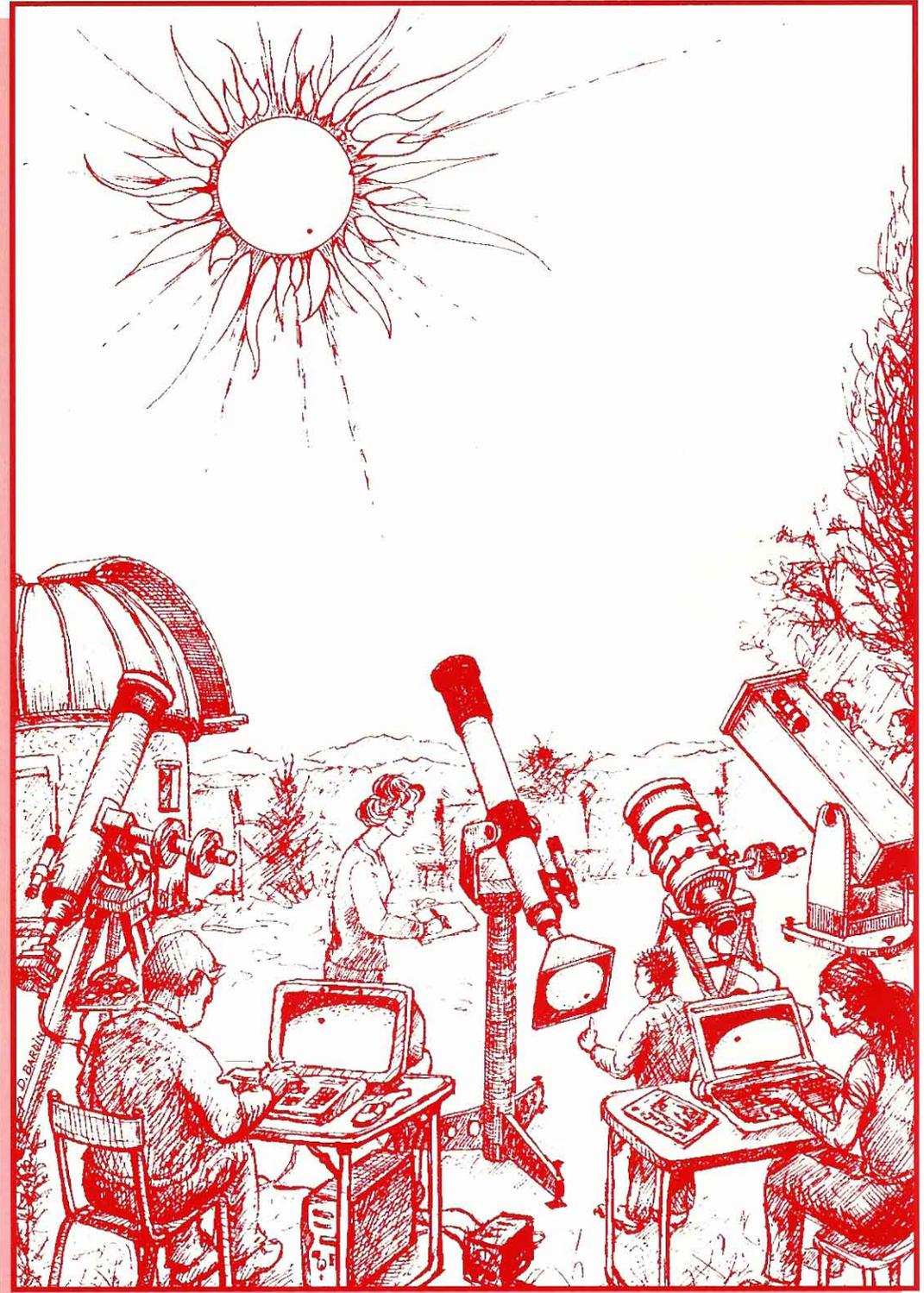


Bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes

Cahier Clairaut



numéro 105 - PRINTEMPS 2004

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 l'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.



Pour toute information s'adresser au siège du CLEA :

Laboratoire d'Astronomie, bât. 470

Université Paris Sud 91405 Orsay cedex

Tél./fax : 01 69 15 63 80

Adresse électronique :

CLEA : clea.astro@astro.u-psud.fr

Secrétaire : jean.a.ripert@wanadoo.fr

Le CLEA est présent sur internet à l'adresse :

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

Bureau du CLEA pour 2004

Présidents d'honneurs

Lucienne Gouguenheim,

Jean-Claude Pecker

Evry Schatzman

Gilbert Walusinski

Président

Georges Paturel

Trésorière

Béatrice Sandré

Trésorier Adjoint

Jacky Dupré

Rédacteurs des Cahiers

Georges Paturel

Chantal Petit

Secrétaire

Jean Ripert

Secrétaire Adjointe

Cécile Ferrari

Responsable du site web

Francis Berthomieu

Comité de rédaction

des Cahiers Clairaut

Daniel Bardin

Francis Berthomieu

Michel Bobin

Lucette Bottinelli

Pierre Causeret

Frédéric Dahringer

Jacky Dupré

Charles-Henri Eyraud

Jean-Luc Fouquet

Lucienne Gouguenheim

Marie-Agnès Lahellec

Christian Larcher

Colette Le Lay

Lucette Mayer

Philippe Merlin

Georges Paturel

Jean Ripert

Josée Sert

Jean-Noël Terry

Daniel Toussaint

Les Cahiers Clairaut

Printemps 2004 n° 105

EDITORIAL

Ce numéro est important à plus d'un titre: Il présente le premier dossier sur le passage de Vénus devant le Soleil. Cet événement rare, qui se produira le 8 juin 2004, mérite d'être exploité. Vous trouverez dans ce dossier les éléments pour en préparer l'étude et l'observation avec des moyens simples.

Dans ce Cahier débute aussi le cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique. Il s'adresse à tous les "commençans", comme écrivait Clairaut.

Nous avons été obligés de différer la publication de quelques textes ou d'en réduire d'autres pour permettre la publication du dossier "Vénus", mais aussi pour éviter des répétitions, au sein même de ce dossier. Les compléments seront publiés ultérieurement. Nous prions les auteurs de nous excuser pour ces aménagements éditoriaux, qui ne visent qu'à rendre plus harmonieux l'ensemble du cahier.

La Rédaction
patu@obs.univ-lyon1.fr

Cours

Cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique
G. Paturel
p. 2

Histoire

A propos des heures planétaires
Ch.-H. Eyraud, P. Gagnaire
p. 6

DOSSIER:

Le transit de Vénus devant le Soleil en 2004
Introduction
p. 10

Pourquoi Vénus passe devant le Soleil
p. 12

Comment exploiter le transit de Vénus
p. 12

Pourquoi le phénomène est si rare
p. 14

Comment prévoir les transits à la calculette
p. 16

Sidérostat pour observer le transit
p. 18

Conseils pratiques pour l'observation
p. 19

Protocole de mesure
p. 22

Mesurer la distance Terre Soleil
p. 23

Le transit de Vénus : un peu d'histoire
p. 26

Documents historiques
p. 26

Réalisation

Mesure de G avec la balance de Cavendish
G. Paturel
p. 29

Histoire

Voltaire et Newton
P. Lerich
p. 33

RUBRIQUES FIXES

- *Remue-ménages*
- *Lectures pour la Marquise*
- *Vie associative*
- *Courrier des lecteurs*

COURS : 1

Cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique: I - premiers temps

Georges Paturel, Observatoire de Lyon

Résumé: *Dans cette introduction, très brève, du cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique, nous décrivons quelques phénomènes observés, essentiellement à l'horizon, par les premiers astronomes. Nous découvrons ainsi comment le temps, qui règle notre vie et garde la mémoire des choses passées, s'est construit autour de ces phénomènes dont il nous faudra comprendre l'origine.*

Mots-clefs : HISTOIRE – PLANÈTE – CALENDRIER

Introduction

J'ai souhaité rédiger ce modeste cours en pensant surtout aux "commençans", comme écrivait Clairaut. En effet, tout ou presque a déjà été dit et écrit dans les Cahiers Clairaut depuis 25 ans. Aussi certains jeunes enseignants pensent qu'ils ont raté le départ du train. Alors il est tentant de refaire partir un train, de temps en temps. Même si les choses déjà vues sont redites et expliquées à nouveau, l'éclairage qu'on y apporte n'est jamais le même.

Il y a deux façons de comprendre un phénomène: "avec les mains", sans équations, ou avec des calculs. Les deux approches sont nécessaires, et les deux réclament une aptitude particulière. Cependant, dans ce cours, nous essaierons de privilégier la première méthode avec simplement un peu d'arithmétique quand cela sera utile pour une description plus quantitative.

J'espère ainsi que nous partagerons ensemble le plaisir qu'il y a à comprendre.

Astronomie et astrophysique

A une époque préhistorique perdue dans la nuit des temps, les premiers hommes ont certainement été frappés par la régularité de certains phénomènes célestes ou ont été intrigués par

d'autres phénomènes se produisant de manière apparemment aléatoire. Ces ancêtres lointains faisaient de l'*astronomie*. Nous pouvons les imaginer contemplant un soleil couchant, repérant les étoiles fixes, les astres vagabonds que sont les planètes, la Lune, visiteuse régulière, le Soleil, source quotidienne de chaleur. Ils ont dû s'inquiéter quand, lors d'une éclipse de Lune, la nuit claire devenait brusquement obscure, ou pire, quand le Soleil disparaissait en pleine journée, lors d'une éclipse totale de Soleil. Ils ont dû admirer les arcs-en-ciel naissant après la pluie, le retour régulier des marées hautes pour les peuplades côtières et peut-être aussi les aurores polaires, visibles parfois à basse latitude. Ces observations ont certainement fait naître la curiosité: pourquoi tel phénomène se produit-il ?

Lentement, la construction logique d'une explication s'est fait jour. Comme toujours dans l'évolution des idées, les hommes ont commencé par y voir la manifestation d'une puissance surnaturelle. Ce n'est qu'avec les progrès de la physique que le lien s'est opéré, donnant naissance à l'*astrophysique*. L'origine est, là aussi, difficile à préciser. Les savants grecs, comme nous le verrons, plusieurs siècles avant le début de notre ère, faisaient déjà de l'astrophysique, en utilisant par exemple l'ombre de la Terre, un phénomène physique connu et expérimenté sur terre, pour

déterminer la distance de la Terre à la Lune. Mais la grande avancée de l'astrophysique est certainement à faire coïncider avec l'analyse spectrale de la lumière. Ce sera l'objet des cours plus avancés.

Premiers vestiges

L'astronomie, qui étymologiquement signifie le classement des astres, se confond avec la science du temps. En effet, la première utilisation des connaissances tirées de l'observation des astres fut bien celle du réglage du rythme de la vie, autrement dit de la définition du temps.

Avant même de construire un calendrier découpant le temps en cycles précis, l'homme préhistorique a enregistré le nombre de retours du Soleil entre deux phénomènes. Après le Soleil, le phénomène qui se reproduit le plus rapidement et le plus régulièrement est le retour de la pleine lune. Tous les 29 ou 30 jours, la Lune apparaissait bien ronde et très lumineuse à l'homme préhistorique.

Des os gravés, vieux de 10 000 ou 30 000 ans et portant des entailles ou des marques régulières, ont été trouvés dans des sites préhistoriques comme celui d'Ishango au bord du lac Edouard en Afrique équatoriale ou celui de la grotte Blanchard (Figure I-1), près d'Argenton-sur-Creuse au nord de Limoges. Était-ce déjà le décompte des jours ou des lunaisons? Difficile à dire.

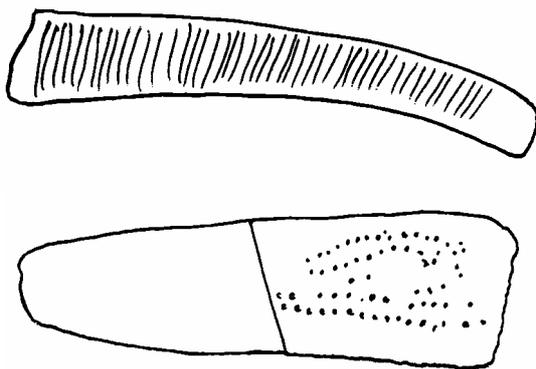


Figure I-1: Os préhistoriques: en haut, os gravé d'Ishango; en bas os de la grotte Blanchard. Était-ce le premier enregistrement des jours qui passent?

La preuve la plus frappante vient peut-être de ce qu'on appelle la pierre de Knowth, en

Irlande. C'est un véritable calendrier lunaire. Il est bien plus récent puisqu'il date vraisemblablement du III^e millénaire avant notre ère. Nous le redessinons à la Figure I-2, d'après le livre de Parisot et Suagher [1].

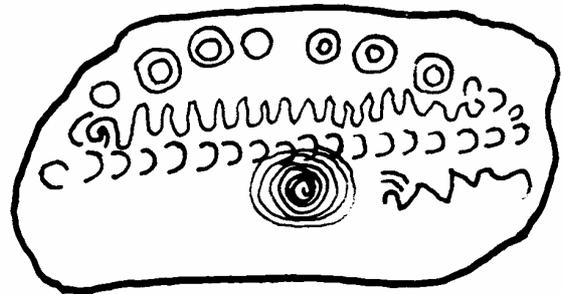


Figure I-2: Le calendrier lunaire de Knowth.

Hormis différents symboles difficiles à interpréter, on y trouve clairement la représentation de différentes phases de la Lune: pleine lune, premier quartier, dernier quartier. Ce qui est remarquable, c'est que le nombre de symboles représentant la Lune est de 29!

Premiers instruments de mesure

Les chercheurs d'aujourd'hui ont recours à des instruments de mesure gigantesques, télescopes, détecteurs ou accélérateurs de particules, qui souvent dépassent ce qu'un individu seul peut réaliser. Mais les premiers instruments de mesures astronomiques étaient eux aussi colossaux, œuvre d'un peuple et non d'un homme seul. Il s'agissait de pierres énormes, les mégalithes, disposées de façon à rendre possible le repérage de directions privilégiées.

Ces observatoires sont par exemple celui de Carnac en Bretagne du Sud, près de la presqu'île de Quiberon en France ou celui de Stonehenge en Angleterre (Figure I-3).

Le menhir dit le Géant de Manio à Carnac servait peut-être de point de mire. Depuis un autre lieu du site, il était possible de viser par exemple un lever du Soleil. Les premiers observateurs durent constater que le Soleil ne se levait pas toujours dans la même direction. L'hiver, quand les jours étaient courts à Carnac, le Soleil se levait au Sud-Est; quand la durée du jour était plus

longue, le Soleil se levait au Nord-Est. L'homme du XXI^{ème} siècle sait-il encore que le Soleil ne se lève pas toujours exactement à l'Est ?



Figure I-3: Les restes du site de Stonehenge en Angleterre.

A Stonehenge (Fig. I-3) c'est encore plus extraordinaire. Les mégalithes disposés en cercle étaient au nombre de 30. L'un d'eux, Heelstone, situé à l'écart, permettait de trouver, depuis le centre du cercle, une direction faisant un angle de 50 degrés par rapport au nord, en direction de l'est (Fig. I-4). Est-ce une direction privilégiée?

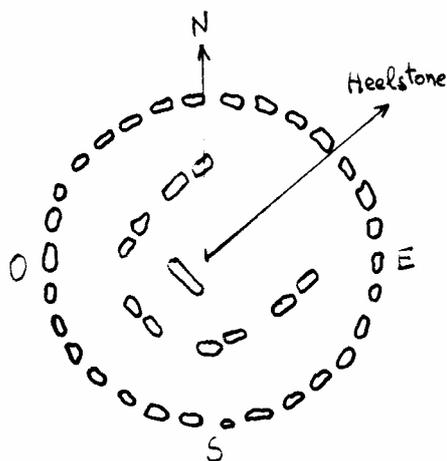


Figure I-4: Carte du site de Stonehenge en Angleterre.

En faisant une simulation avec un logiciel astronomique, on trouve que le 21 juin le Soleil coupe l'horizon du site à 4h46, heure locale, la direction du Soleil étant de 49,6°. Il n'y a pas à se

tromper, cette direction marquait le lever du Soleil le jour dit du solstice d'été, précisément le jour le plus long de l'année.

Les premières mesures astronomiques datent de cette époque, environ trente siècles avant notre ère. L'astronome était aussi un prêtre car science et religion étaient intimement mêlées.

Premières mesures du temps

Les calendriers constituaient les premières mesures du temps qui passe. Presque tous les calendriers anciens sont basés sur les lunaisons, des cycles de 29 jours environ. Ces calendriers avaient pour but de structurer le temps en périodes bien définies. Ils permettaient aussi de prévoir le retour des saisons, des pluies, des crues, de la sécheresse qui revenaient régulièrement après un certain nombre de lunaisons. Cette connaissance était importante à une époque où l'homme vivait en contact direct avec la nature.

Les premières mesures du temps plus précises utilisaient le gnomon, simple bâton planté verticalement dans le sol. La direction et la longueur de l'ombre renseignent à la fois sur le moment de la journée et sur la saison. Ce nouveau moyen permettait de fractionner la journée en unités de temps plus petites, les heures (voir l'article de Ch.H. Eyraud et P. Gagnaire). Les plus anciens cadrans solaires datent de plus d'un millénaire avant notre ère.

Ce temps, défini par la marche du Soleil, avait l'avantage d'être simple à obtenir, du moins quand il faisait beau. Il ne convenait pas pour toutes les situations. Ainsi, par exemple, pour laisser lors d'un procès le même temps de parole aux deux parties, les Grecs avaient perfectionné les clepsydes, sortes d'horloges à eau, qui fonctionnent comme un sablier dans lequel l'eau remplacerait le sable. Le principe était connu depuis des millénaires, mais les Grecs inventèrent un ingénieux système à flotteur pour assurer la régularité du débit. Sur ce principe, des horloges monumentales furent réalisées, comme celle qu'abritait la Tour des Vents, toujours visible à Athènes [2]. L'horloge était un instrument collectif. Elle le restera longtemps.

L'homme a pensé très tôt à utiliser son corps pour fournir les unités de longueur: le pouce, le pied, la coudée. Il en fut de même pour le temps. Galilée prenait son pouls comme

chronomètre de précision. Une bonne mesure demandait une parfaite sérénité!

Cependant, les vrais gardiens du temps étaient les astronomes. Par leurs observations des levers et des couchers du Soleil, de la Lune ou des étoiles, ils pouvaient seuls fournir un temps quasiment absolu, reproductible sur des siècles. Un collègue astronome (P. Teerikorpi) me faisait remarquer que le début de l'observation astronomique fut dominé par l'observation à l'horizon. C'est au sol que l'on pouvait prendre des repères fixes, pour noter par exemple le moment où un astre se levait, ou pour noter les changements par rapport aux jours précédents.

C'est ainsi que les Mésopotamiens prirent conscience du déplacement du Soleil par rapport aux étoiles. Ils avaient repéré des étoiles brillantes, la nuit, tout au long d'une année. Ces étoiles n'étaient pas observables en permanence à cause du Soleil. Quand il fait jour, le ciel est si lumineux qu'on ne voit pas les étoiles. Elles sont pourtant bien présentes. Mais elles ne brillent pas assez pour se détacher sur le ciel. Dès que le Soleil se lève, les étoiles disparaissent. Pourtant, un jour, une étoile brillante, qu'on ne voyait pas encore briller le matin, apparaît un peu avant le lever du Soleil. C'est ce qu'on appelle le lever héliaque d'une étoile. De jour en jour, elle gagnera un peu de temps sur le Soleil, en apparaissant un peu plus tôt encore. Quelques semaines plus tard, ce sera au tour d'une autre étoile brillante d'apparaître, et ainsi de suite. Ces dates de levers héliques jalonnent le temps. Etant basées sur la position du Soleil par rapport au repère fixe des étoiles, elles sont en parfaite concordance avec les saisons.

C'est en effet le point primordial. Un calendrier doit être en accord avec les saisons. Or, en basant le calendrier sur un nombre entier de jours, il se produit une dérive, lente, mais perceptible. Des réajustements étaient nécessaires. Le calendrier julien, mis au point par l'astronome Sosigène et imposé par Jules César, était réajusté tous les quatre ans avec l'introduction d'une année de 366 jours au lieu de 365 jours. C'était une année dite bissextile. La durée moyenne d'une année était ainsi de 365,25 jours (addition moyenne d'un quart de jour par an). Eh! bien, malgré cela, une dérive fut constatée au bout de quelques siècles.

Une nouvelle règle fut mise au point sous les auspices du pape Grégoire XIII. Cette nouvelle règle pour définir les années bissextiles a donné naissance au calendrier grégorien, celui-là même que nous utilisons encore aujourd'hui. La définition des années bissextiles s'est compliquée (voir le CC 104). Ce calendrier n'est pourtant pas parfait, mais il faudra attendre 10 000 ans pour constater une dérive de quelques jours... Nous avons le temps de voir venir. Nous comprenons qu'il ne puisse y avoir de calendrier parfait: les cycles fondamentaux (saisons, lunaisons, jours) n'ont pas des durées dans des proportions entières: il n'y a pas un nombre entier de jours dans une révolution de la Terre autour du Soleil, il n'y a pas un nombre entier de jours dans une révolution de la Lune autour de la Terre.

Premières énigmes

Tout au long de ce premier contact avec l'observation, nous avons rencontré plusieurs phénomènes curieux: l'alternance du jour et de la nuit, le retour des saisons chaudes ou froides sous nos latitudes, le changement au cours de l'année de la direction du lever ou du coucher du Soleil, les disparitions momentanées de la Lune, voire même du Soleil, et par-dessus tout, l'incroyable régularité de cette grande mécanique céleste. Saurions-nous expliquer ces phénomènes?

Dans le prochain cours, nous découvrirons l'origine de ces phénomènes dont la compréhension s'est lentement et péniblement élaborée au cours des siècles passés.

Références:

[1] Parisot J.-P., Suagher F., Calendriers et chronologie, 1996, Ed. Masson, (ISBN 2 225 852 251): Un livre très complet et très précis sur les multiples calendriers élaborés par les hommes.

[2] Rochat C., "La mesure du temps: du calendrier égyptien à l'horloge atomique" Ed. La compagnie du Livre (ISBN 284 155 046 X): Un livre surtout destiné aux enfants, mais plaisamment illustré.

Nous renvoyons le lecteur également aux ouvrages généraux de P. Couderc (PUF "Que-sais-je" n°203) et aux articles de M. Toulemonde (CC42; CC45).

■

A propos des heures planétaires: I

Charles-Henri Eyraud, Paul Gagnaire

Résumé: Dans ce premier article sur les "heures planétaires", nous découvrons l'origine du découpage d'une journée en heures, ainsi que l'origine des jours de la semaine. Dans un prochain article, nous découvrirons les anciens cadrans donnant les "pseudo-heures planétaires", ainsi que l'explication.

Mots-clefs : HISTOIRE – PLANÈTE – CALENDRIER

"Le même cours des planètes

Règle nos jours et nos nuits.

On m'a vu ce que vous êtes;

Vous serez ce que je suis".

Pierre Corneille¹

La division du jour en 24 parties

L'origine de la division du jour en 2 fois 12h reste un peu énigmatique, mais diverses interprétations ont été données.

L'origine pourrait être d'ordre purement mathématique², car 12 est le plus petit entier ayant 6 diviseurs (1,2,3,4,6,12), de même que 60 est le plus petit entier ayant 12 diviseurs (1,2,3,4,5,6,10,12,15,20,30,60)...

Cette division pourrait avoir été créée en analogie avec l'année solaire divisée en 12 mois, car elle contient environ 12 lunaisons...

Une autre interprétation, liée à l'observation du ciel chez les Égyptiens, a été donnée par le mathématicien et historien des sciences anciennes, Otto Neugebauer. Nous la reprenons dans les quelques lignes qui suivent.

Les Égyptiens, les Chaldéens et plus tard les Grecs utilisaient des Levers et Couchers d'étoiles pour se repérer dans l'année solaire. En Égypte, on groupait les jours en 36 périodes de 10 jours (plus 5 jours dits « épagomènes ») ; la voûte

céleste était donc divisée en 36 décans de 10°, étoiles brillantes ou constellations, chacun présidant la décade de l'année où son lever héliaque avait lieu.

Le choix des décans devait être judicieux, afin que leurs Levers héliques vers l'Orient soient régulièrement espacés et permettent de diviser la nuit en intervalles de temps égaux. Par suite du « glissement » du Soleil sur l'écliptique au fil des saisons, l'étoile (ou constellation) choisie comme repère pour la dernière division de la première décade devient le repère de l'avant-dernière division de la deuxième décade, et ainsi de suite...

Les Égyptiens dressèrent ainsi ce que l'on a appelé les « calendriers diagonaux » constitués de 36 colonnes et N lignes donnant pour chacune des 36 décades les décans repères des N divisions de la nuit.

Le point essentiel de l'argumentation de Neugebauer réside dans son calcul du nombre de Levers de décans dans le ciel égyptien. Si la nuit était noire du Coucher au Lever du Soleil et si les durées du jour et de la nuit étaient égales toute l'année, 18 décans sur 36 se lèveraient pendant la nuit et la division de l'année en décades aurait conduit à diviser la nuit en 18. Mais l'aube et le crépuscule, ainsi que la variation de durée du jour ne permettent en moyenne de n'observer que le Lever de 12 décans, et les calendriers diagonaux ont ainsi 12 lignes et 36 colonnes (plus 1 colonne pour les jours épagomènes).

Par ailleurs, les cadrans solaires retrouvés dans les tombes et les inscriptions révèlent que la

¹ Stances à Marquise, reprises par Georges Brassens....

² On sait que le système de numération des Sumériens était de base 60 à base auxiliaire 10 avec certaines unités de mesures divisées en 12 ou 24.

journee etait divisee en 10. En ajoutant l'aube et le crepuscule, nous obtenons la division du jour en 24 parties³.

D'autre part, Herodote (484-420 avant J.C.) semble plutot donner une origine babylonienne a cette division. En effet, dans son « Histoire » (Livre II, 109), il raconte ainsi comment les percepteurs egyptiens mesurent le terrain perdu par les paysans en raison des crues du Nil et diminuent la redevance au prorata. « C'est ce qui donna lieu, a mon avis, a l'invention de la geometrie que des Grecs rapportèrent dans leur pays. Car, pour l'usage du polos, du gnomon et pour la division du jour en douze parties, c'est des Babyloniens que les Grecs les apprirent ». Les Babyloniens auraient-ils emprunte les 24 heures aux Egyptiens ?

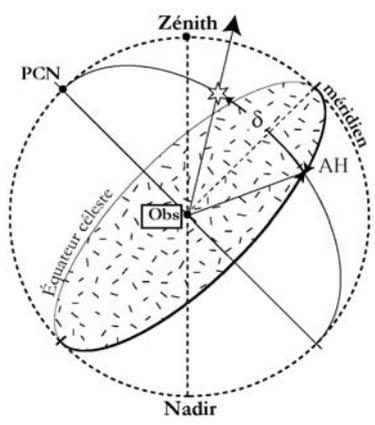


Figure 1 : Les coordonnées horaires d'un astre

Il existe différents systèmes de division du jour:

Les heures solaires vraies

La division du jour a de tout temps été faite grâce à l'avancement du soleil sur la sphere celeste. Le système de référence utilisé est celui des heures solaires vraies définies à partir de l'angle horaire AH du Soleil (Figure 1). Les heures solaires vraies (ou équinoxiales) divisent le jour en **24 parties égales**: la première débute lorsque le soleil franchit le méridien local et finit lorsque l'angle horaire du Soleil a augmenté de 15°. Une heure solaire vraie correspond à une variation de 15° d'angle horaire du soleil. Traditionnellement, en

³ Remarque: On pourrait dire que :
une journée + une nuit = un jour (24 heures)

gnomonique, l'angle horaire a pour origine midi. Le jour civil commençant à minuit, on définit le temps civil local comme étant l'heure solaire locale augmentée de 12h modulo 24.

Ces heures servent de compteur universel pour tous les autres types d'heures calculables et "dessinables" sur un cadran solaire: obtenir l'heure X dans un autre système implique de savoir quelle est sa traduction ou sa correspondance dans le système des angles horaires vrais.

Heures temporaires

La subdivision d'un jour clair en douze heures temporaires, appelées aussi heures antiques, bibliques, judaïques, inégales, consiste à considérer l'arc diurne du Soleil et à le diviser en douze portions égales entre elles. Bien entendu, le lendemain du jour choisi, l'arc diurne du Soleil n'aura plus la même mesure et l'heure temporaire ne contiendra plus le même nombre de minutes, mais chacune des douze heures temporaires vaudra exactement autant que chacune des onze autres. A une latitude donnée, les durées des heures temporaires ne dépendent que de la déclinaison du Soleil. Ainsi, à nos latitudes moyennes, autour de 45°, l'heure temporaire de jour vaut 40 minutes vers le solstice d'hiver, 1 heure 20 minutes près du solstice d'été et, évidemment, 60 minutes les jours d'équinoxes. Il existe donc une variation du simple au double d'un solstice à l'autre. La même chose peut être dite, en inversant toutes choses, des heures temporaires de nuit; chaque jour (date), la somme d'une temporaire de jour et d'une temporaire de nuit est toujours de 120 minutes.

Les heures babyloniennes

Elles divisent le jour en 24 heures égales dont la première débute au lever du Soleil, la dernière finit au lever du lendemain.

Les heures italiennes

Elles divisent le jour en 24 heures égales dont la première débute au coucher du Soleil, la dernière finit au coucher du lendemain.

Il peut exister une quasi infinité de types d'heures (cf. Fig. 2): toute règle concevable pour diviser en tranches la durée d'un jour, peut

engendrer un système horaire. C'est ainsi qu'un gnomoniste (Cadrans-info n°2, revue de la Commission des Cadrans solaires de la Société Astronomique de France, Octobre 2000, p. 79-82) a proposé de créer des heures "bretonnes", hommage au délicieux gâteau dénommé "quatre-quarts breton". Ces heures découperaient en 4 tranches chaque demi-journée de temps vrai, aux instants où la hauteur du Soleil atteindrait les valeurs significatives suivantes:

- le quart de sa hauteur de culmination
- la moitié de cette hauteur
- les trois-quarts de cette hauteur
- la hauteur de culmination elle-même

A partir de midi le découpage se poursuit pour quatre nouveaux quarts décomptés en symétrie inversée par rapport aux quatre quarts du matin.

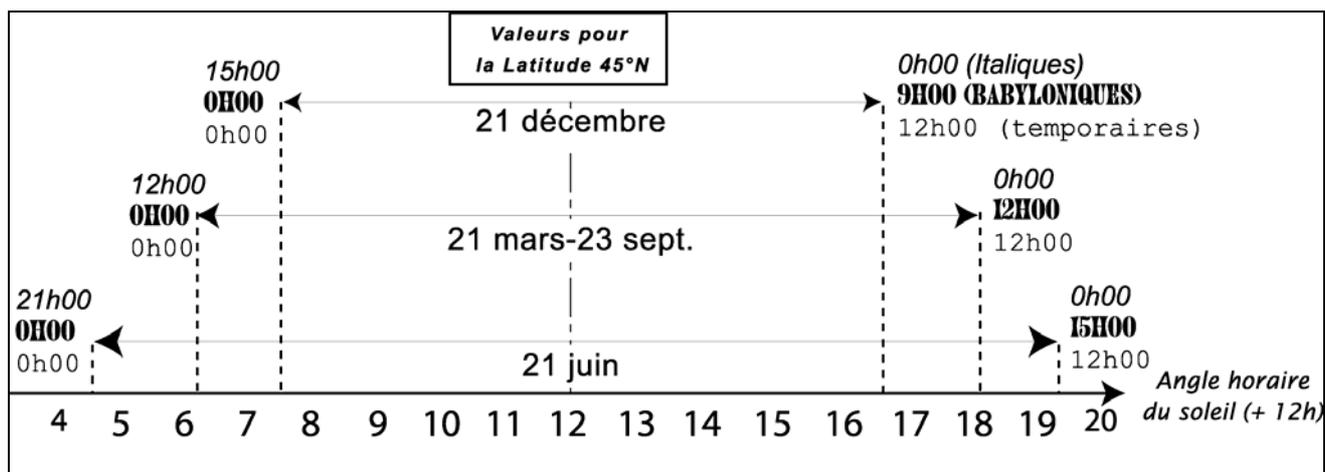


Figure 2: Heures italiques, babyloniennes, temporaires dans le système d'heures solaires vraies

Planètes et jours de la semaine

Pythagore (Samos vers 580, Tarente vers 500 av. J.C) est à l'origine du principe qui perdura pendant 2000 ans: celui de la perfection du mouvement circulaire uniforme. Le modèle transmis par son École était le suivant:

La Terre sphérique, pesante, est au centre du monde, immobile.

La sphère des étoiles fixes exécute autour de la Terre une révolution d'orient en occident suivant un axe invariable. Le grand cercle du ciel perpendiculaire à cet axe est appelé équateur.

Le Soleil, la Lune et les 5 planètes, emportés par ce mouvement, décrivent chaque jour des cercles parallèles à l'équateur.

Le Soleil accomplit en 365,... jours un mouvement propre d'occident en orient dans un plan incliné par rapport à l'équateur.

La Lune et les 5 autres planètes ont de même, sur des plans plus ou moins proches de celui du Soleil, un mouvement d'occident en orient sur des orbites d'autant plus lointaines que leur période est plus grande.

Mercure et Vénus, suivent ou précèdent le Soleil, avec un faible écart angulaire (au plus 29° pour Mercure, 49° pour Vénus). L'égalité des périodes moyennes de Mercure, de Vénus et du Soleil fit hésiter sur l'ordre des orbites, mais finalement le Soleil fut placé au milieu avec trois planètes au-dessous (Lune, Mercure, Vénus), trois au-dessus (Mars, Jupiter, Saturne) comme l'indique la Figure 3a.

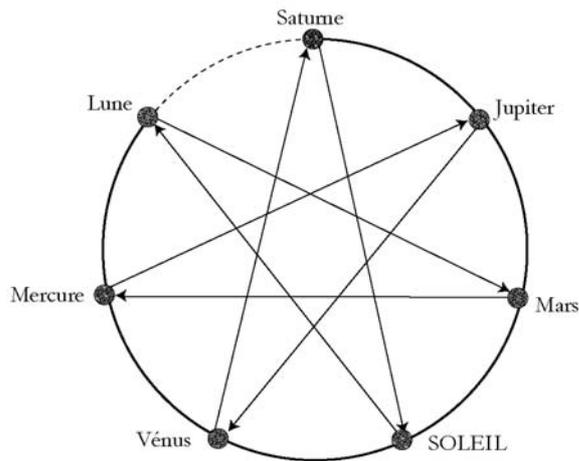
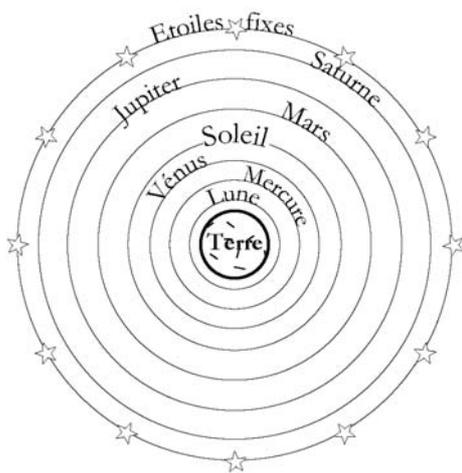


Figure 3: Le Monde (très simplifié) des Anciens (a) et l'ordre des jours de la semaine (b)

L'origine de la semaine de 7 jours est probablement astronomique et liée à la Lune: 7 jours représentent en effet un quart de lunaison environ.

Les noms des jours sont, eux, liés aux planètes dans la plupart des langues indo-européennes.

Les symboles des planètes sont représentés Figure 4.



Figure 4: Les symboles astrologiques des 7 vagabonds

Les plus anciens sont ceux du Soleil et de la Lune que l'on retrouve dans différentes cultures. Vénus aurait une origine égyptienne: la croix ansée représente en effet la déesse de la fécondité et se retrouve souvent sur les inscriptions égyptiennes. Les symboles de Saturne, Jupiter, Mars, Mercure, seraient d'origine grecque: une faucille pour le dieu du Temps Chronos (mais Saturne est aussi le dieu latin de l'agriculture), le Z pour le roi des dieux Zeus, le bouclier et la lance pour le dieu Mars (planète rougeâtre, dieu de la guerre), le "caducée" pour le dieu Mercure (planète rapide, dieu messager...).

L'historien grec Dion Cassius (vers 155-235 après J.C) explique l'ordre des jours de la

semaine par les rituels pratiqués dans les temples égyptiens.

Chaque heure de la journée était présidée (gouvernée) par une planète, la planète régente de la première heure du premier jour étant le Soleil, astre le plus important du ciel. C'est lui qui donne son nom au premier jour (Jour du Soleil, Sonntag, Sunday...)

En suivant l'ordre décroissant de distance des planètes, Vénus est le Régent de la 2^{ème} heure, Mercure de la 3^{ème} heure, ... Mercure de la 24^{ème} heure de ce 1^{er} jour, et c'est alors la Lune la Régente de la 1^{ère} heure du deuxième jour qui donne son nom à ce jour (Lundi).... Mars est le Régent de la 1^{ère} heure du troisième jour et ... (Figure 3b)

Nous expliciterons le système appelé « heures planétaires » dans le prochain article. ■

Encadré:

Définition du lever (coucher) héliaque: On parle de lever ou coucher héliaque quand un astre se lève ou se couche en même temps que le Soleil. Pour les Mésopotamiens, le lever héliaque d'un astre était le premier jour où l'astre devenait visible avant le lever du Soleil, en dépit de la proximité de celui-ci.

Moyen mémotechnique pour se rappeler l'ordre des planètes: "Mercredi, viendras-tu manger avec Jean sur une nappe propre". Chaque mot de cette phrase commence par la première lettre de la planète considérée: "mercredi" pour Mercure, "viendras" pour Vénus, etc. Le a de "avec" correspond aux astéroïdes.

DOSSIER: TRANSIT DE VENUS

Introduction

Un point de nomenclature.

Vénus va passer devant le Soleil le 8 juin 2004. L'événement débutera vers 7h20, heure locale, et se terminera vers 13h23.

Comment désigne-t-on ce phénomène rare?

Historiquement, les astronomes français parlaient de "passage de Vénus devant le Soleil". Parfois vous verrez pourtant le terme de "transit de Vénus". Ce mot "transit" a une consonance anglaise et certains le refusent pour notre bonne langue française. Pourtant le mot existe en français. Il vient de l'italien "transito" et signifie "passage"! Le dictionnaire Larousse le définit comme "action de traverser". Bien qu'il s'applique plutôt à des marchandises ou des passagers traversant un pays, le mot ne semble pas mal adapté au passage de Vénus devant le Soleil. C'est pour cette raison que nous n'avons pas hésité à l'utiliser. Et comme le faisait remarquer notre ami Michel: "Evitons les querelles intestines sur ce sujet".

L'aspect de l'événement

L'événement est rare. Pour le moment, les transits apparaissent par paires. La dernière paire s'est produite en 1874 et 1882. La prochaine paire sera celle de 2004 et 2012. Puis il faudra attendre l'année 2125.

A quoi va ressembler le transit de 2004? Nous avons produit une simulation que nous vous donnons ci-dessous (Figure 1). Le transit sera complètement observable depuis l'Europe, la côte est de l'Afrique, l'île de La Réunion, l'Inde. Ailleurs (Australie, Amériques), le phénomène ne sera que partiellement visible.

Utilisation du phénomène

Halley, le découvreur de la comète du même nom, a proposé d'utiliser le transit de Vénus pour déterminer la distance Terre-Soleil. Le calcul n'est

pas simple, l'observation n'est pas facile, mais c'est effectivement réalisable. C'est l'une des principales applications de ce phénomène. On peut en imaginer quelques autres comme le test des méthodes de recherche d'objets faibles à proximité d'une étoile brillante (ex.: recherche de planètes extrasolaires). En 1769, les astronomes essayaient d'utiliser le phénomène pour détecter l'atmosphère de Vénus (voir l'article de La Lande ci-après).

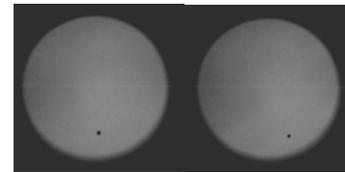


Figure 1: En plein transit. Vénus aura un diamètre apparent de l'ordre du trentième de celui du Soleil.

Mise en garde

La mesure de la distance Terre-Soleil reste l'application la plus classique du transit de Vénus. Mais attention: les pièges sont nombreux. Nous allons en expliquer brièvement quelques-uns. Nul doute que cela stimulera l'imagination des lecteurs.

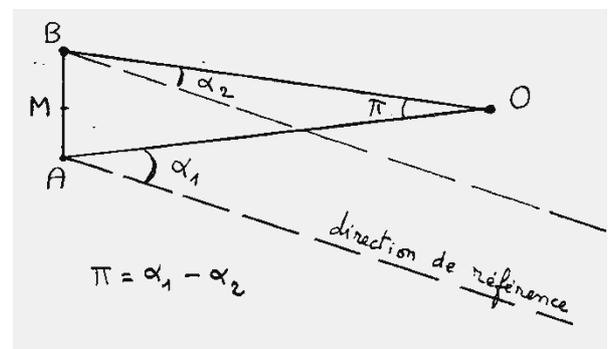


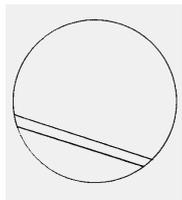
Figure 2: La mesure de l'angle de parallaxe $\pi = (\alpha_1 - \alpha_2)$, permet d'obtenir la distance MO.

Tout le monde connaît, sans doute, la méthode de la parallaxe qui permet de mesurer la distance d'un objet lointain. On vise un objet O depuis deux sites distants A et B (cf. Figure 2). On désigne par M le milieu de AB et on suppose que MO est perpendiculaire à AB. On mesure les angles α_1 et α_2 par rapport à une direction de référence donnée par des astres lointains que nous supposons à l'infini. La différence ($\alpha_1 - \alpha_2$) est égale à l'angle π , dit angle de parallaxe. Si on connaît la longueur AB, une simple résolution du triangle isocèle OAB donne la distance OM. Généralement la longueur AB est très inférieure à la longueur OM, de sorte que l'on peut dire que $OA \cong OB \cong OM$.

Dans toute cette explication, on a supposé implicitement plusieurs choses: le segment AB est fixe et perpendiculaire aux lignes de visée, on possède une direction de référence fixe dans l'espace. Aucune de ces conditions n'est généralement remplie dans l'application que l'on en fait au transit de Vénus.

Rappelons deux méthodes usuelles⁴.

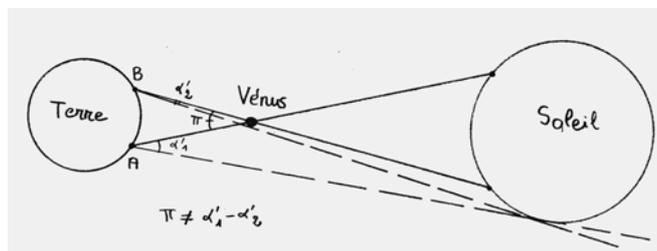
Première méthode : Deux observateurs distants (A et B) mesurent les temps de transit de Vénus. Ces temps définissent les longueurs des cordes correspondantes sur le disque solaire, donc leurs positions. L'écart angulaire entre ces cordes semble correspondre à la parallaxe cherchée, mais ce n'est qu'une approximation.



En effet, pendant la durée du transit, la Terre a tourné sur elle-même, les observateurs se sont déplacés, la direction AB a changé par rapport à l'objet visé, la Terre a tourné autour du Soleil et même le plan de la trajectoire de Vénus a pris un angle différent par rapport aux observateurs. De plus, la distance angulaire entre les deux cordes n'est pas non plus la parallaxe cherchée. Bref, il y a là un problème de géométrie dans l'espace d'une difficulté bien réelle.

⁴ Une autre méthode, utilisée par Delisle en 1874, consiste à mesurer précisément les heures des contacts (J. Fort).

Deuxième méthode : Cette méthode semble fournir une solution simple. Imaginons que les deux observateurs prennent, à la même heure, une photo montrant Vénus sur le Soleil. Les télescopes étant bien réglés, la superposition des deux photos semble conduire directement à l'angle de parallaxe, par la mesure du décalage entre les deux images de Vénus. Eh! bien non! Superposer les deux photos revient à supposer qu'au même instant les deux observateurs voient le Soleil dans la même direction, ce qui est faux. Le Soleil, aussi lointain qu'il soit, n'est pas à l'infini. Rassurez-vous, le problème n'est pas insurmontable (voir les articles ci-après) mais c'est moins simple que ce qu'on raconte souvent.



Cette deuxième méthode est néanmoins la plus facile à mettre en œuvre pour une application précise. Nous en reparlerons plus loin...

Le programme

Dans les articles qui suivent nous partirons du phénomène élémentaire: pourquoi Vénus passe devant le Soleil et comment visualiser ce phénomène. Puis nous verrons comment prévoir les transits de Vénus et comment observer le prochain avec des moyens simples. Nous aborderons ensuite le calcul : comment déduire la distance Terre-Soleil de l'observation précise du transit depuis différents lieux. Nous agrémenterons ces lectures par quelques documents anciens ou quelques anecdotes historiques.

Chaque article du dossier est classé suivant le niveau de difficulté :

*=facile, **=moyen, ***=difficile ■

Définition des contacts:

Ce sont les quatre positions où le disque de Vénus est tangent au disque du Soleil. Les instants correspondants dépendent de la position de l'observateur. Différents observateurs, en des lieux différents, verront ces contacts se produire à des heures différentes, l'écart pouvant être de plusieurs minutes.

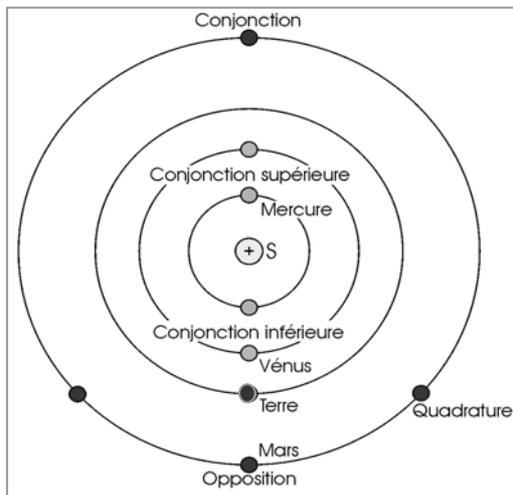
Pourquoi Vénus passe devant le Soleil (*)

Document SAP Côte Basque
 Site: <http://www.astrobasque.com>
 Email : astronomie.basque @wanadoo.fr

Dans ce dessin simplifié, les orbites des planètes sont circulaires et centrées sur le Soleil. On ne tient pas compte de l'excentricité des orbites ni de leur inclinaison par rapport à l'orbite de la Terre (écliptique).

Mercure et Vénus, plus proches du Soleil que la Terre, sont des **planètes inférieures**. Les autres planètes, dont Mars, sont des **planètes supérieures**. A un instant donné, au cours de leur révolution autour du Soleil, Mercure ou Vénus peut se situer dans la direction du Soleil, vue de la Terre. L'alignement de toutes les planètes avec le Soleil est ici arbitraire. On dit que la planète est :

- en **conjonction inférieure** quand elle se situe entre le Soleil et la Terre
- en **conjonction supérieure** quand elle se trouve au-delà du Soleil.



Mars, planète supérieure, peut occuper, entre autres, trois positions remarquables, par rapport à la Terre :

- en **conjonction** avec le Soleil.
- en **opposition** au Soleil.
- en **quadrature** : l'angle Soleil – Terre – Mars étant un angle droit. Seules les planètes supérieures peuvent se trouver en quadrature.

La **période sidérale** est la durée de révolution de la planète autour du Soleil. La **période synodique** est la durée après laquelle chaque planète, la Terre et le Soleil vont se retrouver dans des positions relatives identiques comme dans le schéma, sur leur propre orbite ■

Nous avons la relation suivante entre la période synodique de Vénus ($P_V = 584j$), sa période sidérale ($T_V = 224,7j$) et la période sidérale de la Terre ($T_T = 365,25j$).

$$\frac{1}{T_V} = \frac{1}{T_T} + \frac{1}{P_V}$$

Nous donnons, à la page 26, la démonstration de cette importante relation qui permet de trouver la période vraie (sidérale) d'une planète - (NdR).

Comment exploiter le transit de Vénus (*)

Daniel Toussaint, Collège d'Aix-en-Othe

Ce que nous avons choisi de faire

Deux options s'offraient à nous : soit soigner la mesure de la durée du transit pour tenter de

participer à une mesure de la distance Terre-Soleil, soit montrer qualitativement le passage de Vénus au grand public, parallèlement à une exposition

qui compare les passages de Vénus, de Mercure et de la Lune devant le Soleil.

L'association M 82 a choisi la solution "exposition didactique" ouverte à tous. Nous comptons faire passer à tour de rôle toutes les classes du collège, ce qui demande un peu d'organisation et implique la participation de tous les collègues de l'établissement pendant cette matinée. En même temps, nous ouvrons les portes du collège pour accueillir des adultes venus de l'extérieur (c'était exclus de faire une séance pour les jeunes et une autre pour les adultes...). Evidemment, une association qui disposerait d'un effectif d'astronomes plus important que le nôtre peut envisager de consacrer certains télescopes à la mesure fine et d'autres à la présentation qualitative.

Comme nous participons à divers jumelages avec des villes étrangères, nous avons aussi proposé à nos partenaires de s'inspirer de notre activité pour monter eux-mêmes une exposition dans leurs établissements respectifs. Pour ceux qui ne disposent ni de télescopes, ni de personnes compétentes pour encadrer en toute sécurité une telle observation, il semble que les appareils didactiques vendus sous le nom de Solarscope soient une bonne solution de secours. La revue de la SAF indique qu'on peut s'en procurer sur le site www.solarscop.org pour 60€ et le catalogue Jeulin en propose à 80 € (je n'ai pas eu l'occasion de tester ces informations). Pour des non spécialistes, il est aussi plus facile de remplacer l'exposition de photos par un montage vidéo.

Le phénomène astronomique

Comme les lecteurs des Cahiers Clairaut le connaissent, je ne vais ni le décrire une fois de plus, ni insister sur sa rareté.

Mais je crois que pour le public, il est important de signaler à l'occasion de cette exposition que, malgré les guerres qui impliquaient la France, l'Angleterre et leurs alliés, les passages de 1761 et 1769 ont donné lieu à l'une des premières collaborations scientifiques internationales à vocation pacifique!

L'interprétation qualitative

Pour faire comprendre le principe de la mesure de la distance Terre-Vénus, on peut proposer une activité individuelle simple : il suffit de tendre le bras pouce levé et de fermer alternativement chaque œil. La constatation du déplacement apparent du pouce devant un arrière-plan éloigné est immédiate. Si on recommence l'expérience avec le bras replié (pour diminuer la distance tête-pouce), le déplacement apparent augmente.

Dans cette simulation, l'arrière-plan représente le Soleil, le pouce est la planète dont on veut déterminer la distance, et les deux yeux simulent deux observateurs situés à des endroits différents de la Terre.

Il devient alors facile de réaliser que le déplacement apparent de la planète Vénus d'un observateur à l'autre est relié à la distance Terre - Vénus. C'est plus difficile de suivre les calculs qui permettent de passer de la mesure du déplacement apparent à la détermination de la distance.

De même, il faut un bagage scientifique certain pour savoir que la combinaison de cette mesure avec les lois de Kepler permet d'accéder à la distance Terre-Soleil. Sur ces deux points, nous n'avons pas prévu d'insister : il faut bien que les élèves aient encore un peu de choses à découvrir au lycée...

L'originalité de l'exposition que nous avons prévue

Pour rendre claires les notions de distances dans le système solaire, nous préparons une maquette démontable qui occupera toute une salle d'études dont les murs seront décorés par une exposition de photos. Cette maquette situera les trois astres Lune, Mercure, Vénus par rapport à la Terre et au Soleil et donnera leurs dimensions relatives.

Pour cela, nous avons choisi une échelle de représentation commune pour les rayons des orbites et les diamètres des astres.

Avec 10 cm pour un million de km, le Soleil est une boule de Noël de 14 cm de diamètre (nous utilisons une grosse boule orange sur pied, comme on en trouve dans les jardins allemands). La Terre se trouve alors à environ 15 m du Soleil, Vénus à 11 et Mercure à 6. En revanche, la

distance Terre-Lune est inférieure à 4 cm. Surprenant, n'est-ce pas ?

Une entorse à la réalité consiste à représenter simultanément la Terre dans trois configurations différentes pour comparer les conséquences des alignements Soleil - planète - Terre :

- l'alignement Soleil - Lune - Terre donne l'occasion de présenter des photos de l'éclipse totale du 11 Août 1999.

- l'alignement Soleil - Mercure - Terre permet de montrer des photos du petit point noir que faisait Mercure sur le disque solaire le 7 mai 2003.

- comme en 1882, nous n'avons pu réaliser de photos lors de l'alignement Soleil - Vénus - Terre ; nous avons prévu de dessiner plusieurs posters qui expliqueront le phénomène.

Pour qu'on puisse circuler dans la maquette, les planètes sont représentées par de petites perles collées sur des pancartes de plexiglas montées sur pied (au même niveau que le Soleil). La hauteur des supports est choisie de telle façon qu'un élève de 6^{ème} debout puisse placer l'œil à

côté du point qui représente la Terre et viser dans l'alignement planète - Soleil. Les spectateurs plus grands devront plier un peu les genoux pour voir se projeter sur la boule - Soleil la perle qui simule la planète.

Pour des problèmes de profondeur de champ, nous sommes obligés de grossir un peu la Lune (ce devrait être une tête d'épingle de 0,4 mm de diamètre, mais dans ce cas, l'œil n'accomode pas bien à une distance si courte et la tête d'épingle floue ne masque pas le Soleil comme le fait la Lune pendant une éclipse totale). Alors nous avons mis côte à côte sur le même support une plaque verticale en plexiglas percée d'un trou qui figure la Terre et un clou dont la tête représente la Lune à 4 cm.

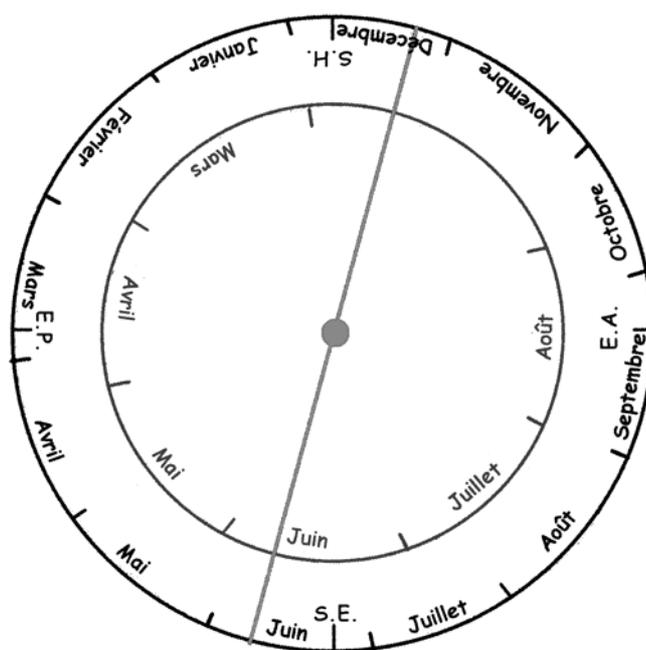
Outre son côté didactique, l'intérêt pratique de cette maquette est que nous pouvons la préparer à l'avance pour l'événement et l'installer même si des nuages de dernière minute nous empêchent de sortir une batterie de télescopes dans la cour (voir page 27 les mésaventures arrivées à Le Gentil de la Galaisière).

Pourquoi le phénomène est si rare (**)

Francis Berthomieu

Voici une maquette facile à interpréter : on y matérialise les trajectoires de la Terre et de Vénus ainsi que les positions des deux planètes en 2004. On peut y constater que la Terre, Vénus et le Soleil seront sur une même ligne droite au début du mois de Juin.

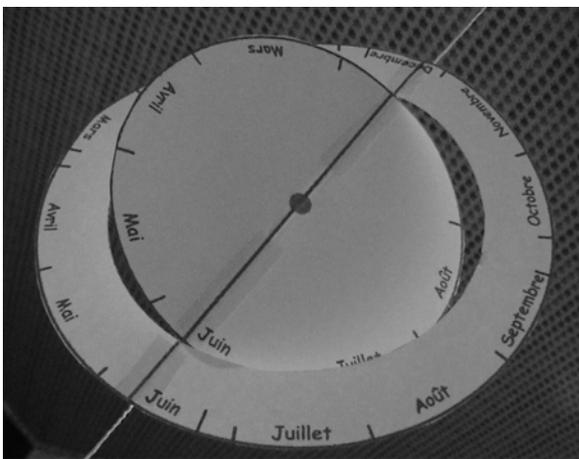
On comprend bien que le passage de Vénus devant le Soleil ne pourra être vu depuis la Terre que si les trois astres sont alignés dans l'ordre Terre-Vénus-Soleil : on dit alors que Vénus est en conjonction inférieure. Ces circonstances ne semblent donc pas si exceptionnelles : et l'on peut calculer facilement à partir des périodes de révolution de la Terre (T_T) et de Vénus (T_V) le temps qui s'écoule entre deux conjonctions inférieures, et appelé période synodique P_V .



On trouve $1/P_V = 1/T_V - 1/T_T$ (cf. page 26 - cela donne une période synodique de 583,924 j) : C'est une situation qui devrait donc se reproduire en moins de deux ans ! Pourra-t-on donc observer des passages de Vénus devant le Soleil à ce rythme endiablé ?

La réponse est non : car l'orbite de la planète Vénus est inclinée par rapport au plan de celle de la Terre (appelé plan de l'écliptique).

Quelques coups de ciseaux plus tard, et après avoir collé les deux disques matérialisant les orbites sur une cordelette qui coïncide avec le trait, vous aurez alors la clef de l'énigme : La maquette aura pris du relief et l'on comprendra aisément qu'il ne peut y avoir de « passage » de Vénus que si les planètes ont rendez vous au même instant sur la ligne matérialisée par la cordelette ! Cela ne pourra avoir lieu qu'en Juin, vers le début du mois, alors que Vénus traverse le plan de l'écliptique en « descendant » ou en Décembre, alors qu'elle « remonte ». Les deux points de sa trajectoire sont appelés respectivement « nœud descendant » et « nœud ascendant ». La cordelette matérialise ce que l'on appelle « ligne des nœuds ».



Quand va-t-il se reproduire ?

Le site de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (IMCCE) donne les dates des prochains passages de Vénus devant le Soleil et les heures, en temps universel, de l'écart angulaire minimal entre le Soleil et Vénus vu depuis le centre de la Terre.

On y voit se succéder alternativement, et par couples, des passages en juin puis en décembre.

8 juin 2004	8:19:44
6 juin 2012	1:29:24
11 décembre 2117	2:48:22
8 décembre 2125	16:01:46
11 juin 2247	11:33:59
9 juin 2255	4:38:46
13 décembre 2360	1:44:42
10 décembre 2368	14:45:58
12 juin 2490	14:17:37
10 juin 2498	07:25:56
16 décembre 2603	00:13:53
13 décembre 2611	13:34:53
15 juin 2733	17:19:00
13 juin 2741	10:17:38
16 décembre 2846	23:11:46
14 décembre 2854	12:20:06
16 juin 2976	19:44:55
14 juin 2984	12:49:34

La période de révolution des planètes est bien connue : pour la Terre c'est $T_T = 365,256$ j et pour Vénus, c'est $T_V = 224,701$ jours. La précision est de 0.001 j (c'est de l'ordre d'une minute!).

Quelques calculs facilement réalisables, mentalement ou avec votre tableur préféré, montrent une certaine périodicité : les passages se succèdent avec les intervalles de temps suivants : 8 ans, puis 105,5 ans, puis à nouveau 8 ans, puis 121,5 ans et l'on recommence : 8 ans, puis 105,5 ans, puis à nouveau 8 ans et encore 121,5 ans, le tout avec une période globale de 243 ans.

On peut faire chercher à nos élèves les raisons d'une telle périodicité en simplifiant un tout petit peu le problème : Nous supposons les mouvements des planètes uniformes, et nous négligerons tout autre mouvement (précession, mouvement de la ligne des nœuds, etc.).

On remarquera que pendant 8 ans la Terre effectue 8 tours du Soleil, alors que Vénus en accomplit 13 (13,003 si l'on utilise nos données) : Terre et Vénus sont bien au rendez-vous, au même endroit sur la ligne des nœuds.

De même, pendant 105,5 ans, la Terre fera 105 tours et demi, alors que Vénus parcourra 172,5 fois son orbite (171,49 avec nos calculs) : noter que pour faire le dernier demi-tour, il faut 6 mois, et que l'on passe alors de juin à décembre. Terre et Vénus sont bien au rendez-vous, encore sur la ligne des nœuds, mais de l'autre côté, (nœud ascendant, donc mois de décembre).

Et en 121,5 ans, ce seront respectivement 121 tours et demi et 197,5 (197,501) que les deux planètes auront parcourus...

Le demi-tour supplémentaire prend encore 6 mois et l'on se retrouve sur la ligne des nœuds, côté nœud descendant, en Juin !

Tout compte fait, 243,00 tours de Soleil (pour la Terre) correspondront bien à 395,00 tours pour Vénus.

Gageons que la maquette que vous aurez construite sera un excellent moyen de visualiser les circonstances de ce phénomène aussi rare que spectaculaire! ■

Comment prévoir les transits de Vénus... à la calculette (***)

Jean-Noël Terry
Observatoire de Lyon

Etat des lieux

La mécanique céleste est tout, sauf simple ! Est-il possible, malgré tout, de prévoir les transits de Vénus sans ordinateur, de façon compréhensible aux scolaires... et sans boule de cristal ? Essayons.

La figure 1 montre de façon schématique les orbites de Vénus et de la Terre autour du Soleil. Il y a transit quand la Terre, Vénus et le Soleil sont alignés dans cet ordre.

Nous pouvons faire deux remarques :

- le transit est une éclipse, mais, contrairement à celle provoquée par la Lune, la Terre se trouve dans le prolongement des cônes d'ombre et de pénombre, au-delà du sommet de ce cône.
- de la Terre, seuls des transits de Mercure et de Vénus sont observables. Rien n'empêche d'imaginer des transits de la Terre vus de Mars, ou de Mars vus de Jupiter, ou... à vous d'imaginer les situations possibles.

Le plan de l'orbite de Vénus fait un angle de 3.39° par rapport au plan de la Terre. L'alignement attendu ne peut donc se produire qu'au voisinage des nœuds : nœud ascendant vers le 7 décembre et nœud descendant vers le 7 juin (voir figure 1 et article précédent).

Autre complication attendue : les intervalles de temps séparant deux passages de la planète en un même point de son orbite ne sont pas les mêmes. C'est la période de révolution sidérale, qui est de :

224,701 jours pour Vénus notée T_V
365,256 jours pour la Terre notée T_T .

A nos calculettes :

Supposons qu'au jour 0, il y ait transit. Au jour j , Vénus a décrit un angle (exprimé en degrés) :

$a_V = (360/T_V).j$ et la Terre $a_T = (360/T_T).j$

Le prochain transit aura lieu si $a_T = a_V - 360k$ (Vénus "tourne plus vite") avec k entier.

D'où :

$$j = \frac{(T_V.T_T)}{(T_T - T_V)} k$$

Le prochain transit aura lieu après n tours (n années), donc

$$\frac{360}{T_T} j = 360n$$

d'où la condition :

$$n = \frac{T_V}{T_T - T_V} k \text{ et } n \text{ entier.}$$

Avec nos données, la relation précédente devient :
 $n = 1,5986696k$ et n entier.

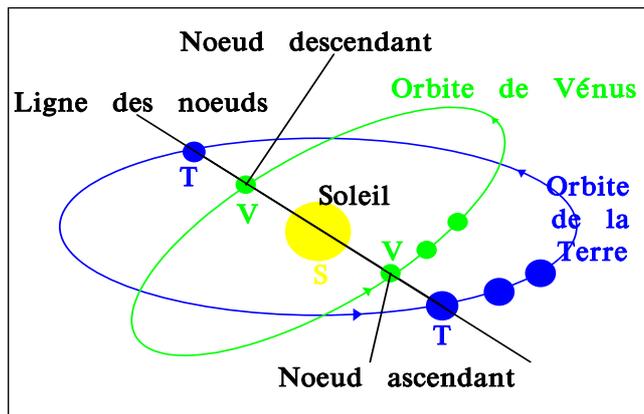


Figure 1 : Système Terre-Vénus-Soleil

Des « presque entiers » :

La seule solution indépendante de la précision sur les périodes est $n=0$, heureusement !

C'est ici que nous allons utiliser la calculatrice pour approcher au mieux un entier, en donnant des valeurs successives à k . Un petit programme peut être le bienvenu.

Une première valeur intéressante est $k=5$.

Pour cette valeur, $n=7.993$, « entier à 7‰ » si l'on peut dire.

Nous trouvons donc un deuxième transit 8 ans après, au même nœud.

Peut-on en déduire que nous retrouverons la même situation 16 ans, 24 ans, 32 ans, etc... plus tard ?

Non, si $k=10$, $n=15,987$, l'écart est important 1,3% si $k=15$, $n=23,980$, l'écart augmente : 2%

Sur la piste des k intéressants :

Voici quelques valeurs intéressantes pour k :

$k=66$ alors $n= 105,512$ soit 105 ans $\frac{1}{2}$ (écart 1,2%) nœud différent, mais l'écart est sans doute trop grand.

$k=76$ alors $n= 121,499$ soit 121 ans $\frac{1}{2}$ (écart 0,1%) nœud différent.

$k=152$ alors $n=242,998$ soit 243 ans (écart 0,2%), même nœud.

A chacun de continuer.

Nous pouvons par contre annoncer un transit en juin 2012 (2004+8) en juin 2247 (2004+243) et juin 2255 (2247+8), mais aussi en décembre 2125 (2004+121).

Confrontons nos résultats aux canons des passages donnés par le Bureau des Longitudes par exemple. Nous y trouvons les passages de -2999 à 2999.

Certains passages apparaissent « orphelins » comme en novembre 1396 ou 1153.

Globalement, l'accord est bon... avec si peu de moyens !

Les approximations coupables :

Le modèle choisi est évidemment trop simple pour obtenir une précision parfaite :

Les orbites ne sont pas circulaires, la trace de Vénus sur le Soleil va donc se décaler. Le diamètre apparent du Soleil étant d'environ $30'$, nous risquons d'avoir un passage hors du disque.

François Mignard (Observatoire de la Côte d'Azur) propose les règles suivantes :

-nœud ascendant : décalage de la trace de $105''$ en 243 ans sur un disque solaire de diamètre $1950''$, ce qui donne donc un cycle d'environ 4500 ans.

-nœud descendant : décalage de la trace de $61''$ en 243 ans sur un disque solaire de diamètre $1890''$ (la Terre est plus loin du Soleil lors de l'été de l'hémisphère nord), ce qui donne donc un cycle d'environ 7500 ans.

On peut donc s'intéresser à ces autres cycles millénaires.

Mais là, c'est une autre histoire !

Adresses utiles et conseillées :

Le site du Bureau des Longitudes :

<http://www.imcce.fr>

et en particulier :

<http://www.imcee.fr/vt2004/fr>

Le site de François Mignard :

[http://www.obs-](http://www.obs-azur.fr/Cerga/mignard/TRANSITS/home.html)

[azur.fr/Cerga/mignard/TRANSITS/home.html](http://www.obs-azur.fr/Cerga/mignard/TRANSITS/home.html)

Sidérostat pour observer le transit (*)

Philippe Merlin,
Observatoire de Lyon

Observer avec un sidérostat

Le **sidérostat**, ou **cœlostat** ou **cælostat**, (du lat. *sidus*, astre ou *cælum*, ciel et *status*, état d'immobilité) est un appareil à miroir, donnant une image du ciel immobile par rapport à la Terre.

Il permet donc d'avoir un instrument d'observation fixe alors que le mouvement diurne fait apparemment tourner les objets du ciel autour de l'axe de rotation de la Terre.

Il comporte un miroir mobile suivant deux axes orthogonaux dont l'intersection se trouve au milieu de la surface réfléchissante. L'un des axes est dirigé parallèlement à l'axe de rotation de la Terre et sa rotation permet de compenser la rotation diurne. L'autre lui est perpendiculaire et sert à balayer le ciel en déclinaison. Les modèles évolués comportent un système d'entraînement. La vitesse de rotation est la moitié de celle de rotation diurne car il y a réflexion.



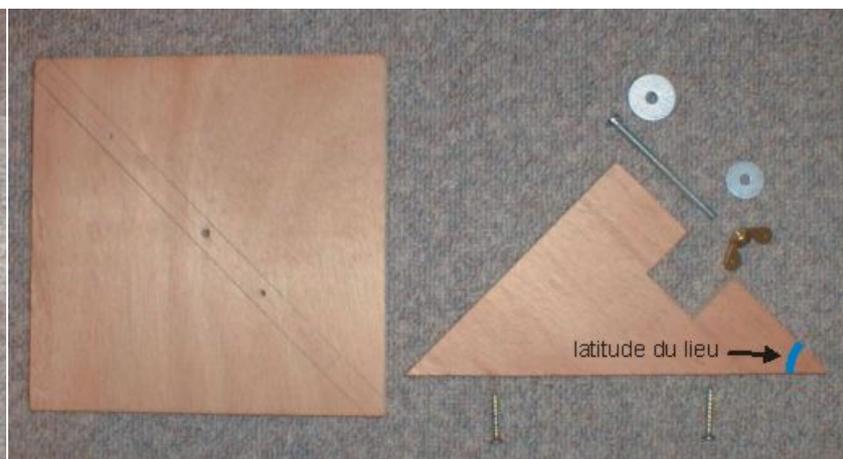
Construction d'un modèle à rotation manuelle

Il suffit d'un miroir de toilette inclinable, deux morceaux de contre-plaqué, une grande vis de 4, 5 ou 6 mm de diamètre, deux rondelles, un écrou papillon et deux vis de fixation.

Le support doit être placé horizontalement et la partie verticale bien orientée dans le plan du méridien.



Le miroir posable



Les pièces de montage

Remarque 1 : la glace qui sert de miroir n'est pas idéale, car elle donne, sur la face externe du verre, une image parasite plus ou moins faible suivant l'inclinaison. Il vaut mieux remplacer la glace par un vrai miroir aluminé sur l'extérieur

Remarque 2 : Pour faciliter le calage horizontal, trois vis peuvent être mises sur le plateau horizontal. On peut aussi graduer les axes de rotation en *angle horaire* et en *déclinaison*.

Le miroir du sidérostatis est placé avec son premier axe de rotation bien orienté vers le pôle céleste. La lentille doit avoir son axe optique passant par l'intersection des deux axes de rotation. L'image se forme derrière la lentille à la distance focale de celle-ci. La lumière du Soleil est

suffisamment intense pour ne pas avoir besoin d'une boîte pour faire l'obscurité. On peut améliorer l'image en diaphragmant un peu la lentille qui en général n'est pas d'une très grande qualité optique.



Montage sidérostatis et lentille, ici, avec une lentille de 0,25 dioptrie.



L'image de 3,5 cm du Soleil

Note de la rédaction: Nous avons réalisé un sidérostatis similaire. Avec une lentille de 0.25 dioptrie (4 mètres de focale) achetée chez un opticien (prix 10 €). Le diaphragme de la lentille était fait avec le trou central d'un CD-ROM. Nous avons pu voir les taches solaires en formant l'image du Soleil sur un écran placé à l'ombre (mur orienté à l'opposé du Soleil).

Conseils pratiques pour l'observation (*/**)

Pierre Causeret
pierre.causeret@wanadoo.fr

Il faut rappeler que l'observation du Soleil présente des risques : regarder le Soleil sans protection peut entraîner une détérioration définitive de l'œil. Il convient donc d'être extrêmement prudent, surtout avec des élèves.

Voici quelques conseils pratiques pour profiter de ce passage de Vénus qui risque d'être le seul que vous observerez dans votre vie (nous serons mal placés en France pour le passage de 2012).

Les filtres

Il existe quatre types de filtres (testés) :

- Le verre de soudeur très dense (N°14). Efficace mais de couleur verte et difficile à trouver.
- La feuille de polymère noir. Solide, conservant la couleur naturelle du Soleil mais de qualité optique moyenne. Coût d'environ 10 € la feuille A4 (*).
- Le film mylar (en bon état, ni froissé ni plié). De meilleure qualité optique que le polymère noir, il est de couleur bleue et malheureusement fragile. Coût : environ 20 € la feuille A4 (*).
- Le filtre en verre pour télescope recouvert d'une fine couche métallique. De bonne qualité mais relativement cher (compter de 70 à 200 € pour un filtre visuel entre 80 et 200 mm). Il existe aussi des filtres photographiques qui laissent passer

davantage de lumière, ce qui permet d'avoir des temps de pose très courts évitant le bouger (*).

Observer à l'œil nu

Le diamètre apparent de Vénus sera d'environ 1' soit 1/60 de degré ou 1/30 du Soleil. On devrait donc apercevoir à l'œil nu (voir le courrier des lecteurs) un petit point noir sur un gros disque brillant à condition d'avoir un filtre. Le polymère noir spécial Soleil me semble le plus conseillé pour observer avec des élèves, à cause de sa solidité. On peut découper une feuille A4 en une vingtaine de morceaux (ou plus). Chaque morceau est fixé sur un carton dans lequel on a pratiqué une ouverture, le carton évite d'être ébloui lorsque l'on vise le Soleil.

Observer par projection

On utilise un instrument d'observation, paire de jumelles, lunette ou télescope (avec un oculaire) pour projeter l'image du Soleil sur une feuille blanche ou un écran. Pour que l'image soit bien visible, l'écran est mis à l'ombre (avec un carton par exemple comme sur la photo).

Cette méthode est la plus sûre à une condition : que personne ne mette l'œil à l'oculaire. Il faut donc toujours rester à côté de l'instrument. Une personne qui passe à côté d'un télescope essaiera presque toujours d'y jeter un coup d'œil!

Avec cette méthode, on verra sans problème le disque noir de Vénus sur le disque lumineux du Soleil.



Observation par projection
(photo SAB)

Un appareil a été réalisé sur ce principe, le "solarscope", développé en partenariat avec l'observatoire de la Côte d'Azur. Le Soleil est

projeté directement sur un petit écran. Il coûte aux alentours de 60 euros (*).

Observer à l'oculaire

Un filtre de bonne qualité est indispensable. Il faut éviter à tout prix les filtres que l'on visse sur l'oculaire et qui peuvent se fendre sous l'effet de la chaleur concentrée dans l'instrument. On peut acheter un filtre en verre au diamètre de son instrument ou en fabriquer un en mylar.

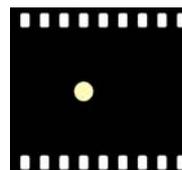
Ceux qui ont la chance de posséder un filtre H-alpha pour l'observation de la chromosphère pourront voir Vénus juste avant et juste après le transit, se découpant sur fond de protubérances !



(photo SAB)

Photographier avec un téléobjectif

Avec un appareil 24×36, le diamètre du Soleil sur le négatif est égal à la focale en mm divisé par 109. Ce qui donne 0,5 mm avec un objectif classique de 50 mm ou à peine 3 mm avec un téléobjectif de 300 mm. Un bon téléobjectif est donc indispensable.



Ce dessin montre comment apparaîtra le Soleil photographié avec un téléobjectif de 400 mm. On devine un minuscule point noir à sa surface : c'est Vénus.

Les possesseurs d'appareils photo numérique prendront la focale donnée en équivalent 24×36. Pour un zoom optique de 200 mm (en équivalent 24×36) sur un appareil de 3 Méga pixels, Vénus fera 3 à 4 pixels de diamètre et pourrait donc être distinguée. Là encore, on a intérêt à disposer d'une grande focale.

Il faudra évidemment mettre un filtre devant le téléobjectif, soit du commerce (type filtre solaire pour lunette astronomique), soit un filtre fabriqué à partir de mylar en bon état et bien fixé sur l'appareil pour éviter les fuites de lumière sur les côtés. Pour les temps de pose, on utilisera la cellule si on peut mesurer la lumière sur une partie de l'image. De toutes façons, il faut faire des essais auparavant sur le Soleil en variant les temps de pose. Le 8 juin, la transparence du ciel et la hauteur du Soleil jouant sur sa luminosité, il faudra encore faire plusieurs temps de pose.

Photographier derrière une lunette ou un télescope

Avec un appareil reflex : on fixe l'appareil sans objectif derrière le télescope à l'aide d'une bague T (*). On peut éventuellement intercaler un doubleur de focale. C'est le télescope qui fait office de téléobjectif. Avec 2 mètres de focale, le Soleil prend tout le champ. Le temps de pose indiqué par la cellule donne un résultat correct, mais on a toujours intérêt à faire plusieurs temps différents.



Photo PC/SAB

Le Soleil photographié derrière un télescope de 1,5 m de focale mesure 14 mm sur la diapo.

On peut également installer derrière le télescope un appareil photo numérique à objectif interchangeable. Mais attention, il y a en général un correctif à apporter pour obtenir la focale équivalente en 24×36, le capteur étant plus petit. Avec un correctif (×1,6) sur un télescope de 1,5 m, la focale est de 1,5×1,6 soit 2,4 m en équivalent 24×36. Le Soleil ne tient alors pas dans le champ.

Faire des images à la webcam

Avec un appareil photo numérique à objectif fixe : on obtient des résultats étonnamment corrects en tenant simplement son appareil photo derrière l'oculaire d'un télescope (muni d'un filtre). Il faut faire attention à être bien dans l'axe. On trouve dans le commerce des systèmes permettant de

fixer l'appareil sur le porte-oculaire. On peut aussi s'en bricoler un.



Photo Alain Chataux/SAB

Mercury (le petit point en haut à droite) photographiée devant le Soleil avec un appareil photo numérique tenu à la main le 7 mai 2003.

Les astronomes amateurs utilisent de plus en plus ces petites caméras destinées au départ à Internet. On enregistre de petits films en format AVI. Des logiciels permettent ensuite de décomposer ces films en images individuelles (format BMP) pour choisir les plus nettes.

Avec une webcam de type ToUCam (capteur CCD 480×640), dont on a enlevé l'objectif, et fixée derrière un téléobjectif de 300 mm, on obtient une image du Soleil presque entier. Il faut bricoler la fixation de la webcam sur le téléobjectif et prévoir le filtre solaire.

On peut aussi superposer à l'ordinateur des images réalisées à intervalle régulier pour obtenir un chapelet.



Photo PC/SAB

Le Soleil observé le 7 mai 2003 avec une webcam installée derrière un téléobjectif de 300 mm. Mercury est le point au bout de la flèche.

La webcam peut aussi être fixée sur le porte-oculaire d'un télescope. Les magasins d'astronomie vendent des raccords au coulant de 31,75. Le capteur étant minuscule, le champ est beaucoup plus petit qu'à l'oculaire. Ainsi, avec un instrument de 1,000 mètre de focale, le champ n'est que de 9' par 12' !



Photo J Nillon/ SAB

Mercury devant le Soleil observée avec une webcam placée derrière un télescope de 1,5 m de focale.

Calculer la distance du Soleil

A partir de deux images de Vénus devant le Soleil, prises au même instant depuis deux sites éloignés, on peut assez facilement calculer la distance du Soleil. La méthode est décrite dans les articles qui suivent.

Pour superposer correctement deux images, il faut qu'elles soient précisément orientées et qu'elles contiennent un bord du Soleil suffisamment grand. Un protocole de mesure est proposé (voir ci-dessous).

(*) Vous pourrez trouver le matériel nécessaire à votre observation (filtres, adaptateurs) dans les magasins d'astronomie ou sur Internet (un moteur de recherche vous donnera toutes ces adresses). On peut citer la librairie Uranie, la Maison de l'astronomie, L'Astronome... Le site dédié au solarscope (www.solarscope.org) donne l'adresse des revendeurs. ■

Protocole de mesure pour déterminer la distance Terre-Soleil le 8 juin 2004

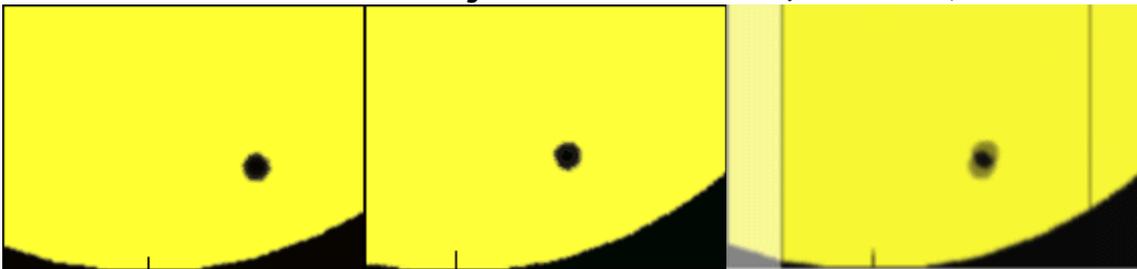
Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

Les moyens actuels permettent des méthodes plus simples que celles utilisées au 19^{ème} siècle. Il suffit d'avoir deux photos, orientées de la même manière et prises au même instant depuis deux lieux éloignés. Notre but est d'obtenir la distance Terre - Soleil avec des moyens simples.

Ce protocole est décrit sur le site du CLEA. Si vous souhaitez participer à cette campagne de mesures, lisez attentivement la procédure (www.ac-nice.fr/clea).

L'idée principale est de prendre une photo toutes les demi-heures rondes (à la seconde près) avec un instrument parfaitement en station.

Simulation d'observations faites à Dijon et à la Réunion (P. Causeret)



Observation simulée du transit entre Dijon à 10 h TU (12 h légales - image de gauche) et La Réunion à 10 h TU (14 h légales - image du milieu). Superposition des deux images (image de droite).

On obtient un décalage approximatif de 0,5' entre les deux images (on le calcule en comparant la distance entre les deux centres des taches noires au diamètre apparent du Soleil de 31,5' ce jour-là ou à partir de la focale de l'instrument et de la taille du capteur).

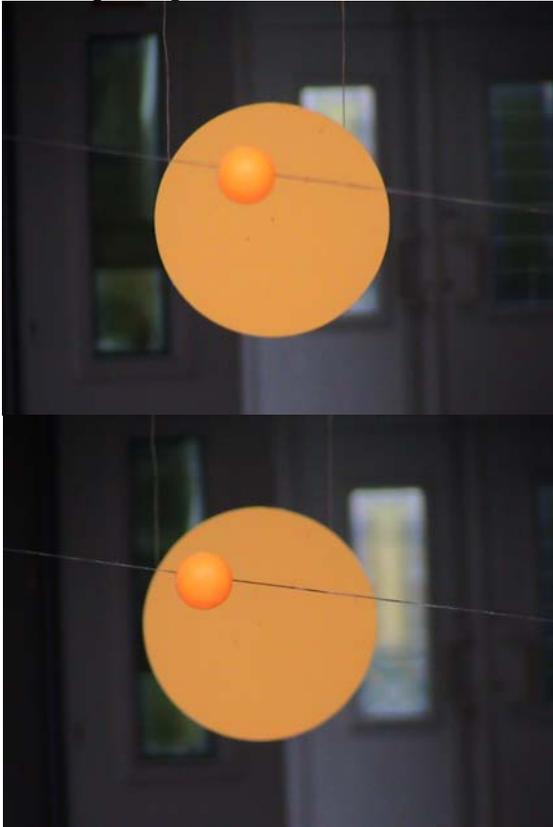
Dans le prochain numéro nous donnerons une méthode rigoureuse, due à B. Sandré, pour superposer les photos prises selon le protocole que nous proposons.

Mesurer la distance Terre-Soleil (**)

Extraits d'un dossier¹ présenté aux Olympiades de Physique 2004,
par Christelle Favier, Maïté Thiry et Manon Revest,
Avec la complicité de leurs professeurs, Francis Berthomieu et Ghislain Bernard

La méthode de la parallaxe

Qu'est-ce que la parallaxe ?



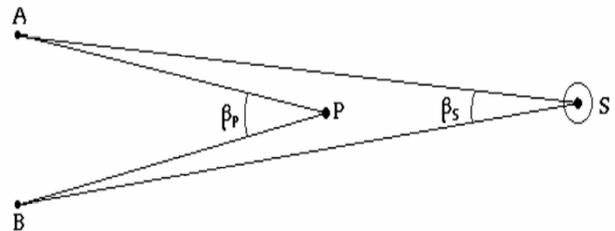
Explications visuelles avec une maquette

Le grand disque symbolise le Soleil, la petite balle, la planète passant devant le Soleil, la cordelette, la trajectoire de la planète. Ces deux photos ont été prises depuis deux endroits légèrement différents. Il est facile de faire l'expérience. On peut ainsi voir que la planète semble avoir changé de position sur le disque solaire, mais aussi, et surtout, que le Soleil semble également avoir changé de place par rapport à l'arrière-plan...

Définitions de la parallaxe

Une définition rigoureuse pourrait être la suivante : « La parallaxe désigne l'angle que font entre elles les deux directions de visée d'un objet observé simultanément depuis deux endroits

différents ». Mais le schéma suivant en dit sans doute tout autant :



Vues depuis A et B, la parallaxe du Soleil S est β_S et la parallaxe de la planète P est β_P .

Application au cas d'un « passage » devant le Soleil

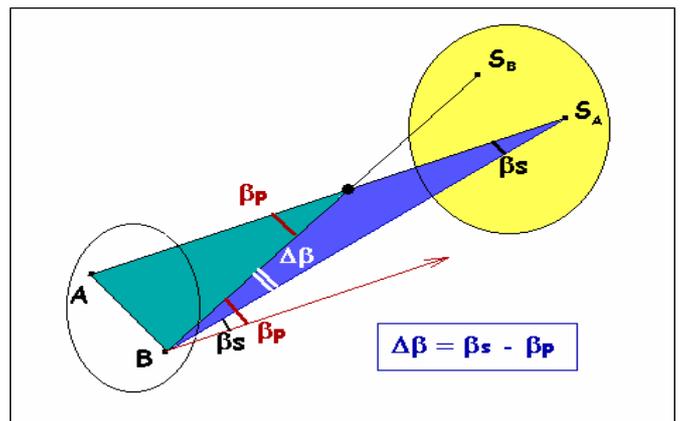


Schéma de Vénus passant devant le Soleil

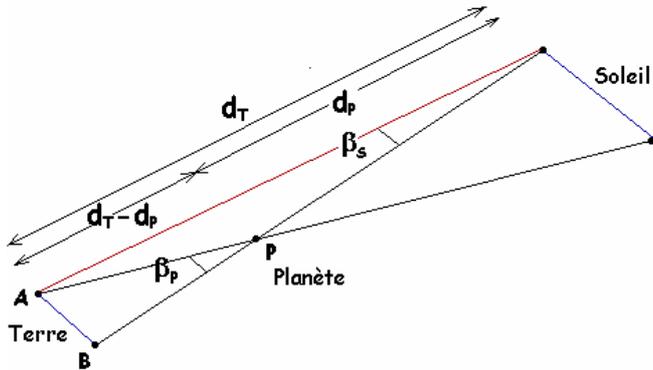
S_A et S_B sont les « images » de la planète sur le disque du Soleil, respectivement observées depuis les observatoires A et B.

β_S et β_P désignent respectivement les parallaxes du Soleil et de la planète vues depuis les deux observatoires de la Terre. Afin de simplifier le raisonnement, nous avons tracé une parallèle à (AS_A) passant par B. Notons que β_P désigne aussi l'écart angulaire entre S_A et S_B vu depuis la Terre.

La figure montre sans ambiguïté que $\Delta\beta$ est égal à $\beta_P - \beta_S$. Donc, $\Delta\beta$ est la différence entre les parallaxes de la planète et du Soleil. En utilisant les observations depuis deux points de la Terre, on est donc en mesure de déterminer la valeur de cet angle $\Delta\beta$.

Les calculs généraux

Appelons d_T et d_P les distances respectives de la Terre et de la planète au Soleil.



Puisque l'angle β_p est ici très petit, nous pouvons écrire que la distance AB entre les deux observatoires est égale au produit de l'angle β_p exprimé en radians par la distance séparant les deux planètes, soit :

$$AB = \beta_p (d_T - d_P)$$

De même, avec β_s et d_T nous pouvons écrire : $AB = \beta_s d_T$

Nous pouvons en déduire les expressions des deux parallaxes : $\beta_s = AB / d_T$ et $\beta_p = AB / (d_T - d_P)$

Il est alors facile d'exprimer l'angle β en radians à partir de ces équations :

$$\Delta\beta = \beta_p - \beta_s = [AB / (d_T - d_P)] - (AB / d_T)$$

En posant $d_T - d_P = k d_T$, (où k n'est autre que la mesure de la distance Terre-Planète lors du passage, exprimée en Unités Astronomiques) nous obtenons alors :

$$\Delta\beta = AB / (k d_T) - AB / d_T$$

$$\Delta\beta = [AB (1 - k)] / (k d_T)$$

et

$$d_T = [AB (1 - k)] / (k \Delta\beta)$$

En conclusion

Pour mesurer la distance Terre Soleil, nous avons donc besoin de deux photos prises au même instant depuis deux villes aussi éloignées que possible. Nous devons déterminer précisément la **distance AB** entre les droites parallèles menées depuis ces deux villes en direction du Soleil.

Une solution élégante et simple consiste à obtenir une image de la Terre, **telle qu'elle pourrait être observée depuis le Soleil** à l'instant de la prise de vue : on y repère les deux villes A et B et l'on calcule la distance AB en la comparant au

diamètre de notre planète C'est très facile à partir du site:

www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth

Une autre solution consiste à utiliser une mappemonde et à y matérialiser les lignes de visée pour mesurer leur séparation. La photo ci-dessous est explicite.



Image: P. Causeret, SAB

La distance entre les lignes de visée

La **valeur de k** pourra être calculée en UA à partir des éléments orbitaux de Vénus: Les orbites de la Terre et de Vénus sont pratiquement circulaires et leurs rayons obéissent à la 3^{ème} loi de Képler : le calcul est simple (voir exercice suivant). On trouve $k=0,275$.

Les deux photos du passage nous permettront de **mesurer $\Delta\beta$** par comparaison avec le diamètre apparent du Soleil, assez facilement mesurable à la date du passage, pourvu qu'elles soient superposables et orientées de la même façon : s'il s'agit d'une image numérique, il sera possible d'additionner les images, en faisant bien coïncider les deux disques solaires, puis mesurer le diamètre (en pixels) du disque solaire (dont on connaît le diamètre angulaire) et la distance (en pixels) entre les centres des images de la planète. Un simple « produit en croix » permettra de calculer l'angle $\Delta\beta$.

¹L'ensemble du dossier, qui présente l'exploitation d'images mises en ligne sur Internet par le réseau GONG, est accessible depuis le site du clea :

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

aux rubriques « actualités » et « avec nos élèves ».

■

Présentation formelle (***)

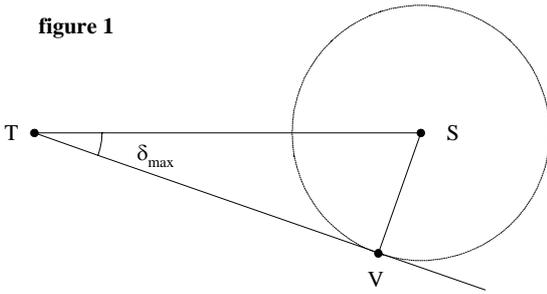
Béatrice Sandré

L'observation depuis la Terre, du mouvement apparent de Vénus par rapport au Soleil permet de mesurer l'écart angulaire maximum entre les directions Terre - Vénus, Terre - Soleil et d'en déduire le rapport entre les rayons SV et ST des orbites de Vénus et de la Terre.

$$\delta_{\max} = 46,3^\circ$$

$$x = \frac{VS}{TS} = \sin \delta_{\max} = 0,723$$

figure 1



Lors du passage de Vénus devant le Soleil, au même instant, depuis deux points A et B de la Terre, on photographie le Soleil. Soit S_A et S_B les deux ombres de Vénus sur le Soleil vues depuis A et B.

On espère que des tâches solaires permettent de superposer les deux photos.

L'échelle angulaire de la photo peut être déterminée sachant que le diamètre apparent du Soleil le 8 Juin 2004 sera de $0,525^\circ$. Une fois les deux photos superposées, on mesure l'écart entre les deux ombres S_A et S_B et on en déduit l'écart angulaire α (voir figure 2).

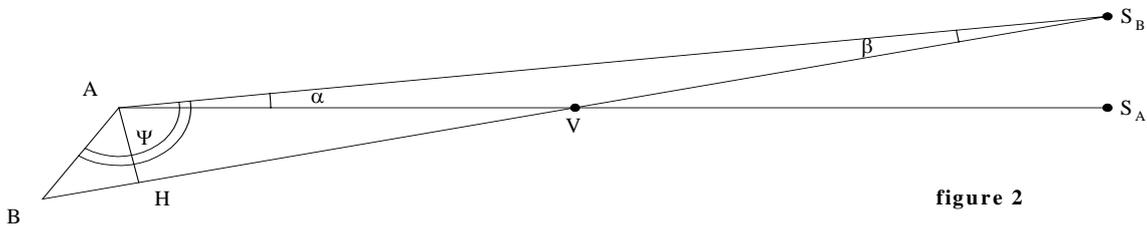


figure 2

D'après la relation des sinus dans le triangle AVS_B ,

$$\frac{\sin \alpha}{VS_B} = \frac{\sin \beta}{VA} \quad \text{d'où} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{VS_B}{VA} = \frac{x}{1-x}$$

Et, les angles α et β étant petits, $\beta = \alpha \frac{1-x}{x}$.

On pose $\Psi = \left(\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AS_B} \right)$ (voir figure 2) et $AS_B = 1$ unité astronomique = $AB \frac{\cos(\Psi - \pi/2)}{\beta}$

$$\text{d'où} \quad 1 \text{ unité astronomique} = AB \frac{\sin \Psi}{\beta} = AB \frac{\sin \Psi}{\alpha} \frac{x}{1-x} \quad (1)$$

La détermination de α permet donc celle de β , angle sous lequel AB est vu depuis le Soleil.

Mais, la droite AB n'a aucune raison d'être perpendiculaire à AS_B .

Pour déterminer l'unité astronomique à partir de la mesure de α , il faut donc calculer la distance AB et surtout l'angle Ψ .

Les points A et B sont définis sur la sphère terrestre par leurs coordonnées géographiques (λ_A, φ_A) et (λ_B, φ_B) . La longitude sera comptée positivement vers l'Est.

Pour le calcul de Ψ , on peut confondre les directions AS_B et OS , O étant le centre de la Terre et S le centre du Soleil. Soit S' l'intersection de la droite OS et de la surface de la Terre. Soit δ la déclinaison du Soleil à l'instant où les photos sont prises, h_{TU} l'heure TU à cet instant.

Les coordonnées géographiques de S' , point de la surface de la Terre qui a le Soleil au zénith au moment des photos, sont :

$$\lambda_{S'} = \delta \quad \varphi_{S'} = 360^\circ \frac{12 - h_{TU}}{24}$$

Soit la base cartésienne définie par :

Ox dans le plan équatorial de longitude 0°

Oy dans le plan équatorial de longitude $+90^\circ$ (90° Est)

Oz colinéaire à l'axe des pôles, orienté du Nord vers le Sud.

Dans cette base, les coordonnées des points A, B et S' sont :

$$\begin{aligned} \vec{OA} & \begin{cases} x_A = \cos \lambda_A \cos \varphi_A \\ y_A = \cos \lambda_A \sin \varphi_A \\ z_A = \sin \lambda_A \end{cases} & \vec{OB} & \begin{cases} x_B = \cos \lambda_B \cos \varphi_B \\ y_B = \cos \lambda_B \sin \varphi_B \\ z_B = \sin \lambda_B \end{cases} & \vec{OS'} & \begin{cases} x_{S'} = \cos \lambda_{S'} \cos \varphi_{S'} \\ y_{S'} = \cos \lambda_{S'} \sin \varphi_{S'} \\ z_{S'} = \sin \lambda_{S'} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\vec{AB} \begin{cases} \cos \lambda_B \cos \varphi_B - \cos \lambda_A \cos \varphi_A \\ \cos \lambda_B \sin \varphi_B - \cos \lambda_A \sin \varphi_A \\ \sin \lambda_B - \sin \lambda_A \end{cases}$$

$$\vec{AB} \wedge \vec{OS'} \begin{cases} (\cos \lambda_B \sin \varphi_B - \cos \lambda_A \sin \varphi_A) \sin \lambda_{S'} - (\sin \lambda_B - \sin \lambda_A) \cos \lambda_{S'} \sin \varphi_{S'} \\ \cos \lambda_{S'} \cos \varphi_{S'} (\sin \lambda_B - \sin \lambda_A) - (\cos \lambda_B \cos \varphi_B - \cos \lambda_A \cos \varphi_A) \sin \lambda_{S'} \\ (\cos \lambda_B \sin \varphi_B - \cos \lambda_A \sin \varphi_A) \sin \lambda_{S'} - (\sin \lambda_B - \sin \lambda_A) \cos \lambda_{S'} \sin \varphi_{S'} \end{cases}$$

La norme du produit vectoriel $\vec{AB} \wedge \vec{OS'}$ donne la valeur de $AB \sin \Psi$ avec pour unité de longueur le rayon de la terre. Il suffit donc de reporter cette valeur dans la relation (1) ; on obtient l'unité astronomique en rayon terrestre. En multipliant par 6400 km, on l'obtient en kilomètres. ■

Période sidérale, période synodique (**)

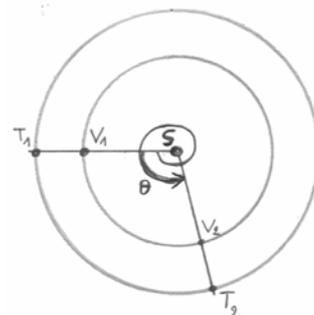
Vénus (V) tourne autour du Soleil (S) plus vite que ne le fait la Terre (T). Vue depuis la Terre, elle reprendra la même position (2) par rapport au Soleil au bout d'un temps P_V , appelé la Période synodique de Vénus. Elle aura parcouru un angle $360^\circ + \theta$, quand la Terre n'aura parcouru qu'un angle θ .

Exprimons ce temps P_V en fonction des périodes vraies (sidérales) de la Terre et de Vénus, T_T et T_V , respectivement. On peut écrire :

$$P_V = T_T \frac{\theta}{360} \quad \text{et} \quad P_V = T_V \frac{360 + \theta}{360}. \quad \text{En éliminant } \theta/360 \text{ entre ces équations il vient:}$$

$$\frac{1}{T_V} = \frac{1}{T_T} + \frac{1}{P_V}$$

On peut ainsi déduire la période sidérale, qui n'est pas directement observable depuis la Terre. Notez que pour une planète supérieure (ex. Mars), on trouve une relation similaire, mais avec un signe moins - GP.



Le transit de Vénus : un peu d'histoire (*)

Jean-Noël Terry

Résumé : *Ce court extrait d'un texte, que nous publierons in-extenso prochainement, raconte la triste histoire d'un astronome dévoué, mais malchanceux.*

Le transit de 1761 fut observé par de très nombreux observateurs. Parmi eux Pingré, Chappe, Cassini, Maraldi, de Lalande... mais pas par l'infortuné Guillaume Joseph Hyacinthe Jean Baptiste Le Gentil de la Galaisière.

Guillaume Joseph Hyacinthe Jean Baptiste Le Gentil de la Galaisière (1725-1792) proposa une expédition à Pondichéry. Il quitta Brest le 16 mars 1760. Mais sa ville de destination était assiégée et avait subi aussi un ouragan. Il se joignit aux troupes françaises... qui arrivèrent après la chute de la ville. Il fallut repartir pour l'île Maurice où il arriva en juillet. Le Gentil vit le transit, mais ne put faire de mesure depuis le pont du navire.

Il décida alors de rester pour le second transit de 1769. Il choisit le site de Manille.

Le Gentil se dirige donc, en 1766, vers Manille, possession espagnole, muni d'une recommandation de l'Académie Royale des Sciences. Le gouverneur ne veut rien entendre et le soupçonne d'espionnage. Le Gentil doit s'enfuir vers Macao où il embarque sur un navire portugais pour Pondichéry, en mars 1768. Passé le détroit de Malacca, le pilote s'enferme tout à coup, sans raison connue, dans sa cabine et refuse de piloter. Le navire dérive, puis le pilote reprend son service. Le but est atteint après 32 jours. Le Gentil installe son matériel, le gouverneur vient observer

de temps en temps et les Anglais lui prêtent même un télescope.

Le 2 juin 1769, veille, il faisait beau, puis le ciel se couvrit et Le Gentil ne put observer que la dernière demi-heure... alors qu'à Manille il faisait beau !

« Est-ce cela le sort des astronomes ? Je me suis exilé de ma patrie, uniquement pour être spectateur d'un nuage fatal. Je fus plus de quinze jours dans un abattement singulier, à ne pas avoir le courage de prendre la plume...elle me tomba plusieurs fois des mains lorsque le moment vint d'annoncer en France le sort de mon opération. »

Le Gentil regagna Paris en octobre 1771, affaibli par les fièvres et les dysenteries. Un premier bateau fut démâté et c'est sur une frégate espagnole qu'il rentra à Cadix, après 11 ans 6 mois et 13 jours d'absence... pour constater qu'on l'avait déclaré mort !

Il récupéra ses biens partagés après de pénibles procédures. Néanmoins son mariage fut heureux et la naissance d'une fille lui donna de la joie.

Il mourut vraiment en 1792.

Voir le courrier des lecteurs pour ce qui concerne le nom de la fleur hortensia, donné, dit-on parfois, par Le Gentil.

■

Les documents anciens (*)

Dominique Bernard, Philippe Merlin
Observatoire de Lyon

Nous vous présentons ce texte paru dans les mémoires de l'Académie de Sciences. Il montre que la coopération entre Enseignants et Astronomes était déjà en place. M. de La Lande et l'abbé Marie du collège Mazarin auraient sans doute été membres du CLEA. Nous ne

reproduisons pas la suite de l'article dans laquelle M. de La Lande explique comment transformer les heures des contacts mesurées à Paris en heures de contacts géocentriques. L'explication est trop confuse pour être publiée.

OBSERVATION
DU PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL,
FAITE À PARIS LE 3 JUIN 1769,
Dans l'Observatoire du Collège Mazarin.

Par M. DE LA LANDE.

JE m'étois occupé depuis plusieurs jours des préparatifs nécessaires pour cette importante observation, & j'avois pris des arrangements pour qu'elle fut faite par cinq ou six Observateurs avec moi; j'avois fait venir de Londres une excellente lunette achromatique de Dollond, portant 40 lignes d'ouverture, & j'avois réglé une pendule dans la lanterne qui est au haut de la coupole, d'où Vénus pouvoit être vue jusqu'à 7^h 58' du soir; mais le mauvais temps a rendu mes précautions presque inutiles. 7 Juin
1769.

Le 1.^{er} Juin, il plut presque toute la journée; le 2 & même le 3, il y eut encore de la pluie; & jusqu'à 6 heures du soir, on n'avoit presque pas d'espérance d'apercevoir l'entrée de Vénus sur le Soleil; les nuages parurent ensuite se dissiper, mais à 6^h 53' ils revinrent couvrir le Soleil.

J'avois annoncé, dans la *Connoissance des Temps*, le premier contact pour 7^h 14', mais les nuages qui me cachotent précisément le bord supérieur du Soleil, ne se dissipèrent qu'à 7^h 21' 12" de temps vrai, & Vénus étoit déjà avancée sur le Soleil assez sensiblement, M. l'abbé Marie, Professeur de Mathématiques au Collège Mazarin, avec qui j'observois, estima l'entrée du centre de Vénus à 7^h 29' 7"; il s'occupoit principalement à considérer le disque de Vénus, sur lequel il ne voyoit, non plus que moi, aucune apparence d'atmosphère*.

* Voyez les Mémoires de l'Académie pour l'année 1761, page 373. Mais M. l'abbé Chappe, qui croyoit avoir aperçu l'atmosphère de Vénus en 1761, n'en a plus parlé dans ses Observations de 1769.

Mém. 1769.

• G g g

REALISATION

Mesure de G avec la balance de Cavendish

Paturel G., Observatoire de Lyon

Résumé : Dans le précédent Cahier Clairaut (CC104) nous avons décrit la construction d'une balance de Cavendish. Historiquement conçue pour déterminer la densité moyenne de la Terre, la balance de Cavendish est désormais utilisée pour mesurer la constante G de la gravitation universelle. Dans le présent article nous montrons comment déduire cette constante. Compte tenu de la difficulté extraordinaire de cette expérience et des caractéristiques de notre balance nous ne pourrions pas utiliser la méthode traditionnelle. Une autre méthode est expliquée qui donne un résultat acceptable.

Mots-clefs : REALISATION - GRAVITATION - MESURE

Introduction

Nous donnons à nouveau la photo de notre balance (figure1). Le ruban de suspension du fléau passe dans le tube vertical. Les extrémités du fléau supportent chacune une petite sphère en plomb de 2,5 cm de diamètre. Sous le fléau, un petit miroir réfléchit un rayon laser (éteint sur la photo). Ce système, dit de Poggendorf, permet de mesurer la rotation de l'équipage par la mesure du déplacement du spot réfléchi. Les grosses sphères attractives en plomb de 7 cm, de diamètre, sont montées sur des rails en bois, complètement indépendants du boîtier de la balance. Quand l'équilibre est modifié par le déplacement des grosses sphères, le spot lumineux du faisceau laser se déplace et permet de suivre la rotation de la balance, donc le déplacement des petites sphères, avec une extrême précision.

Avant l'assemblage de la balance, nous avons déterminé avec autant de précision que possible les caractéristiques des éléments: masse des sphères et longueur du fléau. Une fois en position, nous avons déterminé les autres caractéristiques que nous récapitulons.

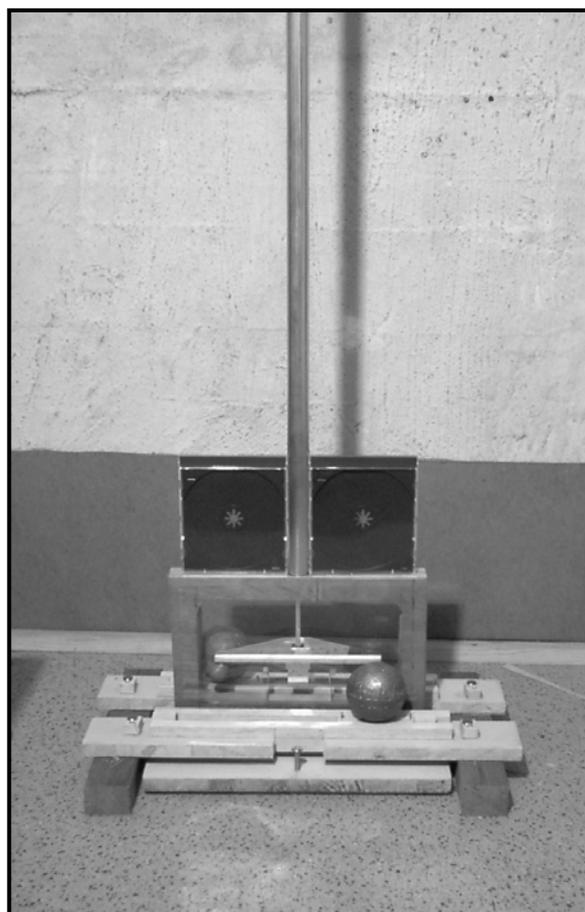


Figure 1: La balance de Cavendish terminée

Les caractéristiques

La pesée des sphères se fait avec une petite balance de cuisine. Les petites sphères de $2,5\text{ cm}$ de diamètre pèsent $m = 93\text{ g}$ chacune. Les grosses sphères de 7 cm de diamètre pèsent $M_1 = 2080\text{ g}$ et $M_2 = 2010\text{ g}$, respectivement. Nous adopterons pour les deux une valeur moyenne $M = 2045\text{ g}$. La longueur du fléau, ou plus exactement, la distance entre les centres des petites sphères collées sous le fléau est de $2.b = 19\text{ cm}$.

La première caractéristique à mesurer est la période d'oscillation, T , de la balance. En effet, la sensibilité de la balance augmente comme le carré de la période. Dans la méthode traditionnelle, la période permet indirectement de déterminer les caractéristiques mécaniques, C , du ruban de suspension. Une mesure patiente du temps que met le spot lumineux pour faire un grand nombre d'aller et retour fournit la période avec une bonne précision. J'ai trouvé: $T = 148,3\text{ s}$. Quand j'ai obtenu cette valeur, j'ai compris que l'attraction universelle serait visible. C'était en effet approximativement la période de la balance de Boys.

J'ai déterminé ensuite la distance minimale, d , entre les centres d'une grosse sphère et d'une petite. Pour cela, j'ai simplement mesuré la distance D entre les rails supportant les grosses sphères. La figure 2 montre que l'on peut déduire très facilement $d = D/2$. J'ai mesuré $D = 11,5\text{ cm}$. La valeur est donc $d = 5.75\text{ cm}$. Cette distance varie au cours de la mesure, mais cette variation est négligeable compte tenu de la précision espérée.

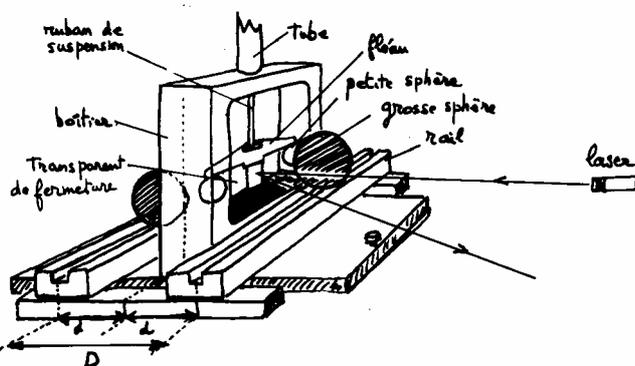


Figure 2 : Schéma montrant comment déterminer la distance entre le centre d'une grosse sphère et celui d'une petite sphère $d = D/2$.

La distance L , entre le centre du miroir et l'écran de projection, a été soigneusement mesurée avec un mètre à ruban. Le résultat obtenu est: $L = 4910\text{ mm}$. Plus cette distance est grande, plus précise sera la mesure de la rotation du fléau. On peut calculer qu'une rotation d'un degré donnerait à cette distance un déplacement du spot lumineux de 17 cm , car il ne faut pas oublier que par réflexion sur le miroir le faisceau tourne d'un angle double.

Nous négligeons la masse du petit miroir et celle du fléau. Ces masses interviennent normalement dans l'expression du moment d'inertie de la balance. En les négligeant, l'expression du moment d'inertie se simplifie et sa mesure explicite n'est pas nécessaire. Il entre implicitement dans l'expression de la période que l'on a mesurée.

Première mesure

En procédant comme je l'avais décrit à la fin du dernier article, on peut mesurer le déplacement du spot lumineux. Il faut être très patient. On laisse la balance se stabiliser, une nuit au moins. On note la position du spot. On déplace les grosses sphères. On laisse stabiliser à nouveau pendant plusieurs heures. On note la nouvelle position du spot. En opérant ainsi, le déplacement mesuré était de l'ordre de $\Delta y = 18\text{ mm}$. Faisons le calcul de la constante de la gravitation G ("big dji" en anglais):

Soit α l'angle total de rotation, pour les positions extrêmes des grosses sphères. Le couple de rappel est $C\alpha$, où C est une constante caractérisant le ruban de suspension. Appelons f la force d'attraction entre une grosse sphère et une petite. Le couple de cette force par rapport à l'axe de rotation du fléau est $f.b$. Comme il y a deux paires de sphères agissant dans un sens puis dans un sens opposé, le couple total est $4f.b$. La force f s'exprime par la loi de gravitation universelle:

$$f = GMm/d^2.$$

Ecrivons qu'il y a équilibre des couples quand la balance est stabilisée:

$$C\alpha = 4.G.M.m.b/d^2 \quad (1).$$

D'autre part, la période d'oscillation de la balance de torsion s'exprime par la relation:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{C}},$$

où J est le moment d'inertie du fléau. Nous l'écrivons simplement, en vertu des simplifications vues plus haut: $J=2mb^2$.

Ainsi, la constante mécanique caractérisant le ruban s'exprime par:

$$C=8\pi^2mb^2/T^2.$$

En reportant cette expression dans la relation (1), il vient finalement:

$$G = \frac{2\pi^2\alpha.b.d^2}{M.T^2} \quad (2).$$

Faisons de suite l'application numérique. L'angle α en radian s'exprime simplement par:

$$\alpha=\Delta y/(2L),$$

le facteur 2 prend en compte le fait que le faisceau dévie d'un angle double de celui du fléau, à cause de la réflexion sur le miroir.

Avec les valeurs mesurées, nous obtenons $\alpha=0.00184$ rd (c'est à dire $0,10^\circ$). En reportant cette valeur ainsi que les autres valeurs numériques dans l'expression (2), on aboutit à la valeur un peu décevante $G = 25 \cdot 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2}.\text{m}^2$ (la valeur admise est $6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2}.\text{m}^2$).

Analyse des erreurs

En analysant bien les mesures, j'ai acquis la conviction que la seule source d'erreur possible provenait du ruban de suspension qui doit présenter de l'hystérésis. Quand le ruban est tordu sous l'effet de la rotation de la balance, il garde la mémoire de cette torsion. Bref, le ruban de suspension en aluminium manque de ressort. Une première façon d'éviter cet effet est de déplacer les grosses sphères très lentement, pour parvenir au second point d'équilibre, de manière asymptotique, sans jamais le dépasser. En répétant l'expérience, je n'ai pas, malgré toute ma patience, pu éviter les oscillations, mais l'amplitude a été sérieusement diminuée. La valeur de Δy a été réduite ainsi d'un facteur deux, et la valeur de G a été réduite d'autant, soit:

$$G=12,5 \cdot 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2}.\text{m}^2.$$

On peut imaginer qu'en permutant les grosses sphères avec une infinie lenteur, on arriverait à une valeur de G plus acceptable. J'ai modifié la balance en remplaçant le ruban de suspension en aluminium par un morceau de bande magnétique d'une cassette "audio". Le résultat a été sensiblement meilleur. Cela montre que l'on peut éviter la difficile réalisation du ruban d'aluminium.

Au lieu de continuer dans cette voie classique, j'ai imaginé une méthode très différente, que je vous livre maintenant.

Méthode dynamique

Au tout début de l'attraction, quand on vient juste de faire glisser une grosse sphère en face d'une petite, le ruban n'offre pas de résistance à la torsion. La petite sphère "tombe" librement sur la grosse. Si nous parvenions à mesurer l'accélération de cette "chute", nous pourrions en déduire G . L'accélération s'écrit :

$$a = \frac{GM}{d^2} \quad (3).$$

Comment mesurer a ? Il faut enregistrer simultanément le déplacement (de la petite sphère, donc du spot) et le temps. Pour parvenir à cela, j'ai collé une montre digitale sur le papier millimétré où se formait le spot lumineux. La montre est mise en mode chronomètre. On attend le repos parfait du spot et on démarre le chronomètre au moment précis où les grosses sphères sont déplacées. J'ai réalisé une série de photos du spot et de la montre, comme illustré à la Figure 3.



Figure 3 : Les photos successives montrant le spot et le chronomètre. On peut mesurer ainsi l'accélération produite par une sphère attractive.

J'ai mesuré le déplacement y par rapport à une origine arbitraire. Le temps est noté au dixième de seconde. On trouve, à partir des cinq premières photos, le temps t et la position y du spot (cf. tableau 1):

temps t (s)	y (mm)	x (mm)	$(x-x_0)$ (mm)	$(t-t_0)^2$ (s ²)
10,8	3,00	0,029	0	0
25,2	3,5	0,034	0,005	204
37,3	5,5	0,053	0,024	697
45,3	8,0	0,077	0,048	1183
52,9	11,0	0,107	0,077	1764
64,3	16,5	0,159	0,130	2851

Tableau 1: mesure de temps t et de déplacement du spot y pour déduire l'accélération (voir texte).

Le déplacement y du spot est converti en déplacement x des petites sphères par la relation géométrique. Comme précédemment le facteur 2 prend en compte le fait que la réflexion du faisceau lumineux donne une déviation double:

$$x = \frac{1}{2} \frac{b}{L} y$$

L'accélération est normalement donnée par la relation classique de la dynamique:

$$(x - x_0) = \frac{1}{2} a' (t - t_0)^2.$$

Mais attention, comme les grosses sphères agissent dans un sens puis dans l'autre, ce que nous déterminons est le double de l'accélération cherchée $a = a'/2$. En revanche, le fait qu'il y ait deux petites sphères ne change rien, car chacune acquiert la même accélération.

Les quantités nécessaires sont données dans le Tableau 1. La représentation graphique (Figure 4) de $a = a'/2$ montre que l'accélération est à peu près constante pendant les premières secondes.

On déduit de ces mesures que l'accélération est $a = 130 \times 10^{-6} / 3000 \text{ m.s}^{-2}$, soit:

$$a = 4,33 \times 10^{-8} \text{ m.s}^{-2}.$$

Il ne nous reste plus qu'à déduire $G = a \cdot d^2 / M$. Avec $d = 0,0575 \text{ m}$ et $M = 2,045 \text{ kg}$ on aboutit à la valeur:

$$G = 7,0 \times 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2} \cdot \text{m}^2,$$

au lieu de $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$.

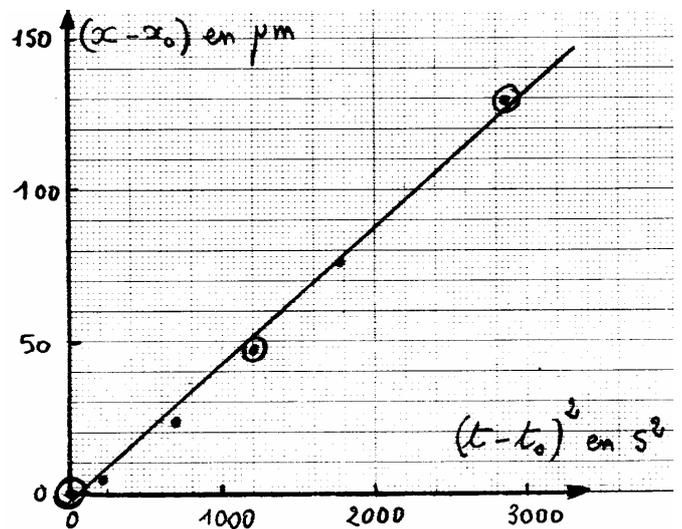


Figure 4. Représentation graphique de la quantité $a'/2 = (x-x_0)/(t-t_0)^2$. Les points encerclés correspondent aux mesures données par les trois photos de la Figure 3.

Conclusion

Si la fabrication de la balance n'est pas trop difficile, en revanche, la réalisation de l'expérience elle-même est d'une extrême difficulté, car il faut la faire dans un local parfaitement calme. Qualitativement, le fonctionnement est très spectaculaire. Quantitativement, c'est un peu plus décevant par la méthode classique, mais la méthode dynamique donne un résultat assez satisfaisant.

■

VOLTAIRE et NEWTON

Pierre Lerich

Résumé : *Les Principes de la Philosophie naturelle traduits en français par Mme du Châtelet, paraissent en 1756 avec une préface de Voltaire, qui célèbre à cette occasion un double miracle : le premier, c'est l'œuvre elle-même, qui explique enfin le fonctionnement de tout l'univers ; le second, c'est que cette œuvre soit traduite par une femme.*

Mots-clefs : HISTOIRE, PHILOSOPHIE, GRAVITATION

Dès son retour d'Angleterre, en 1728, Voltaire s'est fait le propagandiste passionné de Newton, et son vulgarisateur compétent. Sans être lui-même très savant, il a su exprimer en termes simples les principales conséquences de la gravitation et faire sentir la beauté du système à un public évolué mais un peu chauvin, très attaché à la haute réputation de Descartes. Cependant, Voltaire fait bien remarquer que le mot « système », employé par Newton lui-même (le système du monde) n'a pas du tout le sens philosophique habituel. D'habitude, ce mot désigne « un amas de probabilités qui peuvent servir à expliquer bien ou mal quelques effets de la nature » (on pense inévitablement au système philosophique de Leibniz, l'éternel rival de Newton). Dans le « système » de Newton, on ne trouve au contraire aucune hypothèse, aucune proposition « qui ne soit fondée sur la plus sublime géométrie ou sur des expériences incontestables ».

C'est en cela que consiste le « miracle » de Newton, et c'est par-là qu'il s'oppose à Descartes et à Leibniz, deux savants de premier ordre cependant, dont personne ne conteste le génie. En imaginant la « matière subtile » et les « tourbillons » censés propulser les planètes dans l'espace, Descartes s'est aventuré bien loin de la rigueur scientifique, produisant ce que Voltaire appelle « des opinions romanesques substituées à l'ignorance des anciens ». Cela n'enlève rien à ses mérites éminents dans d'autres domaines (algèbre, géométrie) mais c'est tout de même une tache sur sa réputation, comparable à la « musique des planètes » et autres extravagances du grand Képler.

Le cas de Leibniz est très différent. Il était aussi philosophe que mathématicien, et son système philosophique, tentative pour concilier l'idée d'un Dieu infiniment bon avec l'existence du mal (guerres, maladies, fléaux naturels etc. ...), n'a rien d'une extravagance contraire au sérieux scientifique. C'est une réflexion aussi sérieuse que la science, mais indémontrable par nature.

Le calcul différentiel (en concurrence avec Newton) et la réflexion philosophique sont deux activités si éloignées qu'elles ne se rencontrent pas. Mme du Châtelet avait d'ailleurs étudié Leibniz avant de s'en détacher, préférant la certitude scientifique à la méditation sur le mal. Voltaire partage entièrement cette préférence : les systèmes philosophiques en général lui apparaissent comme des constructions intellectuelles largement arbitraires, sources inépuisables de conflits entre partisans et adversaires, et parfois de fanatisme et de persécution, les pires fléaux du genre humain (on l'a bien vu au XXe Siècle avec les millions de victimes des « idéologies »).

Le système de Leibniz n'incitait nullement au fanatisme, mais il déplaisait à Voltaire parce qu'il aboutissait à l'idée que ce monde est « le meilleur possible ». Dans ce cas, disait Voltaire, nous devons tout accepter avec résignation. Il s'y refusait catégoriquement : c'est le sujet de *Candide*.

S'il est vrai que la science exclut en principe tout fanatisme, il faut cependant reconnaître qu'elle peut engendrer de féroces controverses. Ainsi les rapports entre partisans de Newton et partisans de

Descartes ont été aussi conflictuels que n'importe quelle querelle religieuse, philosophique ou politique. Voltaire ne doute pas une seconde du triomphe de Newton. Ses adversaires n'admettront jamais leur défaite, mais ils finiront bien par vieillir et mourir. Il suffit de « laisser passer la génération qui a vieilli dans les erreurs de Descartes ». On aurait pu dire la même chose pour les adversaires de Copernic, et on a dit la même chose beaucoup plus tard pour les adversaires d'Einstein. La vérité finit toujours par triompher, mais c'est parfois au prix d'une longue patience. Finalement, le miracle de Newton, c'est évidemment son génie, mais c'est aussi, comme le souligne Voltaire, qu'il s'est refusé toute hypothèse (contrairement à Descartes) et tout esprit de système (contrairement à Leibniz).

Le second miracle, c'est que les « Principes » soient traduits par une femme. Si on pense aux Entretiens sur la pluralité des mondes, on doit reconnaître que la marquise imaginée par Fontenelle cinquante ans plus tôt ne ressemblait guère à la marquise du Châtelet. La première ne manquait pas de bonne volonté, mais il fallait à l'astronome beaucoup de prudence pour ne pas l'effaroucher avec des mots techniques ou des notions trop abstraites. La seconde au contraire refaisait tous les calculs de Newton au fur et à mesure qu'elle traduisait. Ce qui n'empêche pas que chaque chapitre terminé était relu par Clairaut, notre saint patron, et les calculs encore refaits par un assistant compétent.

Cela explique que cette traduction soit encore aujourd'hui la seule disponible en français. Il fallait que l'ouvrage soit parfait. C'était d'autant plus nécessaire qu'il avait toutes les chances d'être lu et étudié dans de nombreux pays car le français était « la langue courante de l'Europe », comme Voltaire le souligne. Le latin du texte original de Newton avait également une audience européenne, mais beaucoup plus restreinte. La traduction anglaise, qui serait aujourd'hui suffisante pour le monde entier, était bien loin au XVIII^{ème} siècle de s'imposer dans toute l'Europe, malgré la suprématie commerciale et industrielle de l'Angleterre.

Au moment où Voltaire rédigeait cette préface à la traduction des « Principes », la marquise du Châtelet, qui avait été sa compagne pendant 17 ans était morte depuis 6 ans (elle avait alors 43 ans) sans avoir pu assister à la publication de son grand ouvrage. Il parle d'elle au passé, sans mentionner les liens qui existaient entre eux, qui d'ailleurs étaient de notoriété publique. C'était une femme d'une grande intelligence, qui ne ressemblait nullement aux « femmes savantes » dont Molière dénonçait un siècle plus tôt le snobisme et la prétention. « Elle ne parlait jamais de science qu'à ceux avec qui elle croyait pouvoir s'instruire, et jamais n'en parlait pour se faire remarquer ». Elle écrivait dans un style net et sans coquetterie : « Elle eût plutôt écrit comme Pascal que comme Mme de Sévigné ». Son amour de la science ne l'empêchait nullement d'être très sensible aussi aux arts et aux lettres. Elle chantait très bien en s'accompagnant au clavecin. Newton au contraire passe pour avoir été un homme très froid, peu enclin aux sentiments et aux émotions. Aucune femme n'a partagé sa vie et on ne lui connaît aucune prédilection artistique ni littéraire. « C'était un avantage qu'elle eut sur Newton », écrit Voltaire, posant ainsi le problème des deux cultures. Arts et lettres d'un côté, « sciences dures » de l'autre, ce sont deux mondes qui s'ignorent le plus souvent, bien qu'on puisse citer de nombreuses exceptions. Pour s'en tenir à la musique, Galilée jouait du luth, Képler connaissait et comprenait la musique, Herschel était organiste et compositeur, Einstein jouait du violon, pas très bien paraît-il, mais peu importe. Contrairement à son attitude scientifique, la sécheresse de cœur de Newton n'est pas à recommander. Son secrétaire prétendait qu'il ne l'avait jamais vu rire. Si Voltaire avait connu ce témoignage, il aurait certainement déploré ce trait de caractère hors du commun.

L'éloge de Mme du Châtelet, qui sert de préface aux « Principes », est un beau texte très voltairien, qui définit bien ce que la science peut apporter à la société en dehors de toute application pratique, mais qui en même temps nous met en garde contre la froideur des vérités scientifiques : elles ne sauraient exprimer toute la vie, même pour un génie comme Newton.

Au fil des perles des Enseignants et des Astronomes.

Un jour, un professeur demanda à un élève : " De quels noms illustres sont tirées les unités d'intensité et de tension électriques?". L'élève répondit : "Ampère et Voltaire, Monsieur".

Le plus étonnant est que cette anecdote, rapportée par G. Palumbo, s'est déroulée en Italie.

Pour en savoir plus sur Alessandro Volta, nous vous recommandons la visite du musée de Pavie, où vécut ce savant si mal connu (nous ferons bientôt un reportage sur le sujet).

REMUE MENINGES

Mots croisés en hommage à Vénus

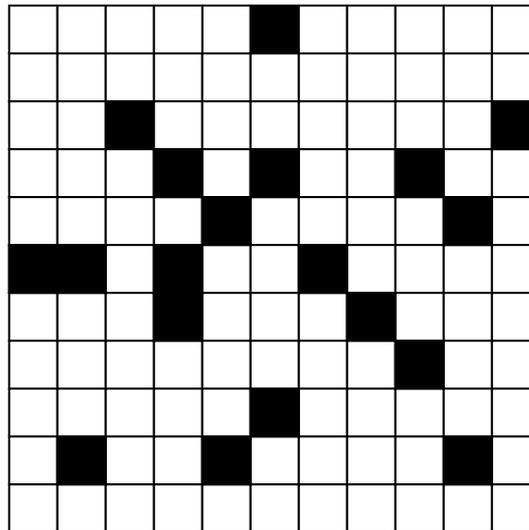
Michel Bobin

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Horizontalement:

I: Nom commun du bivalve Hystéroconcha Lupanaria. - S'endurcit s'il reçoit une bonne trempée. **II:** A mesuré en Egypte un sacré tour de taille. **III:** Bouts de nucléon - Son univers est raplapla. **IV:** A 51 étoiles - Le troisième rare - Queue de "comètes". **V:** Du plâtre trop gâché - Père d'Argaute. **VI:** Peut préciser un espace ou un temps - Cardinal de plantigrade. **VII:** Accueille le vainqueur - Fait peut-être dormir d'un oeil - West qui disait ne pas être un ange. **VIII:** Toujours dans les Cahiers Clairaut, mais aussi entre Calais et Boulogne - Lanthanide. **IX:** Souci - Rio de La. **X:** Premier cours de France - Sans doute qu'il se balance des poissons, mais pas du bélier. **XI:** Hargneux.

I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI



Verticalement:

1: Arrivés - Arrive là-haut 88 fois vingt-quatrième. **2:** Un Max qui n'avait pas le même dada que Planck - Ceinture pour certaines étoiles. **3:** Demi sel - Alpha Eridani. **4:** Naturel américain - Brumeux pour Prévert et Carné. **5:** Pas sur - Protège verres. **6:** Terre découverte par Nilson en 1879 - Ecole d'ingénieurs - Saint de la cité du découvreur de Neptune. **7:** Supporte tout le monde - Cratère lunaire (28°N, 109°E). **8:** Astéroïde découvert par Kowal en 1977 - Souvent associé à une culotte. **9:** Retour pour un "opus" - D'après Hugo, grandit quand l'homme tombe - Proche des Mages. **10:** Troyen - Enlèvement. **11:** Proche de la dernière AG du CLEA - Comme des jours de 23 heures 56 minutes.

(La solution de ces mots croisés est donnée en page 40)

Problème du CC105

Pierre Causeret

C'est presque la même photo que dans les derniers Cahiers Clairaut (fin du passage de Mercure devant le Soleil le 7 mai 2003) mais la question est différente. Lors du passage de Vénus devant le Soleil le 8 juin prochain, Vénus apparaîtra combien de fois plus grosse que Mercure ?

Données :

Vénus est 2,5 fois plus grosse que Mercure. Elle est située à 0,72 UA du Soleil contre 0,39 pour Mercure.

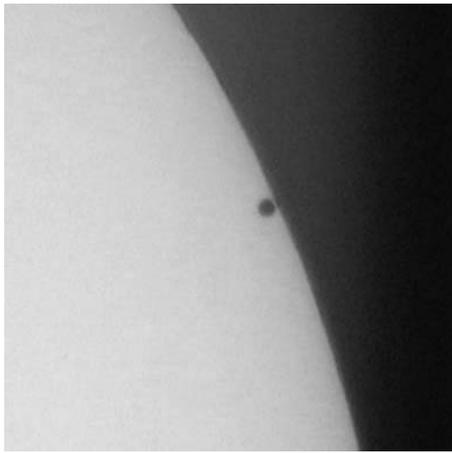


Image webcam derrière télescope de 300 mm
(Julien Nillon / SAB)

Solution du CC104 (Pierre Causeret)

Pour comparer les diamètres du Soleil et de Mercure, il faut déjà déterminer le diamètre du Soleil sur la photo, alors que l'on n'a qu'un arc de

cerle. On prend trois points A, B, C sur le limbe du Soleil, on trace les médiatrices de [AB] et [BC] qui se coupent au centre (en dehors de la page). On obtient un rayon d'environ 24 cm ou un diamètre de 48 cm.

Le diamètre de Mercure sur la photo est d'environ 2,5 mm.

Mais il faut tenir compte du fait que Mercure est plus proche que le Soleil. Au moment du passage devant le Soleil, elle était située à 0,6 UA de nous. A la distance du Soleil (1 UA), elle apparaîtrait donc encore plus petite, 1,5 mm au lieu de 2,5 ($2,5 \times 0,6 \approx 1,5$).

$480/1,5 = 320$: Mercure est environ 320 fois plus petite que le Soleil, ce qui donne un diamètre de 4 400 km ($1\ 400\ 000 / 320$). On obtient un bon ordre de grandeur, le diamètre réel étant de 4 878 km.

■

LECTURE POUR LA MARQUISE

Vénus devant le Soleil, ouvrage coordonné par A.Simaan (Ed Vuibert/Adapt-2003)

Même si, grâce au CLEA, vous savez tout... vous lirez sans déplaisir cette série d'articles de huit auteurs.

Mais la méthode n'est pas sans inconvénient et si chaque intervention est en elle-même intéressante, on ressent tout de même un manque d'unité sur l'ensemble.

C'est un ouvrage qui peut très utilement servir de base pour une initiation, car il contient de la mythologie, de l'histoire, des éphémérides et des conseils pratiques. Sans oublier de bonnes adresses... dont celle des Cahiers Clairaut !

L'Impératrice et l'Abbé, présenté par Hélène Carrère d'Encausse (Librairie Anthème Fayard-2003)

En 1761, l'abbé Chappe d'Auteroche partit observer le transit de Vénus en Sibérie. A son retour il publia un récit de son voyage, contenant,

outre les observations astronomiques, des observations géographiques, physiques, d'histoire naturelle et de géologie, et, en première partie, une description de la Russie et de ses habitants. Fatale erreur !

Il faut reconnaître qu'écrire en préface : « On savait à peine qu'il existait dans ces climats glacés un peuple ignorant et grossier » annonce pour la suite un jugement sévère.

Tellement sévère que Chappe d'Auteroche s'attira les foudres de l'impératrice Catherine II, qui lui répliqua par **l'Antidote**, réponse ligne par ligne à sa critique, et de Diderot, qui le traita de sot !

Le livre proposé par Hélène Carrère d'Encausse présente « face à face » les deux textes. L'auteur ne retient pas la partie astronomique, mais la mise en situation de l'expédition garde tout son intérêt pour nous. L'introduction faite par Madame Carrère d'Encausse éclaire la question sous-jacente à l'époque de Louis XV : La Russie fait-elle partie de l'Europe ?

Même si les habitants de Vaksarina prenaient le mercure du thermomètre pour un animal en mouvement, fallait-il être si sévère ? Vous en jugerez.

240 ans après, il y a peut-être, au-delà de l'anecdote, une leçon à tirer de ce voyage.

Si vous voulez revivre les aventures de Pingré, de Le Gentil, de Chappe, etc... quelques semaines avant le transit de 2004, lisez le roman

Le Rendez-vous de Vénus de Jean-Pierre Luminet (édité en Livre de Poche en 2001). Le style agréable et vivant nous fait partager les risques de ces astronomes, qui partaient à l'aventure pour observer un transit qui n'était parfois, hélas ! que celui des nuages. A lire sans modération.

Jean-Noël Terry

■

LA VIE ASSOCIATIVE

Compte rendu de l'AG - La Rochelle 23 novembre 2003 J. Ripert

L'Assemblée Générale du CLEA s'est déroulée à La Rochelle le 23 novembre 2003. Préparée par Georges Paturel et sur le terrain par Lucette Mayer et Jean-Luc Fouquet.

Nous avons été accueillis dans un très beau site : les locaux de l'Aquarium qui sont aussi ceux de l'ECOLE de la mer. Mais il y a école et ECOLE, il s'agit là de l'Espace de Culture Océane du Littoral et de l'Environnement de la Mer. C'est Virginie Maillot de l'ECOLE qui nous a accueillis dès le samedi. Un grand merci à elle pour sa gentillesse et sa disponibilité. Nous avons pris le repas dans les mêmes lieux avec vue sur les bassins du port.

La salle de conférence était originale puisque l'écran concave était constitué par une des parois de l'aquarium, un vrai avec poissons, tortue et murène. Évidemment, lors de l'AG, pour avoir toute l'attention que mérite le CLEA, nous avons tiré un écran. Plusieurs membres ont l'intention de retourner à La Rochelle pour mieux visiter cette ville qui vaut le détour.

(<http://www.ecoledelamer.com>)

L'AG 2003

Cette année nous avons décidé de permettre à ceux qui ne pouvaient pas être présents de se faire représenter. L'opération a eu du succès puisqu'il y a eu 40 membres présents et 50 représentés.

Notre Président, Georges Paturel, a rendu hommage à Martine Bobin. Nous avons respecté une minute de silence en écoutant une des musiques préférées de Martine.

Nous avons également eu une pensée pour nos présidents d'Honneur, Evry Schatzman et Gilbert Walusinski qui ont des problèmes de santé et à qui nous souhaitons un prompt rétablissement.

Notre président fit alors la liste des actions décidées l'an dernier et qui ont été menées en interne : digitalisation des Cahiers Clairaut par réalisation d'images pour archivage et reprise de certains articles anciens ; mise en place de mots-clés pour les articles récents ; présentation sur le site de résumé d'articles et d'éphémérides ; réalisation de dépliants, poster et banderole pour la publicité, ainsi que des actions menées vers l'extérieur : observation du passage de Mercure avec L'IAP, participation à Strasbourg au congrès de l'UdP-PC ; à Pau au congrès de l'APMEP.

Il fait part également de la réorganisation de la rédaction des Cahiers Clairaut et d'une demande de subvention par un groupe d'associations dont le CLEA et HOU-France. Nous resterons attentifs à la suite donnée par le ministère et les autres associations.

Rapport financier :

Béatrice Sandré, notre trésorière, présente les comptes.

Dépenses :

Cahiers Clairaut 15534,66 € ; AG 2002 634,62 € ; affranchissements 2016,55 € ; éditions 9608,10 € ; assurance 431,86 € ; bureautique 2324,43 € ; CNED 218,35 € ; École d'Été 3569,41 €

Soit un total de 34355,98 € ce qui représente une augmentation de 28,5 % par rapport à l'an dernier.

Recettes :

Cahiers Clairaut 16200,00€ ; adhésions 4010 € ; ventes 8212 € ; location starlab 684,00 € ; intérêts livret A 1254,41 € soit un total de 30360,41 € soit une augmentation de 14,8%.

Il y a donc eu une activité plus importante en 2003. Et il faut remarquer une variation non négligeable de certains postes. L'érosion des abonnements continue avec une perte d'environ 1000€ par contre une augmentation de plus de 1200€ des adhésions (vente uniquement aux adhérents), augmentation également des ventes de 88% ! Malgré cela, les dépenses l'ont emporté avec augmentation des frais de timbres et de bureautique et surtout par une augmentation de 160% des éditions. Ce n'est pas grave, puisque nous avons ainsi stocké du matériel à vendre, en particulier le nouveau hors série sur Astronomie et Mathématiques. Lors de l'AG, il restait en caisse 78163,79 €

Ajoutons également que si le nombre d'adhérents se redresse (98 : 638 ; 99 : 591 ; 2000 : 558 ; 01 : 499 ; 02 : 556 ; 03 : 802), ce qui prouve que le matériel pédagogique du CLEA est de qualité, la perte d'abonnés se poursuit (98 : 863 ; 99 : 839 ; 2000 : 804 ; 01 : 744 ; 02 : 690 ; 03 : 648). La reprise des Écoles d'Été n'a pas permis de regagner des abonnés, mais simplement d'infléchir les pertes ; espérons donc.

Après réponse à quelques questions, le vote pour l'approbation des comptes a permis de donner le **quibus** à notre trésorière à **l'unanimité**.

Les montants de la cotisation (5 €) et celle de l'abonnement (25 €) ne sont pas modifiés pour 2004, mais une augmentation de 5€ est prévue pour les abonnements 2005 Cette décision est adoptée à l'unanimité.

Rapport d'activité.

Georges passe ensuite la parole à Jean Ripert pour parler du Site du CLEA.

Pour commencer, celui-ci remercie tous ceux qui ont envoyé un message (Lucienne Gougouenheim, Françoise Suagher, Agnès Acker, Cécile Ferrari, Eric Josselin, Pierre Causeret, Francis Berthomieu, Danièle Maurel et Jacques Berlioux). Jean Rappelle que le site est géré par Francis Berthomieu qui le dépoussière et le rend plus agréable à chaque passage. En plus de ce qui existait, on peut trouver sur le site les phénomènes astronomiques du mois, un lien avec la Société Astronomique de Bourgogne pour les éphémérides, des résumés d'articles paraissant dans les CC et les mots-clés, un article des derniers CC et les comptes-rendus des écoles d'été. Il est à noter que peu d'articles nous sont revenus de la dernière École d'Été. Des documents en couleurs ont été mis sur le site, ainsi que les diapos du Hors Série n°9 sur Astronomie et Mathématiques. Les auteurs des articles doivent transmettre à Francis les documents qu'ils souhaitent faire paraître en couleur. Une rubrique "Cap sur le web" permet de retrouver des sites visités et recommandés par des membres du CLEA. N'oublions pas non plus de fournir des articles pour la rubrique des activités pratiques en classe.

Francis Berthomieu souhaite avoir des articles sur les connaissances de base en astronomie et sur les IDD, TPE ou classe à Projet Artistique ou Culturel. Il voudrait également disposer d'une liste de personnes pouvant répondre rapidement aux questions posées par des internautes sur le site. Une rubrique sur le passage de Vénus est déjà ouverte, il serait souhaitable que de nombreux articles viennent la compléter en ciblant ce qu'il est possible de faire à différents niveaux (écoles, collèges, lycées, enseignement supérieur).

La création d'une liste de diffusion a été adoptée. Nous allons créer un groupe ouvert aux membres du CLEA qui le souhaitent pour échanger et faire circuler facilement l'information en dehors des Écoles d'Été. Christian Larcher s'est porté volontaire pour modérer cette liste. Nous souhaitons donc avoir les adresses électroniques des abonnés et Jacky Dupré a déjà œuvré dans ce sens. Une liste réservée aux membres du Bureau est déjà créée.

Francis fait appel aux correspondants académiques pour avoir la liste des stages annoncés afin de mutualiser les propositions.

Les interventions.

Jacques Auriiau, membre du CLEA, présente les activités de la Société Astronomique Populaire de la Côte Basque qui est un club d'astronomie, mais également un centre de recherche pédagogique sur l'astronomie. Il nous présente un CD-rom "Anim'Lune", mouvements, influences et mythes de la Lune, auquel Victor Aguerre a beaucoup contribué.

Pour tout complément d'information :

<http://astrobasque.com>

De plus, Victor Aguerre travaille à un ouvrage qui a déjà paru en basque, mais pas encore en français, faute de moyens financiers. Nous aurons un article dans les Cahiers Clairaut.

Michel Bobin a présenté ensuite le Hors Série n° 9, "Astronomie et Mathématiques" qui comprend 9 fiches et une série de diapositives. Le nombre de pages des fiches varie de 4 à 12 et chaque fiche présente des exercices en nombre conséquent, de 3 à 15. Ce HS s'adresse aux niveaux allant de la 6^{ème} à la seconde. Ce travail avait été initié par Martine Bobin, il a été finalisé par Pierre Causeret et présenté pour la première fois en novembre à l'AG de l'Association des Professeurs de Mathématiques à Pau.

Sivan Halevy présente un projet en direction des jeunes de la bande de Gaza. Ce projet mené avec les CEMEA et des animateurs palestiniens sera porté par Sivan lui-même. Pendant un an, il réalisera de l'animation auprès de groupes d'enfants et de la formation d'animateurs. Il situe le sens du projet sur l'ouverture sur autre chose que le quotidien des enfants et sur la découverte de l'astronomie arabo-musulmane. Sivan espère nous envoyer des

comptes-rendus d'activité en cours d'année. (voir le courrier des lecteurs). Le CLEA fournira de la documentation pour ce projet.

En l'absence de Danièle Maurel, Gérard Hess présente le travail qu'elle a fait avec des élèves de collège lors de la dernière éclipse de Lune du 9 novembre, en observant à l'œil nu et derrière un télescope. Répartis par groupe de 2 ou 3, les élèves ont relevé, sur un calque posé sur une carte de la Lune, la position de l'ombre à des heures données. L'ensemble des travaux a été ensuite reporté sur un même transparent pour discussion. Danièle a été encouragée dans ce travail par son passage à l'École d'Été, elle a évidemment un autre projet pour le passage de Vénus devant le Soleil.

Marie-France Duval présente les actions menées à Marseille par l'association Andromède qui reçoit environ 20000 personnes par an. L'Observatoire de Marseille organise des formations, et des rencontres chercheurs-enseignants, afin de transmettre le désir de recherche aux jeunes. Marie-France signale également la réalisation d'un CD "Promenade dans le système solaire" par l'Observatoire de Paris (vous trouverez des informations sur ce site : <http://www.imcce.fr/Granpub/Promenade/debutweb.html>) et d'un spectacle autour de Vénus et de la mission Cassini-Huygens en juin par l'Association des Planétariums de Langue française. Les locaux de l'Observatoire vont être transformés en un centre culturel dédié à l'astronomie qui sera une pièce du projet du Grand Longchamp.

Georges transmet des informations de Dominique Bernard sur ce qui était en projet à Lyon autour du passage de Vénus : accueil de classes, formation d'enseignants, rencontre avec des chercheurs et des spécialistes de l'histoire des sciences. Finalement le rectorat ne pourra pas financer et souhaiterait que ce soit l'Observatoire qui prenne les frais à sa charge.

Daniel Toussaint présente ce qu'organisera son association pour le passage de Vénus dans son collège ouvert au public. Sont prévues des observations et une exposition avec une maquette présentée dans les CC. L'exposition abordera trois sujets : éclipse de Soleil de 1999 (passage de la Lune), passage de Mercure 2003 et passage de Vénus 2004.

Jacques Auriiau informe d'un gros projet avec une classe de quatrième, impliquant plusieurs associations, et dont l'une des phases sera la détermination de la distance Terre-Soleil en se servant du passage de Vénus.

Frédéric Dahringer présente les écoles d'été de l'EAAE et il encourage les membres du CLEA à y aller. Cela permet de connaître des collègues des autres pays d'Europe et leurs méthodes pédagogiques, approches plutôt techniques au Nord et plus "gestuelles" au Sud. Parmi les participants, il y a plus d'hommes pour représenter le Nord et plus de femmes pour le Sud. Frédéric préfère le Sud, car les méthodes sont du même style que celles du CLEA.

Ce serait bien de faire connaître ces écoles d'été. Vous pourrez retrouver des informations sur le site du CLEA (<http://www.ac-nice.fr/clea/>).

La réunion s'est terminée par la conférence de Guy Boistel, docteur en histoire des sciences et des techniques, lauréat de l'Académie de Marine : "Marins et astronomes à la quête des longitudes en mer (XVIIe-XIXe siècles), une aventure humaine et scientifique". Nous aurons dans un prochain numéro un compte rendu de cette conférence.

Nous n'oublierons pas le repas à "La Marée" (pour ceux qui étaient arrivés le samedi), la présence de Michel Vignand, correspondant académique de La Réunion qui assistait pour la première fois à une AG du CLEA, le repas choisi par Lucette Mayer et le personnel de la cafétéria de l'Aquarium. Merci à Lucette pour toute cette

organisation menée depuis Orléans, merci à Bernard, son époux, et à Jean-Luc. Nous nous donnons rendez-vous à Paris pour l'AG 2004.

Résultat du vote pour le bureau du CLEA

Lors de l'Assemblée Générale du 23 novembre 2003 à La Rochelle et suivant les statuts le Conseil du CLEA de 42 membres a été élu. Sur 42 électeurs, 34 ont voté et ont élu à l'unanimité le Bureau présenté:

Présidents d'Honneur: L. Gouguenheim, J.C. Pecker, E. Schatzman, G. Walusinski
Président: G. Paturel

Trésorière: B. Sandré

Trésorier adjoint: J. Dupré

Secrétaire: J. Ripert

Secrétaire adjointe: C. Ferrari

Rédacteurs des Cahiers Clairaut: G. Paturel, C. Petit

Responsable du site Web: F. Berthomieu

Liste de diffusion pour le CLEA

Une liste de diffusion, C-L-E-A@yahoogroupes.fr, a été mise en place par Jean Ripert et Christian Larcher. Cette liste connaît un fort succès. Elle permet des échanges rapides et très vivants entre les membres du CLEA. Il y a actuellement plus de 130 inscrits.

Inscrivez-vous!

COURRIER DES LECTEURS

Erreur mineure dans "Moments et problèmes de l'histoire de l'astronomie" -

Lettre de J. Fort de la Société Astronomique de France.
"Le prochain passage de Vénus attirant les esprits, je viens de relire l'article publié dans la brochure citée: "Petite histoire de la parallaxe du Soleil". J'y relève une erreur peu importante dans l'encarté "Les aventures de Le Gentil". Il est dit que la fleur hortensia fut nommée ainsi en l'honneur de M^{me} Hortense Lepaute (épouse du célèbre horloger). Or Nicole Pure Etable de Labrière, tel était son nom de jeune fille, ne s'est jamais appelé Hortense. Il y a là une énigme qui a conduit à formuler des hypothèses. L'erreur sur le prénom est faite dans l'ouvrage si connu de Flammarion "Astronomie populaire". On n'en connaît pas l'origine, mais elle se répète de génération en génération, car les auteurs et écrivains n'ont pas le temps ni le désir de tout vérifier.

Le point très particulier est amusant et peu important. Si vous désirez réfléchir sur le sujet, interrogez la "Commission histoire de l'astronomie" de la SAF. Quant au CLEA, je lui conseille de corriger les futures éditions de l'ouvrage cité. Bien amicalement".

Nous remercions notre lecteur, membre du CLEA et de la SAF. Il est sans doute vrai que bons nombres de légendes se colportent de génération

en génération. Il doit être facile de vérifier, car le mari de cette belle Hortense (nous l'imaginons belle comme une fleur) était effectivement un horloger fort connu des milieux astronomiques pour la qualité de ses horloges.

Mais alors, de quelle Hortense s'agissait-il? La fleur Hortensia est bien une plante venue des Indes, or Le Gentil revenait de Pondichéry, en Inde. Si des lecteurs, ou des descendants peuvent nous apporter des éclaircissements sur le sujet, nous les en remercions par avance.

Cercles-en-ciel

Nous avons reçu une lettre de P. Lerich très intéressante, à propos d'arcs-en-ciel vus d'avion. Nous ne reproduisons pas toute l'aimable lettre de notre collègue mais nous publierons bientôt son texte. L'intérêt d'une telle observation est qu'il est possible de voir, non pas seulement un arc-en-ciel, mais un cercle-en-ciel.

Dans sa lettre P. Lerich écrit aussi:

"J'ai souvent une pensée pour Martine Bobin, qui était si sympathique et si intéressée par ce qu'elle faisait. Cela m'a ému de penser qu'elle adorait l'astrolabe. Cela a été mon premier geste de retraité: fabriquer un astrolabe en laiton de 1 mm d'épaisseur et 15 cm de diamètre. Je m'en suis beaucoup servi ces derniers

temps pour savoir à quelle heure Mars allait sortir au bout du mur de mon balcon...".

Nous serions heureux de publier une photo de votre réalisation. Signalons que Ch.-H. Eyraud a publié la description d'une telle réalisation (CC93, 2001).

Olympiades de physique 2004

Nous avons reçu de R. Cavaroz un dossier qui a été soumis pour la finale des Olympiades de Physique par trois élèves C. Leroux, A. Devos et A. Mottier. Le titre: "Comment est-on parvenu à mesurer la célérité de la lumière?". Les auteurs décrivent plusieurs méthodes dont l'une s'apparente à la méthode de la roue dentée de Fizeau, la roue dentée étant remplacée par un "hacheur" acousto-optique. Nous nous étions essayés à cette mesure (CC97, 2001). Les auteurs obtiennent une valeur excellente de la vitesse de la lumière (à 3,4% de la valeur adoptée: $c=299792458$ m/s).

Dernière minute : encore Vénus...

Nous avons reçu deux articles, assez similaires, de B. Thiot et J. Fort. Ils se posent le problème de savoir si le transit de Vénus sera visible à l'oeil nu. C'est un problème de pouvoir de résolution de l'œil humain. Tous deux proposent l'expérience suivante : tracer sur un fond noir un disque clair de 45,8 mm de diamètre avec un petit point noir de 1,4 mm, superposé au disque clair ; observer le montage à une distance de cinq mètres. Si vous voyez le point sombre, vous avez des chances de voir le transit de Vénus. Nous publierons ultérieurement ces détails sur la mesure de l'acuité visuelle de chacun.

SOLARSCOPE entre 60 € et 80 €
Instrument très simple (une boîte avec une lentille et un miroir) pour observer le Soleil en toute sécurité.
Voir le site: <http://www.solarscope.org>

VENUSCOPE 89 €
Constitué d'une boîte, du type 'solarscope', et de 25 lunettes pour regarder le Soleil. Une carte montre les régions du monde où le transit est observable.
<http://www.venuscope.com>
SODAP-SOBOMEX SKY & SPACE DEPARTMENT
3 rue de Frères Lumière BP95
67038 Strasbourg Cedex.

Ecole d'Été d'Astronomie du CLEA

RAPPEL: L'école d'été d'astronomie du CLEA aura lieu à Gap, du 20 au 27 août 2004, au col Bayard, près de Gap. L'information pour les réservations est sur le site du CLEA.

Articles à venir

Cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique (suite) ; A propos des heures planétaires (fin)
Et pourtant ils tournent ou les satellites artificiels ; Une étude de l'univers local (fin)
Quelques réflexions sur l'histoire de l'astronomie ; Les ondes gravitationnelles ; Jean-Paul Grandjean de Fouchy ; Pendule de Foucault en carton ; La détermination de la distance de la galaxie M31 ;
Aristarque de Samos ; La muraille de Chine vue depuis la Lune ; Lever de Terre depuis la Lune

Solution horizontale des mots croisés: Vénus – Acier –
Eratosthène – NN – Euclide – USA – ar – es – stcu – Eson – En –
Nord – Ode – Tsé – Mae – Marquise – Pr – Ennui – Plata – AA –
Lion – Acrimonieux

Remerciements: Nous remercions Jean-Noël Terry, Marie-Agnès Terry et Christian Larcher pour la relecture de ce Cahier.



Les fiches pédagogiques du CLEA

HS1 L'astronomie à l'école élémentaire	10 €
HS2 La Lune, niveau "collège"	10 €
HS3 Le temps, les constellations, niveau "lycée"	10 €
HS4 Astronomie en quatrième	10 €
HS5 Gravitation et lumière, niveau "terminale"	12 €
HS6 L'âge de la Nébuleuse du Crabe, niveau "lycée" 4 diapositives et 12 jeux de 2 photographies	16 €
HS7 Etude du spectre du Soleil	8 €
HS8 Etoiles variables	12 €
HS9 Mathématiques et Astronomie	12 €

Numéros hors série des Cahiers Clairaut réalisés par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA.

Documents édités par le CLEA

Transparents animés pour rétroprojecteurs	8 €
T1 le Transsolite (phases de la Lune et éclipses)	
T2 Les fuseaux horaires	
Filtres colorés	11 €
Six feuilles de filtres colorés et une feuille de réseaux	
CD Rom CLEA	8 €
Astronomie et Astrophysique Programme de seconde, collège, TPE	

Documents photographiques CLEA-Belin	5 €
20 exemplaires des 8 documents (phases de la Lune spectres de Rigel, Saturne, Arcturus, 69 Pisces, etc)	

Publications du CLEA

Les publications ne peuvent être vendues qu'aux adhérents du **CLEA** (loi de 1901). Prix franco de port.
Toute commande de documents est à envoyer à :

CLEA - Laboratoire d'Astronomie, Bât. 470 – Université Paris Sud – 91405 Orsay cedex

En joignant un chèque à l'ordre du **CLEA**.

Fascicules pour la formation des maîtres en astronomie

F1 L'observation des astres, le repérage dans l'espace et le temps	7 €
F2 Le mouvement des astres	8 €
F3 La lumière messagère des astres	9 €
F4 Naissance, vie et mort des étoiles	10 €
F6 Univers extragalactique et cosmologie	9 €
F7 Une étape de la physique, la relativité restreinte	16 €
F8 Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie	10 €
F9 Le système solaire	14 €
F10 La Lune	10 €
F11 La Terre et le Soleil	12 €
F12 Simulation et astronomie sur ordinateur	8 €

Cours polycopiés d'astrophysique

Maîtrise de l'université Paris XI Orsay

P1 Astrophysique générale	10 €
P2 Processus de rayonnement	5 €
P3 Structure interne et évolution des étoiles	5 €
P4 Astrophysique solaire	5 €

Diapositives

Chaque série de 20 vues avec son livret de commentaires 10 €

D1 Les phénomènes lumineux	
D2 Les phases de la Lune	
D3 Les astres se lèvent aussi	
D4 Initiation aux constellations	
D5 Rétrogradation de Mars	
D6 Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues)	5 €
D7 Taches solaires et rotation du Soleil	
D8 Comètes	

CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 2004

Adhésion au CLEA pour 2004 5 €
Abonnement aux **CAHIERS CLAIRAUT** n° 105 à 108 25 €
L'adhésion est indispensable pour tout achat de documents y compris l'abonnement aux Cahiers Clairaut

Le numéro des Cahiers Clairaut 7 €

COLLECTIONS DES **CAHIERS CLAIRAUT** des années antérieures :
. du début (1978) à 1997 14 €/an
. à partir de 1998 17 €/an

**Pour adhérer au CLEA et s'abonner aux Cahiers Clairaut, s'adresser à :
Béatrice Sandré, trésorière du CLEA,
11, rue Couperin – 91440 BURES SUR YVETTE. Chèque à l'ordre du CLEA.**

CLEA

**Laboratoire d'astronomie, bât. 470
Université de Paris Sud, 91405 ORSAY cedex
Tél./fax : 01 69 15 63 80
Adresse électronique clea.astro@astro.u-psud.fr
Adresse du site du CLEA www.ac-nice.fr/clea**

Trois livrets (40 pages en quadrichromie), 1CD et 1 DVD en exclusivité pour le **CLEA** :

- Livrets "Terre, Planète à Protéger" (par J. diMeglio, géophysicienne) et "L'univers astronomique" (par A. Acker et J.C. Pecker, astrophysiciens) – Format A5 – Prix unitaire = 1,2 € HT
 - Livret "La Terre et son Univers en 7 animations" (par M. Dumas) – A4 – Prix unit = 2,5 € HT
- **Offre spéciale = 36 € pour 10 de chacun des livrets (30 en tout) soit 1,2 € HT par livret**
- CD "Terre, planète à protéger" (avec animation sonores, vidéos et images) pour 8 € HT
 - DVD "40 ans de l'ESO" (d'après un film de 52 minutes) pour le prix exceptionnel de 4 € HT

(+ TVA = 5,5 %). Merci de vous adresser à Laurence DEMOND, APLF – Observatoire de Strasbourg
11, rue de l'université – 67000 Strasbourg (Fax 03 90 24 24 17) e-mail : aplf@astro.u-strasbg.fr

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

dépôt légal : 1er trimestre 1979
numéro d'inscription CCPPAP : 61660
prix au numéro : 7 €