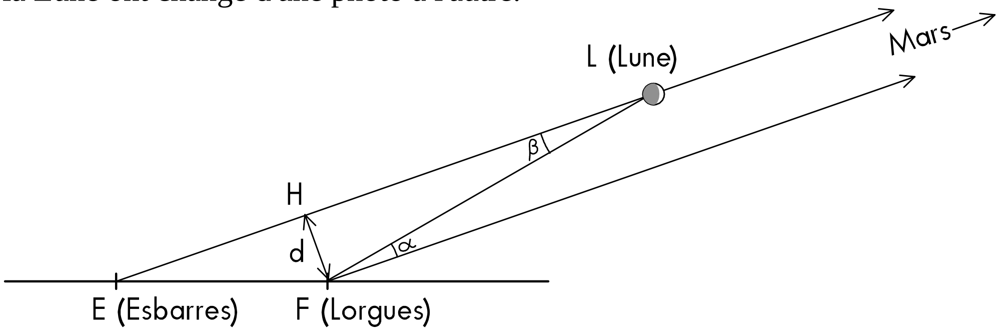
Coordonnées d'Esbarres :
5,22° Est ; 47,10° Nord

A 18h TU (au moment de la photo) à Esbarres :
Hauteur de la Lune : 15°
Azimut : 40° (à l'ouest du sud)

Diamètre apparent de la Lune : 0,5°

Le principe :

Si vous placez votre pouce devant vous, bras tendu, et que vous l'observez avec l'oeil droit puis l'oeil gauche, vous le verrez se déplacer par rapport aux objets plus lointains. C'est le principe de la vision en relief. En remplaçant le pouce par la Lune et en prenant Mars comme objet lointain, on retrouve la situation du problème ci-dessus et on comprend pourquoi les positions respectives de Mars et de la Lune ont changé d'une photo à l'autre.



(figure 1)

Sur le schéma, on a placé Esbarres, la Lune et Mars parfaitement alignés pour simplifier, mais ce n'est pas obligatoire. Ce qui nous intéresse, c'est le déplacement de la Lune par rapport au fond du ciel lorsque l'on passe de E à F. La planète Mars est supposée très lointaine et indique la position du fond.

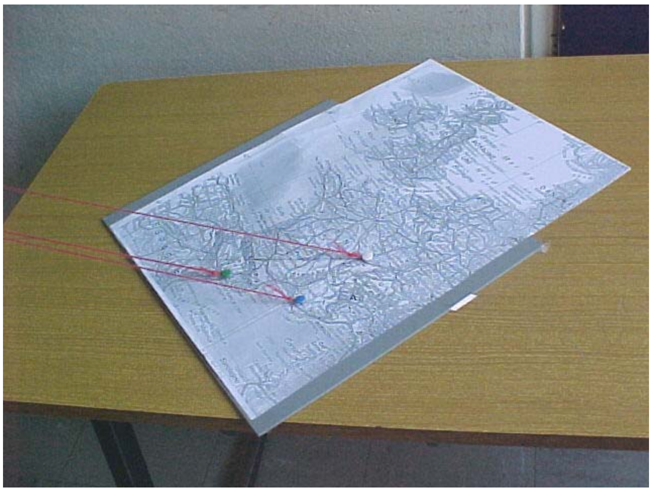
Si l'on veut passer au quantitatif et calculer la distance de la Lune, que faut-il connaître ? La distance d, que l'on peut définir comme la distance du point F à la droite (EL), ainsi que l'angle β qui est égal à α si l'on suppose Mars à l'infini (ce jour-là, la planète Mars était à 260 millions de km soit 650 fois la distance de la Lune).
Étant donné le matériel utilisé et la faible distance de la base, on peut espérer trouver un bon ordre de grandeur et non une valeur précise. On pourra donc utiliser des méthodes approximatives.

Mesure de d

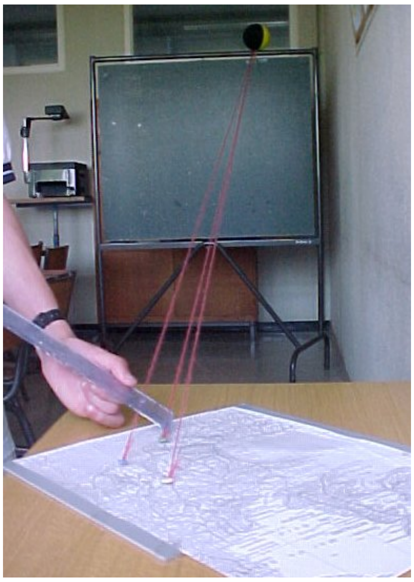
Coordonnées de Lorgues : 6,32° Est ; 43,48° Nord. Coordonnées d'Esbarres : 5,22° Est ; 47,10° Nord
Hauteur de la Lune : 15° Azimut : 40°
Ces données doivent permettre de calculer d. Pour simplifier, on peut considérer que la Terre est plate d'Esbarres à Lorgues, ce qui n'introduit pas une erreur énorme.

Première méthode (niveau collège)

Le plus simple est de réaliser une petite maquette permettant de mesurer directement la distance cherchée. C'est la méthode que les élèves de quatrième ont utilisée.



Sur une carte de France sur laquelle étaient notés quelques parallèles et méridiens, ils ont positionné Esbarres et Lorgues grâce à leurs coordonnées.



Ils ont ensuite placé la Lune avec un azimut de 40° et une hauteur de 15°. Il a suffi alors de mesurer la distance d.

La simple manipulation des échelles et des proportions n'a pas toujours été facile pour eux.

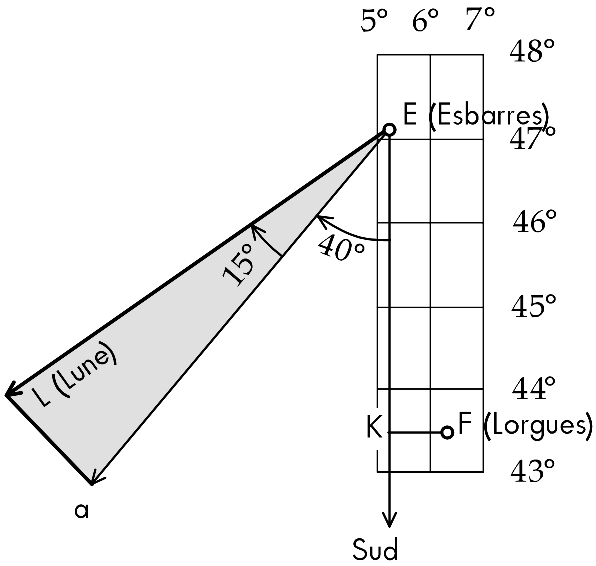
Ce groupe d'élèves a trouvé 290 km (valeur un peu faible comme on le verra plus loin).

On peut remarquer sur les photos trois lieux et trois brins de laine car nous avons aussi utilisé une photo prise depuis Tarrega à proximité de Barcelone. Malheureusement, la distance d obtenue entre Tarrega et Esbarres ou entre Tarrega et Lorgues est presque deux fois plus faible étant donnée la position de la Lune ce soir-là, ce qui fait perdre beaucoup de précision.

Vous pouvez refaire simplement la mesure de d à partir de ce plan simplifié (avec des méridiens parallèles). Pour trouver l'échelle, on sait qu'un écart de 1° en latitude correspond à 111 km (40 000 / 360)

On découpe les deux côtés épais de la partie grisée, on plie suivant [Ea) et on obtient la direction de la Lune observée depuis Esbarres. Il suffit ensuite de mesurer la distance d de F à (EL).

On obtient environ 320 km.

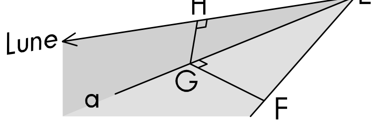


(figure 2)

Deuxième méthode (niveau lycée)

On suppose toujours la Terre plate au moins dans la région qui nous intéresse mais on fait des calculs au lieu de mesurer.

On part de la même maquette que ci-dessus sur laquelle on a rajouté G, le projeté orthogonal de F sur (Ea) et H le projeté orthogonal de G sur (EL). Une fois la maquette pliée, le plan horizontal (EFG) est perpendiculaire au plan vertical (EHG).



(figure 3)

(GF) est perpendiculaire au plan (EGH) donc à (EH).

La droite (EH) est perpendiculaire à (GF) et à (GH) (donnée), elle est donc perpendiculaire au plan GFH et donc à (HF). Le triangle EFH est alors rectangle en H (on retrouve le théorème des trois perpendiculaires).

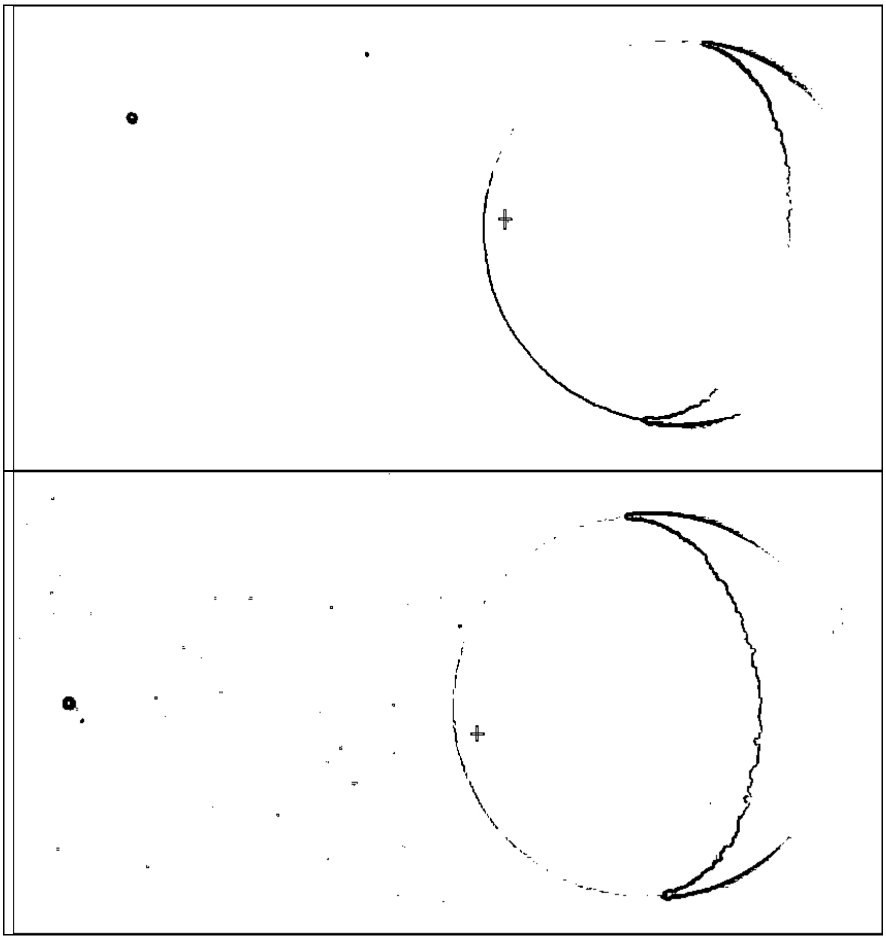
Calculs (voir figures 2 et 3):
On prend 111 km par degré de latitude (40 000 km/360) et 78 km par degré de longitude (111.cos45°), ce qui est une moyenne (la mesure d'un degré de longitude est plus grande à l'équateur que vers les pôles).
On peut calculer EF avec le théorème de Pythagore dans EKF (411 km), puis déterminer les angles KEF (12°), FEG (40°+12°=52°), EG (EF.cos(FEG) ≈ 253), EH (EG.cos(GEH) ≈ 244) et enfin HF avec le théorème de Pythagore dans HEF. On trouve environ 330 km.

Troisième méthode

Il est possible de faire ces calculs en tenant compte de la sphéricité de la Terre mais la difficulté est nettement plus importante...

Mesure de α

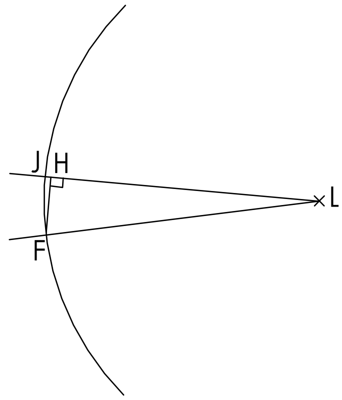
Observée depuis Esbarres puis Lorgues, on voit la Lune se déplacer par rapport à Mars. On peut tout aussi bien dire que Mars se déplace par rapport à la Lune.
Pour vérifier ce déplacement, il suffit de superposer les deux photos. Mais il n'est pas évident d'orienter la Lune. Heureusement, quelques détails sont visibles sur le côté de la Lune dans la nuit. On a marqué d'une croix le cratère Grimaldi, sorte de cuvette sombre de 200 km de diamètre puis on a détouré la Lune grâce à un logiciel de dessin.



On décalque la première photo et on pose le calque sur la deuxième en essayant de faire coïncider le mieux possible la Lune et Grimaldi. On mesure ensuite le déplacement de Mars et on trouve environ le dixième du diamètre de la Lune. On sait que le diamètre apparent de la Lune est 0,5°, le déplacement de Mars est donc de 0,05°.

La distance de la Lune

On effectue les calculs avec d = 330 km et α = 0,05°.



Première méthode (niveau collège et sans trigo)

On trace le cercle de centre L passant par F. Il coupe (LH) en J.
La longueur de l'arc FJ est très proche de celle du segment [FH].
0,05° $\rightarrow$ Arc FJ de 330 km
360° $\rightarrow$ Cercle complet : 360/0,05x330 $\approx$ 2 376 000
On trouve ensuite le rayon du cercle
2 376 000 / $2\pi \approx$ 380 000 km

Deuxième méthode

Avec le sinus de l'angle FLH, on trouve le même résultat.

Troisième méthode (analogue à la première)

On transforme l'angle en radians et l'on a ensuite directement FL

Conclusion

Les éphémérides donnaient comme distance de la Lune 400 000 km le 12 décembre. On trouve ici 380 000 km. C'est un bon ordre de grandeur.

C'est beau ! Dommage que ce soit si loin !

Résolution du jour de la semaine d'une date donnée dans le calendrier julien

Eric Varanne

Résumé : *Cet article m'a été inspiré par un autre article : "Un calendrier perpétuel mental, Cahier Clairaut N° 104 hiver 2003 p 21". Ce dernier écrit sous forme très plaisante, avec un peu de mystère, donne des indications pour trouver de mémoire, le nom du jour de la semaine pour une date donnée. L'article est illustré, comme aime si bien le faire Georges Paturel, par un petit personnage, que je nomme Johan, qui reste extrêmement dubitatif quant à la somme de données à retenir, surtout celle concernant les années. Pouvait-on le laisser dans un tel désarroi ? Bien sûr que non. Aussi, dans ce qui suit, je tente de relever le défi en démystifiant (désolé) quelques points non développés dans l'article nommé plus haut, tout en espérant continuer à résoudre cette question dans le même esprit que l'original, c'est-à-dire par le seul moyen du calcul mental.*

Y réussirai-je ? Ce sera à vous d'en juger.

Introduction

Il est possible, connaissant une date exprimée sous la forme "jj mm aaaa" (exemple : 27 03 2006 qui est un lundi), par une démarche de calcul à partir des trois éléments de cette date, qui sont le quantième du jour, le quantième du mois et le quantième de la date, d'obtenir une valeur qui permet de retrouver le nom du jour de la semaine.

Conventions et codification

Le quantième du jour sera représenté par ***j***, celui du mois par ***m*** et celui de l'année par ***a***.

Pour les calculs nous aurons besoin du type du mois et du type de l'année, représentés respectivement par ***tm*** et ***ta***.

Les années seront numérotées suivant la convention établie par l'un des "CASSINI" qui utilisa le zéro (0) et les entiers négatifs, ce qui fait que l'an 1 après JC est toujours noté 1, mais que l'an 1 avant JC devient l'année 0, l'année 2 avant JC devient l'année –1 et ainsi de suite. Cela est indispensable pour faciliter les calculs des années bissextiles des dates du calendrier julien avant JC et rendre la solution universelle.

Nous aurons besoin de faire des calculs ne rendant que des nombres entiers ; aussi, pour indiquer que l'on ne garde que la partie entière d'un nombre après une opération, celui-ci sera encadré par des parenthèses carrées : **[*u*]** quelle que soit l'opération qui conduit au résultat ***u***.

Soit [7,254] sera égal à 7 de même que pour 7,98846597 par exemple.

Attention **[**–7,254**]** vaux **–8,** c'est la définition.

L'opération donnant le reste de la division euclidienne des nombres ***x*** et ***s*** sera notée ***x*** mod ***s,*** ce qui donnera le résultat suivant : si ***x*** vaut 11 et ***s*** vaut 7 : 11 mod 7 = 4. On obtient ainsi pour la valeur de ***s*** égale à 7 un résultat toujours compris entre 0 et 6, quelle que soit la valeur de ***x***. Si ***x*** est négatif, le reste est négatif ; il faut donc ajouter ***s***. Pour x = –6 et s = 7 alors –6 mod 7 = 1 car le reste de –6 divisé par 7 est –6, donc –6 + 7=1

Structure des années communes dans les deux calendriers

	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
nb jours	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Cumul	0	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334
N° mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Type (***tm***)	0	3	3	6	1	4	6	2	5	0	3	5

Table de correspondance entre la valeur trouvée par le calcul et le nom du jour de la semaine :

0	Dimanche
1	Lundi
2	Mardi
3	Mercredi
4	Jeudi
5	Vendredi
6	Samedi

Par quel mystère obtient-on ***tm*** ? Simple : c'est le reste de la division par 7 de la valeur du cumul des jours juste avant le changement de mois (voir le tableau).

Ainsi vous pourrez toujours retrouver cette valeur importante pour chacun des mois, car je suppose que la mémorisation de la durée de chaque mois vous est déjà acquise.

tm représente le nombre de jours restant pour terminer le mois en ayant éliminé le nombre de "semaines" complètes, passées depuis le début de l'année, plutôt le nombre de périodes de 7 jours écoulées depuis le premier janvier.

Soit ***tm*** = ***cumul*** mod **7** suivant les conventions établies précédemment.

En première conclusion, vous devez donc retenir la suite des valeurs ***tm*** associées aux mois.

Années bissextiles

La période de révolution de la Terre autour du Soleil ne correspond pas à un nombre de jours entiers, elle est de plus sujette à des dérives et variations. Par un artifice, le calendrier julien (nom dû à Jules César et mis en service en -44 soit 45 avant JC) introduit systématiquement tous les quatre ans un jour supplémentaire (bis sextus ou quelque chose d'approchant) d'où le nom d'année bissextile, et inséré à la fin du mois de février. On retrouvera donc pour une périodicité de 28 ans (4 fois 7) les noms des jours revenant aux mêmes dates. Pour le calendrier grégorien la période est de 2800 ans.

Une remarque : entre deux années communes le nom du jour se décale d'une unité, car 365 jours comportent 52 périodes complètes de 7 jours, soit 364 jours plus un jour pour terminer l'année.

Pour une année bissextile qui compte 366 jours, on trouve par le même raisonnement un décalage de deux jours, mais qui n'intervient qu'à partir du premier mars dans l'année bissextile ; aussi, cela entraîne, pour notre calcul, le fait de considérer deux valeurs de ***ta*** pour ce type d'année, et de savoir quand prendre la bonne valeur, mais la réponse avec un peu de réflexion se trouve dans ce paragraphe.

Sans ces années bissextiles, ce serait beaucoup plus simple, mais les contraintes sont là et il faut en tenir compte.

Que dire du calendrier grégorien et pourquoi existe-t-il d'ailleurs ?

Le calendrier julien est une approximation insuffisante ; un décalage d'une dizaine de jours de l'équinoxe de printemps était constaté aux environs des années 1500 (julien) et c'est le Pape Grégoire XIII qui décida de remédier à ce décalage, la vraie préoccupation étant la détermination correcte de la date de Pâques.

A Rome, donc, le **jeudi 4 octobre 1582** est le dernier jour du calendrier julien, le lendemain est le **vendredi 15 octobre grégorien**, 10 jours ont été ajoutés

Si j'ai précisé à Rome, c'est que l'adoption de la réforme n'a pas été appliquée aux mêmes dates dans tous les pays.

Pour notre problème, il faut retenir la modification de la règle des années bissextiles : Les années séculaires (multiple de cent) ne sont plus bissextiles sauf celles multiples de 400, ainsi 1600, 2000, 2400 restent bissextiles alors que 1700, 1800, 1900, 2100, … ne le sont plus.

Les valeurs de ***ta*** proposées sont celles du calendrier julien ; pour le calcul dans le calendrier grégorien, une correction sera faite pour tenir compte et de l'ajout de 10 jours en 1582 et des décalages supplémentaires au cours des siècles.

Le calcul des valeurs ***ta*** pour le calendrier julien est le suivant :

$$(((a -1) + [a / 4]) \bmod 28 + 5) \bmod 7$$

Soit :
Retrancher 1 à l'année, y ajouter la partie entière de l'année divisé par 4

Garder le reste de la division par 28, ajouter 5 à ce reste

Garder le reste de la division par 7 du résultat précédent et vous obtenez ***ta***.

Si l'année est bissextile, retranchez 1 à ***ta*** pour les mois de janvier et février.

Pour le calendrier grégorien, il faut y apporter la correction due aux années bissextiles manquantes et tenir compte des jours ajoutés.

Calcul du jour en calendrier julien

Calculer ***tm*** et ***ta*** par les méthodes décrites précédemment, puis additionner ***j***, ***tm*** et ***ta*** et garder le reste de la division par 7, soit (***j***+***tm***+***ta***) mod *7*.

Exemples :
1er janvier -4712 :

j =1, ***tm*** = 0,
Calcul de ***ta*** :
-4712 -1 = -4713 ; -4713 / 4 = -1178 ; -4713 - 1178 = -5891 ; -5891/ 28 = -210 reste -11 ;
il faut rajouter 28 le reste est donc de 17 ; 17 + 5 = 22 ; 22 mod 7 = 1 car 22 divisé par 7 = 3 reste 1
ta = 1 mais -4712 est bissextile ainsi ***ta*** = 0 pour janvier et février donc ***j***+***tm***+***ta*** = 1 divisé par 7 égal 0 reste **1**, c'est un **lundi**.

Vous vérifierez que le 1er mars -4712 est un vendredi, et que les 10 juin -2038 et 4 octobre 1582 sont des jeudis.

Henri II est-il mort un jeudi ou un vendredi ?

Suite aux travaux de Joseph Scaliger (1540-1609) il est maintenant d'usage, en particulier en astronomie, de compter les jours en Jours Juliens. L'origine a été choisie arbitrairement au lundi 1er janvier -4712 (c'est-à-dire en l'an 4713 av. JC, car il n'y a pas d'année zéro). Il est souvent d'usage de donner la date en Jours Juliens Modifiés (MJD en anglais) en retranchant au nombre réel de jours le nombre 2400000,5. Le demi jour (0,5) s'explique par le fait que les Jours Juliens sont définis à partir de 12h, alors que les jours que nous utilisons sont comptés à partir de 0h.

Ce sujet est complexe. Ceci peut expliquer certaines incertitudes sur les dates historiques. Ainsi, dans son livre "Alain Decaux raconte l'histoire de France aux enfants", qui, soit dit en passant est très intéressant même pour des adultes, l'auteur dit que le tournoi fatal au roi Henri II s'est déroulé le jeudi 30 juin 1559. Je trouve pour ma part que c'est un Vendredi (julien).

HISTOIRE

Le danger vient de l'espace

Jean-Noël Terry

Non, ce n'est pas en reprenant le titre de ce film de 1958, que je pense vous effrayer. Mais au cours de mes lectures, j'ai découvert mieux qu'Armageddon (1998), 1998, et Bruce Willis n'est pas n'importe qui pour sauver l'Amérique et le monde. Je préfère ici m'effacer devant le reporter :

« *Le bruit se répandit que la comète allait arriver… L'alarme que fit naître cette prédiction prétendue fut si générale, que le lieutenant de police voulut lire le Mémoire ; il ne trouva rien qui pût motiver les terreurs qu'on avait conçues ; il en ordonna la prompte publication. Quand il fut imprimé, personne ne voulut y croire ; on prétendit que l'auteur en avait supprimé la fatale prédiction, pour ne pas effrayer par l'annonce d'une catastrophe à laquelle il n'y avait aucun moyen de se soustraire…La comète ne vint pas, et bientôt on n'y songea plus. D'ailleurs tant de comètes ont passé, sans qu'aucune nous ait fait le moindre mal…* »

Alors qui est l'auteur de cette mauvaise série B ? Les évènements sont rapportés par Delambre, dans son « Histoire de l'astronomie au dix-huitième siècle », parue en 1827. Le fauteur du trouble public était Joseph-Jérôme Le François de Lalande qui s'en explique dans son essai paru en 1773 : « Réflexions sur les comètes qui peuvent approcher de la Terre ».

Les astéroïdes n'ayant été découverts par Piazzi qu'en 1801[1], Lalande n'aurait pas manqué de les associer à sa réflexion…

Delambre n'est pas tendre pour Lalande, il écrit : « *Lalande recherchait avec le plus grand soin tout ce qui pouvait attirer l'attention du public sur l'Astronomie et sur lui-même. Dans un moment où il n'avait rien d'autre à faire, à la campagne, il avait relu Les "Elémens" de la Philosophie de Newton, par Voltaire. Newton, en parlant des suites terribles que pourrait avoir la rencontre d'une comète qui viendrait choquer la Terre, disait que la Providence avait tout disposé de manière à rendre cette rencontre impossible. Lalande se permit de trouver cette assertion un peu légère. … Il avait composé sur ce sujet un Mémoire pour une rentrée publique de l'Académie ; mais se trouvant placé au dernier rang dans l'ordre des lectures, le temps manqua, et il ne fut point lu.*»

La rumeur eut plus d'effet que le Mémoire ! Voici la version de Lalande :

« *Ce Mémoire… faisait partie d'un travail plus considérable sur les Comètes en général. Ce que j'avais dit à quelques amis, du résultat de mes calculs, a passé de bouche en bouche, et s'est accru beaucoup plus rapidement que je ne l'aurais imaginé. Bientôt on a dit que j'avais annoncé une comète, qui dans un an, dans un mois… dans huit jours, allait causer la fin du monde, etc… Ces bruits populaires sont venus au point d'effrayer ; et j'ai cru devoir au public une explication capable de le rassurer.* »

---

[1] Très précisément dans la nuit du 31 décembre 1800 au 1 janvier 1801.

J. Ripert

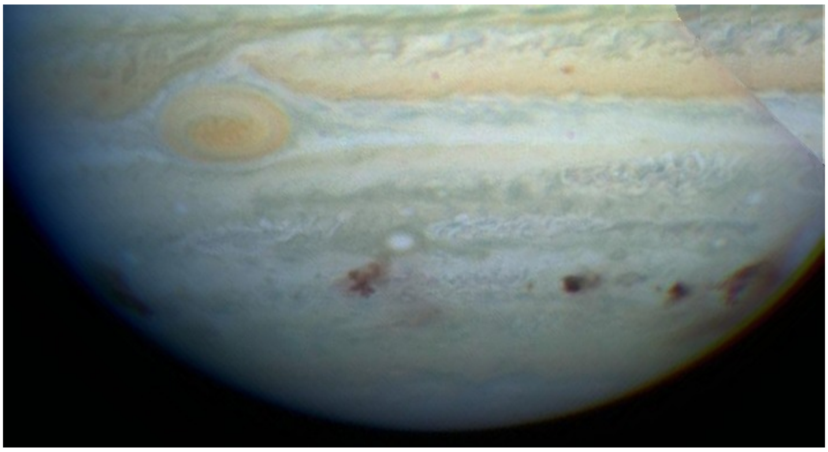


Photo HST

Traces de l'impact de la comète Shoemaker-Levy 9, tombée sur Jupiter en 1994

Ainsi paraît un article de « vulgarisation » dans la Gazette de France du 7 mai 1773. Mais ceci ne suffit pas à apaiser les esprits, et Lalande doit argumenter dans ses « Réflexions ».

« *L'imagination a devancé la nature », ainsi Lalande cite l'explication du déluge par l'astronome Whiston : « la comète de 1680 a pu causer le déluge 2926 ans avant l'ère vulgaire, soit par son atmosphère condensée sur la Terre, soit en soulevant les eaux intérieures de la Terre, et les amenant à la surface* ». Il faut donc étudier le catalogue des comètes d'orbite connue à l'époque : 60. Parmi elles 8 ont des nœuds « proches » de l'orbite terrestre.
« *mais il suffit que la distance soit fort petite pour mériter attention, parce qu'elle peut bientôt devenir nulle.* »

Lalande comprend que les perturbations des autres planètes peuvent modifier la trajectoire de la comète, en particulier Jupiter et Saturne.

Aujourd'hui, on sait mieux ce qu'il en est. Prenons un exemple récent : la sonde Stardust s'est approchée de la comète 81P/Wild 2 et vient de rapporter, entre autres, des échantillons de poussières cométaires. Sa courte période de 6,39 ans la présentait comme une cible pratique. Mais une telle comète est vite « usée » par ses passages près du Soleil. Wild 2 restait un témoin intéressant de la naissance du système solaire. Pourquoi ? Parce qu'on a remarqué que cet objet, découvert en 1978 par Paul Wild, avait subi une forte modification de son orbite au cours de son passage près de Jupiter en septembre 1974, ce qui l'amène désormais guère plus loin de nous que Mars. Livrée sur un plateau par la mécanique céleste.

Lalande rejette les catastrophes par impact ou entraînement, mais envisage un rapprochement à quelques diamètres de la Terre. Il compare l'effet à celui de la Lune et craint des marées gigantesques : « *Les plus hautes montagnes où les hommes aient des habitations, qui sont celles de dix-huit cent toises, même dans la zone torride, seraient plongées dans ces flots suspendus sur nos têtes, et dans l'espace de quelques heures, toute la circonférence de la Terre serait peut-être enveloppée dans cette sub-mersion* ».
On voit que Lalande sait rassurer son lecteur qui vient d'échapper à l'impact. Bien entendu, il lui manquait l'élément clef, la masse, le modèle « neige sale » de Fred Whipple (1906-2004) ne venant qu'au 20ème siècle…

Mais il continue : « *Les ravages de la mer seraient précédés des ouragans, dont* *nous n'avons aucune idée, mais que la comète et les eaux produiraient à la fois. Ces tempêtes renverseraient les villes et dévasteraient les campagnes, et seraient les avant-coureurs du dernier fléau de la nature.* »

L'erreur sur la masse vient, en fait, d'une hypothèse malheureuse : « *Les planètes sont d'autant plus denses qu'elles sont plus près du Soleil, et qu'elles ont à supporter une plus grande chaleur ; la Terre est quatre fois plus dense que Jupiter qui est cinq fois plus éloigné du Soleil ; les comètes suivant cette loi, seraient encore plus denses. La comète de 1680, échauffée 2000 fois plus qu'un fer rouge, serait 28000 fois plus dense que la Terre, si l'on supposait, avec M. de Buffon, que cette densité doive être proportionnelle à la chaleur que les planètes doivent subir.* »

Sur la fin, Lalande joue aux probabilités pour nous convaincre de dormir en paix : « *On ne peut donc regarder ces événements et ces dangers que comme des possibilités, qui ne sauraient entrer dans l'ordre moral des espérances ni des craintes. Les tables de mortalité nous apprennent qu'il meurt une personne à toutes les secondes, ou 3600 par heure, sur la surface de la Terre, peuplée d'environ mille millions d'habitants ; mais personne de nous ne craint de mourir dans une heure, parce qu'il y a 277800 contre un à parier, pour chaque individu, qu'il ne sera pas du nombre. Les possibilités dont je viens de parler, sont encore plus éloignées ; et l'on peut dans l'ordre moral les regarder comme nulles* ». Ne croyez-vous pas entendre votre assureur préféré ? Aujourd'hui, on parle d'impact, et on annonce la chute d'un objet de 30 mètres de diamètre tous les siècles, d'un kilomètre de diamètre tous les 3000 ans et de 10 kilomètres de diamètre tous les 100 millions d'années…

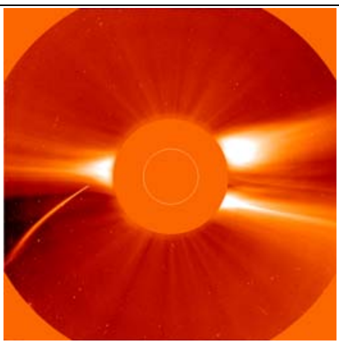


Photo Nasa/ESA

Comète SOHO 6. Elle n'a pas survécu à son passage près du Soleil. Le satellite Soho a découvert plus de 1000 comètes frôlant le Soleil. Certaines plongent dans le Soleil, d'autres s'évaporent, certaines survivent.

L'auteur perçoit malgré tout son (notre) ignorance de l'ensemble des comètes : 60 c'est peu. Même s'il limite ce nombre à 300, alors que Lambert écrit, lui, « *Il y a lieu de croire que le nombre va à quelques milliers, et une évaluation très modique fera mouvoir dans notre système pour le moins cinq cent millions de comètes.* »

Aujourd'hui en savons-nous vraiment plus sur le nombre d'objets du nuage de Oort ? La récente découverte de Sedna, qui promène ses 1800 km de diamètre, de 50 à 900 unités astronomiques de nous, et ce en 10500 ans pour une révolution, montre combien le champ de recherche reste vaste.

La conclusion est intéressante : on peut faire le même raisonnement pour les autres planètes, avec une possibilité de rencontre beaucoup plus importante.

« *C'est ainsi que l'ordre des mouvements célestes, tout admirable qu'il est, semble renfermer dans lui-même une cause immédiate, naturelle et nécessaire des plus énormes révolutions.* »
Souvenons-nous des impacts de Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter en 1994 (photo 1) ou des comètes.

■

HISTOIRE

Jean Bernard Léon Foucault : II
Du pendule à la vitesse de la lumière

Jean-Noël Terry

Résumé : *Nous poursuivons l'évocation de la vie de Léon Foucault à travers ses expériences. Dans cette dernière partie nous présentons son expérience fameuse du pendule, le "pendule de Foucault", dont la popularité a été immense. Puis nous terminerons par l'expérience maîtresse de Foucault, expérience d'une rare difficulté : la mesure absolue de la vitesse de la lumière.*

Le pendule

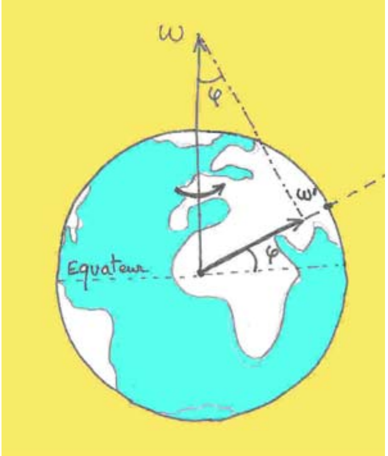
Foucault s'intéressa à un mécanisme d'horlogerie pour l'observation astronomique. Il s'agissait d'un mécanisme utilisant un pendule formé d'une baguette vibrante. Foucault avait remarqué qu'une baguette vibrante fixée dans le mandrin d'un tour de mécanique, vibrait dans un même plan, par inertie. Il eut l'idée de généraliser ceci au pendule. Les théoriciens Laplace et Poisson avaient dit que ce mouvement était si faible qu'il devait être imperceptible.

Foucault installe sa première expérience dans la cave de la maison de sa mère (maison détruite en 1894 - l'immeuble actuel, 28 rue d'Assas, est décoré d'un pendule de pierre). Le fil a deux mètres de long ; la sphère de cuivre pèse cinq kilogrammes.

Le vendredi 3 janvier 1851, de 1h à 2h, Foucault note : "Première expérience, résultat favorable ; le fil casse". Le mercredi 8 janvier 1851, 2h du matin : "Le pendule a tourné dans le sens du mouvement diurne de la sphère céleste". Le 3 février 1851, Foucault annonce sa découverte à l'Académie des Sciences.

Cette expérience est une preuve interne de la rotation de la Terre. L'observateur tourne dans le sens inverse du plan d'oscillation du pendule. Par la pensée, au pôle, la rotation du plan d'oscillation se fait au rythme d'un tour par 24 heures. En revanche, à l'équateur, il n'y a pas de rotation. En un lieu de latitude φ, la période est de 24/sinφ (voir l'encadré). A propos de cette formule, Foucault conclut : "Il faut recourir soit à l'analyse soit à des considérations mécaniques et géométriques que ne comporte pas l'étendue restreinte de cette Note".

Rotation du plan d'oscillation du pendule.



Au pôle, le pendule se balance dans une direction immuable par rapport aux étoiles. La vitesse de rotation du plan d'oscillation est celle de la Terre, soit ω=360/24 degrés par heure. Cette rotation peut se représenter par un vecteur $\vec{\omega}$. En un lieu de latitude φ, la vitesse de rotation autour d'un axe vertical est la projection de $\vec{\omega}$ sur la verticale, c'est-à-dire : $\vec{\omega}' = \vec{\omega}\sin\varphi$. Pour une latitude de 45° on voit que la vitesse est 0.7 fois plus petite. Le plan d'oscillation fait un tour en 34 heures, environ.

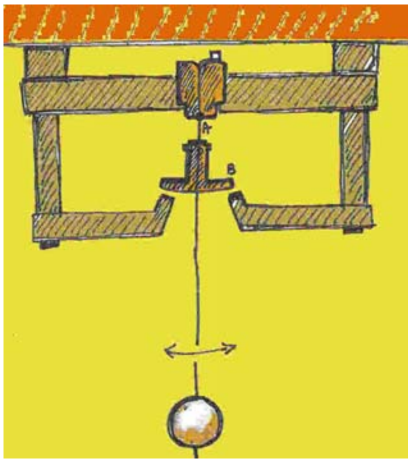
Pour plus de détails lisez le CC101, p17

Le 3 Février, un certain nombre de personnes reçoit le billet suivant : "Vous êtes invités à venir voir tourner la Terre dans la salle méridienne[1] de l'Observatoire de Paris".

La salle de la méridienne à l'Observatoire de Paris

Le pendule a 11 mètres de fil d'acier. Pour le lancer, on brûle généralement le fil qui le maintient hors de sa position d'équilibre.

Avec l'appui de Louis Napoléon Bonaparte et d'Arago, Foucault installe, pour le public, un pendule géant au Panthéon, avec l'aide de Froment (1815-1865), le célèbre fabricant d'instruments. Le pendule est équipé d'un fil de 67 mètres de long et de 1,4 mm de diamètre. Le sol est recouvert d'un plancher et de 20 cm de terre tassée. Autour, est disposé un cercle de bois (buis) gradué, de six mètres de diamètre. Des bourrelets de sable humide sont marqués par le passage de la boule de laiton de 28 kg, faite de deux hémisphères travaillés à la main. Cette boule allonge le fil de six centimètres. Au premier essai, le fil casse et tournoie au risque de décapiter quelqu'un. Foucault équipe le système d'un "parachute" pour prévenir tout accident.



Principe du "parachute". Si le fil vient à casser en A, au point de fatigue, la pièce B, solidaire du fil, empêche la chute de celui-ci.

La boule met huit secondes à l'aller et huit secondes au retour et c'est le style fixé à sa base qui marque dans le sable la déviation du plan d'oscillation (2,3 mm à chaque oscillation). Les oscillations de trois mètres d'amplitude s'amortissent. Il faut relancer le pendule après cinq ou six heures.

Le point d'attache n'est pas libre de mouvement (sauf au pôle) : il tourne et la direction de la gravité qui définit la verticale, change par rapport aux étoiles.

Alors les expériences se répandent dans le monde entier. En 1851 à Reims, Rennes, Oxford, Dublin, New-York, Genève, Rio de Janeiro, Ceylan, Rome...

Rome, où le père Secchi, à l'église Saint-Ignace (Revanche de Galilée) installe un pendule avec un fil de 31,89 m et une sphère de 28kg. Après 1h30 il remarque un mouvement elliptique dans le sens de la rotation de la Terre. Il l'attribue à un défaut. En fait c'est la rotation des apsides.

L'expérience sera refaite par Foucault en 1855 à l'Exposition Universelle de Paris. Les oscillations étaient entretenues par un électroaimant attirant la boule à chaque oscillation. En 1902, Flammarion et Berget refont l'expérience.

Une grande quantité d'articles fut publiée pour justifier le phénomène par la théorie. Les physiciens s'affrontèrent. La recherche d'un

[1] Salle de 33 mètres de long où était tracée la méridienne de Cassini mesurée par Arago

mouvement indépendant de la latitude conduisit Foucault à l'invention du gyroscope.

C'est en avril 1853, peu après le début de ce grand succès, que Foucault soutint sa thèse sur les résultats de sa première expérience : "Sur les mesures relatives de la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau". C'est ce que nous avons vu dans le premier article. Cette expérience va conduire naturellement Foucault à la mesure de la vitesse absolue de la lumière.

La mesure de la vitesse absolue de la lumière

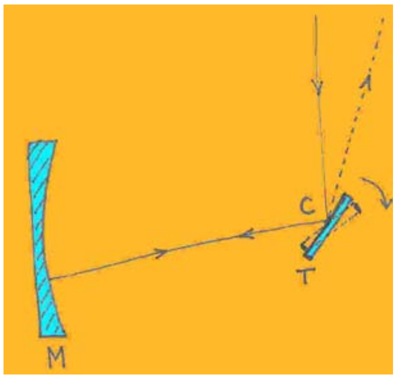
Foucault reprend des éléments de son expérience de 1850. Il créa un trajet de 20 mètres avec un relais de cinq miroirs concaves à face argentée. Une roue dentée, entraînée par un mécanisme d'horlogerie construit par Gustave Froment, permettait de régler le miroir tournant, par effet stroboscopique, à 400 tours par seconde.

Crédit: Observatoire de Paris

Horloge de Gustave Froment utilisée par Foucault en 1862, pour la mesure de la vitesse de la lumière.

Le miroir tournait grâce à une soufflerie de précision réalisée par le facteur d'orgue Aristide Cavaillé-Coll (1811-1899), alors que dans son expérience de 1850 Foucault utilisait la vapeur.

Le principe de l'expérience

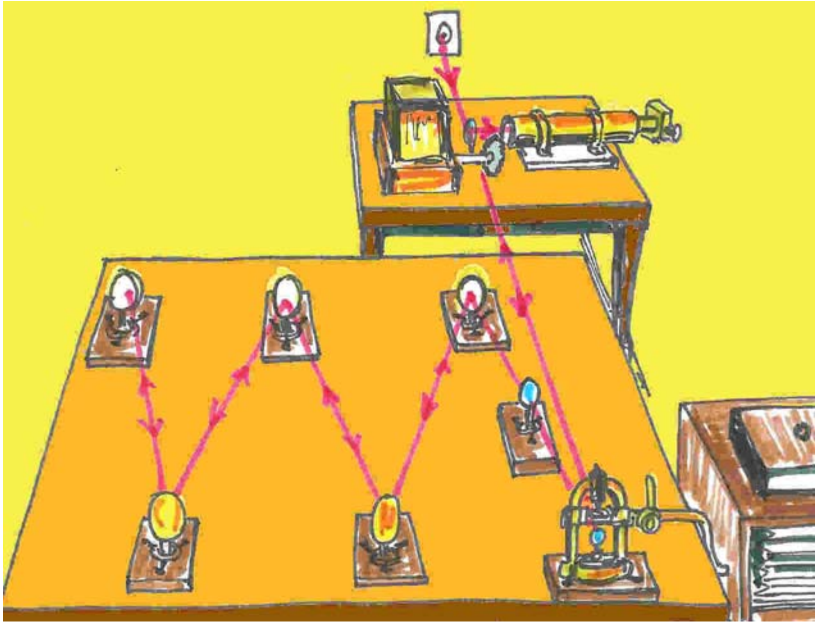


Après réflexion sur un petit miroir tournant T, un faisceau incident est envoyé vers un miroir sphérique M. Le miroir tournant est placé au centre du miroir M. Ainsi, quelle que soit la direction du faisceau arrivant sur M, le faisceau réfléchi revient par le même trajet. Mais, pendant le temps de cet aller-retour, le miroir T a légèrement tourné, de sorte que le faisceau sortant n'est plus dans la direction du faisceau incident. Pour peu que l'on connaisse la vitesse de rotation du miroir et les dimensions caractéristiques de l'expérience, la mesure de l'angle entre ces deux faisceaux conduit à la mesure de la vitesse de la lumière.

Le faisceau de retour était haché par le miroir tournant. En observant une roue dentée, tournant à vitesse connue et éclairée par le faisceau de retour, il était possible de mesurer la vitesse de rotation du miroir par stroboscopie.

En 1862 Foucault propose une valeur de 298000 km/s, moins de un pour cent d'erreur. Pour saluer l'exploit, rappelons qu'en 1984 à l'Observatoire de Paris, les astronomes Jean-Pierre Verdet et Jean Gay refirent l'expérience avec des moyens modernes (moteur, tachymètre, faisceau laser sur 60 mètres). J.-P. Verdet affirme n'avoir pu être que deux fois moins précis que Foucault.

Pour l'Exposition Universelle de 1867, ayant étudié toutes sortes de régulateurs avec l'idée de les faire entrer dans l'industrie, on demande à Foucault de faire marcher un métier à tisser et une machine à travailler le bois. Cette tâche a un côté pervers en maintenant Foucault en haleine près du régulateur. C'est en juillet 1867 qu'il ressent des symptômes de paralysie. Il mourut en moins de sept mois, à 48 ans, d'une sclérose en plaques foudroyante.



La représentation schématique de l'expérience de 1862

Le bilan

Foucault, peu reconnu en France (sa candidature à l'Académie fut refusée en 1857 et elle ne fut acceptée qu'en 1865) fut honoré dès 1855 par la médaille Copley de la Société Royale de Londres. Ce manque de reconnaissance peut s'expliquer par deux "défauts" de Foucault :

Il ne sortait pas d'une Grande Ecole.

Il n'était pas théoricien (sa thèse de doctorat en 1850 sur la vitesse relative de la lumière dans l'air et dans l'eau contenait des erreurs de calcul qu'il avait été incapable de corriger pendant la soutenance, sous le feu croisé de questions, dont celles du chimiste J.-B. Dumas.

Mais suivons Donné : «*Tout le monde ne considérait pas Foucault comme un vrai physicien... et cela, parce qu'il n'avait pas étudié toutes les parties de la science, qu'il aurait peut-être été incapable de faire un cours complet de physique élémentaire... Pour beaucoup, c'était un amateur. Lui-même, au reste, se donnait ce titre et s'en glorifiait : "**Nous sommes des amateurs mais dans le bon sens, nous cultivons les points de la science vers lesquels nous porte notre instinct**"*».

Image wikimedia libre de droit

"Nous sommes des amateurs ..."

Un pendule de Foucault en carton

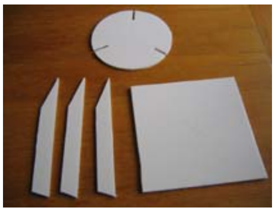
G. Paturel,

Résumé : *Nous vous proposons un pendule de Foucault en "carton plume", à faire réaliser par des enfants pendant les vacances. Une bonne occasion d'initier ces chers petits au bricolage (mesure d'angle, tracé d'un centre, etc.) et à la physique.*

Le matériel

Un jour j'étais au Conservatoire des Arts et Métiers à Paris en train d'admirer le grand pendule de Foucault. Une mère et son enfant s'approchèrent et la mère expliqua à son fils : "Tu vois, c'est comme ça qu'on montre que la Terre tourne autour du Soleil". Depuis ce jour j'ai pensé qu'il fallait faire quelque chose pour expliquer l'expérience de Foucault aux enfants. C'est le but de cette réalisation toute simple.

Premièrement, il faut rassembler la matière première : une plaque de "carton plume" de 5mm d'épaisseur, un plomb de pêche fendu (diamètre 10mm), un clou, une vis et son écrou (diamètre 4mm), une paille en plastique, des patins caoutchouc (goutte d'eau) et quelques outils (attention au couteau) et menus ingrédients.



Réalisation

Découper un disque de 19 cm de diamètre et dessiner trois rayons à 120° les uns des autres. Découper un carré de 22×22 cm pour le socle et marquer son centre par les diagonales. Découper trois rectangles 25×3 cm pour les supports. Couper les extrémités des supports en biais, avec un angle de 22° d'un côté (le haut) et de 68° de l'autre (le bas), comme sur la photo. Sur le disque, faites trois ouvertures rectangulaires le long des rayons. Ces ouvertures auront 3 cm de long et 4 mm de largeur. Coller trois patins antidérapants sous le socle carré.

Coller avec du ruban adhésif un morceau de paille le long de la coupure en biais d'un des supports (côté haut). C'est par cette paille que passera le fil du pendule.

Fixer le disque sur le socle à l'aide de l'écrou et du boulon. Encastrer en force les trois supports dans les ouvertures du disque. Le sommet des trois supports est maintenu en place par un élastique.

Pincez le plomb autour d'une extrémité du fil (dans un étau) et faites une boucle à l'autre extrémité du fil. Passer la boucle dans la paille et fixer la avec le clou dans un des supports, de telle manière que le plomb affleure le boulon central, sans le toucher.

Expérience

Lancez le pendule avec une faible amplitude puis faites doucement tourner le disque autour de son axe, dans le sens direct, comme la Terre. Maintenez bien le socle pendant cette opération. Vous verrez le pendule se balancer, toujours dans la même direction. L'observateur (le petit homme en plastique) aura, lui, l'impression que le plan d'oscillation part vers sa gauche (sens rétrograde). C'est très spectaculaire. Ce phénomène, que l'on observe avec un vrai pendule de Foucault, montre que la Terre tourne sur elle-même.

Vous vérifierez que le fil ne se tord pas sur lui-même comme on le pense souvent, mais que le plomb tourne sur lui-même, au même rythme que le disque. Notez que le pendule est entièrement démontable pour le transport. ■

Deux éclipses de Lune à observer

Pierre Causeret, pierre.causeret@wanadoo.fr

Résumé : *En 2006-2007, nous aurons droit à deux éclipses de Lune. La première le 7 septembre 2006 sera partielle et la deuxième le 3 mars 2007 sera totale. C'est l'occasion de rappeler diverses activités que l'on peut faire avec les élèves, dans le cadre de cours (maths, sciences physiques...), de clubs...*

Les données de ces éclipses

Ces données sont extraites du Hors Série n°9 des Cahiers Clairaut "Maths et Astronomie". Elles proviennent elles-mêmes de l'IMCCE (Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides) soit directement soit après quelques calculs effectués à partir de ces données. Dans ce même hors-série, vous trouverez le détail de quelques calculs rapidement rappelés ici.

Date	07/09/06	3-4/03/2007
Grandeur	0,184	1,233
Rayon de l'ombre (km)	4727	4490
Distance d (km)	5824	1941
D. Terre Soleil (km)	150 700 000	148 300 000
D. Terre Lune (km)	357000	402000
Maximum de l'éclipse (TU)	18h51	23h21
Longueur du cône (km)	1384000	1362000
Rayon de l'ombre (km)	4727	4490
Vitesse Lune (km/h)	3664	3254
Entrée dans l'ombre	18h06	21h30
Début de la totalité	*	22h44
Maximum de l'éclipse	18h51	23h21
Fin de la totalité	*	23h57
Sortie de l'ombre	19h37	01h11

* : éclipse partielle

Pour comprendre ces données, voici quelques précisions

Grandeur d'une éclipse

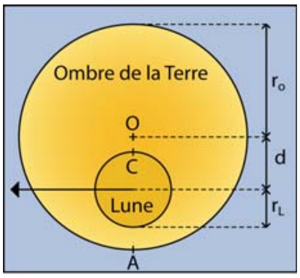
On appelle grandeur de l'éclipse la quantité

$g = (r_O + r_L - d) / 2\,r_L$

Comme :

$r_O + r_L - d = OA + LC - (LC + OC) = OA - OC = AC$,

on peut aussi écrire $g = AC/2\,r_L$ ou $\mathbf{g = AC / D_L}$



r_O = rayon de l'ombre de la Terre

d = distance du centre de la Lune au centre de l'ombre (au maximum de l'éclipse)

r_L = rayon de la Lune

D_L = diamètre de la Lune

Quand la grandeur g est comprise entre 0 et 1, l'éclipse est partielle ($AC < D_L$), quand g est supérieur à 1, l'éclipse est totale.
Le 7/09/06, g = 0,184 : seule une petite partie de la Lune est éclipsée.
Le 3/03/07, g = 1,233 : l'éclipse est totale.

Longueur du cône d'ombre de la terre et diamètre de l'ombre

Ces longueurs se calculent en utilisant le théorème de Thalès à partir des distances Terre Soleil et Terre Lune, des rayons du Soleil (700 000 km) et de la Terre (6370 km). Le diamètre de l'ombre est calculé pour la position de la Lune.

Comparaison des deux éclipses

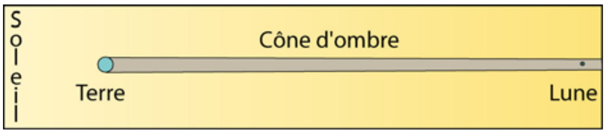
Le cône d'ombre de la Terre est plus court en mars qu'en septembre car le Soleil est plus proche, la Terre passant au plus près du Soleil début janvier.
De plus la Lune sera pratiquement au plus loin de la Terre pendant la deuxième éclipse, à 402 000 km (apogée le 7 mars) alors que pour la première, elle sera quasiment au périgée, à 357 000 km.
Ces deux phénomènes font que le rayon de l'ombre de la Terre est nettement plus petit en mars qu'en septembre (4490 km contre 4727).
On peut aussi remarquer que la vitesse de la Lune est plus grande en septembre car la Lune est plus proche (2ème loi de Kepler).

Quelques activités

Une maquette à l'échelle

Lorsque l'on parle d'éclipse de Lune à nos élèves, une des premières questions posées est de savoir pourquoi il n'y a pas d'éclipse de Lune à chaque pleine Lune. Avant de parler d'inclinaison du plan de l'orbite, on peut essayer de faire une maquette à l'échelle.

Pour cela, on met un rétroprojecteur d'un côté de la salle qui servira de Soleil. De l'autre côté, un élève tient une boule en polystyrène qui représente la Terre. Un autre élève doit faire passer la Lune, plus petite, dans l'ombre de la Terre en la plaçant à la bonne distance, 30 fois le diamètre de la Terre. Avec une Terre de 3 cm de diamètre, on peut prendre une Lune de 1 cm et il faudra la placer à près d'un mètre de la Terre. On s'aperçoit alors qu'il est difficile de bien viser pour simuler l'éclipse, on a tendance à faire passer la Lune au-dessus ou en dessous de l'ombre. Pour y arriver, on peut s'aider de l'ombre de la Terre sur le mur ou sur un écran.

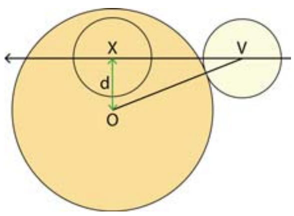


Le système Terre Lune à l'échelle

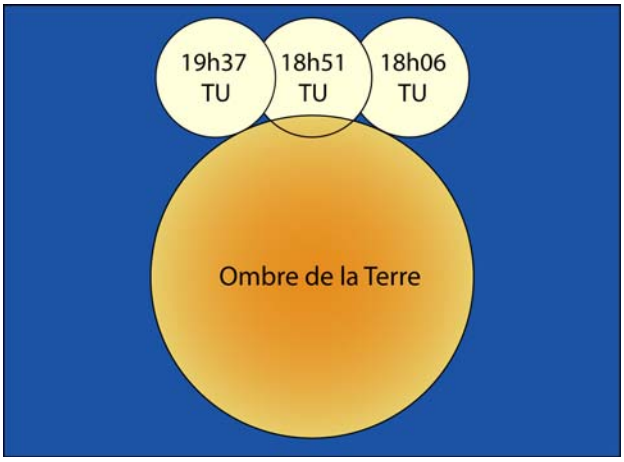
Cette expérience simple permet de comprendre qu'il suffit de pas grand-chose pour que la Lune rate l'ombre de la Terre à la pleine Lune. Une légère inclinaison du plan de son orbite par exemple…

Calculer les horaires des éclipses

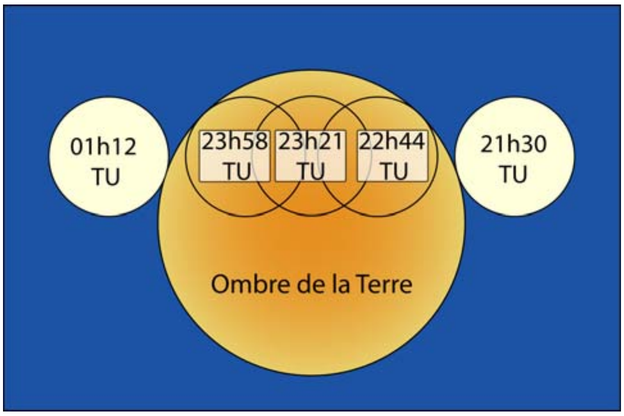
Si on connaît la vitesse de la Lune lorsqu'elle traverse l'ombre, le diamètre de cette ombre, le diamètre de la Lune, l'heure du maximum et la distance minimale du centre de la Lune au centre de l'ombre, on peut calculer simplement les horaires des différentes phases de l'éclipse. On utilise pour cela le théorème de Pythagore et on effectue quelques calculs de vitesse.



Avec d et OV (OV = rayon de l'ombre + rayon de la Lune), on calcule VX. Si on donne la vitesse de la Lune et l'heure de son passage en X, on retrouve l'heure du début de l'éclipse.



L'éclipse du 7 septembre 2006
(ajoutez 2 h pour avoir l'heure légale)



L'éclipse du 3 et 4 mars 2007
(ajoutez 1 h pour avoir l'heure légale)

Les différentes étapes de cette éclipse :

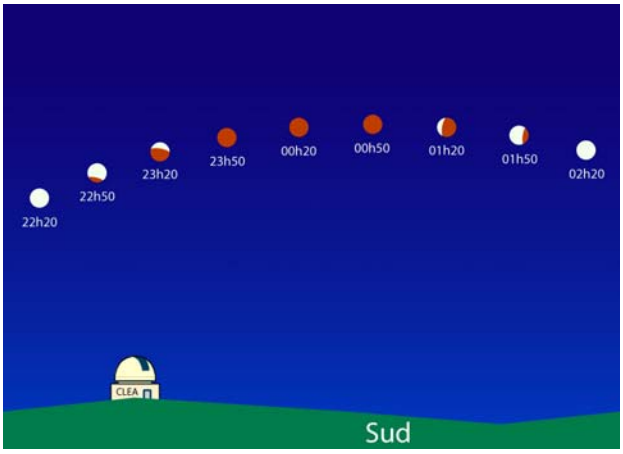
Entrée dans l'ombre : 21h30
Début de la totalité : 22h44
Milieu de la totalité : 23h21
Fin de la totalité : 23h58
Sortie de l'ombre : 1h12

Sur les schémas ci-dessus, on a dessiné l'ombre de la Terre mais elle est évidemment invisible.

Observer l'éclipse

Quand on regarde des schémas comme les deux précédents, on pourrait croire que l'on voit la Lune se déplacer de droite à gauche dans le ciel. La révolution de la Lune autour de la Terre l'entraîne bien d'ouest en est (de droite à gauche quand on regarde vers le sud) avec une période d'un mois environ, mais pendant ce temps là, la Terre tourne sur elle-même avec une période d'un jour. C'est donc bien la rotation de la Terre qui l'emporte. On voit donc la Lune se déplacer d'est en ouest ou de gauche à droite à nos latitudes (dans l'hémisphère sud, on la voit aussi se déplacer d'est en ouest mais comme elle passe au nord, cela donne de droite à gauche).

Le 7 septembre, la Lune se lèvera au début de l'éclipse pour les personnes habitant l'est de la France. A l'ouest, par contre, la Lune se lèvera déjà éclipsée.



L'éclipse du 3-4 mars en heures légales (TU+1). Pendant que la Lune traverse l'ombre de la Terre d'ouest en est, on voit l'ensemble du ciel se déplacer d'est en ouest à cause de la rotation de la Terre (sur le schéma, le diamètre de la Lune a été grossi).

Une observation intéressante de l'éclipse consiste à dessiner ou à photographier la Lune partiellement éclipsée pour comparer l'ombre de la Terre à la Lune. On devine ainsi que la Terre est plus grosse que la Lune.

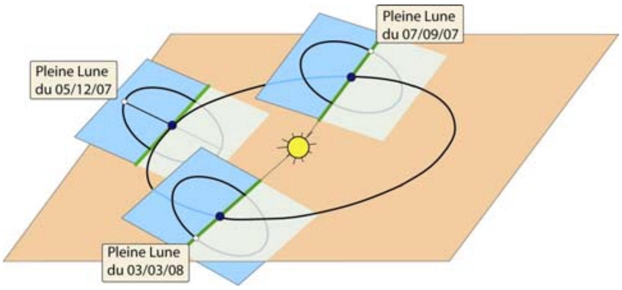
L'éclipse de Lune du 16 mai 2003

Photographier l'éclipse

Pour obtenir une image de la Lune acceptable, il faut un grossissement suffisant. L'idéal est d'avoir un appareil photo reflex adapté sur une lunette ou un télescope. Mais tout le monde n'en possède pas. Il est plus facile de trouver une paire de jumelles et un appareil photo numérique non reflex et cela suffit pour tenter quelques photos. Les jumelles étant fixées sur un pied et dirigées vers la Lune, on photographie l'image avec l'appareil tenu à la main derrière ces jumelles. Les résultats ne valent évidemment pas les photos faites avec un appareil reflex mais elles montrent déjà pas mal de détails.

La Lune photographiée avec un appareil photo numérique tenu à la main derrière une paire de jumelles fixée sur un trépied.

Vous trouverez d'autres renseignements et d'autres idées d'activités sur les éclipses de Lune
- Sur le site du CLEA (Lunap, l'Univers observé, éclipses de Lune)
- Dans le hors séries N°9 des Cahiers Clairaut "Maths et astronomie" qui contient une fiche sur les éclipse de Lune….
- Dans les Cahiers Clairaut suivants :
N°85 p16 L'éclipsolabe
N°75 p27 Calcul des horaires d'une éclipse de Lune
N°37 p9 .Calculer la distance de la Lune à partir d'une photo d'éclipse.
N°32 p34 Les éclipses en CM1
N°3 p28 Les éclipses
- Sur le site de l'IMCCE, www.imcce.fr (astronomie pour tous, les éclipses de Lune)



Le plan de l'orbite lunaire est incliné de 5° par rapport au plan de l'écliptique. La ligne des noeuds, en vert sur le schéma, est l'intersection du plan de l'orbite de la Lune et du plan de l'écliptique. Il ne peut y avoir éclipse que si la ligne des noeuds passe par le Soleil (ou à proximité du Soleil).

REMUE-MÉNINGES

Il est très fréquent, à la télévision, sur un film, ou lors de la projection d'une photo d'étoiles ou de galaxies, que l'on remarque des points lumineux nettement perçus comme ayant six rayons, plus ou moins longs, mais toujours parfaitement symétriques et dont les prolongements convergent vers le centre de la tache lumineuse... Pourquoi le phénomène apparaît-il sur certaines sources et pas sur d'autres ?

C. Larcher

La réponse est donnée en dernière page et un complément d'information est donné par C. Larcher et Ch.-H. Vigouroux dans le courrier des lecteurs.

Le Soleil vu à la télévision. C'est bien une étoile !

LECTURE POUR LA MARQUISE

Isaac Newton.

James Gleick, éd. Dunod, coll. Quai des Sciences, ISBN 2-10-048739-6

Si vous ne voulez pas lire les 900 pages de la biographie de Richard Westfall parue il y a quelques années, voici un portrait de Newton très accessible et qui évite les écueils consistant soit à louer aveuglément, soit à déboulonner la statue du géant.

Le récit nous présente un Newton vivant, de personnalité complexe. Parfois vaniteux, n'épargnant rien à Leibniz dans sa polémique sur le calcul infinitésimal. Peu désireux de communiquer ses résultats, mais capable de s'enrichir en tant que Maître de la Monnaie, touchant un pourcentage sur chaque livre frappée !

Après avoir complété le portrait du Newton souvent caché par sa fameuse et virtuelle pomme, il vous est possible de lire les Principia. Soit en les téléchargeant sur le site Gallica de la Bibliothèque Nationale, soit en achetant la réédition proposée en même temps par les éditions Dunod : autre lecture conseillée.

Kepler.

Philippe Depondt et Guillemette de Véricourt, Editions du Rouergue, ISBN 2-84156-688-9.

Quelle époque, ce tournant du 16$^{\text{ème}}$ siècle où Brahé, Kepler et Galilée ont secoué l'image du monde ! Le livre présenté ici nous fait voyager en compagnie de Johannes Kepler : voyage géographique au gré des postes en Allemagne et en Autriche, mais surtout voyages intellectuels avec leurs errances, leurs impasses, et aussi leurs échappées.

Kepler est un de ces « Somnambules » d'Arthur Koestler. Astrologue, mais sceptique, catholique mais proche des réformés en esprit, capable de pressentir le rôle du Soleil dans le mouvement des planètes, mais sous forme « d'âme motrice ». On peut multiplier les exemples.

On connaît sa lutte contre l'orbite de Mars (il pensait en terminer en huit jours, il lui faudra huit ans). On connaît sa correspondance avec Galilée, mais mesure-t-on son soutien public, en particulier pour l'usage de la lunette ? On connaît moins ses avancées en optique : en 1604, il avance en optique géométrique en posant le fait, non évident à l'époque, que les rayons lumineux vont de l'objet à l'œil, et non l'inverse !

Le livre ne néglige pas l'aspect humain. Si on sait son intervention pour défendre sa mère accusée de sorcellerie, on ignore souvent que le quotidien n'était pas toujours simple. En 1611, il perd un de ses trois enfants, victime de la variole, puis sa femme.

On croit parfois connaître l'auteur de ses fameuses trois lois, on découvre ici bien des facettes peu connues de la personnalité, de la démarche et des travaux de Kepler. Les découvrir ou les approfondir est d'une lecture fort passionnante.

JNT

La grande lunette de Meudon

Audouin Dollfus CNRS Editions, Paris 2006
ISBN 2-271-06384-1

« *Après avoir gravi l'escalier en spirale qui accède à la grande lunette, dans une demi obscurité qui prépare les yeux à la nuit, l'indiscret visiteur nocturne débouche devant une porte fermée. Il l'entrouvre. Une lame d'air froid s'abat sur le visiteur qui devine un immense espace, obscur et glacé. Le léger ronflement d'un moteur ajoute au mystère…* »

C'est ainsi qu'Audouin Dollfus décrit l'entrée dans les entrailles de cette vieille Dame plus que centenaire, dont la jeunesse fut d'abord « une audacieuse vision du futur » avant de devenir « une glorieuse évocation du passé ».

La première partie de l'ouvrage décrit la construction et les caractéristiques de cette lunette qui était alors la plus grande d'Europe. On apprend qu'elle est juchée au sommet d'un pilier de 18 m de hauteur. On imagine ce que pouvait être le pilotage d'un tel instrument avec toutes ses manettes, manivelles, poignées, cordes, avec ce lourd contrepoids cylindrique qu'il fallait remonter avant toute nouvelle observation. Ce contrepoids permettait de commander le mécanisme d'horlogerie destiné à compenser le mouvement diurne. Le freinage de la chute du poids était obtenu par un astucieux dispositif à ailettes, de dimension réglable, en rotation dans l'air.

On comprend aisément qu'il était recommandé de faire appel à des astronomes « jeunes et vigoureux ».

La deuxième partie de l'ouvrage est consacrée aux observations et aux découvertes. C'est en 1909 que l'astronome Antoniadi pourra dire : « J'ai vu Mars de plus près que quiconque » et réfuter l'existence de canaux.

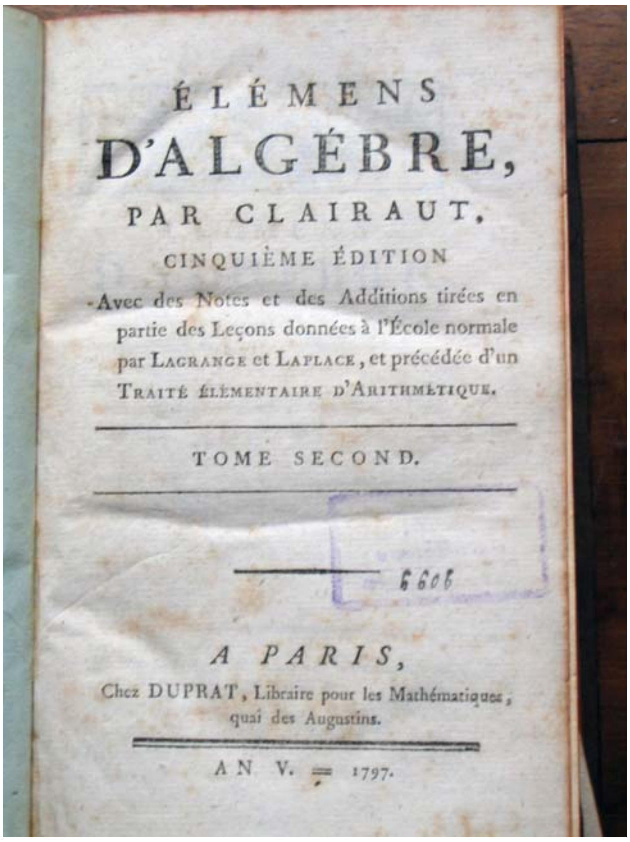
C'est aussi à Meudon que Bernard Lyot pourra déterminer, à distance, les caractéristiques des surfaces planétaires, en étudiant la polarisation de la lumière solaire de la lumière réfléchie.

En 1991, la coupole cesse de tourner puis, en 1999 elle est partiellement décoiffée par la tempête du 26 décembre…

Devenu mythique, l'instrument hors normes « *symbolise une manière de penser l'astronomie et de la pratiquer* » complètement modifiée de nos jours.

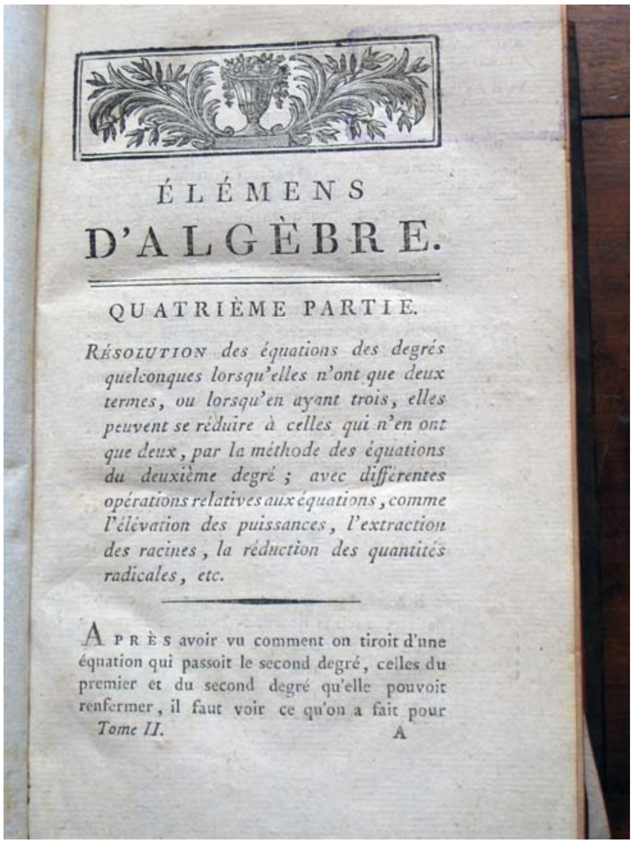
Christian Larcher

DOCUMENTS ANCIENS


ÉLÉMENS
D'ALGÈBRE,
PAR CLAIRAUT,
CINQUIÈME ÉDITION
Avec des Notes et des Additions tirées en partie des Leçons données à l'École normale par LAGRANGE et LAPLACE, et précédée d'un TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'ARITHMÉTIQUE.

TOME SECOND.

A PARIS,
Chez DUPRAT, Libraire pour les Mathématiques, quai des Augustins.
AN V. = 1797.


ÉLÉMENS
D'ALGÈBRE.

QUATRIÈME PARTIE.

RÉSOLUTION des équations des degrés quelconques lorsqu'elles n'ont que deux termes, ou lorsqu'en ayant trois, elles peuvent se réduire à celles qui n'en ont que deux, par la méthode des équations du deuxième degré ; avec différentes opérations relatives aux équations, comme l'élévation des puissances, l'extraction des racines, la réduction des quantités radicales, etc.

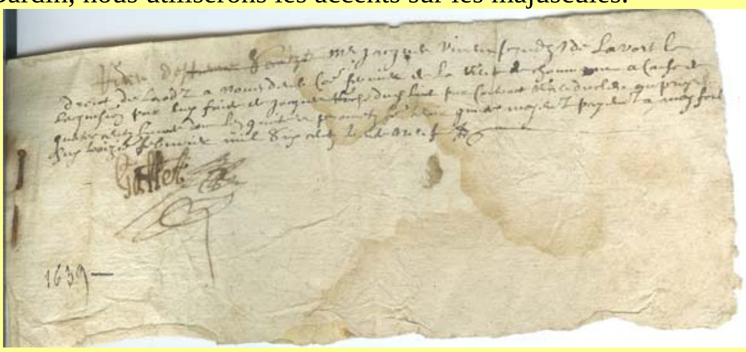
APRÈS avoir vu comment on tiroit d'une équation qui passoit le second degré, celles du premier et du second degré qu'elle pouvoit renfermer, il faut voir ce qu'on a fait pour

Tome II. A

Documents Observatoire de Lyon

Dans le prochain Cahier nous vous proposerons la solution d'un petit problème d'algèbre, en apparence simple, que s'était posé Alexis Clairaut en 1797 dans ses "ÉLÉMENS D'ALGÈBRE".
Quelles sont les trois solutions de l'équation simple $a.x^3 = b$?

Petite remarque typographique
Dans les derniers numéros des Cahiers Clairaut nous écrivions les lettres majuscules sans accent. Désormais, prenant modèle sur les anciens, dont Clairaut lui-même (voir les photos ci-dessus), et suivant les conseils de Jean Ripert et Daniel Bardin, nous utiliserons les accents sur les majuscules.



Mais les anciens n'écrivaient pas toujours bien, comme l'atteste ce document de 1639, trouvé chez un parent. J'ai eu une émotion particulière en pensant que ce texte avait été écrit avant la naissance de Newton. Imaginez, l'épingle à gauche tient bon depuis 367 ans ! gp

Petit rappel historique

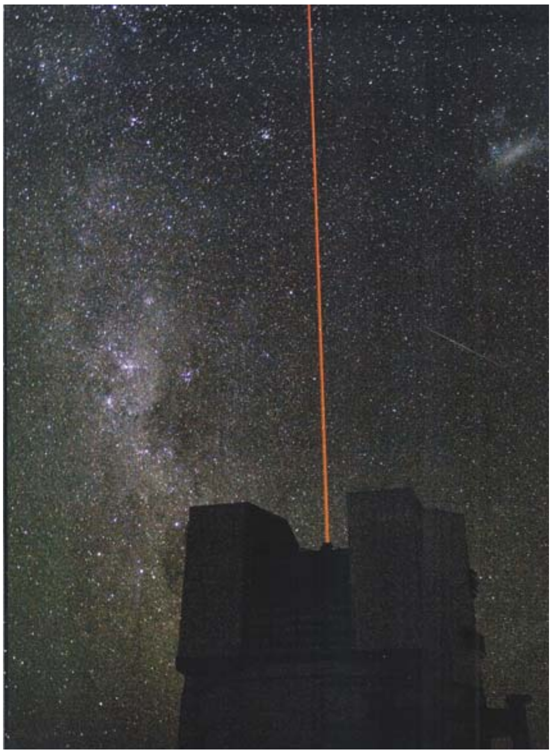
Pour marquer le tricentenaire de la naissance d'Emilie de Breteuil (1706-1749), future marquise du Châtelet, un colloque international a été organisé à Paris au début du mois de juin. Ce colloque avait pour but de mettre en "lumière l'une des premières femmes de science que la France ait connues".

C'est pour nous l'occasion de rappeler que la marquise du Châtelet était l'élève d'Alexis Clairaut. Elle allait prendre ses leçons, à cheval, au Mont Valérien, là où Clairaut et Maupertuis s'étaient retirés pour travailler au calme. Sûr que la marquise aurait été membre du CLEA et lectrice assidue des Cahiers de son maître. On comprend mieux l'origine de la rubrique "Lecture pour la marquise"

La marquise du Châtelet traduisit "Les Principes Mathématiques de Philosophie Naturelle" d'Isaac Newton. Le jeune Alexis Clairaut l'aida dans cette tâche difficile. Rappelons qu'Emilie fut très liée à Voltaire avec qui elle eut une profonde communion de pensée et même plus : "D'amour belle marquise vos beaux yeux mourir me font... ".

gp

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE



Crédit photo : G. Hüdepohl, ESO

Une étoile artificielle dans le ciel austral

Cette magnifique photo tirée de la revue "The Messenger" (Mars 2006, No123), illustre une nouvelle technique mise en application à l'Observatoire Européen du Sud (ESO).

Si vous avez bien compris l'article sur la haute résolution spatiale (voir CC87, p4) vous savez qu'il est possible d'améliorer la qualité des images en corrigeant les déformations que subissent les ondes qui traversent notre atmosphère terrestre. Pour cela il est nécessaire d'enregistrer, en temps réel, la forme de la surface d'onde d'une source lumineuse du champ observé. Le problème est qu'il n'y a pas toujours une étoile lumineuse dans le champ que l'on souhaite étudier. C'est pourquoi les astronomes ont imaginé de créer une étoile artificielle (comprenez une source lumineuse ponctuelle) en stimulant par un laser les atomes de la haute atmosphère. L'étoile artificielle peut être créée où l'on veut dans le ciel, et donc près du champ à photographier.

Notez que la photo montre la Voie Lactée sur la gauche et, en haut à droite, le Grand Nuage de Magellan.

Au fil des perles des astronomes et des enseignants

Un élève à qui le professeur demandait quel est le contraire d'un angle aigu répondit : "c'est un angle grave, M'sieur !".

Un mal aigu n'est pas forcément grave mais c'est grave d'avoir l'esprit obtus.

gp

LA VIE ASSOCIATIVE

Préparation de l'École d'Été d'astronomie

Une réunion s'est tenue à l'Observatoire de Lyon, les 27 et 28 mai derniers, pour la préparation de l'École d'Été d'Astronomie du CLEA. Le travail a été très efficace grâce à une remarquable préparation de Éric Josselin. Les différentes tâches ont été réparties. Signalons, que cette école s'annonce très bien avec une participation très importante (les inscriptions sont closes faute de places).

La suite de la réunion nous a permis de rediscuter des orientations du CLEA et des Cahiers Clairaut (voir ci-dessous). Dans les objectifs importants il y a la poursuite de l'enrichissement du site CLE@ (LUNAP), la réédition du CD des Archives des Cahiers Clairaut et la production de nouveaux numéros Hors Série.

Par l'entremise de Charles-Henri Eyraud, le CLEA a acheté un nom de domaine **clea-astro.eu** qui pointe directement sur le site géré par Francis Berthomieu à l'Académie de Nice.

La première journée de travail s'est terminée par des observations au grand télescope de l'observatoire de Lyon (1m de diamètre, dans une combinaison Ritchey-Chrétien, offrant un large champ). Nous avons eu la chance de bénéficier d'une nuit exceptionnelle, qui nous a permis d'admirer Saturne, Jupiter, des étoiles doubles, des amas globulaires, des nébuleuses planétaires et des galaxies. Un programme complet proposé par Pierre Causeret.

Le Télescope de 1m de l'observatoire de Lyon.

Discussion sur les orientations des Cahiers Clairaut et du CLEA

La question de l'évolution générale des Cahiers Clairaut a été discutée via la liste de diffusion. Ce brassage d'idées a été très bénéfique et très motivant. Plusieurs idées importantes dominèrent

- Revenir aux objectifs pédagogiques initiaux du CLEA et rajeunir les productions
- Faire plus de diffusion
- Renforcer le site web
- Renforcer les liens

Revenir aux objectifs pédagogiques

Il faut partir des programmes scolaires des disciplines scientifiques de tous niveaux car les Cahiers Clairaut doivent répondre au besoin d'échange entre Enseignants et Astronomes. Il faudrait essentiellement fournir des exercices et des travaux pratiques en rajeunissant les productions du CLEA. Les productions faites à l'Ecole d'Eté d'Astronomie pourraient être vendues sur CD.

Faire connaître

Il faut faire un effort pour mieux faire connaître le CLEA auprès des jeunes enseignants (lors des stages de Formation Continue) ou même des futurs enseignants. Mais l'impact que peut avoir la distribution de CC anciens est faible.

Renforcer le site Internet

Les jeunes enseignants vont chercher sur Internet ce dont ils ont besoin et préfèrent stocker des fichiers plutôt que des revues. Ils recherchent plus le produit que le lien associatif.
Plusieurs solutions, un peu contradictoires sont proposées : Mettre sur Internet les informations proprement associatives ou mettre sur le web les articles de fonds.

Renforcer les liens

Il faut renforcer la participation des Astronomes (par exemple chercher un représentant CLEA dans chaque observatoire ou laboratoire d'astronomie). Il faut renforcer les deux liens fondamentaux que sont les Assemblées Générales et l'Ecole d'Eté d'Astronomie.
De même la collaboration avec la Société Astronomique de France pourrait être renforcée par l'échange d'articles et d'informations.

C'est ce que nous faisons immédiatement avec la page ci-après.

Rencontres 2006
ASTRO Ciel
du 17 juillet au 6 août 2006
La **Société Astronomique de France** propose la plus longue "**Star Party**" européenne en un site d'exception situé à 1400 m d'altitude, distant de plusieurs dizaines de kilomètres de toute pollution lumineuse.
Un jour, deux jours, une, deux ou trois semaines : **toutes les durées de séjour sont possibles**.
Le programme comportera 63 heures d'exposés, 13 conférences et une dizaine d'ateliers.
Les **Rencontres Astro Ciel 2006** : accueil de nombreux jeunes pour lesquels il y aura un programme d'initiation à l'astronomie et une **journée "jeunesse"** le dimanche 30 juillet.
Organisée en partenariat avec l'association ADAGIO : la **25e École d'été d'astronomie**.
Une bourse d'achat-vente-échange entre participants sera mise en place ainsi que des astro-tests d'instruments et d'accessoires, sans oublier une tombola dotée de nombreux lots.
Le nouveau grand rendez-vous
des passionnés de l'astronomie
Inscriptions :
http://www.astrosurf.com/saf/
Organisation astronomique :
Morel.Philippe@wanadoo.fr
Rencontres AstroCiel 2006
Espace loisirs, Plaine Laups – 26310 Valdrôme
tél. : 04 75 21 47 24
Pour les inscription nous proposons de nombreuses formules. Toutes comprennent l'accés gratuit à l'ensemble des activités proposées dans le cadre de l'organisation SAF.

COURRIER DES LECTEURS

Les divas donnent le la

Dans le Cahier précédent nous avions conjecturé que le la_3 de Foucault avait une fréquence de 431 Hz, alors qu'aujourd'hui la fréquence de ce même la est de 440 Hz. Jean-Noël Terry, l'auteur de l'article a investigué sur la raison du changement du la.

J'ai cherché un peu sur le diapason. Ce qui confirme l'idée émise. J'ai lu, en particulier, que les physiciens avaient proposé un la à 432 Hz (proposition faite à l'Académie des Sciences) sans suite. C'est la montée constante du diapason à l'opéra (effet de voix des divas...) qui a obligé à un accord plus tard !

Jean-Noël Terry

Ce sont donc les divas qui donnent le la.

Les aigrettes

Il me semble que j'ai déjà lu qu'il pouvait s'agir d'un artefact provenant de la structure du cristallin. Si c'est le cas, la perception du phénomène est-il variable selon les observateurs ?

C. Larcher

Mais où a-t-on pu lire cette histoire de structure du cristallin qui serait à l'origine des six aigrettes affectant notre vision des étoiles ? Eh ! bien, pourquoi pas dans le numéro UN des Cahiers Clairaut ?! C'était au printemps 1978...
Si cela ne nous rajeunit pas, au moins ça rajeunit la question. D'autant plus que la réponse vient d'Helmoltz (en optique il a aussi démontré que la diffraction impose une limite au pouvoir séparateur des microscopes) et qu'avant lui, Léonard de Vinci avait trouvé un moyen de supprimer ces aigrettes. Permanence des bonnes questions, évolution des réponses.

Ch.-H. Vigouroux

Articles à venir

Cours élémentaire XI ; La distance de la galaxie M31 ; Les étoiles variables Céphéides; Les ondes gravitationnelles. Le chaos. La sismologie stellaire. Le Solarscope. Le quart de cercle de Lalande. Les finesses de la régression linéaire. La construction d'un support équatorial. L'étoile laser articifielle.

Liste de diffusion, ou, Comment pouvoir poser des questions et recevoir des réponses, avoir accès à des images du CLEA etc., via le Web

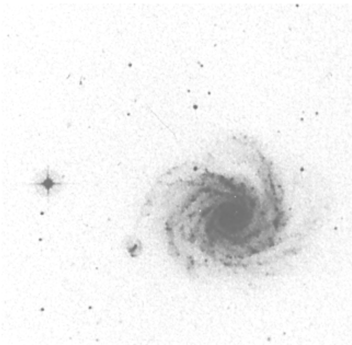
Les adhérents qui souhaitent être inscrits peuvent envoyer un message à : jripert@ac-toulouse.fr.
Ils recevront en retour un fichier d'aide pour ouvrir, *gratuitement*, un compte. N'hésitez pas, j'attends vos messages.

Jean Ripert, trésorier du CLEA

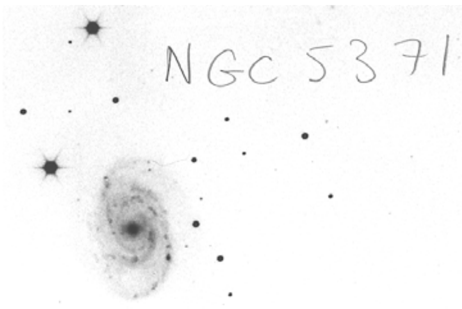
Solution du "remue-méninges" : Encore les aigrettes

Le phénomène des aigrettes sur les images stellaires résulte de la diffraction par les branches supportant le miroir secondaire des télescopes. Seules les sources ponctuelles, comme les étoiles, produisent ce phénomène, car les interférences, à l'origine de la diffraction, se détruisent quand elles proviennent des différents points d'une source étendue.

Nous montrons ci-dessous une photo prise avec le télescope Schmidt du Mont Palomar (en haut) et une photo prise avec le télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute Provence (en bas). La forme des aigrettes n'est pas la même. On voit aussi que les centres des galaxies ne produisent pas le phénomène car ce sont des sources étendues (non ponctuelles).



Quatre aigrettes pour l'étoile, à gauche



Six aigrettes pour les étoiles, à gauche

Il existe un accessoire optique que l'on peut fixer sur l'objectif d'un appareil photo et qui produit ce même phénomène. Il s'agit en fait d'une sorte de grille très fine. Une photo prise avec un tel accessoire montre toutes les lumières ponctuelles avec de magnifiques aigrettes. C'est le même phénomène que celui observé avec un parapluie. En effet, regardez un réverbère à travers la toile très fine d'un parapluie. Vous verrez quatre aigrettes, en croix, autour de la lampe du réverbère.

Notre œil peut aussi produire ce phénomène à cause de la structure du cristallin. Mais dans ce cas les aigrettes n'ont pas l'aspect parfaitement géométrique.

Comme amusement, regardez des lumières ponctuelles à travers des grilles très serrées ou des tissus très fins.

gp

Remerciements: Nous remercions J.N. Terry, M.-A. Terry, J. Ripert, et A.-M. Paturel pour la relecture de ce Cahier.

Les Ecoles d'Eté d'Astronomie

Au col Bayard, dans un cadre prestigieux, ces écoles d'été d'astronomie s'adressent à tous les enseignants et formateurs, débutants ou non, et passionnés d'astronomie.

Des cours accessibles,

des ateliers pratiques, et des observations.

Toutes les activités sont encadrées par des astronomes professionnels et des animateurs chevronnés.

Une ambiance agréable !

Les productions du CLEA[1]

Fiches pédagogiques:
Astronomie à l'école élémentaire, la Lune, gravitation et lumière, mathématiques et astronomie...

Séries de diapositives pédagogiques:
Les phénomènes lumineux, initiation aux constellations, une expérience pour illustrer les saisons...

Fascicules thématiques pour la formation des maîtres en astronomie:
Le repérage dans l'espace et le temps, le mouvement des astres, la lumière messagère des astres, naissance, vie et mort des étoiles, univers extragalactique et cosmologie...

Matériel:
filtres colorés, réseaux de diffraction, transparents animés...

Des documents en perpétuelle évolution!

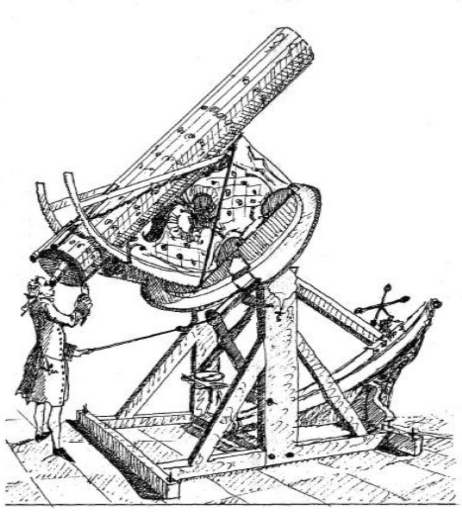
1) Ventes aux adhérents uniquement

Le site internet

http://www.ac-nice.fr/clea

L'information toujours actualisée !

Les Cahiers Clairaut



Publiés quatre fois par an, aux équinoxes et aux solstices, les Cahiers-Clairaut offrent des rubriques très variées:

Articles de fond
Réflexions
Reportages
Textes : extraits, citations, analyses
Pédagogie de la maternelle au supérieur
TP et exercices
Curiosités
Histoire de l'astronomie
Réalisation d'instruments et de maquettes
Observations
Informatique
Les Potins de la Voie Lactée

Comment nous joindre

Informations générales :
http://www.ac-nice.fr/clea
clea.astro@astro.u-psud.fr
ou
CLEA,
Laboratoire d'astronomie,
Bâtiment 470,
Université de Paris-Sud,
91405 ORSAY CEDEX

Ecole d'Eté d'Astronomie :
jean.a.ripert@wanadoo.fr

Cahiers Clairaut :
patu@obs.univ-lyon1.fr

Ventes des productions :
clea.astro@astro.u-psud.fr

Site internet :
berthomi@ac-nice.fr

Adhésion au CLEA:

Adhésion CLEA pour 2006 : 5 €
Adhésion CLEA+ Abonnement aux Cahiers Clairaut pour 2006 : 35 €

Chèque à l'ordre du CLEA, à envoyer à
Jean Ripert
Impasse de Mouyracs
46090 PRADINES

Directeur de la Publication : Georges Paturel
Imprimerie Haugel, 92240 Malakoff

dépôt légal : 1er trimestre 1979
numéro d'inscription CCPPAP : 61660

prix au numéro : 7 €