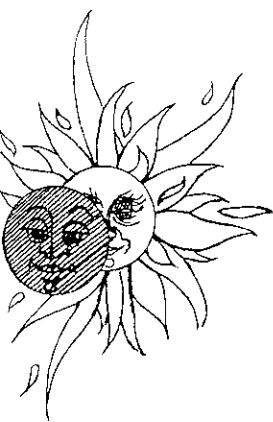
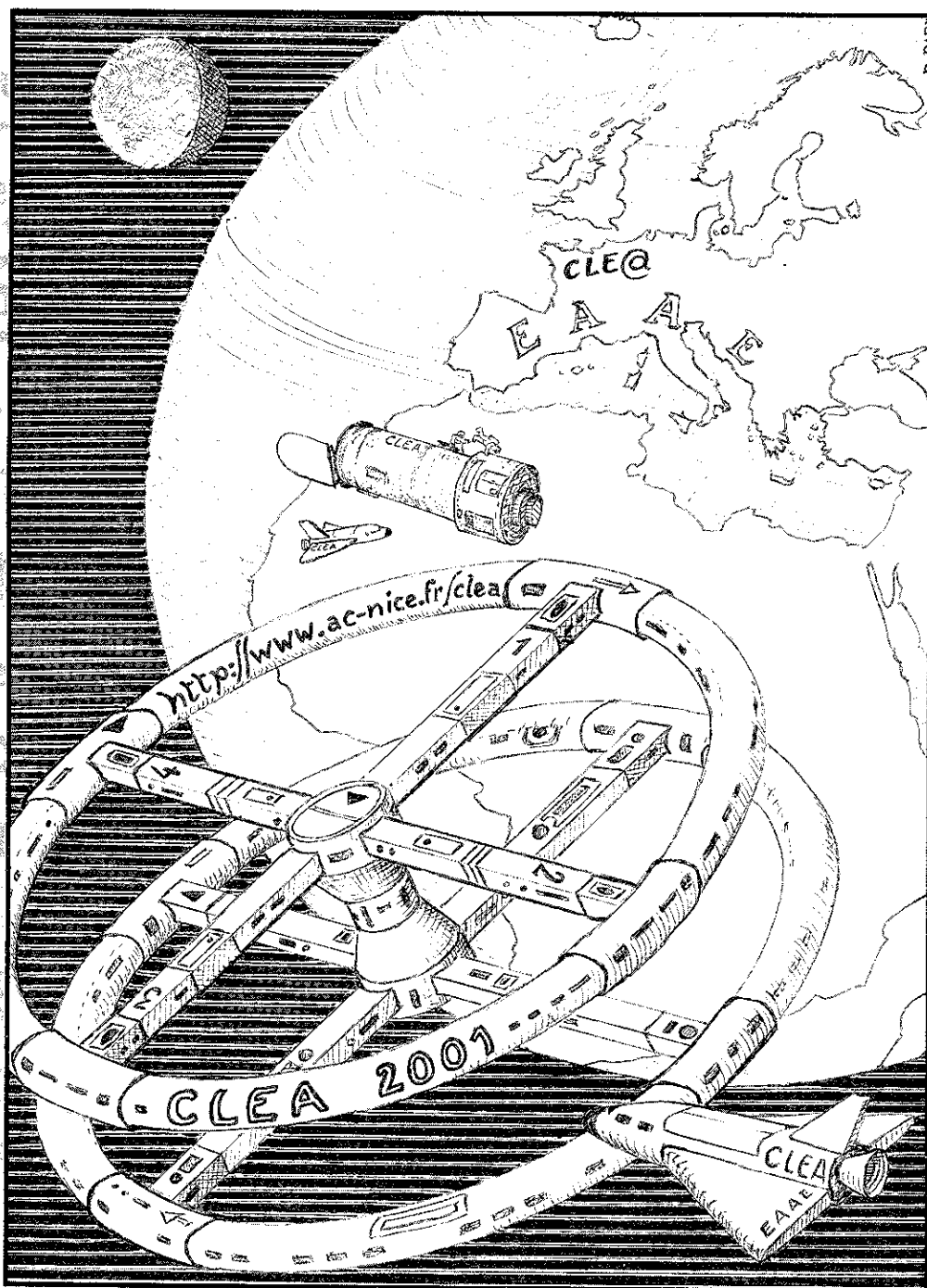


Les Cahiers Clairaut



bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes

Lect
pour
R
a'o
Ar
fo
R
dét
Inf
éve
Via
Tex
ex
br
Les



numéro 93 - PRINTEMPS 2001

ISSN 0758-234X

Comité de liaison enseignants astronomes

Le CLEA

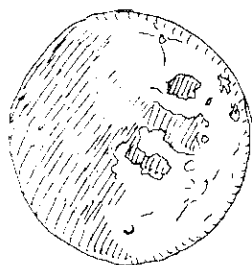
Le **CLEA**, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, est une association déclarée (loi de 1901). Elle réunit des enseignants et des astronomes professionnels qui veulent ensemble promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement et dans les organismes de culture populaire.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

agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.

Le **CLEA** organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux dans le cadre des MAF-PEN. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège et du lycée. On s'efforce d'y conjuguer information théorique et travaux pratiques (obser-

vations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et recherche du meilleur usage de ces matériels, etc).

Aussi bien au cours de ces stages que dans ses diverses publications, le **CLEA** favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes hors de toute contrainte hiérarchique.



Pour toute information s'adresser au siège du CLEA
Laboratoire d'Astronomie, bât. 470
Université Paris Sud 91405 Orsay cedex
Tel / Fax : 01 69 15 63 80
Le CLEA est présent sur Internet à l'adresse :
<http://www.ac-nice.fr/clea>

Bureau du CLEA pour 2001

Présidents d'honneurs

Jean-Claude Pecker
Evry Schatzman

Présidente

Lucienne Gouguenheim

Vice-Présidents

Agnès Acker
Marie-France Duval
Jean Ripert
Josée Sert
Gilbert Walusinski

Rédactrice en chef

Martine Bobin

Trésorière

Béatrice Sandré

Secrétaires

Martine Bobin et Catherine Vignon

Comité de rédaction des Cahiers Clairaut

Daniel Bardin
Francis Berthomieu
Martine Bobin
Michel Bobin
Lucette Bottineilli
Pierre Causeret
Frédéric Dahringer
Jacky Dupré
Charles-Henri Eyraud
Lucienne Gouguenheim
Christian Larcher
Marie-Agnès Lahellec
Colette Le Lay
Lucette Mayer
Georges Paturel
Jean Ripert
Josée Sert
Daniel Toussaint
Gilbert Walusinski

EDITORIAL

Pour ceux d'entre nous qui n'avons pu assister à l'A.G de Toulouse, Lucette Mayer a écrit un compte-rendu qui montre que l'association reste dynamique en dépit du contexte difficile dans l'éducation nationale.

Nous remercions tous les auteurs qui nous ont permis de proposer un numéro original, bien équilibré entre les différents rubriques et les différents niveaux.

Pour la rubrique "avec nos élèves" nous recevons peu d'articles pour le primaire et avons déniché un ancien article de Jean-Michel Prime, encore d'actualité. Le collège et le lycée sont bien représentés grâce aux contributions de Gérard Frizet, Lucette Mayer et Daniel Toussaint.

N'hésitez pas à nous faire partager vos expériences !

Georges Paturel nous propose un article joliment illustré et d'une grande clarté sur la photo et l'astro. Charles-Henri Eyraud nous offre une maquette de l'astrolabe universel et nous explique le principe et le fonctionnement de ce génial instrument de calcul.

En histoire, Pierre Lerich présente une lecture fort intéressante de Copernic et Colette Le Lay se demande si Jules Verne peut être considéré comme un vulgarisateur de l'astronomie.

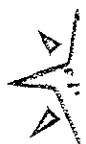
Lucienne Gouguenheim nous raconte deux découvertes récentes et passionnantes réalisées grâce au VLT.

Nous aimerions développer la rubrique "Questions-réponses" dans ces Cahiers et nous attendons vos suggestions ; Francis Berthomieu nous en présente un exemple et nous invite à aller visiter le site du CLEA.

Nouvelle année, nouvelle couverture de Daniel Bardin, inspirée par le film culte de Stanley Kubrick : 2001, l'Odyssée de l'espace.

Bonnes lectures à tous,

La Rédaction



Les Cahiers Clairaut

Printemps 2001 n° 93



Article de fond

Quelques notions
d'optique utiles
pour la photo et l'astro

p. 2



Avec nos élèves

La Lune me suit ou...
le château fantôme
(niveau collège)

p. 8

Variations de la durée
du jour et variations de
la température
(niveau primaire)

p. 10

Les spectres lumineux
en seconde
(niveau lycée)

p. 12

Une formation sur
deux ans en S
(niveau lycée)

p. 14



Réalisation d'objets

L'astrolabe universel
p. 17

Histoire



Lecture de Copernic
p. 23

Jules Verne, vulgarisa-
teur de l'astronomie ?
p. 26

Remue-méninges



A propos de Vénus
p. 30

Vie associative



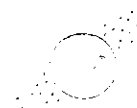
Compte-rendu de l'AG
2000
Questions-réponses
p. 31

Lectures pour la Marquise

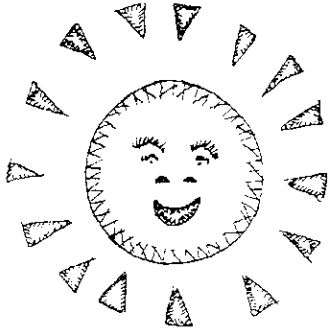


p. 35

Les potins de la Voie lactée



Des nouvelles du VLT
p. 39



Quelques notions d'optique

utiles pour la photo et l'astro

Georges Paturel, Observatoire de Lyon

ARTICLE DE FOND

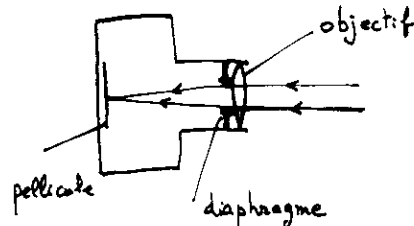
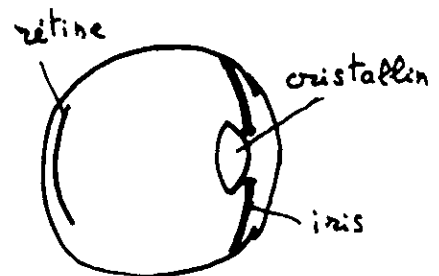
Georges Paturel nous explique ici le principe de l'appareil photo (en rappelant les notions d'optique sous-jacentes) et son utilisation en astronomie.

Comme d'habitude, il a agrémenté son exposé de dessins parfaitement limpides.

Cet article est utile pour les débutants et pour les enseignants chargés de les former.

Principe de l'appareil photo

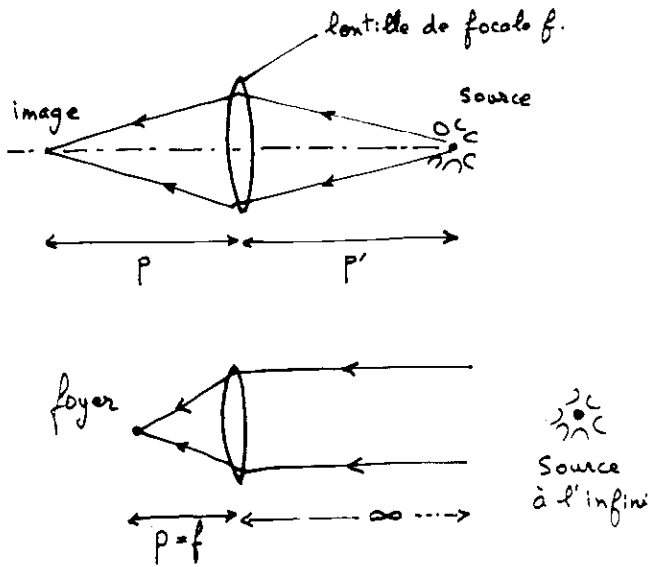
Un appareil photographique est semblable à un oeil car il est constitué des mêmes éléments principaux : la pellicule joue le rôle de la rétine ; l'objectif joue le rôle du cristallin et le diaphragme joue le rôle de l'iris. Les dessins ci-après seront plus clairs qu'un long discours :



A quelle distance de la pellicule doit se trouver l'objectif ? Vous pouvez répondre que c'est le constructeur qui doit le savoir. Certes ! mais nous allons voir qu'il peut être utile pour nous de le savoir.

La relation liant la distance d'un objet et de son image donnée par une lentille convergente (comme un objectif d'appareil photo) est la suivante :

$$1/p + 1/p' = 1/f$$



f est la distance focale (ou focale tout court) de la lentille. C'est une valeur fixée par construction. Pour déterminer cette distance focale rien de plus simple : Vous prenez la lentille, vous la placez perpendiculairement aux rayons du Soleil et vous mesurez à quelle distance se forme l'image bien nette du Soleil. Cette distance est la distance focale. La raison est évidente : le Soleil est très loin, donc p' est très très grand, ce qui signifie que $1/p'$ est tout petit petit ... donc $1/p = 1/f$ ou, dit autrement : $p = f$.

Si l'objet à photographier est proche (p' pas trop grand) la relation générale nous montre que p (distance entre l'objectif et la pellicule) n'est pas égale à f . Calculons les valeurs extrêmes de p pour un appareil photo équipé d'un objectif de distance focale $f = 50$ mm (c'est la valeur standard la plus courante) :

objet très lointain : si $p' = \text{infini}$ (ou presque) alors $p = 50$ mm
 objet intermédiaire : si $p' = 5\,000$ mm (5 m) alors $p = 51$ mm
 objet très proche : si $p' = 500$ mm (50 cm) alors $p = 55$ mm.

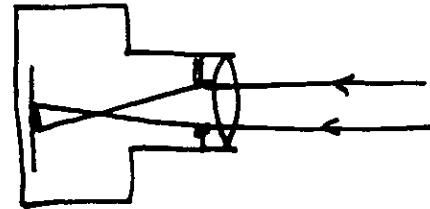
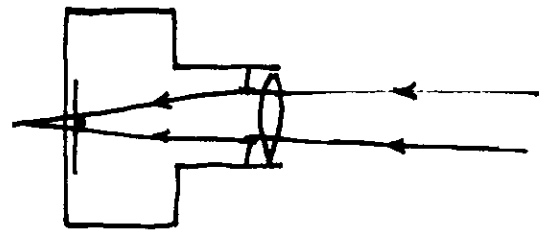
Le déplacement que doit subir l'objectif pour ajuster la mise au point entre un objet à l'infini et un objet très proche n'est que de 5 millimètres. Étonnant, non ?! C'est si peu que certains appareils bon marché n'ont pas de réglage du tout. L'objectif est mis dans une position intermédiaire et ça marche (sous certaines conditions que nous allons préciser plus loin).

Si votre appareil comporte un réglage de la distance, essayez. Tournez la bague de mise au point vous pourrez voir l'objectif avancer ou reculer de quelques millimètres.

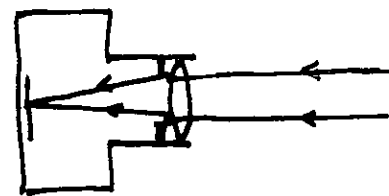
Mise au point et ouverture

Que se passe-t-il si la mise au point n'est pas bien faite? L'image d'un point lumineux se formera devant ou derrière la

pellicule de sorte que, sur la pellicule elle-même nous aurons une tache et non un point. Le dessin suivant illustre cette évidence :

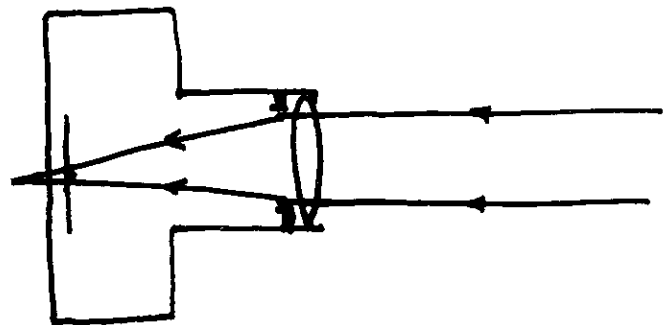


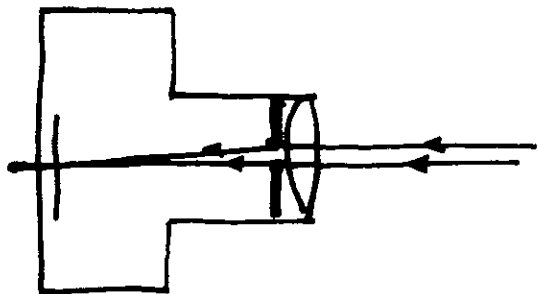
mauvaises mises au point



bonne mise au point

Or, vous savez tous que l'objectif est muni d'un deuxième réglage qui permet de faire entrer dans l'appareil photo une plus ou moins grande quantité de lumière (un trou de diamètre variable qu'on appelle un diaphragme). Les deux dessins suivants vous démontrent que plus le "trou" est petit, plus petite est la tache obtenue sur la pellicule lors d'une imparfaite mise au point.





Un petit diaphragme améliore la netteté

Mise au point à pleine ouverture.

Pour faire une mise au point parfaite la méthode se déduit aisément de nos propos précédents :

- 1) On choisit le plus grand diaphragme.
- 2) On fait la mise au point aussi bien que possible (ce sera très facile de juger puisque le plus petit décalage donnera une image.

- 3) On referme le diaphragme à sa valeur correcte.

Cette technique, appelée "*mise au point à pleine ouverture*", peut être utilisée également avec un agrandisseur.

La profondeur de champ.

Pour une mise au point donnée (p fixé) seuls les points à la distance p' sont nets (en toute rigueur). Evidemment les points voisins auront une netteté acceptable. Autrement dit, il y aura un domaine pour lequel les images seront nettes. Ce domaine s'appelle la profondeur de champ. Avec un petit diaphragme la profondeur de champ est plus grande. A pleine ouverture, au contraire seuls les objets à la distance p' seront nets.

Cette caractéristique est mise à profit pour réaliser de beaux portraits: on fait une mise au point précise sur le visage à photographier et on prend la photo avec une grande ouverture (au besoin on augmente la vitesse de prise de vue pour avoir une exposition correcte). Le visage de l'être cher se détache alors sur un fond flou.

Les différentes ouvertures d'un appareil photo.

Regardez les valeurs des ouvertures inscrites sur l'objectif de votre appareil. Vous verrez des nombres : 2,8 ; 4,0 ; 5,6 ; 8,0 ; 11 ; 16 signifiant que selon la position de la molette l'ouverture est dite à $f/2,8$; $f/4,0$; $f/5,6$ etc ...

L'origine de ces nombres mystérieux est facile à comprendre. Là encore nous allons raisonner sur un exemple, c'est bien plus facile. Je considère mon appareil photo. L'ouverture maximum est $f/2,8$ et sa focale est de 35 mm (ces renseignements sont marqués sur la partie frontale de tous les objectifs qui se respectent). Je déduis que le diamètre maximum du diaphragme est de 12,5 mm (puisque $35 / 2,8 = 12,5$). L'ouverture immédiatement inférieure est 4,0 ; ceci correspond à un diaphragme de 8,75 mm (puisque $35 / 4 = 8,75$).

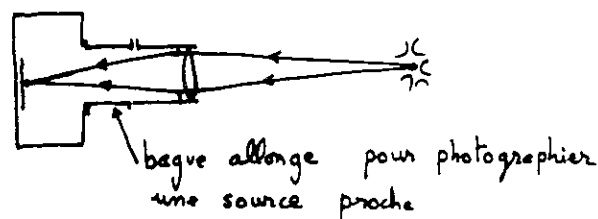
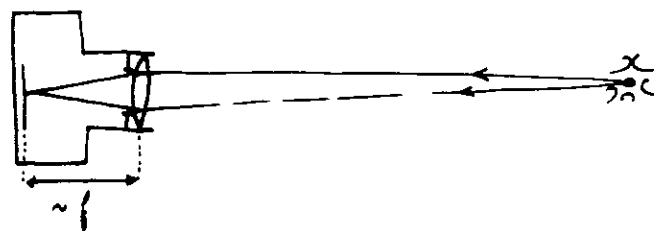
D'une ouverture à l'autre le diamètre du diaphragme a diminué de $12,5 / 8,75 = 1,4$; c'est à dire racine de deux. la surface du diaphragme a donc été réduite d'un facteur 2 exactement. On trouve la relation simple : d'une ouverture à l'ouverture inférieure suivante la surface du diaphragme est divisée par deux (il entrera deux fois moins de lumière pour une même vitesse de prise de vue).

Photo rapprochée

Dans les conditions normales de prise de vue, le sujet à photographier est plus éloigné de l'objectif que ne l'est la pellicule. Par exemple le sujet est situé à quelques mètres alors que, nous l'avons vu, la pellicule est à quelques centimètres de l'objectif (5 centimètres pour un objectif de longueur focale 50 mm).

Les bagues allonges.

Que se passe-t-il quand on approche l'appareil photo du sujet à photographier ? L'objectif doit être "tiré". Ce tirage est prévu par le constructeur pour permettre la mise au point jusqu'à un minimum de 50 cm environ (c'est le calcul fait au début). Que faire pour pouvoir se rapprocher encore plus du sujet à photographier ? La réponse est simple: il faut poursuivre le tirage de l'objectif au-delà de ce que le constructeur a prévu. Cela se réalise facilement en interposant entre le boîtier de l'appareil photo et l'objectif un tube vide. Ce tube se comporte comme une rallonge munie de bagues de fixation (une pour fixer l'objectif sur le tube et une pour fixer le tube sur le boîtier) ; pour cette raison on l'appelle une bague allonge. Ces bagues allonge existent en plusieurs longueurs 5 mm, 10 mm, 20 mm. La bague de 5 mm est peu utile puisque nous avons vu que le réglage autorisé par l'objectif seul permet un tirage de l'ordre de 4 à 5 mm. Un choix astucieux est de prendre 3 bagues de longueur respectives: 10, 20 et 20 mm. En les combinant on peut obtenir les allonges 10, 20, 30, 40 et 50 mm.



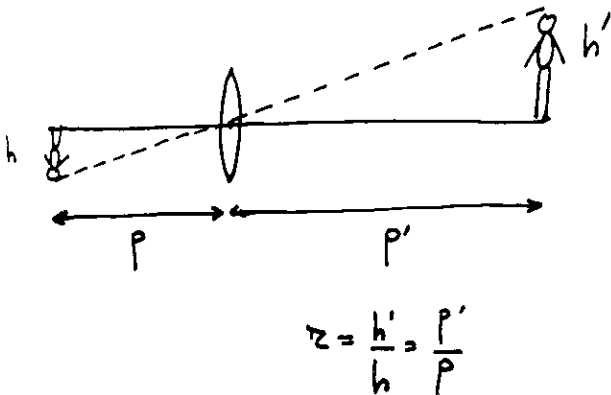
Longueur du tirage.

Mais, me direz-vous, quelle longueur de tirage doit-on utiliser ?

Evidemment cela va dépendre du but recherché. Prenons quelques exemples classiques. Si vous voulez reproduire la page d'un petit livre. Il ne faudra surtout pas la photographier en vous plaçant à 5 mètres du livre. Sur la pellicule la page apparaîtrait toute petite et elle serait entourée d'un grand bord inutile. Il faut vous approcher suffisamment pour que la page couvre toute la pellicule. Avec une bague de 10 mm on peut photographier à peu près la taille d'une carte postale. Si vous voulez reproduire un timbre-poste vous devrez utiliser un tirage plus important (40 ou 50 mm d'allonge). Reprenons notre formule du début :

$$1/p + 1/p' = 1/f$$

Le petit dessin ci-dessous et le souvenir des triangles semblables (ou homothétiques pour prendre un langage plus moderne) vous montrent que le rapport de la taille de l'image d'un objet sur celle de l'objet lui-même est égal à $r = p'/p$. C'est ce rapport qui est connu au départ.



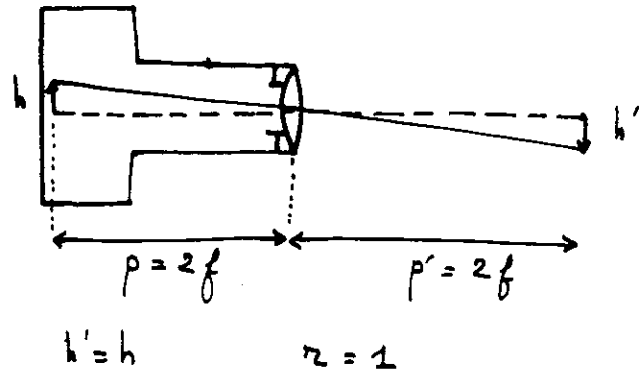
Si vous utilisez un tirage de longueur t et si votre objectif de focale f est réglé sur l'infini, vous verrez aisément que $p' = t + f$. On peut avec un peu de mathématique élémentaire trouver la relation simplissime :

$$t = r \cdot f$$

Revenons à nos deux exemples.

J'ai une carte postale de format 10 x 15 cm. Je veux qu'elle couvre toute la pellicule de format 24 x 36 mm. Le rapport r sera donc $r = 36 / 150$ ou $r = 24 / 100$ c'est à dire $r = 0,24$. Avec un objectif de focale $f = 50$ mm on devra utiliser une bague allonge de $t = 0,24 \times 50$ soit 12 mm. Dans la pratique on prendra une bague de 10 mm et on peaufinera le réglage avec la mise au point de l'objectif

J'ai maintenant un timbre-poste de format 24 x 36 mm (quelle chance !) et je veux le voir en entier sur la pellicule de même format. On a alors $r = 1$ et donc $t = 50$ mm. C'est le montage dit $2f - 2f$ car il y a une longueur $2f$ entre le sujet et l'objectif et une longueur $2f$ entre l'objectif et la pellicule.



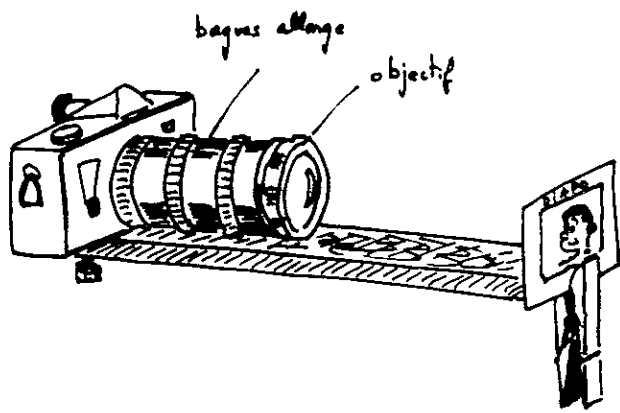
Choix de l'objectif.

Dans les conditions normales de prise de vue, le faisceau venant de l'objet est plus fermé que le faisceau allant à la pellicule ; les objectifs courants sont prévus pour travailler dans ces conditions là : grande ouverture sur l'arrière de l'objectif et faible ouverture sur l'avant.

Plus on s'approche de l'objet à photographier plus le faisceau avant s'ouvre et, conjointement, plus le faisceau arrière se ferme (car l'objectif est de plus en plus tiré). Autrement dit, on s'écarte progressivement des conditions optimales prévues par le constructeur et cela bien sûr, au détriment de la qualité. La seule solution raisonnable est d'acheter un objectif "macro" donnant de bonnes images dans ces conditions exceptionnelles. Disons toutefois qu'un objectif normal donne encore un résultat acceptable. Cependant quand on atteint le montage $2f - 2f$ vu précédemment, les faisceaux avant et arrière ont la même ouverture. C'est la limite extrême au-delà de laquelle l'objectif travaille dans les conditions inverses de celles pour lesquelles il avait été prévu. On entre dans le domaine de la macro-photo. Si on veut garder l'objectif normal on a alors avantage à le retourner sur lui-même pour retrouver de bonnes conditions. Les constructeurs vendent des bagues de retournement. Mais redisons le, la bonne solution est un objectif adapté.

Un cas important : la reproduction de diapositives.

Les principes sont les mêmes. On est dans le cas simple où le rapport image / objet vaut $r = 1$. Le tirage sera égal à la focale de l'objectif : c'est le montage $2f - 2f$, rien de neuf ! Le seul changement concerne l'éclairage. La solution la plus pratique est d'utiliser l'éclairage solaire. On peut fabriquer un banc optique comme celui de la figure de la page suivante. Cela vous demandera trois minutes de travail et vous obtiendrez un appareil d'un excellent rapport qualité / prix.



L'utilisation est des plus simples : insérer la diapo à reproduire dans la pince à linge, ajuster le diaphragme pour une région du ciel bien uniformément éclairée et appuyer sur le déclencheur. Si vous bougez, la photo sera nette quand même : génial ! non ?

Utilisation d'un appareil photo en astronomie

Si vous enlevez l'objectif de votre appareil photo et que vous l'adaptez à la place de l'oculaire de la grande lunette de l'observatoire de Meudon, vous aurez un magnifique télé-objectif. En effet, lunettes astronomiques et télescopes constituent des objectifs de grande longueur focale, simplement. Il n'y a pas de différence fondamentale entre l'objectif de votre appareil photo et la grande lunette de l'observatoire de Meudon, (cf. figure ci-contre) mais...

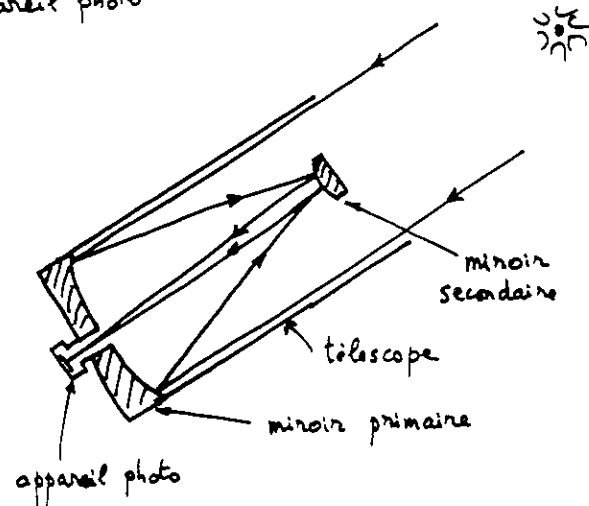
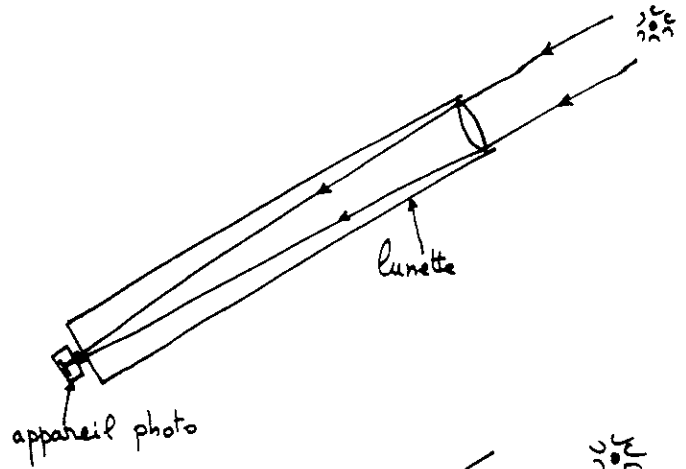
Ouverture d'un télescope.

La plus grosse différence vient de ce qu'une lunette astronomique ou un télescope ne sont pas équipés de diaphragme variable. En effet, les astronomes cherchent à collecter la lumière avec une surface réceptrice maximum pour voir les objets les plus faibles. Il n'y a bien que la photo du Soleil ou de la Lune qui peuvent nécessiter une réduction de la surface collectrice de lumière.

De ce fait les télescopes ont une ouverture fixe. Prenons l'exemple du gros télescope de Saint-Genis Laval: son miroir a un diamètre $D = 1$ mètre et sa longueur focale est de 8 mètres (ceci signifie qu'il est équivalent pour notre appareil photo à une lentille $f = 8000$ mm). Son ouverture est de $1000 / 8000$. Il est ouvert à $f / 8$. Cette comparaison vous montre qu'un télescope classique (celui de Saint-Genis Laval en est un) n'est pas très ouvert malgré son énorme miroir.

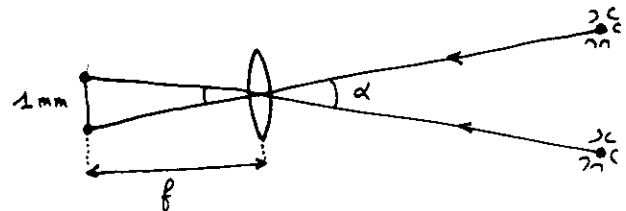
Echelle du cliché astronomique.

Quand un astronome fait une photo du ciel il détermine une caractéristique essentielle de son cliché: l'échelle. Cette



échelle lui permettra de calculer l'angle de séparation entre deux étoiles en mesurant la distance séparant leurs images sur le cliché. L'échelle s'exprime en secondes d'arc par millimètre ($" / \text{mm}$ en abrégé). Par exemple, si l'échelle du cliché est de $1" / \text{mm}$ cela signifie que deux points séparés par un millimètre sur le cliché correspondent à deux points du ciel séparés par une seconde d'arc ($1 / 3600^\circ$ de degré). Calculons l'échelle obtenue au foyer d'un télescope d'amateur : supposons un miroir de 20 cm de diamètre ouvert à $f / 10$. On calcule la longueur focale aisément: $f = 10 \times 20 = 200$ cm.

L'échelle se déduit en considérant le schéma ci-dessous; deux points séparés de 1 mm au foyer (c'est à dire sur le film) correspondent à un angle α tel que :



$$\text{tg } \alpha = 1 / f \text{ soit } \alpha = \text{tg}^{-1} (1 / f)$$

f étant exprimé en millimètres. La valeur de α convertie en secondes d'arc mesure l'échelle cherchée d'après la définition même. Si vous faites le calcul avec une calculatrice de poche la valeur de α sera obtenue en degrés, d'où :

$$\text{échelle (" / mm)} = 3600 \alpha \text{ (} \alpha \text{ en degrés)}$$

On trouve pour notre télescope d'amateur :

$$\alpha = \text{tg}^{-1}(1 / 2000) = 0,0286 \text{ degrés}$$

d'où l'échelle = 103 " / mm

A titre d'exercice vous pourrez vous amuser à calculer que la Lune qui a un diamètre apparent d'un demi degré, photographiée avec un appareil classique muni d'un objectif de 50 mm de focale, aura une dimension de 0,4 mm sur le film. C'est bien peu pour voir des détails.

Champ d'un télescope ou d'une lunette.

Une dernière notion capitale est celle de champ. Elle est très simple. Le champ est la surface angulaire que peut voir l'instrument. Ainsi, notre télescope d'amateur vu précédemment aurait un champ de 103 secondes d'arc si le film ne couvrait qu'un petit cercle de 1 mm. Avec un film de 24 mm de large (cas où on utilise un film 24 x 36) le champ serait 24 fois plus large, c'est à dire: $24 \times 103 = 2475$ secondes d'arc (2475" en abrégé) c'est à dire encore 0,68 degrés.

Autrement dit, la Lune avec son demi-degré de diamètre, tiendra juste sur la largeur de notre cliché.

NDLR : on pourra relire l'article de Christian Larcher "Initiation aux instruments d'astronomie" (CC 83 ; automne 1998).

■

COLLOQUE " Observatoires et Patrimoine Astronomique Français " Nantes, 8-9 juin 2001

Une équipe de recherche en histoire de l'astronomie s'est constituée au Centre François Viète d'Histoire des Sciences et des Techniques de l'Université de Nantes, autour de Jacques Gapaillard (Et pourtant elle tourne ! Ed. Seuil 1993). Plusieurs doctorants ou chercheurs liés au Centre ont engagé des travaux sur l'histoire des observatoires de Bordeaux, Marseille, Nantes, Nice et Toulouse. Afin de consolider le réseau d'étude du patrimoine astronomique français, l'équipe se propose d'organiser, sur ce thème, un colloque au centre François Viète (le vendredi) et au muséum d'histoire naturelle de Nantes (le samedi).

Les conférences ne s'adressent pas aux seuls spécialistes de l'Histoire des Sciences mais à un large public d'amateurs d'astronomie et d'enseignants de toutes disciplines.

Une douzaine de communications d'une durée de 45 min (30 min d'exposé puis 15 min de débat) pourront trouver place dans l'emploi du temps très dense des deux journées qui se termineront par une visite de l'ancien observatoire de Nantes, récemment redécouvert.

Programme provisoire

Laetitia Maison (Université Bordeaux I) : *Histoire de l'observatoire de Bordeaux.*

Guy Boistel (Centre F. Viète) : *L'observatoire des Jésuites de Marseille sous la direction du Père Pezenas (1728-1763).*

James Caplan (Observatoire de Marseille)

Jean-Michel Faidit (Montpellier) : *Histoire de l'observatoire de Montpellier.*

Suzanne Débarbat (O. de Paris) : *L'Observatoire de Paris, le Bureau des Longitudes et les observatoires de province.*

Françoise Leguet-Tully (Observatoire de la Côte d'Azur - Centre François Viète) : *Histoire de l'observatoire de Nice.*

Colette Le Lay (Centre François Viète) : *Observatoires et vulgarisation de l'astronomie.*

Emmanuel Davoust (Observatoire Midi-Pyrénées) : *Histoire de l'observatoire du Pic du Midi.*

Philippe Véron (Observatoire de Haute-Provence)

Jérôme Lamy (Centre François Viète) : *Histoire de l'observatoire de Toulouse.*

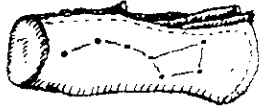
Anthony Turner : *L'observatoire de Hendaye.*

Danielle Fauque (Paris) : *Observatoires astronomiques français et diffusion de l'astronomie à l'Association française pour l'avancement des sciences (AFAS), 1872-1914.*

Olivier Sauzereau (Nantes) : *Nantes au temps de ses observatoires.*

Daniel Woehrling (SAN) : *La société astronomique de Nantes et l'observatoire de Saint Donatien.*

Les inscriptions et les demandes de renseignements peuvent être adressées à Jacques Gapaillard, Centre François Viète, Faculté des Sciences ; 2, rue de la Houssinière, BP92208 ; 44322 Nantes Cedex 3
jacques.gapaillard@irem-hst.univ-nantes.fr



La Lune me suit ou... le château fantôme

Daniel Toussaint

Daniel Toussaint nous propose ici ses réflexions inspirées par ses promenades en train ou en voiture.

Celles-ci s'inscrivent dans le cadre d'un travail sur distances et mouvements apparents.

A suivre ...

Situation problème :

Au cours d'une promenade en voiture, chacun d'entre nous a rencontré l'occasion d'être impressionné par la Lune glissant à notre côté au-dessus de l'horizon. Ce déplacement surprenant n'est pas propre à la Lune : tous les objets lointains semblent accompagner nos déplacements quand nous voyageons en ligne droite.

Par exemple, le château que j'ai photographié à travers les arbres depuis un train lancé à pleine vitesse est net alors que les arbres sont flous. Pour accentuer l'effet de flou, j'ai réglé manuellement les paramètres de la prise de vue (distance infinie, durée de la pose 1/30ème de seconde).

Cette situation est si courante qu'on finit souvent par s'y habituer sans pour autant chercher à l'analyser. Bien que cette analyse ne réclame aucun calcul, elle n'est pas à la portée de tous les élèves de 3ème. En effet, certains d'entre eux refusent d'admettre que leurs sens fournissent une vision du monde qui peut se décoder de plusieurs façons différentes (par exemple la relativité du mouvement leur paraît choquante).

Que prouve cette photo ?

Si le château est net alors que la pose dure 1/30ème de seconde, c'est qu'il est

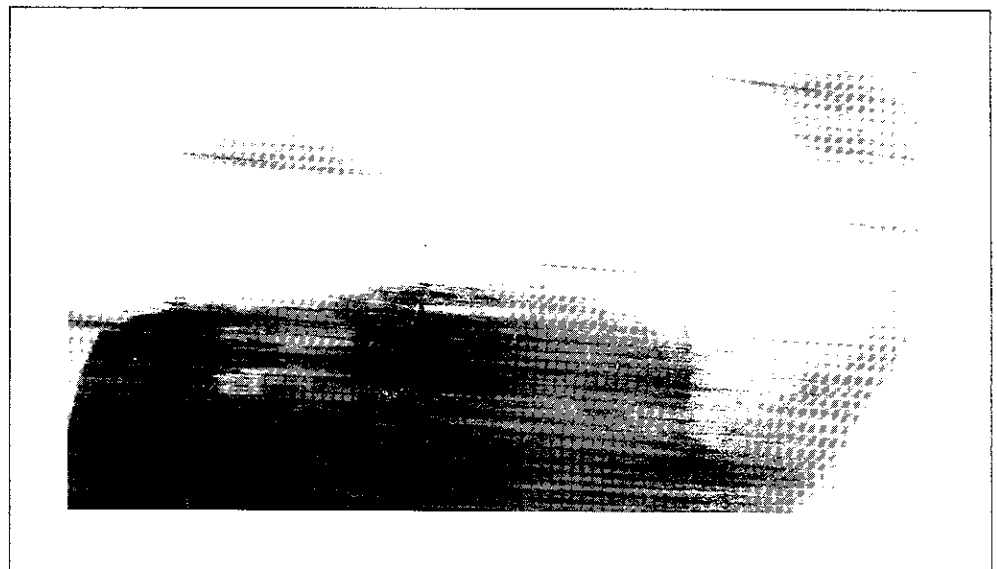
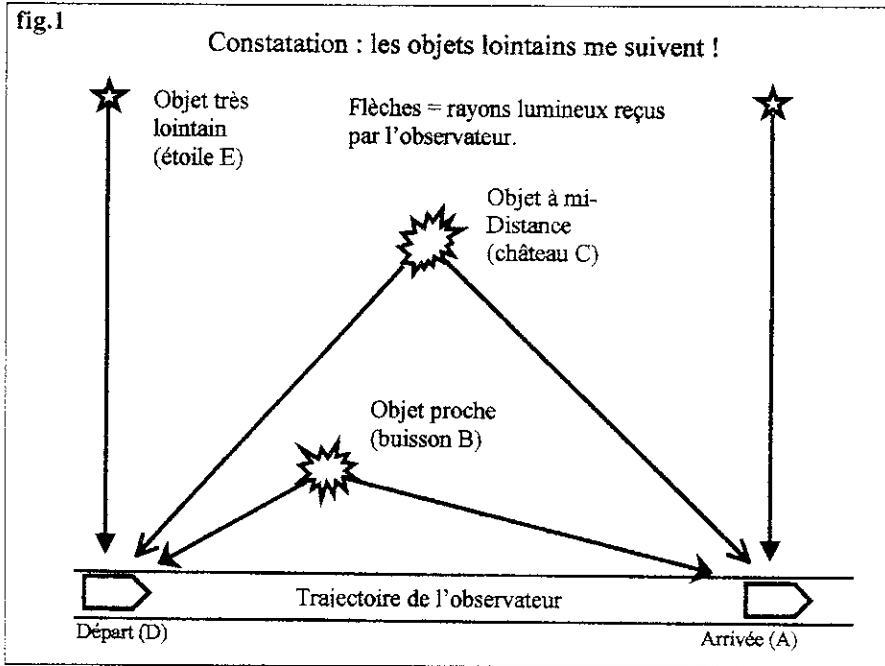


fig.1



pratiquement immobile par rapport au train alors que dans ce repère les arbres filent vers l'arrière.

Mais si le repère est lié aux rails, cela signifie aussi que le château avance avec le train, ce qui peut quand même surprendre...

Cherchons l'origine du mouvement apparent des objets lointains d'abord dans un repère lié aux rails, puis dans un repère lié à l'observateur.

Interprétation des mouvements apparents des objets dans un repère lié aux rails :

L'observateur se déplace sur une trajectoire rectiligne ; ses positions de départ et d'arrivée sont notées D et A. Le véhicule qui transporte cet observateur est schématisé vu de dessus (fig.1).

Tous les objets visibles par l'observateur envoient vers lui des rayons lumineux qui sont représentés par des flèches.

Plus l'objet est éloigné de la trajectoire, plus l'angle des deux flèches "objet-départ" et "objet-arrivée" est petit.

L'étoile E qui est à l'infini à l'extérieur de la feuille est représentée deux fois, ce qui signifie bien que par rapport aux rails elle semble se déplacer.

Si le schéma ne montre pas que le

château C avance aussi par rapport aux rails, c'est simplement parce qu'il n'est pas représenté assez loin. Il devrait en effet être aussi représenté deux fois car, à l'échelle du dessin il se trouve loin à l'extérieur de la feuille.

Interprétation des mouvements apparents des objets dans un repère lié à l'observateur (noté N) :

Il suffit de retourner les flèches pour que leur origine commune soit l'observateur N (fig. 2). Bien sûr, elles ne représentent plus les rayons lumineux mais les lignes de visée de l'ob-

servateur. Au départ, l'observateur N voit le buisson, le château et l'étoile dans les directions B, C ou E. A l'arrivée, il les voit dans les directions B', C' et E'.

Cette interprétation est plus concrète que la précédente car les angles BNB', CNC' et ENE' mesurent simplement les rotations de la tête de l'observateur qui suit les objets du regard.

L'angle E'NE est nul, et si le château est loin à l'extérieur, l'angle CNC' est presque nul.

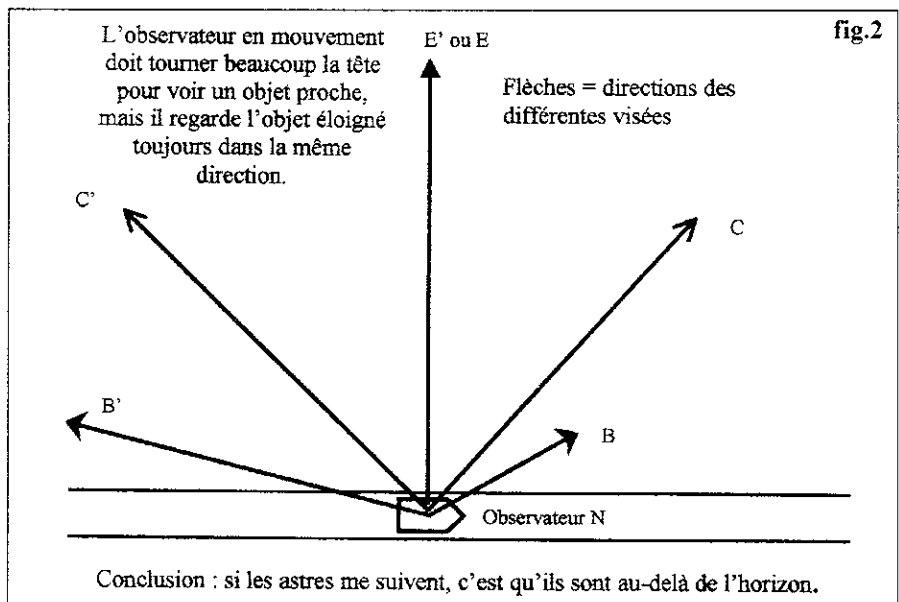
Dans ce cas on peut dire que le buisson B recule beaucoup par rapport à l'observateur, que le château recule très peu et que l'étoile est immobile.

Application simple à l'astronomie :

Tous les astres accompagnent les voyageurs qui circulent sur des routes bien droites alors que les paysages et les nuages les plus éloignés ne les suivent que pendant quelques kilomètres.

Ce phénomène apparent ne permet pas de comparer entre elles les distances des astres, mais il prouve qu'ils sont tous au-delà de l'horizon terrestre, même si on les voit très proches de nous (quand la Lune paraît s'accrocher aux branches des arbres, elle semble à portée de main)

Autrement dit, cela signifie que la Terre est finie alors que les astres sont infiniment plus loin que l'horizon.





Variations de la durée du jour et variation de la température

Jean-Michel Prime

En attendant de recevoir des articles décrivant vos expériences récentes, nous avons choisi un article paru en 1989 (CC 45) mais toujours d'actualité.

Jean - Michel Prime (école publique de Chérancé, 53400 Craon) relate une activité particulièrement intéressante, réalisable à l'école primaire. C'est le type de démarche expérimentale que nous apprécions particulièrement au CLEA.

Ce qui suit s'adresse aux maîtres ayant des élèves de Cours Moyen et qui pensent qu'enseigner l'astronomie ne se limite pas à l'apprentissage fastidieux de listes de noms et de tableaux de valeurs numériques. S'il est fréquent de relever les tem-

pératures maxi et mini tout au long de l'année scolaire, il est beaucoup moins courant d'exploiter ce travail. Je vous propose donc de une piste pour aller plus loin.

A vous d'adapter ce travail au niveau de vos élèves.

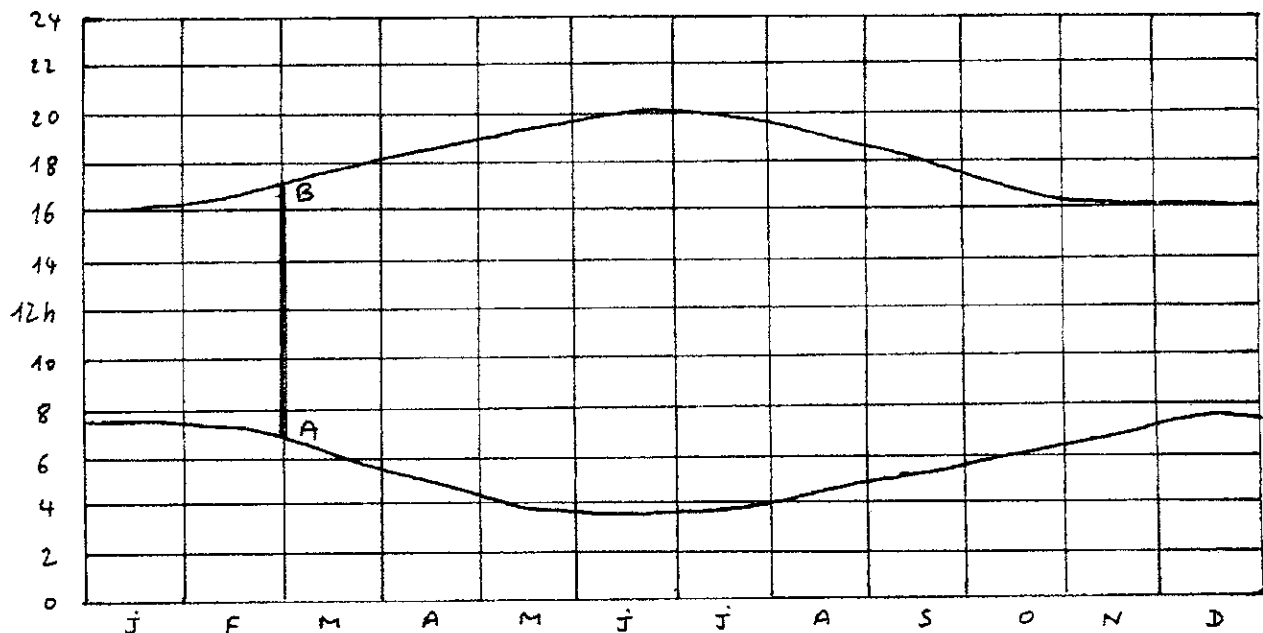


Fig.1 : variations de la durée du jour au cours d'une année.

La courbe du bas désigne les heures de lever et celle du haut les heures de coucher du Soleil.

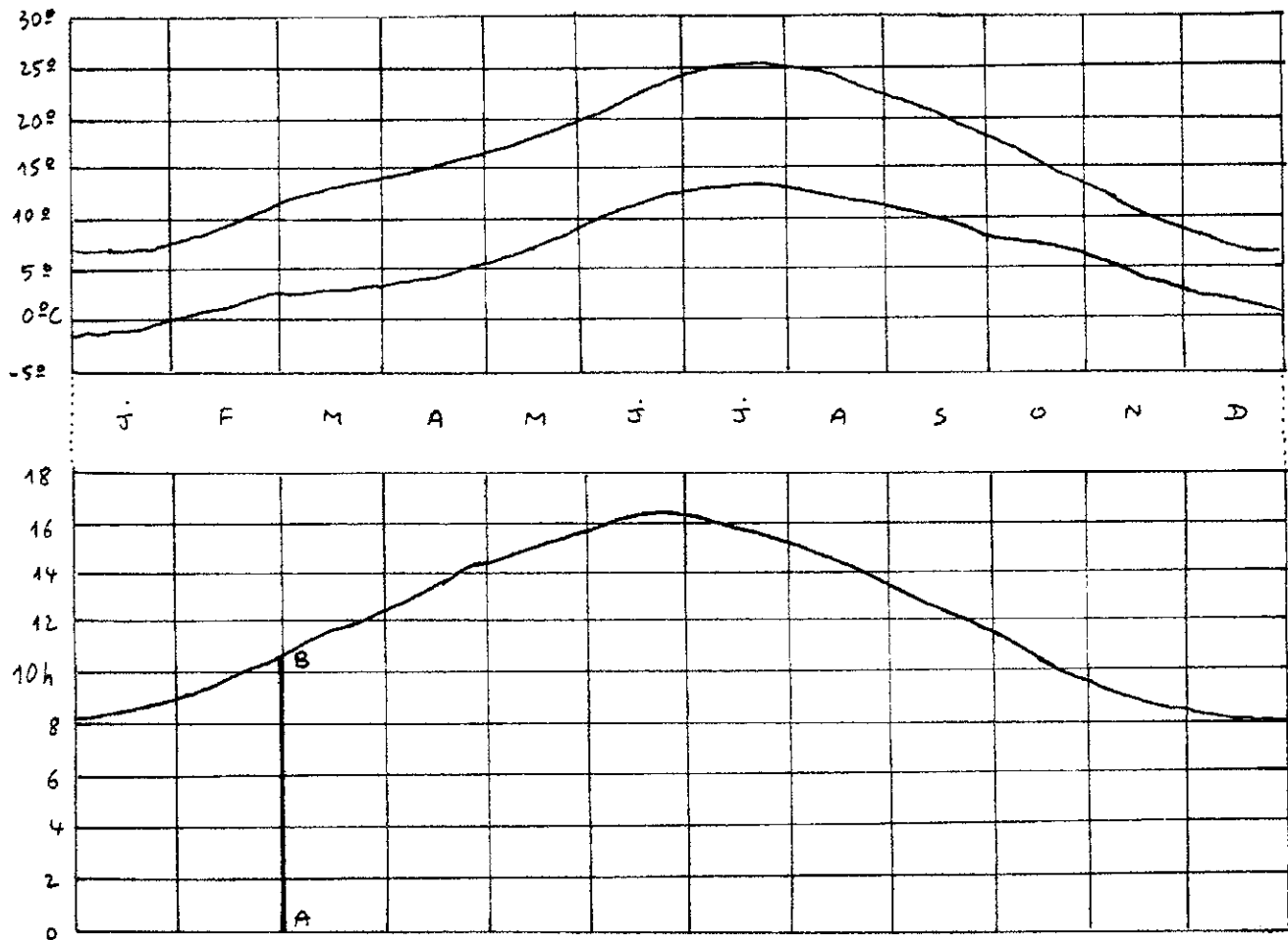


Fig.2 (en haut) : variations annuelles des températures maxi (moyennes) et mini (moyennes).
 Fig.3 (en bas) : variations annuelles de la durée du jour.

But :

faire découvrir aux élèves qu'il existe une relation entre les variations de la durée des jours et les variations de température au cours d'une année et la vérifier par des relevés effectués en classe.

Matériel :

- un thermomètre maxi-mini : ce thermomètre devra toujours être à l'ombre pour enregistrer correctement les températures ; le choix de son emplacement sera donc très important.
- un almanach des Pet T par élève ou mieux , faire noter le premier de chaque mois les heures des levers et couchers du Soleil ; se méfier du type d'heure : TU, heure d'hiver, heure d'été ; voir les Ephémérides lors des émissions météorologiques à la télévision.
- moyenne des températures maxi

et mini de votre département à se procurer auprès de votre station météorologique locale ; si vous travaillez en milieu rural, vous pourrez emprunter un agenda destiné aux agriculteurs : il publie souvent des données qui nous intéressent.

Déroulement de cette recherche avec les élèves

Dès le début de l'année, on initiera les élèves à la pratique de la mesure des températures sur un thermomètre maxi-mini. Le maître choisit la période de l'année pour faire tracer les courbes des figures 1 et 3 (nécessité de connaître les mesures à unités sexagésimales).

Pour le graphique de la figure 3 deux démarches sont possibles : mesurer les segments [AB] sur la fig 1 ou effectuer la soustraction heure du coucher moins heure du lever.

Si l'on a pris la précaution de choisir une même échelle de temps pour tous les graphiques, (fig. 2 et 3) la relation température-durée du jour devient évidente. Il apparaît aussi que le maximum de température a un mois de retard sur la durée maximale du jour pour la région du Mans.

Vérification : en fin d'année scolaire, le graphique des relevés journaliers devra être découpé et réorganisé de manière à présenter la même chronologie que les graphiques 2 et 3. Attention de relever le "trou" des congés scolaires. le rôle du Maître sera de lisser la courbe pour que l'interprétation soit plus facile pour les élèves.

Autre recherche : mesurer la variation de la hauteur maximale du Soleil



Les spectres lumineux en seconde

Lucette Mayer

Lucette Mayer nous propose un TP réalisé au premier trimestre de cette année scolaire avec une classe de seconde.

Ce TP entre dans le cadre du nouveau programme de seconde et s'intitule "découverte des spectres lumineux".

Fiche professeur

Le nouveau programme de seconde nous propose de traiter dans la partie "Messages de la lumière" les différents spectres :

Extraits du B.O. :

2.2. Les spectres d'émission et d'absorption

2.2.1 Spectres d'émission : spectres continus d'origine thermique, spectre de raies.

2.2.2 Spectres d'absorption : Bandes d'absorption de solutions colorées, raies d'absorption caractéristiques d'un atome ou d'un ion.

2.3. Application à l'astrophysique.

Cette partie a été l'occasion d'un T.P. "Découverte des spectres lumineux", en utilisant un matériel très simple.

Les élèves ont été très actifs pendant cette séance ; il m'a paru intéressant de les laisser regarder, comparer, à leur rythme, ils ont réalisé ensuite un compte-rendu détaillé.

J'ai réalisé cette séance de T.P. après avoir étudié le comportement de la lumière lorsqu'elle change de milieu, les lois de Descartes, et une séance d'activité "Décomposition de la lumière par un prisme". Pendant cette séance les élèves ont rappelé ce qu'ils avaient étudié en collège ainsi que toutes les observations de la vie courante.

Ils ont ensuite observé et commenté la décomposition de la lumière par le prisme ce qui a permis d'expliquer le phénomène de dispersion, la variation de l'indice de réfraction avec la longueur d'onde.

Le matériel nécessaire :

- Un rétroprojecteur avec un réseau 140 traits / mm, quelques morceaux de filtres des couleurs primaires et secondaires (filtres CLEA).

- Par groupe d'élèves : un morceau de tube PVC ou de carton de 80 cm de long minimum, de diamètre 50 mm, muni à une extrémité d'une fente (mise dans un cache diapos collé avec du scotch au bout du tube), un réseau de 740 traits / mm (CLEA).

- Plusieurs postes de travail répartis dans la classe :

- deux postes avec lampe 6 V et montage potentiométrique pour faire varier l'éclat de la lampe et un réseau 740 traits / mm à tenir à la main.
- une lampe au cadmium,
- une lampe au sodium,
- une lampe au mercure,
- deux lampes de bureau,
- le rétroprojecteur avec le réseau, des solutions colorées : permanganate, chlorophylle...

Quelques commentaires sur la séance :

- Lorsque les élèves réalisent leur spectroscopie bien insister sur le fait qu'ils ne doivent pas mettre leur doigts sur le réseau ; bien sûr on peut au départ monter ces réseaux sur des caches diapos avec verre... je trouve que le résultat n'est pas aussi bon.

- La fente préparée avant la séance (une lame de rasoir dans un cache diapo), ne doit être ni trop fine, ni trop large : environ 1 mm.

- Les élèves ont un peu de mal à placer le réseau parallèlement à la fente... ils y arrivent avec un peu de patience !

- Ils sont surpris par ce qu'ils observent, certains ont plus de facilité que d'autres, il y en a toujours qui "voient" et racontent, certains reviennent vérifier.

- Même par temps gris on observe très bien le spectre de Fraunhofer avec les réseaux 740 t / mm. La séance est consacrée aux observations, et à la réalisation du compte-rendu.

- Généralement les compte-rendus ont été de bonne qualité avec les spectres bien représentés, et leurs différences mises en évidence.

Ce T.P. doit être suivi d'une heure en classe entière sur les spectres d'absorption et d'émission des gaz ce qui permet d'introduire très facilement "l'application à l'astrophysique" avec le spectre du Soleil que l'on peut traiter à la séance de T.P. suivante.

Fiche élèves

T.P. : les spectres lumineux

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle les spectres lumineux étaient obtenus essentiellement à l'aide de prismes. En 1882 H. Rowland, physicien américain, a réalisé le premier réseau de qualité en traçant des traits parallèles et équidistants sur une plaque de verre avec un diamant. Aujourd'hui on fabrique des réseaux "bon marché" en reproduisant sur une diapositive un grand nombre de traits noirs fins et parallèles.

Objectifs :

- Utiliser un réseau, un spectroscopie simple.
- Observer différents types de spectres, les commenter.

Etude expérimentale :

1 - Observation du spectre donné par un réseau :

- Décrivez le montage réalisé avec le rétroprojecteur,
- Qu'observez-vous sur l'écran ?
- Comparez ce spectre à celui que donne un prisme.

2 - Réalisation d'un spectroscopie simple :

- Vous disposez d'un réseau de 740 traits par millimètre, d'un tube PVC muni à une extrémité d'une fente ; vous devez placer le réseau à l'autre extrémité du tube de telle façon que ses traits soient parallèles à la fente.

Attention : vous ne devez pas mettre vos doigts sur le réseau !

- le spectroscopie est prêt ! de quel

côté devez-vous placer votre œil ? Pourquoi ?

3 - Observation des spectres d'émission :

a) Observez, décrivez et comparez les spectres de lumière donnés par le spectroscopie lorsque vous le placez devant :

- une lampe à incandescence, (lampe de bureau),
- un tube fluorescent, (tube qui éclaire le tableau),
- une lampe à vapeur de mercure, de cadmium, de sodium.

b) Un montage électrique a été réalisé de façon à faire varier l'éclat d'une lampe à incandescence, observez ces variations directement puis placez entre la lampe et votre œil un réseau que vous tiendrez à la main, quelles sont les modifications du spectre que vous observez lorsque l'éclat de la lampe varie ?

4 - Observation des spectres d'absorption :

- Vous disposez d'une solution colorée, la placer sur le trajet de la lumière blanche du rétroprojecteur muni d'un réseau comme dans l'expérience 1, notez vos observations : pourquoi parle-t-on de spectre de bandes ?

- Faire la même chose en utilisant différents morceaux de filtres colorés.

5 - Observation de la lumière solaire :

- Dirigez la fente du spectroscopie vers la fenêtre, observez le spectre de la lumière solaire, quelle est la différence avec le spectre d'une lampe à incandescence ?

Vous devez réaliser un compte-rendu détaillé de toutes vos observations et de vos commentaires.



Une formation en deux ans en S

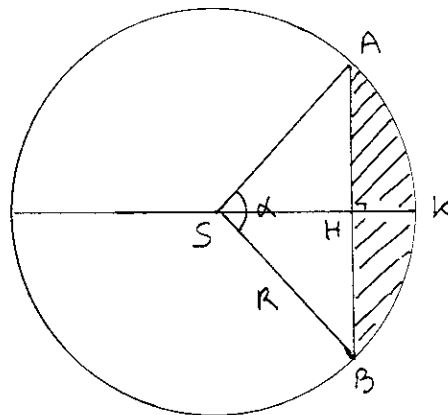
AVEC NOS ÉLÈVES

Gérard Frizet

Nous publions ici la solution du TP proposé par Gérard Frizet à ses élèves de terminale S : "l'éclipse de Soleil du 11 août 1999" (cf. CC n° 92 p. 10-11).

Partie A

1) Formule donnant μ en fonction de α



s étant l'aire du segment circulaire hachuré, on a :

$$\mu = 2s / \pi R^2$$

s_1 étant l'aire du secteur circulaire ASB et s_2 celle du triangle isocèle ASB on a :

$$s = s_1 - s_2$$

Calcul de s_1 :

On sait que l'aire d'un secteur circulaire est proportionnelle à l'angle au centre donc :

$$s_1 / \alpha = \pi R^2 / 2\pi \text{ d'où :}$$

$$s_1 = (1/2) R^2 \alpha$$

avec α en radians

Calcul de s_2 :

$$s_2 = (1/2) AB \times SH = AH \times SH$$

dans le triangle rectangle SHA on a :

$$\sin(\alpha/2) = AH / SA = AH / R$$

$$\cos(\alpha/2) = SH / SA = SH / R$$

Donc $s_2 = R^2 \cos(\alpha/2) \sin(\alpha/2)$ d'où :

$$s_2 = (1/2) R^2 \sin \alpha$$

Remarque :

$$s_2 = (1/2) SA \cdot SB \cdot \sin \alpha = (R^2 \sin \alpha) / 2$$

calcul de s :

$$s = (1/2) R^2 (\alpha - \sin \alpha)$$

$$2s = R^2 (\alpha - \sin \alpha)$$

calcul de μ : $\mu = (1/\pi) (\alpha - \sin \alpha)$

α en radians et $0 < \alpha < \pi$

2) Recherche de α dans le cas où $\mu = 0,5$

a) Equation donnant α :

On cherche α strictement compris entre 0 et π tel que $\mu = 0,5$

$$\mu = 0,5$$

$$\text{équivalent à } 1/2 = (1/\pi) (\alpha - \sin \alpha)$$

$$\text{équivalent à } \pi/2 = \alpha - \sin \alpha$$

$$\text{équivalent à } \alpha - \sin \alpha - \pi/2 = 0$$

Le problème se ramène donc à résoudre pour x strictement compris entre 0 et π l'équation (E) : $x - \sin x - \pi/2 = 0$

b) Résolution de (E) dans $]0 ; \pi[$

On considère la fonction $f_\mu :]0 ; \pi[\rightarrow \mathbb{R}$

définie par $f_\mu(x) = x - \sin x - \pi\mu$:

f_μ est dérivable sur $]0 ; \pi[$

et $f'_\mu(x) = 1 - \cos x$;

f'_μ est strictement positive sur $]0 ; \pi[$,

donc, f_μ réalise une bijection strictement croissante de $[0 ; \pi]$ sur $J = [f_\mu(0) ; f_\mu(\pi)] = [-\pi/2 ; \pi/2]$
 0 est strictement compris entre $-\pi/2$ et $\pi/2$ donc 0 a un unique antécédent α dans $]0 ; \pi[$.

L'équation (E) a donc une unique solution α dans $]0 ; \pi[$

Encadrement de α

(méthode par balayage après avoir programmé f_μ) :

$2,3 < \alpha < 2,4$ puis $2,309 < \alpha < 2,310$

3) Recherche pour d'autres valeurs de μ

μ est un paramètre compris entre 0 et 1 .

a) Equation donnant α

On cherche α strictement compris entre 0 et π tel que

$$\mu = (1/\pi) (\alpha - \sin\alpha)$$

$\mu = (1/\pi) (\alpha - \sin\alpha)$ équivaut à $\pi\mu = \alpha - \sin\alpha$ ce qui équivaut à $\alpha - \sin\alpha - \pi\mu = 0$.

Le problème se ramène donc à résoudre dans $[0 ; \pi]$ l'équation (F) : $x - \sin x - \pi\mu = 0$.

(F) a une solution unique :

on introduit la fonction $f_\mu : [0 ; \pi] \rightarrow \mathbb{R}$

définie par $f_\mu(x) = x - \sin x - \pi\mu$:

f_μ est dérivable sur $[0 ; \pi]$ et $f'_\mu(x) = 1 - \cos x$;

f'_μ est strictement positive sur $]0 ; \pi[$,

f_μ réalise donc une bijection strictement croissante de $[0 ; \pi]$

sur $J = [f_\mu(0) ; f_\mu(\pi)] = [-\pi\mu ; \pi(1 - \mu)]$

μ est strictement compris entre 0 et 1 , donc $1 - \mu > 0$.

0 est strictement compris entre $-\pi\mu$ et $\pi(1 - \mu)$ donc 0 a un unique antécédent α strictement compris entre 0 et π .

Pour chaque valeur de μ strictement comprise entre 0 et 1 , (F) possède une unique solution α dans $]0 ; \pi[$

b) Valeur approchée de α pour différentes valeurs de μ .

On "ouvre" une mémoire pour μ , on programme f_μ .

μ	α en radians	α en degrés
0,5	2,310	132,35°
0,6	2,491	142,72°
0,8	2,825	161,26°
0,9	2,985	171,03°

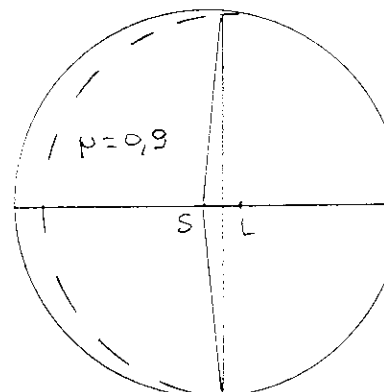
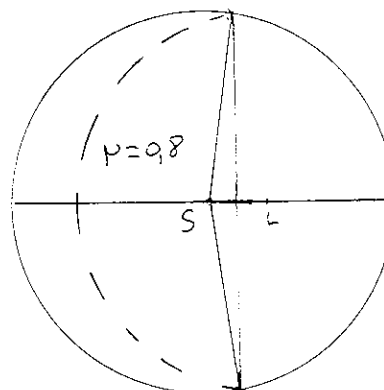
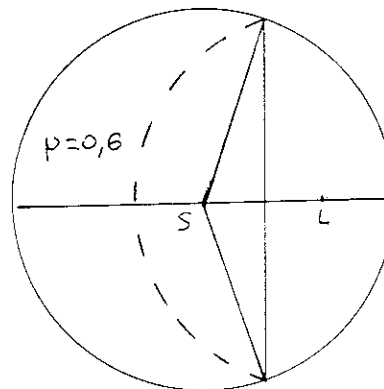
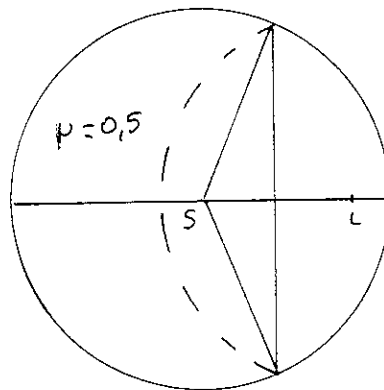
4) Dessins correspondant à différentes valeurs de μ

(ci-contre)

5) Contrôle graphique

D_μ est la droite d'équation réduite $y = x - \pi\mu$. On a une famille de droites parallèles de coefficient directeur 1 .

Pour chaque valeur de μ , la solution de l'équation (F) est l'abscisse du point d'intersection de D_μ avec le morceau de la courbe (C) représentant la fonction sinus sur $[0 ; \pi]$



Partie B

1) Relation entre g et α

$$g = HK / R = 2HK / 2R$$

Dans le triangle SAH rectangle en H on a :

$$\cos(\alpha/2) = SH / SA = SH / R.$$

H est un point du segment [SK]

Donc SH + HK = SK = R d'où HK = R - SH

$$HK = R - R \cos(\alpha/2) = R (1 - \cos(\alpha/2)) \text{ et}$$

$$HK = gR \text{ donc } g = 1 - \cos(\alpha/2).$$

3) Fonction ϕ

Soit ϕ la fonction de $[0 ; 1]$ dans $[0 ; 1]$ définie par $\phi(g) = \mu$. On donne g strictement compris entre 0 et 1. Il existe un unique réel α tel que $\cos(\alpha/2) = 1 - g$. On lui associe alors le réel μ tel que $\mu = (1/\pi)(\alpha - \sin\alpha)$

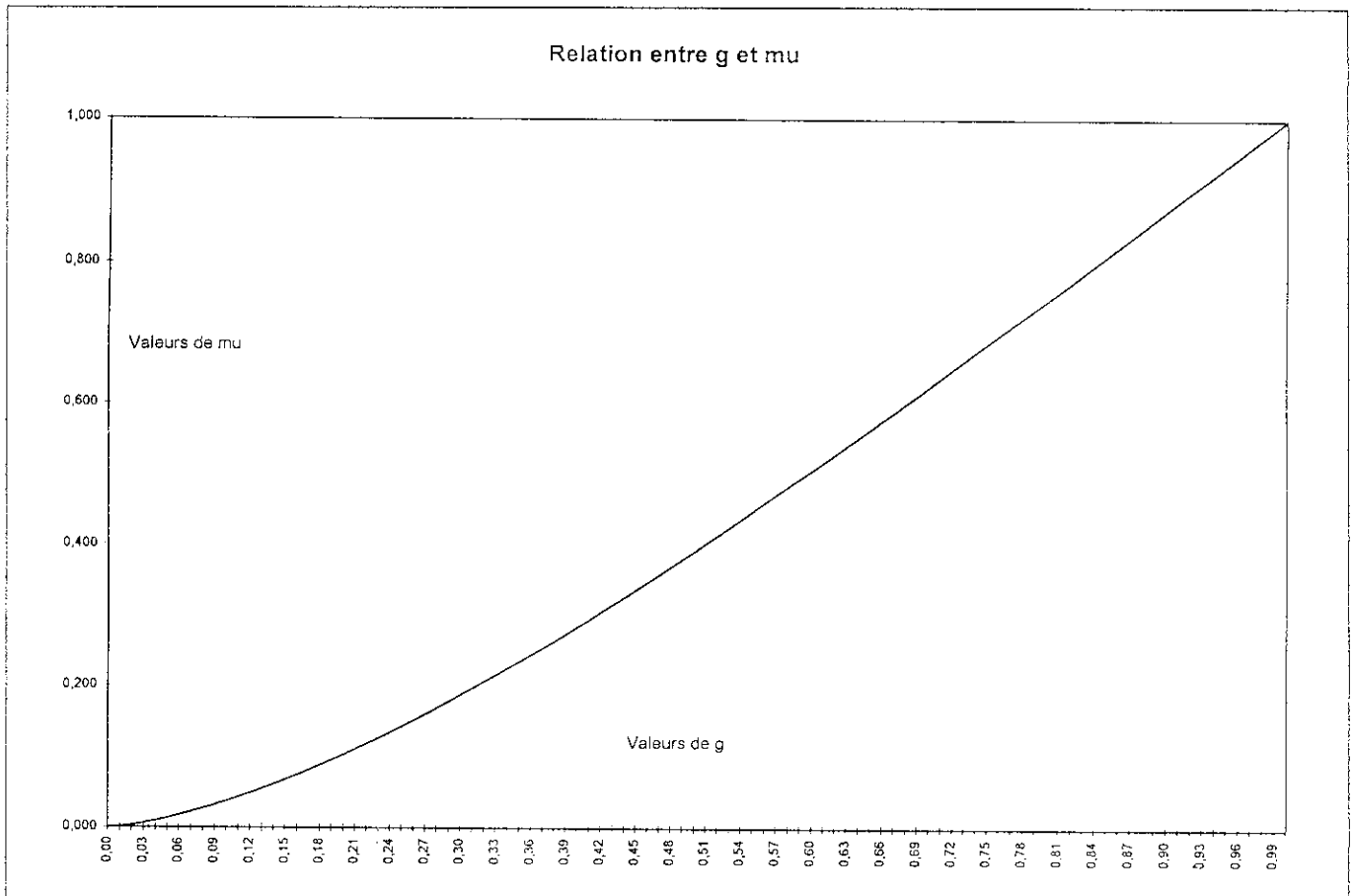
Le tableau ci-contre donne, pour différentes valeurs de g, les valeurs de α en radians, α en degrés, puis μ .

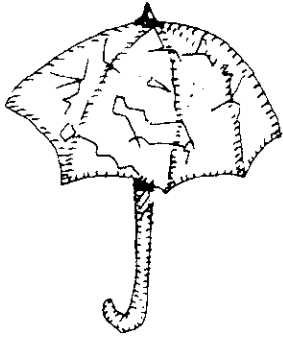
La courbe (Γ) ci-dessous représente ϕ dans le plan muni d'un repère : elle est tracée point par point grâce au tableau de valeurs.

Remarque :

$$\mu = \frac{1}{\pi} \left[2 \text{Arc cos}(1 - g) + 2(g - 1) \sqrt{2g - g^2} \right]$$

g	(rad) α	(deg) α	μ	g	(rad) α	(deg) α	μ
0,02	0,401	23	0,003	0,52	2,14	122,6	0,413
0,04	0,568	32,5	0,01	0,54	2,186	125,2	0,436
0,06	0,696	39,9	0,017	0,56	2,23	127,8	0,458
0,08	0,805	46,1	0,027	0,58	2,275	130,3	0,481
0,1	0,902	51,7	0,037	0,6	2,319	132,8	0,505
0,12	0,99	56,7	0,049	0,62	2,362	135,3	0,528
0,14	1,071	61,4	0,062	0,64	2,405	137,8	0,552
0,16	1,147	65,7	0,075	0,66	2,448	140,2	0,576
0,18	1,219	69,8	0,089	0,68	2,49	142,7	0,6
0,2	1,287	73,7	0,104	0,7	2,532	145,1	0,624
0,22	1,352	77,5	0,12	0,72	2,574	147,5	0,648
0,24	1,415	81,1	0,136	0,74	2,616	149,9	0,673
0,26	1,475	84,5	0,153	0,76	2,657	152,2	0,697
0,28	1,534	87,9	0,17	0,78	2,698	154,6	0,722
0,3	1,591	91,1	0,188	0,8	2,739	156,9	0,747
0,32	1,646	94,3	0,207	0,82	2,78	159,3	0,772
0,34	1,7	97,4	0,225	0,84	2,82	161,6	0,797
0,36	1,753	100,4	0,245	0,86	2,861	163,9	0,822
0,38	1,804	103,4	0,265	0,88	2,901	166,2	0,848
0,4	1,855	106,3	0,285	0,9	2,941	168,5	0,873
0,42	1,904	109,1	0,305	0,92	2,981	170,8	0,898
0,44	1,953	111,9	0,326	0,94	3,022	173,1	0,924
0,46	2,001	114,6	0,348	0,96	3,062	175,4	0,949
0,48	2,048	117	0,369	0,98	3,102	177,7	0,975
0,5	2,094	120	0,391	1	3,142	180	1





L'astrolabe universel

Charles-Henri Eyraud

On appelle astrolabe universel un astrolabe pouvant être utilisé à n'importe quelle latitude.

Il est constitué de deux parties : un disque sur lequel sont représentés les méridiens et parallèles célestes et une règle mobile graduée.

Charles-Henri Eyraud nous explique ici le principe de construction et de fonctionnement de ce bel objet et nous propose une maquette permettant de nous exercer à résoudre de nombreux problèmes d'astronomie de position.

Historique et principe de l'astrolabe universel

L'astrolabe

C'est un instrument de calcul inventé par Hipparque (astronome grec du 2^e siècle avant J.C.) permettant d'établir les relations entre la position des étoiles et le temps. Son développement par les Arabes fut lié aux nécessités du culte pour connaître les heures de lever et coucher du Soleil, de son passage au méridien et à une hauteur donnée l'après-midi (pour fixer les heures des prières). Le plus ancien instrument date de l'an 315 de l'Hégire (927-928 de notre ère) et se trouve au Musée National du Koweït. L'astrolabe le plus connu est celui qui utilise une projection plane équatoriale de pôle sud de la sphère céleste, mais qui nécessite un tympan pour chaque latitude (projection des coordonnées locales de l'observateur).

Les créateurs de l'astrolabe universel

'Ali b. Khalaf (Tolède vers l'an 1000)

"... il est bien connu que l'astrolabe conventionnel a besoin d'un tympan pour chaque latitude. Je me suis demandé comment faire un instrument qui serait valable pour toutes les latitudes afin de supprimer le travail ingrat de graver les tympanes. En y réfléchissant, il s'est trouvé que j'ai compris comment pouvoir faire un instrument qui n'aurait pas plus d'un tympan et d'une araignée. Je lui ai donné le nom d'horizon universel, je l'ai dédié à mon seigneur le roi de Tolède Ma'mun et j'ai fait ce livre ..."

Al-Zarqalluh (1029 - Cordoue ; 1087 - Tolède), appelé Azarquiel en Occident médiéval latin, ramène le tympan à une simple règle munie d'un curseur glissant à angle droit.

Principe de l'astrolabe universel

La projection stéréographique est la base de la construction de l'astrolabe.

On considère une sphère de centre O, on choisit un diamètre qui coupe la sphère respectivement en S et S', et on considère le plan P passant par O et orthogonal à la

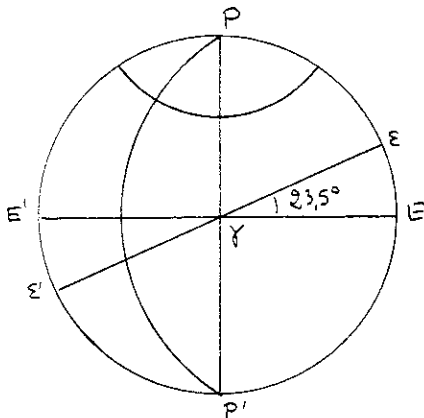
droite (SS'). On appelle projection stéréographique de pôle S sur le plan P, la transformation de l'espace qui à tout point M de la sphère associe le point m intersection du plan P avec la droite (SM)¹.

Dans le cas de l'astrolabe universel, le pôle de projection est soit γ (point équinoxial de printemps) soit γ' (point équinoxial d'automne), et le plan de projection est le plan du colure des solstices.

Le colure des solstices est le grand cercle de la sphère céleste contenant l'axe des pôles PP' et les points ϵ , point solsticial d'été, et ϵ' , point solsticial d'hiver. Ce cercle coupe l'Equateur céleste respectivement en E et E'. L'axe $\gamma\gamma'$ est orthogonal au colure des solstices.

Le colure des équinoxes est le grand cercle de la sphère céleste contenant l'axe des pôles PP' et les points équinoxiaux γ et γ' .

La projection stéréographique transforme un cercle ne passant pas par le pôle en un cercle, et un cercle passant par le pôle en une droite.



Le colure des solstices a pour projeté lui-même, les points γ et γ' se projettent au centre du colure des solstices et le colure des équinoxes a pour projeté la droite (PP'). L'Equateur céleste se projette sur la droite (EE').

Chaque méridien, i.e. chaque demi-grand cercle passant par P et P' se projette suivant un cercle passant par P et P'. Chaque parallèle a pour projeté un cercle centré sur (PP') (voir le principe du tracé de l'astrolabe universel).

Les étoiles d'ascension droite 0 h à 6 h et 18 h à 24 h sont projetées par la projection stéréographique de pôle γ , les étoiles d'ascension droite 6h à 18h par celle de pôle γ'

Le principe de l'astrolabe universel réside dans le fait que les courbes tracées sur le disque peuvent être interprétées de 3 manières différentes selon le rôle que l'on attribue à l'axe horizontal et à l'axe vertical (voir les systèmes de coordonnées de l'astrolabe universel).

Dans le premier cas, on attribue à l'axe horizontal le rôle d'équateur (E'E) et à l'axe vertical celui de l'axe des pôles (PP') : les méridiens sont donc les demi-cercles d'angle horaire constant ou d'ascension droite constante, et les parallèles sont les cercles d'égale déclinaison ; un point du disque est alors défini par ses coordonnées équatoriales ou par ses coordonnées horaires.

Dans le second, l'axe horizontal joue le rôle d'écliptique ($\epsilon\epsilon'$) et l'axe vertical, celui d'axe des pôles écliptiques (PP') : les méridiens sont alors les demi-cercles d'égale longitude écliptique λ et les parallèles les cercles d'égale latitude écliptique β ; un point du disque est alors défini par ses coordonnées écliptiques.

Enfin, dans le troisième, on fait jouer à l'axe horizontal le rôle de l'horizon ($H_S H_N$) et à l'axe vertical le rôle de la droite (ZNa) (zénith-nadir) : les méridiens sont alors les demi-cercles d'égale azimut tandis que les parallèles sont les cercles d'égale hauteur ; un point du disque est alors défini par ses coordonnées horizontales.

Astrolabe ci-joint

L'astrolabe tracé ci-joint est inspiré de l'astrolabe d'Arsenius (vers 1550) : il comprend une règle munie d'une deuxième règle de longueur moitié de la précédente, sur laquelle est articulé un bras prolongé d'une autre pièce (les deux pièces articulées forment le "brachiolus"). L'ensemble permet par simple rotation de passer des coordonnées équatoriales aux coordonnées écliptiques ou aux coordonnées horizontales (voir la maquette de l'astrolabe universel).

Si E'E représente l'équateur céleste, le plan de l'écliptique est représenté par une droite inclinée de 23,5° par rapport à l'équateur.

La règle est graduée en coordonnées écliptiques avec des intervalles de 1° et des séparations tous les 30° limitant les signes du zodiaque.

Sur l'astrolabe ci-joint on a représenté comme Al-Zarqalluh les signes du zodiaque.

On utilisera la correspondance entre longitude écliptique du Soleil et position dans les signes du zodiaque : la graduation commence au milieu, croît de gauche à droite de 0° à 90° pour les signes du Bélier, du Taureau des Gémeaux, puis elle continue de droite à gauche de 90° à 270° pour les signes du Cancer, du Lion, de la Vierge, de la Balance, du Scorpion, du Sagittaire. Enfin, elle croît à nouveau de gauche à droite de 270° à 360° pour les signes du Capricorne, du Verseau et des Poissons.

Lorsque l'on place la règle le long de l'écliptique, on vérifie que chaque signe correspond à deux heures en ascension droite. Pour simplifier, lorsqu'on voudra faire correspondre une longitude écliptique du Soleil au jour de l'année, on fera l'approximation d'un accroissement de sa longitude de 1° par jour.

Remarques importantes :

E'E représentant l'équateur céleste, bien visualiser :

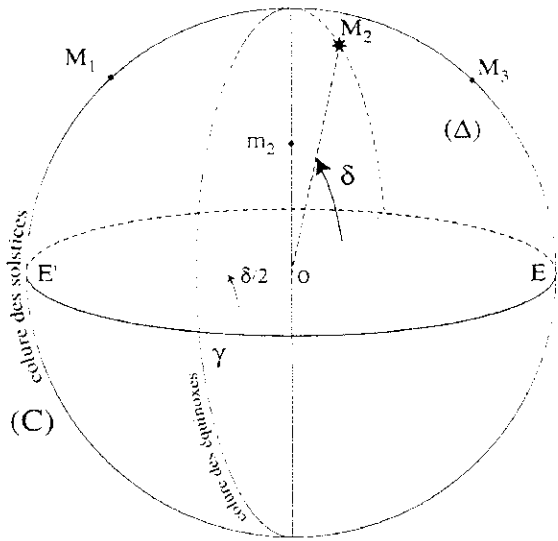
- le mouvement d'un astre de déclinaison δ lors du mouvement diurne : il suit l'arc de cercle de déclinaison δ alternativement de gauche à droite ("par derrière") et de droite à gauche ("par devant"). Dans le premier système de coordonnées, on a la relation $H = T - \alpha$ (angle horaire, temps sidéral, ascension droite) ; les étoiles sont dessinées sur le disque avec la valeur $T = 18$ h.
- le mouvement annuel du Soleil : il se déplace sur la droite inclinée de 23,5° par rapport à l'équateur.

Une simple rotation de la règle de l'angle égal à l'obliquité de l'écliptique permet de passer des coordonnées équatoriales aux coordonnées écliptiques et vice-versa.

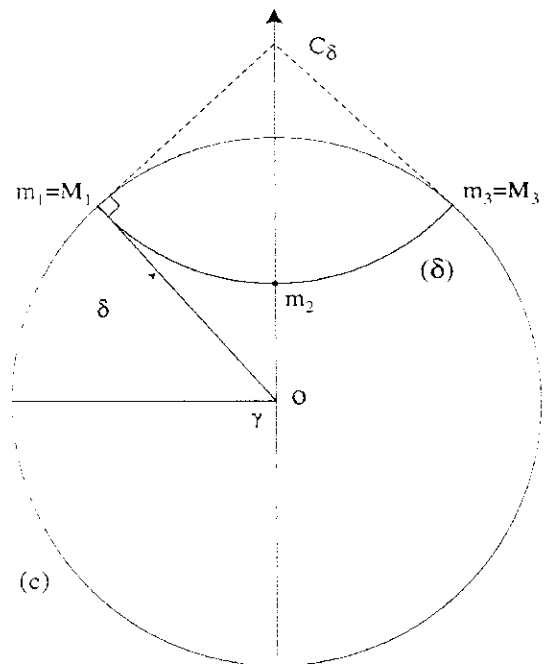
Une simple rotation de la règle de l'angle $90^\circ - \phi$ (ϕ latitude du lieu) permet de passer des coordonnées locales aux coordonnées horaires et vice-versa.

Principe du tracé de l'astrolabe universel

Parallèles célestes

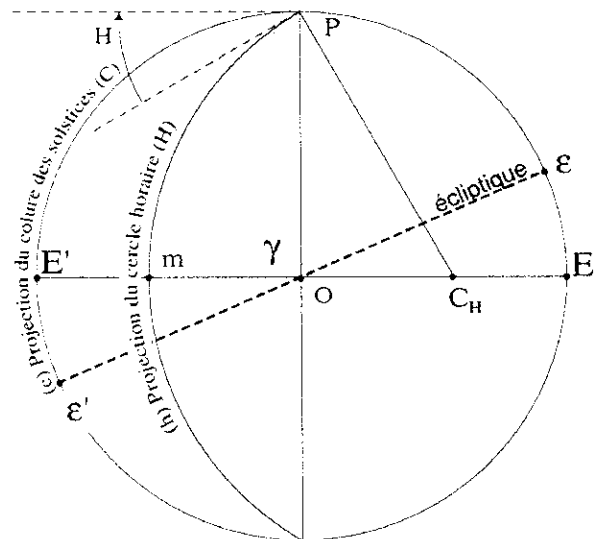
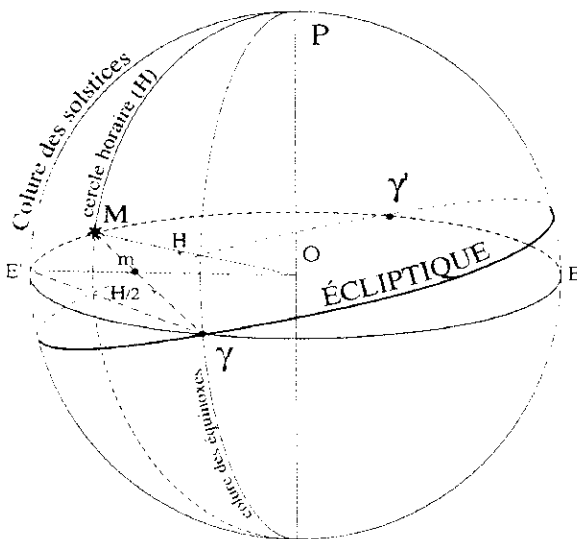


D'après la figure : $OM_2 = R \tan(\delta/2)$
 R rayon du colure des solstices



La projection stéréographique est conforme, i.e. "conserve" la mesure des angles.
 Le colure des solstices (C) fait un angle de 90° avec le parallèle (Δ) en M_1 et M_2 donc
 les projetés (c) et (δ) font aussi entre eux un angle de 90° , d'où $OC_\delta = R / \sin d$

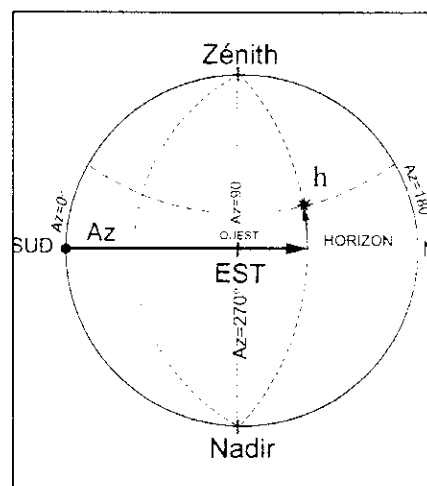
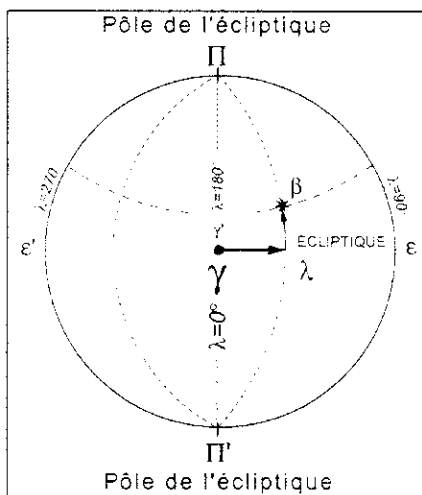
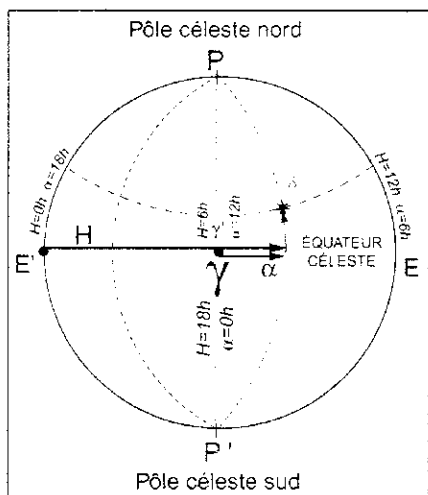
Cercles horaires (H = cte ou $\alpha = cte$)



D'après la figure, $Om = R / \tan(\pi/4 - H/2)$

Le colure des solstices et le cercle horaire (H) font un angle H en P, donc leurs projetés font aussi l'angle H en P.
 $OC_H = R / \tan H$

Systemes de coordonnées de l'astrolabe universel



Projection :
sur le colure des solstices

Pôle de projection :
 γ ou γ'

Axe horizontal :
équateur céleste

Axe vertical :
axe des pôles célestes Nord-Sud

Coordonnées équatoriales ou coordonnées horaires :
ascension droite : α
angle horaire : H
déclinaison : δ
 $H = T - \alpha$ avec $T = 18$ h.

Orientation des axes :
 α : de 0 h (droite (P'P)) à 6 h (demi-cercle P'EP) : de gauche à droite ;
de 6 h (demi-cercle P'EP) à 18 h (demi-cercle P'E'P) : de droite à gauche ;
de 18 h (demi-cercle P'E'P) à 24 h (droite (P'P)) : de gauche à droite.

H : de de 0 h (demi-cercle P'E'P) à 12 h (demi-cercle P'EP) : de gauche à droite ;
de 12 h à 24 h : de droite à gauche.

Projection :
sur le colure des solstices

Pôle de projection :
 γ ou γ'

Axe horizontal :
écliptique

Axe vertical :
axe des pôles de l'écliptique

Coordonnées écliptiques :
longitude écliptique : λ
latitude écliptique : β

Orientation des axes :
 λ : de 0° (droite (ΠΠ')) à 90° (demi-cercle Π'εΠ) : de gauche à droite ;
de 90° (demi-cercle Π'εΠ) à 270° (demi-cercle Π'eΠ) : de droite à gauche ;
de 270° à 360° : de gauche à droite.

Projection :
sur le méridien du lieu

Pôle de projection :
Est ou Ouest

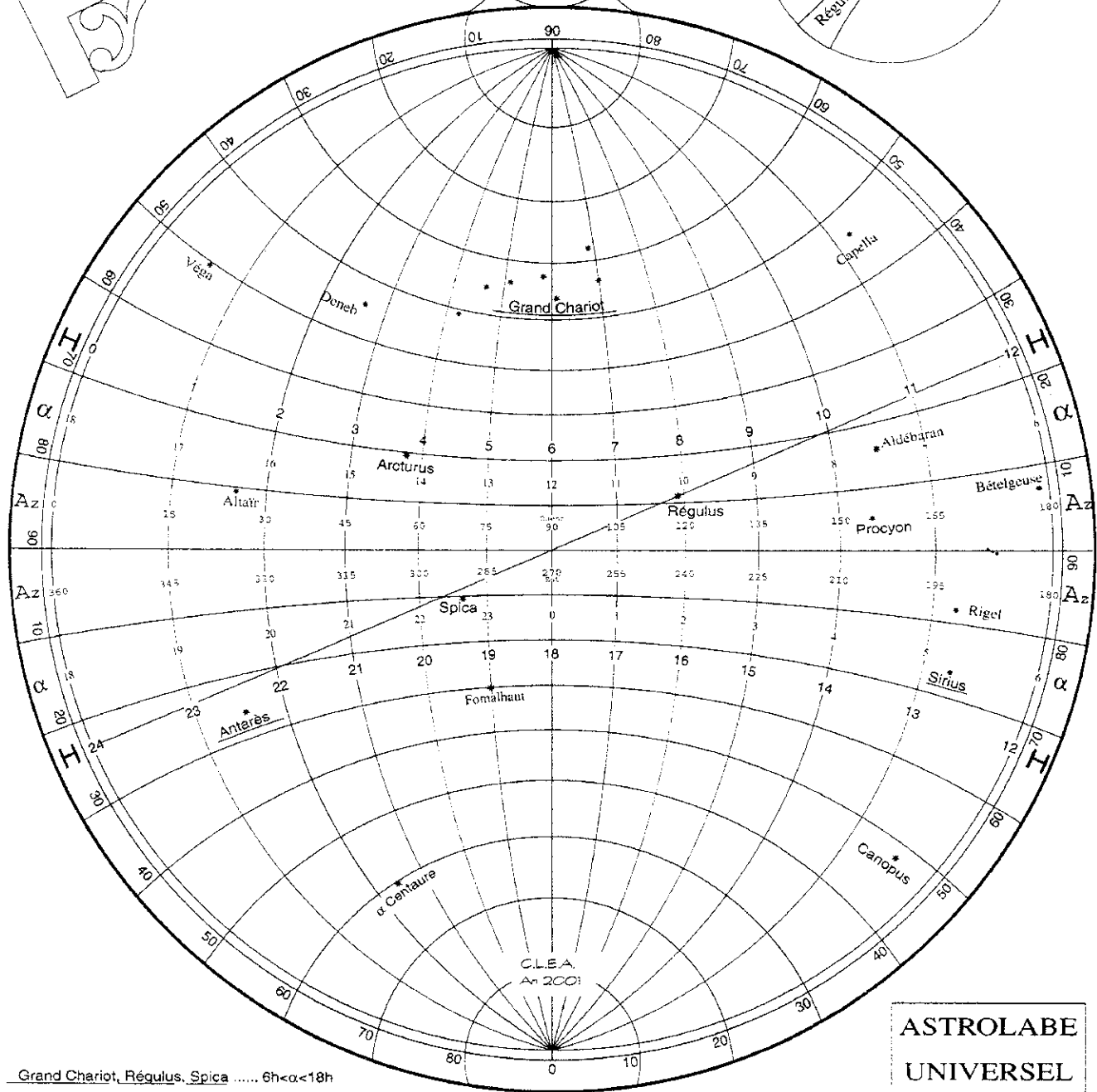
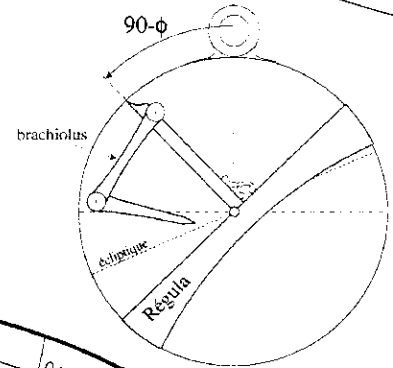
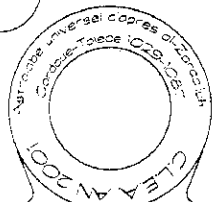
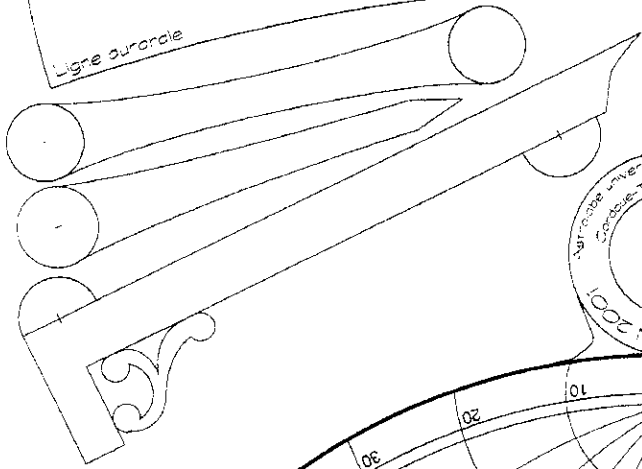
Axe horizontal :
horizon du lieu

Axe vertical :
axe zénith-nadir

Coordonnées horizontales :
azimuth Az
hauteur h

Orientation des axes :
Az : de 0° (demi-cercle Nadir-Sud-Zénith), par 90° (Ouest), à 180° (demi-cercle Nadir-Nord-Zénith) : de gauche à droite ;
de 180° (demi-cercle Nadir-Nord-Zénith), par 270° (Est), à 360° (demi-cercle Nadir-Sud-Zénith) : de droite à gauche.

270	240	300	210	330	180	0	150	30	120	60	90
♐ Capricorne	♑ Verseau	♒ Poissons	♈ Bélier	♉ Taureau	♊ Gémeaux						
♏ Sagittaire	♍ Scorpion	♌ Balance	♍ Vierge	♌ Lion	♋ Cancer						



**ASTROLABE
UNIVERSEL**

Grand Chariot, Régulus, Spica 6h < α < 18h
 Altair, Véga, Dénéb 0h < α < 6h ou 18h < α < 24h

Se familiariser avec l'astrolabe universel

1 - Passage des coordonnées équatoriales aux coordonnées écliptiques et vice-versa.

Recherche des coordonnées écliptiques de Capella :

On lit sur le disque les coordonnées équatoriales de Capella :

$$\alpha = 5\text{h } 15 \text{ et } \delta = 46^\circ.$$

Aligner la régula avec l'écliptique, pointer Capella avec le brachiolus, faire tourner l'ensemble pour aligner la régula avec l'équateur EE' :
lire $\lambda = 80^\circ$ $\beta = 23^\circ$.

Recherche des coordonnées équatoriales du Soleil le 15 avril :

Le 15 avril, le Soleil se trouve dans la constellation du Bélier et sa longitude écliptique est 25° . Sa latitude écliptique est bien sûr 0° .

On fait tourner la régula pour l'aligner sur l'écliptique et on lit les coordonnées équatoriales du Soleil :
 $\delta = 10^\circ$ et $\alpha = 1\text{ h } 40$ environ.

2 - Quelles sont les étoiles circumpolaires à Lyon de latitude 46°N ?

On place d'abord la régula suivant l'équateur $E'E$: elle correspond à l'horizon du pôle Nord, on la fait pivoter de $44^\circ = 90^\circ - 46^\circ$ pour qu'elle corresponde à l'horizon de Lyon. On cherche quel est le parallèle céleste qui vient tangenter cet horizon : sa déclinaison est de 44° . Les étoiles dont la déclinaison est supérieure ne passent pas sous l'horizon lors de leur mouvement diurne et seront toujours visibles.

3 - Hauteur de culmination d'Arcturus ($\alpha = 14\text{h } 13$ $\delta = 19^\circ 26'$)

Faire pivoter la régula de 44° à partir de $E'E$ pour qu'elle corresponde à l'horizon de Lyon.

On suit la trajectoire diurne d'Arcturus sur la courbe de déclinaison $\delta = 20^\circ$ jusqu'au méridien, on pointe le brachiolus sur le point trouvé.

On ramène la régula suivant $E'E$; le brachiolus indique alors la hauteur :
 $h = 66^\circ$.

4 - Valeur de la déclinaison δ d'une étoile qui culmine à Lyon.

Faire pivoter la régula de 44° à partir de $E'E$ pour qu'elle corresponde à l'horizon de Lyon.

On voit que toutes les étoiles du parallèle de déclinaison 46° passent au zénith lors du mouvement diurne.

Exercices

1 - Durée de la trajectoire de Véga au-dessus de l'horizon.

On lit en quel point Véga intercepte l'horizon de Lyon :

$$H = 9\text{h } 30, \text{ azimut} = 145^\circ \text{ Est}$$

La trajectoire diurne des étoiles étant symétrique par rapport au méridien, la durée cherchée est 19h.

2 - Heure de coucher du Soleil et son azimut un jour donné.

Par exemple le 21 mai : on "sait" que le Soleil entre dans le signe des Gémeaux et on lit sa longitude écliptique de 60° ce jour là.

Aligner la régula avec la droite écliptique inclinée de 23° par rapport à $E'E$. La déclinaison du Soleil est $\delta = 20^\circ$ et son ascension droite $\alpha = 4\text{h}$

Incliner la régula de 44° par rapport à $E'E$ pour qu'elle représente l'horizon de Lyon.

Le parallèle de déclinaison 20° coupe l'horizon à l'azimut 122° et à l'angle horaire 7h 30.

Le coucher du soleil a lieu à :

$$12\text{h} + 7\text{h } 30 = 19\text{h } 30$$

avec l'azimut $Az = 122^\circ$.

3 - Trouver l'heure et la date connaissant la hauteur et l'azimut du Soleil.

Par exemple à Lyon, on mesure pour le Soleil $h = 42^\circ$, $Az = +58^\circ$ (vers le sud-ouest).

Pointer le brachiolus sur les coordonnées ($h = 42^\circ$, $Az = 58^\circ$), la régula étant

alignée sur $E'E$.

La régula étant inclinée de 44° par rapport à $E'E$, on trouve que le Soleil a une déclinaison $\delta = 12^\circ$.

Lire l'angle horaire du Soleil : 2h 40 ; l'observation a donc eu lieu à 14h 40 (heure solaire).

Aligner la régula sur l'écliptique ; on trouve deux dates possibles pour $\delta = 12^\circ$: le 21 avril ou le 21 août.

4 - Trouver la hauteur et l'azimut du Soleil, connaissant le jour et l'heure solaire.

Par exemple à Lyon le 21 février à 15h solaire, ($H = 3\text{h}$).

La régula étant alignée sur l'écliptique on lit $\delta = -12^\circ$.

La régula étant inclinée de 44° par rapport à $E'E$, pointer avec le brachiolus le point de déclinaison $\delta = -12^\circ$ et d'angle horaire $H = 3\text{h}$.

Aligner la régula sur $E'E$; le brachiolus indique $h = 20^\circ$, $Az = 48^\circ$

Bibliographie et site web :

1 - On peut relire les articles de Cécile Schulman dans les Cahiers Clairaut n° 47 (automne 89) et n° 48 (hiver 89-90) : l'astrolabe planisphérique, l'astrolabe du débutant, l'astrolabe simplifié.

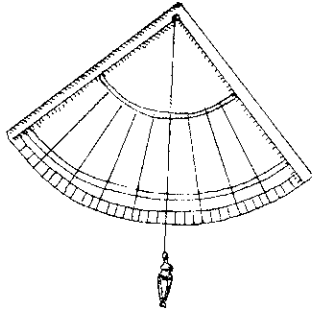
2 - L'Astrolabe, Association Française de Topographie (1993) par Raymond d'Hollander.

3 - Histoire des sciences arabes (1997), tome 1, chapitre sur les observatoires portatifs par Francis Maddison (p.146 à 164). Editons du Seuil.

<http://astrolabes.org/astrolab.htm>
de nombreux liens avec d'autres sites

Note :

Le principe et les propriétés de la projection stéréographique sont explicités dans la fiche "Astrolabe" du Hors-Série n° 3 : le temps et les constellations. Cette fiche propose une construction de l'astrolabe planisphérique septentrional. ■



Lecture de Copernic

Pierre Lerich

HISTOIRE

On connaît les lois de Kepler et de Newton, le repère galiléen, les équations de Lagrange, la courbe de Gauss etc... Copernic n'a donné son nom à rien de précis.

Certes, personne ne conteste la "révolution copernicienne", mais elle est admise une fois pour toutes, plutôt considérée comme une condition nécessaire à toutes les autres découvertes, un préalable digne d'estime mais peu intéressant par lui-même.

Les biographes de Copernic trouvent peu d'anecdotes à raconter à son sujet. On lui reprocherait presque de n'être pas allé plus loin. A. Koestler l'appelle le "chanoine craintif".

L'idée que la Terre puisse tourner sur elle-même et autour du Soleil, ce n'est pas Copernic qui l'a inventée. Cette idée a beaucoup circulé dans l'Antiquité et Copernic en cite plusieurs exemples pour constater qu'elle n'est nullement ridicule, même si le jugement de la postérité l'a condamnée, au nom de Ptolémée et d'Aristote. Avant Galilée et Pascal, Copernic est le premier à contester l'autorité des "anciens" d'une manière consciencieuse et réfléchie, en mesurant parfaitement les risques. Il savait bien qu'il parlait contre les "mandarins" de toutes les universités d'Europe.

Après s'être facilement débarrassé des vieilles objections du genre "si la Terre bougeait, on le sentirait, cela se saurait, etc...", Copernic entame son offensive prudemment, en citant un ouvrage d'un certain Marcianus Capella, selon lequel Mercure et Vénus tourneraient autour du Soleil, dont elles ne s'éloignent jamais beaucoup, comme chacun peut le constater. Mais alors, dit Copernic (en latin), pourquoi ne pas profiter de l'occasion (*sumpta occasione*) pour faire tourner aussi autour du Soleil les autres planètes, y compris la Terre ?

Ce n'est pas une preuve mais seulement une conjecture qui demande à être vérifiée. Copernic s'aperçoit vite qu'elle a le grand mérite de rendre inutiles certains épicycles, ceux qui ont pour objet d'expliquer (et de calculer) les rétrogradations des planètes. Elle permet surtout d'expliquer pourquoi ces rétrogradations sont de plus en plus petites selon l'ordre des planètes : 15° pour Mars, 10° pour Jupiter, 7° pour Saturne (Danjon, *Astronomie Générale*). Au lieu d'être simplement constatées, ces rétrogradations obéissent maintenant à une logique. On comprend aussi pourquoi la durée de rétrogradation s'allonge selon l'ordre des planètes (Danjon : 72 jours pour Mars, 137 jours pour Saturne, avec un minimum possible de 55 jours et un maximum d'une demi-année pour une planète très éloignée).

Ces calculs, qui demandent de dériver des expressions trigonométriques assez volumineuses, n'étaient pas faisables en 1543, mais on peut supposer que Copernic a obtenu des résultats suffisants par des figures géométriques qu'il n'a pas cru bon de nous communiquer (c'est bien dommage). En tout cas, la conjecture initiale commence à devenir sérieuse puisqu'elle per-

met d'expliquer complètement certains phénomènes.

Il est vrai que Copernic n'a fait disparaître qu'une certaine catégorie d'épicycles et que par ailleurs, il en a ajouté quelques-uns, pour tenir compte de petites irrégularités récemment découvertes. Au total, le nombre d'épicycles pour l'ensemble des planètes serait passé, selon Koestler qui les a soigneusement comptés, de 40 à 48, ce qui semble le contraire d'un progrès. Mais il faut dire que parmi ces 48 épicycles restants, il n'y en a plus qui puissent se ramener à une cause unique et simple, accessible à l'époque (le mouvement orbital de la Terre). Donc il y a quand même un grand progrès, au moins qualitatif. Ce sera le travail des générations suivantes de faire disparaître l'idée même d'épicycle. On pourrait résumer tout cela en disant que Copernic a fait disparaître les épicycles "bêtes", ce qui était une étape importante et un argument sérieux en faveur de la Terre mobile autour du Soleil.

L'autre argument, encore plus solide bien que rarement cité, repose sur une observation très simple, disponible depuis l'antiquité, mais que personne, semble-t-il, n'avait songé à interpréter. Quand Mars brille toute la nuit (il est opposé au Soleil), il est aussi brillant que Jupiter. En revanche, quand il se couche une heure ou deux après le Soleil (ou qu'il se lève avant), il brille si peu qu'il faut utiliser un instrument, le sextant mural, pour le repérer parmi les étoiles de deuxième grandeur. Or, si Mars tournait autour de la Terre, même avec certaines variations de distances, il brillerait toujours avec le même éclat, ou à peu près. Si on suppose au contraire qu'il tourne autour du Soleil, de très grandes variations d'éclat sont prévisibles entre l'opposition et le voisinage de la conjonction, situation où il se trouve beaucoup plus loin de la Terre avant de passer derrière le Soleil.

Les figures 1 et 2 sont une tentative d'interprétation graphique du texte de Copernic, qui est plutôt avare d'illustrations. Le même phénomène se produit aussi, beaucoup moins évident, avec Jupiter et même avec Saturne.

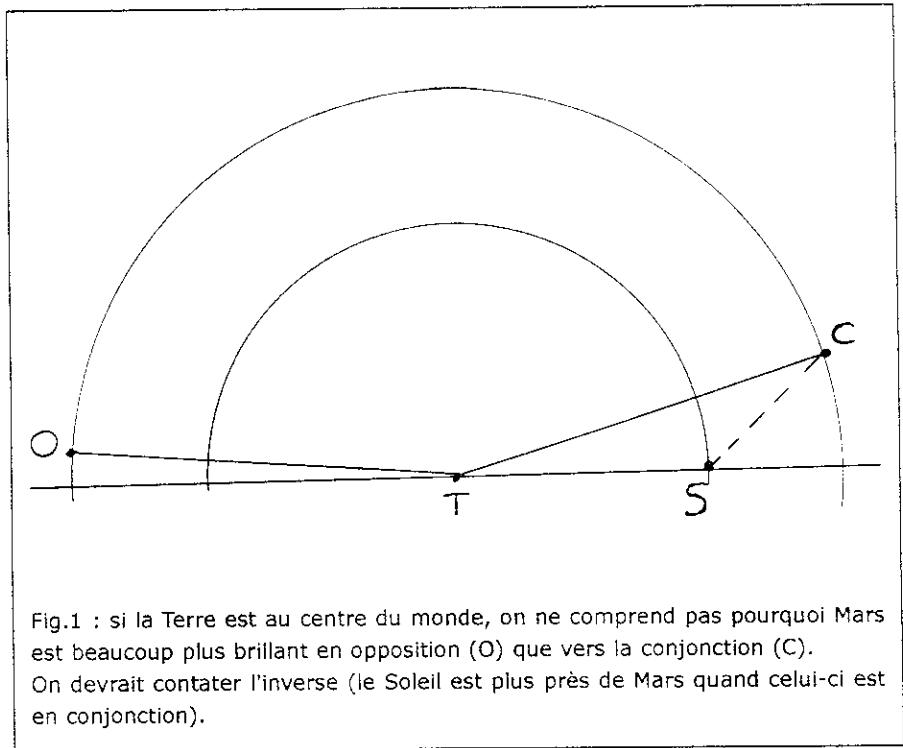


Fig.1 : si la Terre est au centre du monde, on ne comprend pas pourquoi Mars est beaucoup plus brillant en opposition (O) que vers la conjonction (C). On devrait constater l'inverse (le Soleil est plus près de Mars quand celui-ci est en conjonction).

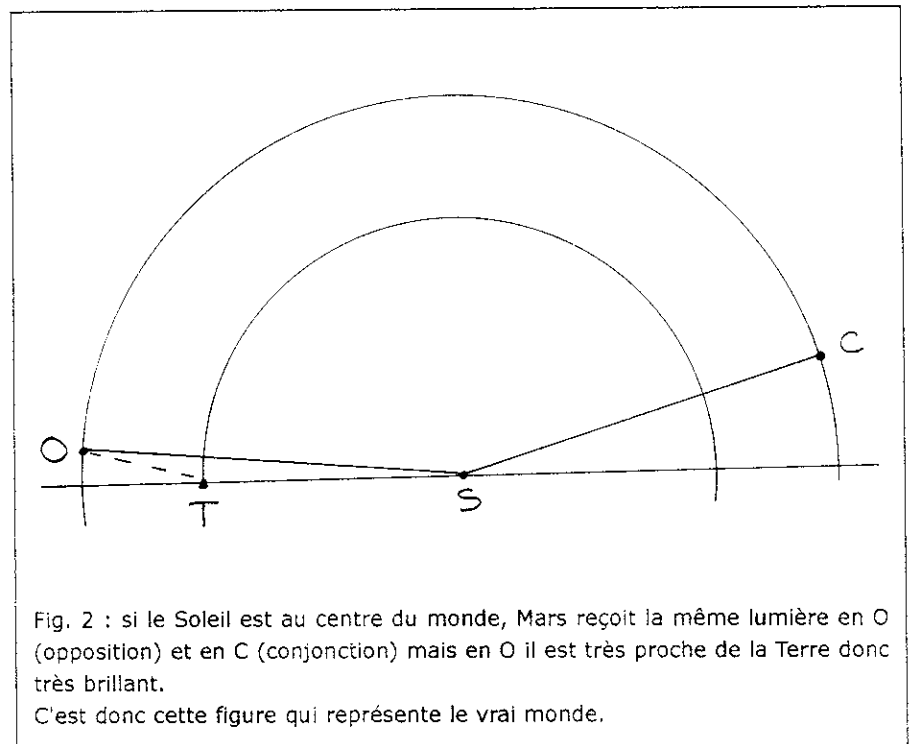


Fig. 2 : si le Soleil est au centre du monde, Mars reçoit la même lumière en O (opposition) et en C (conjonction) mais en O il est très proche de la Terre donc très brillant. C'est donc cette figure qui représente le vrai monde.

Ici on peut avoir quelques doutes, car les variations d'éclat de Jupiter et de Saturne sont faibles (d'après Danjon, une magnitude pour Jupiter, moins encore pour Saturne en principe, mais celui-ci varie aussi à cause de l'angle de l'anneau, ce qui complique beaucoup l'interprétation puisque Copernic ignorait son existence).

Il est certain que Copernic a vraiment vu la variation d'éclat de Mars (3 magnitudes). Pour Jupiter et Saturne en revanche, il a peut-être "fait semblant" ou bien il a "cru voir..." Ce ne serait pas la première fois dans l'histoire des sciences qu'on forcerait un peu les observations pour les rendre plus démonstratives.

Avec Mars on commence à pouvoir parler d'une preuve. Si Mercure, Vénus et maintenant Mars tournent autour du Soleil, l'immobilité de la Terre devient peu plausible. Tycho-Brahé a cependant essayé de maintenir ce dogme, au prix d'un système bizarre, peu satisfaisant. La conviction absolue de Copernic apparaît d'un bout à l'autre de la "Révolution des Orbes Célestes".

On aurait bien tort de le présenter comme un savant favorisé par la chance qui serait tombé sur la vérité plus ou moins par hasard. Comme il le dit lui-même, il a eu le mérite de regarder le monde "avec ses deux yeux" (ambobus oculis), laissant les questions insolubles et stériles aux controverses des philosophes (disputatio physiologorum). On croirait lire Pascal un siècle plus tard à propos du dogme d'Aristote "La nature a horreur du vide". Il y a ceux qui regardent avec leurs deux yeux, et ceux qui

imaginent des systèmes. Très moderne aussi la conviction que le temps, par l'accumulation des observations au cours des siècles, donne aux savants des matériaux nouveaux pour la recherche de la vérité. Là aussi on croit lire Pascal pour qui "l'humanité est comme un seul homme qui apprendrait toujours". Il n'y a donc pas lieu de considérer Ptolémée ou Aristote comme les détenteurs définitifs de la vérité. Enfin pour Copernic, l'Univers est beau (quand on le comprend bien) comme pour Kepler et pour Galilée.

On raconte que Copernic reçut le premier exemplaire de son livre le jour même de sa mort. C'est seulement 73 ans plus tard que Rome condamna l'ouvrage à l'occasion du procès de Galilée, pour des raisons dont les historiens discutent encore : règlements de compte internes dans l'Eglise et les universités, une affaire peu reluisante dont la controverse astronomique n'était qu'un aspect mineur. ■

Mars joue le rôle central dans la démonstration de Copernic à cause de sa grande variation d'éclat. Soixante ans plus tard, la même planète providentielle fournira à Kepler ses deux premières lois grâce à sa grande excentricité. Plus tard encore, elle fit rêver grâce à ses canaux, mais là on sort de la science pour entrer dans la légende.

Ouvrages cités :

Copernic : "Des révolutions des orbes célestes" 1543 ; texte latin , introduction, traduction et notes de A. Koyré. Ed. Blanchard 1970.

A. Koestler : "Les Somnambules" Presses -Pocket 1960.

A. Danjon : "Astronomie générale" Blanchard 1980 (réédition de l'édition de 1959).

Extrait d'un registre domestique tenu par M. Jehan Bonjour, notaire es foires de Champagne à Troyes (Annuaire de l'Aube, 1840).

Annie Pincaut a déniché les textes qui suivent et les propose à notre sagacité.

De quelles comètes s'agit-il ?

Quel est le phénomène lumineux ?

Etait-ce une éclipse totale ?

9 novembre 1577

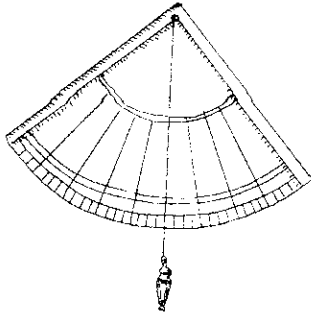
Au commencement du mois fut vue au ciel une comète qui se levait le soir entre 5 et 6 heures, avait une grande queue devant l'Orient. Plusieurs ont dit et estimé que c'était signe de guerre et famine.

May 1580

Vers la mi-septembre, entre 8 et 9 heures du soir fut vue en l'air une grande colonne de feu qui resplendissait en sorte que l'on pouvait lire et distinguer la monnaie, auquel jour et heure fut une ville d'Angleterre brûlée et une autre abymée comme on apprit 15 jours après. Au commencement de novembre fut vue une comète vers l'Orient se levant le soir vers les 7 heures, elle avait une grande queue rouge et dura plus de trois semaines. On la voyait encore à 4 heures du matin, l'été fut fort chaud et dura jusqu'à la Saint-Martin. Il y eut deux mois sans pluie, les moissons et vendanges furent fort belles.

1654

12 août s'est faite une grande éclipse de Soleil.



Jules Verne, vulgarisateur de l'astronomie ?

Colette Le Lay

HISTOIRE

Le but du présent article est d'étudier la genèse, les sources et les thèmes de sept romans de Jules Verne dont l'argument est astronomique enfin de tenter de répondre à la question du titre : Jules Verne peut-il être considéré comme un vulgarisateur de l'astronomie ?

Naissance et triomphe du roman scientifique

La rencontre de l'éditeur Pierre-Jules Hetzel, en 1862, marque un tournant décisif dans la carrière de Jules Verne qui n'était jusque là qu'un auteur mineur de pièces légères. Hetzel est de retour en France après un long exil à Bruxelles, conséquence du coup d'état de décembre 1851. Il entame une deuxième carrière et renoue avec ses amis républicains au rang desquels Jean Macé qui fut son camarade de collège. Hetzel et Macé partagent les mêmes convictions sur la nécessité de développer la lecture populaire. Ils décident de créer un bimensuel illustré qui consacra une place importante à la science. Dans ce Magasin d'éducation et de récréation qui voit le jour en 1864, Jean Macé assure la partie éducative, laissant à son compère la partie récréative et littéraire. Parallèlement au lancement de la revue, Macé et Hetzel participent au développement des bibliothèques populaires dont 20% des titres sont à caractère scientifique.

A leur grand regret, ils constatent que les lecteurs continuent à plébisciter les romans et à bouder les livres de vulgarisation. Jules Verne arrive à point nommé pour satisfaire à la fois le goût des lecteurs et les objectifs politiques des deux militants. Ses Voyages extraordinaires qui

paraissent en feuilleton dans le Magasin d'éducation et de récréation vont en devenir le principal argument de vente. Mais Hetzel est aussi un homme d'affaires qui perçoit que le public de Jules Verne ne se réduit pas au lectorat populaire. Pour les amateurs fortunés, il édite les romans dans des collections somptueuses.

Sept romans à argument astronomique

Des soixante-deux Voyages extraordinaires, j'ai retenu sept titres qui correspondent à ma préoccupation. Ce paragraphe a pour but d'en donner la date de parution et d'en faire un bref résumé.

1 - De la Terre à la Lune (1865)

C'est le quatrième roman de la série et il remporte un vif succès. Le thème est bien connu : les artilleurs du Gun club de Baltimore, désœuvrés par la fin de la guerre de Sécession, décident, sous l'impulsion de leur président Barbicane, de construire un gigantesque canon capable d'expédier un boulet vers la Lune. Un aventurier français, Michel Ardan propose de participer au voyage, en compagnie du président Barbicane et du sceptique Nicoll. A la fin du roman, le boulet est devenu satellite de la Lune.

2 - Autour de la Lune (1869)

La suite du précédent nous explique comment le boulet, dévié par un bolide¹, s'est mis à décrire une ellipse allongée autour de la Lune. Les trois voyageurs peuvent donc observer à loisir l'astre des nuits y compris sur sa face cachée. En allumant des fusées au moment crucial, l'équipage regagne la Terre sans encombre.

3 - Aventures de trois Russes et trois Anglais en Afrique Australe (1871)

Une commission d'astronomes mène une opération géodésique pour vérifier la mesure de méridien menée par Lacaille au Cap de Bonne Espérance en 1752. A la suite d'une déclaration de guerre entre les deux pays, Russes et Anglais poursuivent séparément leur entreprise scientifique, couronnée de succès malgré les embûches².

4 - Le pays des fourrures (1872)

La compagnie des fourrures de la baie d'Hudson décide de fonder une factorerie au Nord du soixante-dixième parallèle. Une grande voyageuse et un astronome participent à l'expédition. Ce dernier a pour mission d'observer une éclipse totale de Soleil, celle de 1860, afin de déterminer si les protubérances observées en 1842 sont solaires ou lunaires. La colonie s'installe mais son territoire ne tarde pas à se détacher du continent et à voguer vers le Pacifique, via la mer de Behring, en fondant peu à peu au fur et à mesure que la température se réchauffe. C'est sur un glaçon que s'achève le périple.

5 - Hector Servadac (1877)

Hetzel présente cet ouvrage comme un "roman cosmographique". Une comète frôle la Terre et lui enlève un bout de territoire des rives de la Méditerranée, peuplé d'un raccourci d'humanité (des français hâbleurs, des espagnols gais, des russes cultivés, des anglais flegmatiques, un juif usurier et un astronome irascible.) Après un voyage aux confins du système solaire, la comète nommée Gallia finit par revenir à son point de départ suscitant

chez le héros la question "était-ce un rêve ?"

6 - Sans dessus dessous (1889)

Vingt cinq ans après son triomphe, le Gun club décide de relever un nouveau défi : redresser l'axe de la Terre pour pouvoir exploiter les mines de charbon du pôle et, accessoirement, se débarrasser du phénomène inutile des saisons. Prévoyant les conséquences catastrophiques de la manoeuvre, le monde entier se ligue contre les mégalomanes qui échouent en raison d'une grossière faute de calcul de leur mathématicien.

7 - La chasse au météore (posthume 1908)

Ecrit en 1901, ce roman ne paraîtra qu'après la mort de l'auteur sous une version remaniée par son fils Michel. C'est la version originale qui est ici étudiée. Deux astronomes amateurs d'une petite ville américaine découvrent au même moment un météore et revendiquent la primeur de l'observation. Le conflit entre les deux anciens amis provoque la rupture entre le neveu de l'un et la fille de l'autre à quelques jours du mariage. L'analyse spectrale ne tarde pas à dévoiler que le bolide est en or pur. Il tombe au Groenland mais tous les curieux accourus sur les lieux en sont pour leurs frais : le météore s'effondre et se disloque dans l'océan.

Bien entendu, le principal intérêt de chacun de ces romans réside ailleurs que dans leur contenu astronomique. Mais mon étude porte uniquement sur cet aspect ce qui provoquera sûrement la frustration de quelques-uns de mes lecteurs.

Comment l'astronomie intervient

1 - l'information scientifique

Jules Verne use de plusieurs procédés pour faire passer auprès du lecteur le contenu scientifique de son propos. Nous allons maintenant en examiner quelques-uns.

a) la communication d'un personnage savant

Dans *De la Terre à la Lune*, le directeur de l'observatoire de Cambridge se voit offrir, dans le chapitre IV, la possibilité de répondre à une liste de questions que le Gun Club lui a fait parvenir.

Mais le modèle du cours savant est la leçon de Palmyrin Rosette dans *Hector Servadac*. Palmyrin Rosette, qui fut le professeur de physique du héros, se lance dans une authentique conférence sur les comètes au cours de laquelle il se propose de répondre à trois questions qu'il indique en introduction :

"1° *Quel est le nombre de comètes dans l'espace ?*

2° *Quelles sont les comètes périodiques ? (...)*

3° *Quelles sont les probabilités d'un choc entre la Terre et l'une quelconque de ces comètes ?*" (H.S p. 302)

Seize pages plus loin, la fiction reprend ses droits

b) le dialogue entre personnages

Mais dans la plupart des romans, l'information scientifique ne donne pas lieu à une prose comme celle que nous venons de décrire : elle est mêlée au déroulement de l'aventure. C'est notamment le cas dans *Autour de la Lune* où les observations de l'astre des nuits à travers le hublot du boulet fournissent à deux des protagonistes (Barbicane et Nicoll) l'occasion de faire part de leur savoir à leur compère Michel Ardan qui personnifie le profane plein de bon sens, rebuté par l'algèbre. Ses questions permettent à ses mentors de préciser leur pensée et de se faire comprendre par le commun des mortels.

"- *Ouf ! fit Michel un demi de zéro carré... ! Parle donc pour tout le monde homme algébrique !*

- *Eh bien, en langue vulgaire, répondit Barbicane, la distance moyenne de la Lune à la Terre, étant de soixante rayons terrestres, la longueur du cône d'ombre, par suite de la réfraction, se réduit à moins de quarante deux rayons...*" (AL p. 95)

c) le meeting destiné au grand public

Seul *De la Terre à la Lune* est le théâtre d'un tel événement. Michel Ardan désire convaincre les citoyens

américains de la possibilité d'un vol habité. Il use de toutes les armes de la persuasion :

"Voici, messieurs, la vitesse des différentes planètes. Je suis obligé d'avouer que, malgré mon ignorance, je connais fort exactement ce petit détail astronomique ; mais avant deux minutes vous serez aussi savants que moi. Apprenez donc que Neptune fait cinq mille lieues à l'heure..." (TL p. 162)

d) les journaux

Dans les deux derniers romans étudiés, Jules Verne a recours à un nouvel artifice : il compose une revue de presse dans laquelle les journaux semblent se répondre.

La mise aux enchères du pôle dans *Sans dessus dessous* comporte une clause évoquant d'éventuelles modifications du globe. Chacun des journaux y va de son interprétation :

"Est-ce que, par hasard, dit le *Delta*, de la Nouvelle Orléans, la nouvelle société s'imagine que la précession des équinoxes pourra jamais produire des modifications favorables à l'exploitation de son domaine ?

- Et pourquoi pas, puisque ce mouvement modifie le parallélisme de l'axe de notre sphéroïde ? fit remarquer le *Hamburger correspondant*.

- En effet, répondit la *Revue scientifique de Paris*. Adhémar n'a-t-il pas avancé dans son livre sur *Les révolutions des mers*, que la précession des équinoxes, combinée avec le mouvement séculaire du grand axe de l'orbite terrestre, serait de nature à apporter une modification à longue période dans la température moyenne des différents points de la Terre." (SDD p. 10-11).

e) l'information sans mise en scène

Si à plusieurs reprises, Jules Verne utilise des mises en scène pour communiquer l'information scientifique, la plupart du temps elle se fait sans recours au moindre procédé. Ainsi, le chapitre V de *De la Terre à la Lune*, intitulé "le roman de la Lune" est-il un résumé en huit pages de l'histoire de l'observation de notre satellite qui ne déparerait pas dans un livre de vulgarisation. C'est aussi de la même manière directe que Jules Verne présente l'argu-

ment astronomique du roman *Le pays des fourrures* :

"On sait que, pendant une éclipse totale de Soleil, la Lune est entourée d'une couronne lumineuse. Mais quelle est l'origine de cette couronne ? Est-ce un objet réel ? N'est-ce pas plutôt qu'un effet de diffraction éprouvé par les rayons solaires dans le voisinage de la Lune ? C'est une question que les études faites jusqu'à ce jour n'ont pu permettre de résoudre." (PF p. 31)

2 - la figure de l'astronome

La caractéristique majeure de tous les astronomes présents dans les romans de Jules Verne est leur inaptitude totale à la vie en société. Ainsi que le dit le langage courant, ils vivent tous sur leur "petite planète". Dans le cas du colonel Everest de l'observatoire de Cambridge et de Mathieu Strux de celui de Poulkovo, tous deux héros des *Aventures de trois Russes et trois Anglais*, s'y ajoute la rivalité due à l'ambition :

"Il est certain que deux glaçons, juxtaposés, finissent par adhérer entre eux, mais jamais deux savants, quand ils occupent tous deux une haute place dans la science." (ATR p. 40)

Quant à Nicolas Palander de l'observatoire de Kiev,

"toujours absorbé, [il] oubliait dans ses calculs qu'un danger quelconque menaçait ses collègues." (ATR p. 126)

Heureusement William Emery et Michel Zorn, plus jeunes sont aussi plus humains :

"Ils riaient, oui, ils riaient comme de simples mortels ; et non comme des gens graves, qui font leur société habituelle des comètes et autres sphéroïdes." (ATR p. 50)

Palmyrin Rosette, le professeur de physique d'Hector Servadac est caractériel, ni plus ni moins. Quand on le découvre presque mort de froid à la page 274, ses seuls mots sont pour revendiquer son droit de propriété sur sa "comète Gallia". Pendant le reste du voyage, il se tient à l'écart de la communauté, dans son réduit transformé en observatoire. A quelques pages du dénouement, il refuse de quitter sa comète et l'on doit le contraindre par la force à prendre place sur le ballon qui

permet de regagner la Terre. Thomas Black, l'astronome du *Pays des fourrures* est du même acabit.

"Dans la vie privée, c'était un homme absolument nul, qui n'existait pas en dehors des questions astronomiques, vivant dans le ciel, non sur la Terre (...) Avec lui pas de conversation possible, si l'on ne parlait ni d'étoiles ni de constellations. C'était un homme à vivre dans une lunette." (PF p. 30)

Ses interventions dans le roman sont rares mais fondamentales. C'est à la suite de l'observation de l'éclipse que les colons de la factorerie constatent que leur morceau de banquise a dérivé et c'est grâce à un procédé physique préconisé par Thomas Black que le radeau de glace parvient à ne pas fondre avant d'accoster.

Les deux astronomes amateurs de *La chasse au météore* ne se soucient pas plus de ce qui se passe autour d'eux, même dans leur propre famille. Ainsi pour Dean Forsyth :

"Rien ou presque rien de ce qui se passait à la surface de notre globe ne paraissait l'intéresser, et il vivait dans les espaces infinis." (CM p. 23)

Son rival, le docteur Hudelson présente les mêmes symptômes.

Devant de tels comportements, on peut s'étonner qu'une femme puisse trouver du charme à un scientifique. Tel est pourtant le cas d'Evangelina Scorbitt dans *Sans dessus dessous* :

"Oui ! ces savants lui paraissaient dignes de toutes les admirations et bien faits pour qu'une femme se sentit attirée vers eux proportionnellement aux masses et en raison inverse du carré des distances. Et précisément, J.T. Maston était assez corpulent pour exercer sur elle une attraction irrésistible." (SDD p. 46)

Les sources de Jules Verne

Découvrir les sources scientifiques de Jules Verne n'est pas chose aisée et la thèse de C.N Martin intitulée *Recherches sur la nature, les origines et le traitement de la science dans l'œuvre de Jules Verne* ne fournit que peu d'informations. La bibliothèque de Jules Verne pourrait constituer un indice intéressant. Les œuvres complètes d'Arago s'y trouvent ainsi que

L'Histoire des météores de Rambosson, *Le Ciel et Les Comètes* d'Amédée Guillemin. Mais Jules Verne fréquente aussi assidûment les bibliothèques publiques qu'il fait abonner à de nombreuses revues. Il expose sa méthode de travail dans une interview donnée en 1895 :

"Bien avant d'être romancier, j'ai toujours pris de nombreuses notes en lisant les livres, les journaux, les magazines ou les revues scientifiques. Ces notes étaient et sont toutes classées selon le sujet auquel elles se rapportent, et c'est à peine si j'ai besoin de vous dire à quel point cette documentation a une valeur inestimable."³

Son cousin, le professeur de mathématiques Henri Garcet, se révèle d'une aide précieuse pour les trois premiers romans étudiés, dont il corrige les épreuves. Une page de ses *Leçons nouvelles de cosmographie* est retranscrite en note de bas de page dans *Aventures de trois Russes et trois Anglais* pour présenter le principe de la triangulation⁴. Malheureusement, H. Garcet meurt en 1871 des suites des privations endurées pendant le siège de Paris.

Le savant le plus fréquemment cité dans les romans étudiés est de très loin François Arago dont le frère Jacques était un ami intime de Jules Verne. Celui-ci ne cache pas son admiration et mentionne à plusieurs reprises l'expédition géodésique pour prolonger la méridienne jusqu'aux Baléares. Dans une lettre à Hetzel où il présente son projet pour *Aventures de trois Russes et trois Anglais*, il écrit :

"Il s'agit d'une commission scientifique qui va mesurer un arc de méridien dans ce pays. C'est scientifique, mais pas trop. Je crois aussi que ce sera assez mouvementé. Ça m'a été inspiré par les travaux d'Arago faits dans des conditions à peu près semblables."⁵

Jules Verne fait référence à plusieurs autres savants. Ainsi rencontre-t-on Laplace dans *De la Terre à la Lune* et Hector Servadac, Humboldt et Herschel dans *La chasse au météore*, Babinet dans *Hector Servadac*.

Les succès de Jules Verne coïncident avec ceux de Flammarion. Ce dernier est son cadet de quatorze ans mais publie son premier ouvrage *La pluralité des mondes habités* en 1862 et sa

célèbre *Astronomie populaire* en 1880. Jules Verne le cite à une seule reprise dans *Hector Servadac* : il reprend des *Rêves de l'infini* une hypothèse, sujette à caution, sur l'âge des planètes, les plus éloignées étant considérées comme les plus anciennes. Il semble que les rapports entre les deux auteurs n'étaient pas au beau fixe et que Jules Verne reprochait à Flammarion son manque de rigueur scientifique. Mais je n'en sais guère plus...

Enfin, pour terminer sur les sources de Jules Verne, mentionnons son ami l'ingénieur Badoureaux à qui il demande d'effectuer les calculs nécessités par *Sans dessus dessous*. Ceux-ci sont exposés par le personnage au nom suggestif de Alcide Pierdeux.

Conclusion

Si l'astronomie revêt un caractère anecdotique dans *Le pays des fourrures*, elle constitue le ressort de l'action dans *De la Terre à la Lune*, *Autour de la Lune*, *Aventures de trois Russes et trois Anglais*, *Sans dessus dessous*, *La chasse au météore* et *Hector Servadac*, ce dernier roman étant d'ailleurs qualifié de "cosmographique". L'information scientifique occupe peu de place dans les romans tardifs. En revanche, elle est très présente dans les premiers et culmine dans *Hector Servadac*.

Tantôt, les connaissances que l'auteur veut faire passer sont mises en scène sous forme de conférence, de meeting ou d'échanges entre journaux, tantôt, elles sont distillées dans le cours de l'action au travers de dialogues entre les savants et les ignorants. Mais la plupart du temps, elles font l'objet d'un chapitre déconnecté du déroulement de l'aventure.

Le savant n'est pas le héros du roman car il se révèle inapte à la vie en société. Le héros est un homme de bon sens, souvent doté d'un solide sens de l'humour et d'une allergie à l'algèbre. Ses questions pertinentes obligent le savant à structurer sa pensée et à l'exprimer dans un langage accessible.

Jules Verne cite souvent ses sources et utilise parfois la note de bas de page. Son information scientifique est relativement rigoureuse et correspond aux savoirs de l'époque.

Si ses livres sont avant tout des livres d'aventure, ils ont sûrement contribué à répandre des connaissances astronomiques chez bon nombre de lecteurs qui n'auraient pas fait la démarche de lire des livres de vulgarisation. Ainsi ont-ils répondu à l'attente de J. Macé et P.J. Hetzel.

Jules Verne a donc participé, en créant un nouveau genre, celui du roman scientifique, à la diffusion des connaissances astronomiques auprès d'un vaste public dans le dernier quart du XIX^e siècle.

Bibliographie :

- Jules Verne (rééditions)
De la Terre à la Lune (TL), Paris, Folio junior, 1977.
Autour de la Lune (AL), Paris, Le livre de poche, 1999.
Aventures de trois Russes et trois Anglais en Afrique Australe (ATR), Paris, Hachette, 1982.
Le pays des fourrures (PF), Paris, Hachette, 1979.
Hector Servadac (HS), Paris, Hachette, 1967.
Sans dessus dessous (SDD), Paris, Glénat, sd.
La chasse aux météores (CM), Paris, Société Jules Verne, 1986.
C. Robin (sous la dir. de), *Un éditeur et son siècle* P.J. Hetzel (1814-1886), Nantes, ACL, 1988.
C.N. Martin, *Recherches sur la nature, les origines et le traitement de la science dans l'œuvre de Jules Verne*, thèse, 1980.
J.P. Dekiss, *Jules Verne l'enchanteur*, Paris, éditions du Félin, 1999.
M. Soriano, *Jules Verne*, Paris, Julliard, 1978.
Catalogue des expositions *Les mondes inventés*, Nantes, 2000.

Notes :

- 1 - Voir l'article de Jacques Vialle dans les CC n° 77 (printemps 1997).
- 2 - Voir l'article de Suzanne Débarbat dans les CC n° 73 (printemps 1996).
- 3 - Cité par J. P. Dekiss dans sa biographie, p. 133.
- 4 - Voir l'article de Suzanne Débarbat dans les CC n° 73 (printemps 1996).
- 5 - Cité par M. Soriano dans sa biographie (p. 161).

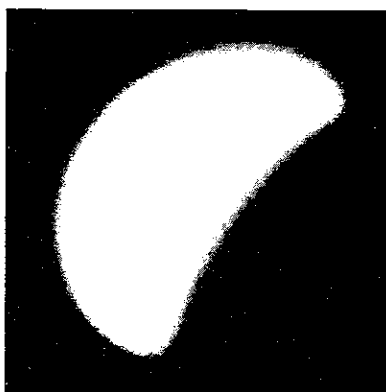
À propos de Vénus

Pierre Causeret

REMUE-MÉNAGES

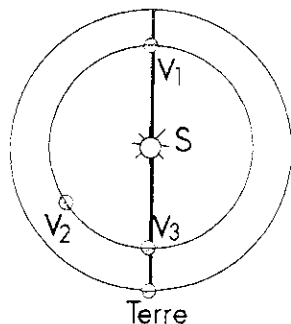


Vous avez sûrement admiré Vénus à l'oeil nu, très lumineuse dans le ciel du soir jusqu'à ces jours-ci, si brillante qu'elle surprend les observateurs occasionnels. J'ai encore reçu un coup de téléphone du journal de ma région au mois de février m'informant que des lecteurs les avaient avertis de la présence d'un OVNI dans le ciel et me demandant si j'étais au courant. La gendarmerie avait aussi été alertée. Après enquête, il s'agissait bien de la planète Vénus, improprement surnommée "étoile" du Berger.



La photo ci-dessus (photo Alain Jaquot - SAB) montre d'ailleurs bien que ce n'est pas une étoile puisqu'elle présente des phases : elle ne fabrique pas sa propre lumière mais ne fait que refléter celle du Soleil comme le fait la Lune.

Lorsque Vénus est en conjonction supérieure (position V1 sur le schéma ci-contre), comme c'était le cas le 11 juin 2000, toute sa face éclairée est tournée du côté de la Terre. En V3, elle est en conjonction inférieure (comme le 30 mars 2001) et c'est sa face obscure qui est dirigée vers la Terre. Entre ces deux oppositions, on pourra observer Vénus gibbeuse, en quartier ou en croissant.



La question.

On demande simplement de trouver la date à laquelle a été prise la photo, sachant que c'était il y a moins d'un an. On peut aussi

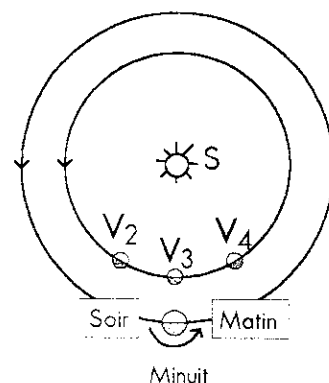
calculer la distance de Vénus ce jour-là et son diamètre apparent.

Données.

Conjonction supérieure de Vénus : 11 juin 2000. Conjonction inférieure : 30 mars 2001. Diamètre de Vénus : 12 000 km. Distance moyenne Soleil Vénus : 108 millions de km. Distance moyenne Soleil Terre : 150 millions de km. Période de révolution synodique de Vénus (intervalle entre deux conjonctions supérieures) : 584 jours. On considérera que Vénus est animée d'un mouvement circulaire uniforme.

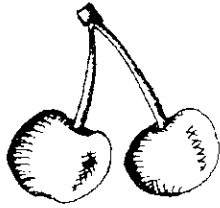
Continuez à observer Vénus dans le ciel du matin.

Avant la conjonction inférieure du 30 mars, Vénus était visible le soir (V2). A partir du mois d'avril, il faudra la chercher le matin (V4), mais basse sur l'horizon donc juste avant le lever du Soleil.



Solution du RM 92.

Le diamètre du Soleil sur la photo du n°92 était de 65 mm pour 1 400 000 km en réalité soit 1 mm pour 22 000 km. La tache mesurant à peine 1 mm, on pouvait estimer son diamètre réel à environ 20 000 km : c'est quand même plus gros que la Terre. Avec la pénombre, on arrive à 50 000 km. Le maximum d'activité solaire semble maintenant passé, ce qui n'empêche pas que l'on peut encore avoir de belles et grandes taches. ■



Compte-rendu de l'AG 2000

Questions-réponses

VIE ASSOCIATIVE

Compte-rendu de l'AG du CLEA 17 décembre 2000

Elle a eu lieu cette année à Toulouse où Josée Sert et Jean Ripert nous ont accueilli dans le cadre de la Cité de l'Espace.

Josée Sert a ouvert cette assemblée à 10 h, devant une soixantaine de participants, en remerciant tout particulièrement la responsable du service éducatif de la Cité : Marilynne Corre-Desjours, ainsi que Jean-Noël Sarraïl qui tous deux ont permis la tenue de cette AG dans les locaux de la Cité de l'Espace.

Lucienne Gouguenheim, notre présidente, a présenté l'ordre du jour et a eu une pensée toute particulière pour les absents : Martine et Michel, Michèle, Béatrice ... et ceux pour qui Toulouse était trop éloigné, elle a ensuite animé les discussions en essayant de respecter les horaires !

Le compte rendu financier

Catherine Vignon qui arrive à la fin de son mandat de trésorière a présenté des comptes à peu près équilibrés même si cette année est une "année maigre" par le jeu des abonnements sur deux ans.

Elle a insisté sur le bon rapport des HS 8, HS1 et toujours les diapositives D5 sur la rétrogradation de Mars ainsi que les lots de filtres et réseaux, ceci étant sans doute dû aux nouveaux programmes de seconde.

Dans les dépenses il faut noter en particulier : le tirage du HS 8 et de ces diapositives, le retraitage des diapositives D5 et D7, la fabrication du premier CD Rom du CLEA.

Le bon équilibre des finances permet de ne pas envisager d'augmentation de tarifs.

Le compte rendu financier a été approuvé à l'unanimité ainsi que le maintien des tarifs actuels, Catherine a été très applaudie et remerciée pour son travail.

Quelques remarques sur le peu de ventes des fiches CLEA-BELIN : il serait peut-être judicieux de présenter ces fiches sur le site du CLEA pour rappeler leur existence !

Le CLEA dispose d'autre part d'un "Trésor de Guerre" (argent Poste-Epargne) qui sera sans doute utilisé pour relancer des écoles d'été.

La nouvelle production CLEA : le CD-Rom des nouveaux programmes de seconde

Lucienne parle de la sortie il y a tout juste 15 jours de ce CD-Rom particulièrement intéressant et vendu au prix de 50 F.

Il a été réalisé grâce à un travail d'équipe entre quatre membres du GRP : Francis Berthomieu, Marie-Agnès Lahellec, Jean Ripert, Daniel Toussaint et avec "l'esprit CLEA" c'est à dire qu'il donne des pistes de travail aux professeurs mais pas de TP "clef en main" !

Francis Berthomieu nous fait une démonstration de l'utilisation de ce CD accessible sous Word 6, Word 97, 2000 et HTML ...

Il nous parle de son contenu : on y trouve des bases documentaires, des propositions d'activités élèves, un lien entre l'espace et le temps, mais aussi une version du site internet du CLEA permettant une connexion directe, autant de choses qu'il faut rapidement découvrir.

Les éventuels problèmes que l'on peut rencontrer dans l'utilisation de ce CD devront être signalés à Francis.

Chacun doit aussi s'efforcer à faire de la publicité par exemple auprès des IPR, centre IUFM etc...

Le site du CLEA

Il y a de 1000 à 2000 visites par mois, un changement d'adresse a eu lieu au début du mois de septembre elle est devenue :

<http://www.ac-nice.fr/clea>
(enlever le 2 après www)

Il faut souligner le travail énorme réalisé par Francis Berthomieu qui renouvelle les pages régulièrement et en assure le fonctionnement.

Chaque correspondant académique pourrait vérifier que ce site est bien référencé dans son académie.

Le nouveau programme de seconde

Quelques interventions rapides (étant donné l'horaire !) sur le contenu n'ont pas permis un véritable débat, certains trouvent ce programme trop ambitieux : on y parle de diffraction, de longueur d'onde sans l'expliquer vraiment...

Pour d'autres il permet un véritable éveil de la curiosité scientifique, surtout pour les élèves qui continueront dans des filières littéraires.

Certains pensent que ces nouveaux programmes vont induire des changements sur la façon de travailler au niveau du collège.

Le débat reste ouvert...

Eclipse de Lune du 09/01/01

Lucienne nous présente une plaque éditée à cette occasion par la SAF, le CLEA en offre une à chaque participant à l'AG.

Intervention de Rosa Maria Ros de l'Université polytechnique de Catalogne :

Rosa Maria nous a présenté, avec son enthousiasme habituel, une activité qu'elle réalise avec des étudiants, cette activité n'est pas pour elle une nouveauté mais elle a évolué au fil des années !

Un professeur de Sciences ne peut pas enseigner sans un laboratoire ; pour l'astronomie le laboratoire se trouve



dans la cours du lycée... comment faire dans la salle de classe ?

L'utilisation de la sphère céleste est sûrement une bonne méthode mais l'étudiant ne s'y retrouve pas tout est inversé puisqu'il est à l'extérieur de cette sphère céleste !

Un cours d'astronomie ne peut démarrer que si l'étudiant n'a plus aucun problème d'orientation, généralement il connaît la théorie mais il a des difficultés sur le terrain !

Pour cette raison Rosa Maria a imaginé une maquette dont elle nous a présenté un "modèle réduit" : le premier travail consiste à photographier l'ensemble de l'horizon de façon à pouvoir reproduire à l'intérieur de la classe le même modèle qu'à l'extérieur.

Après avoir mesuré à l'extérieur la latitude du lieu (avec l'étoile polaire), on peut matérialiser sur la maquette à l'aide d'une tige rigide l'axe de rotation de la Terre, la direction Nord-Sud, le méridien du lieu : on a reproduit dans la salle de classe ce qui existe à l'extérieur avec en plus les "lignes" nécessaires à l'orientation.

Il manque l'équateur, pour connaître sa position par rapport à l'horizon il est nécessaire de photographier les étoiles en filé.

Suivant la région visée les élèves verront qu'autour de l'étoile polaire on obtient des cercles puis des arcs de cercles dont la concavité change de sens ; entre les deux on obtient des

lignes droites : cela correspond à l'équateur céleste.

La photo réalisée dans la zone de l'équateur sera placée sur la maquette précédente, elle permet de placer un arceau matérialisant l'équateur.

De la même façon des photos des lever et coucher du Soleil aux deux solstices permettent de positionner le tropique parallèlement à l'équateur. Certains élèves découvriront que le Soleil ne se lève pas toujours à l'Est !

Sur la grande maquette réalisée dans la classe on pourra aussi montrer le fonctionnement d'un cadran solaire vertical ou horizontal en utilisant une lampe de poche comme Soleil portable !

Un petit parapluie sur lequel seront dessinées des constellations : une constellation par saison permettra de trouver leur position au dessus de l'horizon.

Cette réalisation concrète à l'intérieur de la salle de ce que l'on voit à l'extérieur permet à chacun de s'orienter et donc de mieux comprendre la théorie.

Rosa Maria a terminé son exposé en nous montrant une maquette de la NASA qui est un "modèle de poche" permettant de matérialiser la course du Soleil, elle en a réalisé une version de nuit... qui permet de connaître la position des constellations.

Les applaudissements très chaleureux de la fin de l'intervention de Rosa Maria montrent combien tous les participants ont apprécié sa démonstration !

La Cité de l'Espace :

Jean-Noël Sarraïl a ensuite très rapidement pris la parole pour nous présenter le dossier des groupes scolaires réalisé par le service éducatif et nous donner quelques renseignements sur la visite programmée en début d'après-midi.

Lucienne remercie toute l'équipe organisatrice et lève la séance à 12 h10.

Après un repas pris dans le très agréable restaurant de la cité, Jean-Noël nous a entraînés dans une visite très passionnante du parc extérieur puis de l'intérieur de la cité.

Cette visite (hélas trop courte) a permis de montrer à tous les nombreuses possibilités de la Cité et nous a surtout donné envie de revenir !!

La journée s'est terminée par la conférence de Philippe Laporte, ingénieur de recherche au CNES, spécialiste des rayonnements gamma, qui nous a parlé de "l'astronomie du ciel invisible" et nous a présenté l'Univers à toutes les longueurs d'onde.

Merci encore à toute l'équipe organisatrice pour cette belle journée toulousaine !



Lucette Mayer.

Composition du Conseil du CLEA pour l'année 2001.

Agnès ACKER ; Daniel BARDIN ; Francis BERTHOMIEU ; Martine BOBIN ; Michel BOBIN ; Lucette BOTTINELLI ; André BRAHIC ; Pierre CAUSERET ; Jean CHAPELLE ; Frédéric DAHRINGER ; Jacques DUPRE ; Bernadette DURIEUX ; Marie-France DUVAL ; Jean-Luc FOUQUET ; Christiane FROESCHLE ; Joël GAUDRAIN ; Cécile FERRARI ; Michèle GERBALDI ; Lucienne GOUGUENHEIM ; Edith HADAMCICK ; Eric JOSSELYN ; Marie-Agnès LAHELLEC ; Christian LARCHER ; Lucette MAYER ; Georges PATUREL ; Jean-Claude PECKER ; Claude PIGUET ; Annie PINCAUT ; Jean RIPERT ; Béatrice SANDRE ; Nicole SANGLERAT ; Liliane SARRAZIN-VILLAS ; Evry SCHATZMAN ; Claudine SEMERJIAN ; Josée SERT ; Daniel TOUSSAINT ; Victor TRYOËN ; Michel VIGNAN ; Catherine VIGNON ; Denise WACHEUX ; Gilbert WALUSINSKI.

Question-réponse : la Lune penchée

Francis nous rappelle l'existence de la rubrique Questions... sur le site CLEA et nous propose un exemple de question-réponse. L'adresse du site CLEA a changé : <http://www.ac-nice.fr>

"Croissants couchés ?"

Question : pourrait on avoir une explication (simple si possible et avec des schémas) du fait que les croissants de Lune sont vus couchés à l'équateur ou dans l'hémisphère Sud ?

"Une équipe de professeurs de Physique du lycée E. Herriot de Lyon"

Réponse : il n'est pas tout à fait exact de dire que les croissants de Lune sont "couchés" dans l'hémisphère Sud...

Ils sont, comme chez nous, légèrement "penchés", selon l'heure de la journée, mais dans le sens inverse...

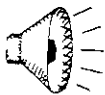
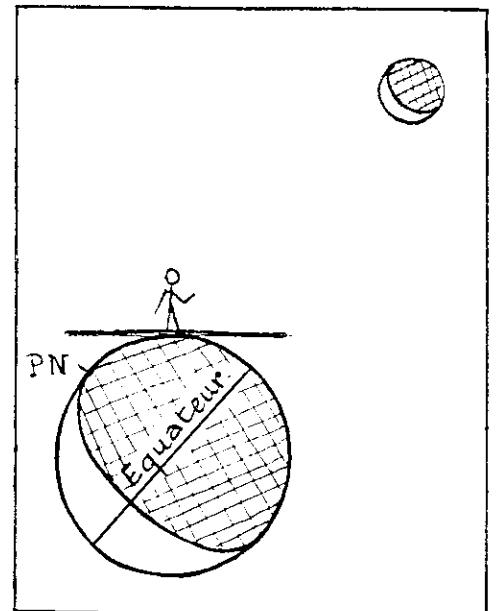
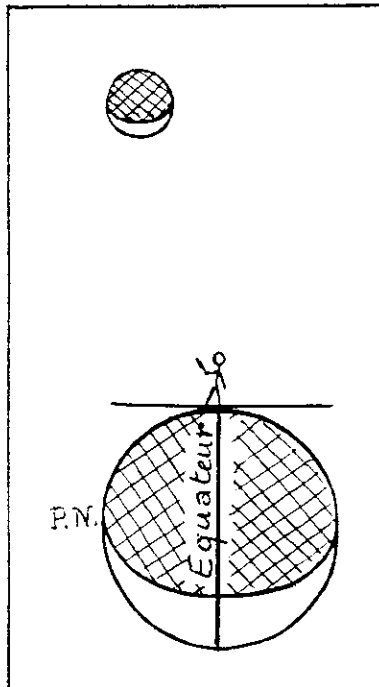
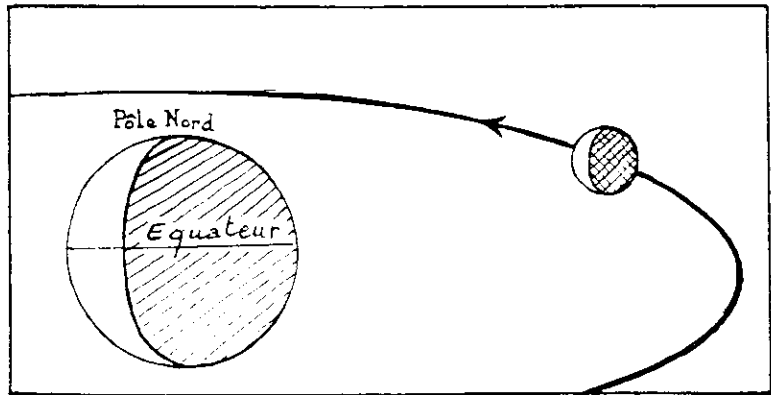
Pour s'en convaincre, les schémas qui suivent permettent de comprendre pourquoi les croissants sont vus "couchés" depuis l'équateur, et "penchés" depuis l'hémisphère Nord...

Quittons donc la Terre pour voir la scène depuis l'espace

Puis voyons ce que perçoit un observateur, selon son lieu d'observation ...

A vous de construire le schéma équivalent pour un observateur de l'hémisphère Sud !

Francis Berthomieu



Colloque IREM-APMEP

L'IREM de Rouen et l'APMEP de Haute-Normandie organisent à Rouen les **6, 7 et 8 avril 2001** un colloque :

Les instruments scientifiques dans le patrimoine : quelles mathématiques ?

Au programme :

Des ateliers de découverte des instruments scientifiques conservés dans les musées de la région et décrits dans le fond de livres anciens de la bibliothèque municipale de Rouen : compas de proportion, carrés géométriques, pentagones, astrolabes, cadrans solaires, sextants, graphomètres.

Des conférences ou exposés replaçant ces instruments dans leur contexte scientifique, une histoire de la trigonométrie, l'introduction du système métrique, la mesure de la Méridienne, la géométrie pratique, Mesures et Statistique, une histoire du temps, mathématiques et navigation.

Ce colloque est ouvert à tous. prenez contact dès à présent avec l'IREM de Rouen : tél 02 35 14 61 40
<http://www.univ-rouen.fr/sciences/IREM/colloque01.html>



Peut-on penser l'astrologie ?
Impasciences
Pythéas
L'aventure des sondes françaises
Vie et moeurs des étoiles

LECTURES POUR LA MARQUISE

**Peut-on penser l'Astrologie :
science ou voyance ?**

Edouard Collot et Daniel Kunth
éd. Le Pommier 2000 ; 285 p. ; 119 F.

Il y a quelques années, les éditions PUF, dans leur célèbre collection "Que sais-je ?" ont remplacé le livre écrit par Paul Couderc en 1961, et maintenant épuisé, par celui de la biologiste Suzel Fuzeau-Braesch. Avec le même titre "l'Astrologie" les thèses exposées sont fondamentalement différentes : Paul Couderc établit que l'astrologie n'est pas une science alors que Suzel Fuzeau-Braesch défend l'astrologie dite savante.

Un nouvel ouvrage destiné au grand public cultivé sur les rapports entre la science et l'astrologie n'est donc pas inutile. Ce récent livre ne se contente pas d'appréhender l'astrologie par les sciences de la nature mais aussi par les sciences humaines. Les auteurs, Daniel Kunth, astrophysicien à l'I.A.P. et Edouard Collot, médecin psychiatre et psychothérapeute ont accepté de faire élaborer leur thème astral par une astrologue professionnelle afin de mieux comprendre l'astrologie en la pratiquant au moins une fois.

D. Kunth et E. Collot ont structuré leur livre en trois grandes parties.

Une visite chez l'astrologue.

Après une présentation d'une partie significative de son thème astral (l'intégralité de chaque thème étant renvoyée en fin d'ouvrage), chacun des auteurs expose sa réaction en reconnaissant les qualités humaines de l'astrologue capable d'établir un véritable échange avec ses patients.

Daniel Kunth explique comment la séance se transforme peu à peu en séance

de psychologie et comment lui-même devient un informateur des étapes de son enfance que l'astrologue justifie a posteriori par les influences planétaires.

Edouard Collot, habitué par son métier à la relation thérapeutique a finalement le sentiment d'une certaine banalité dans les propos de l'astrologue.

Les auteurs analysent ensuite la consultation astrologique qui repose principalement sur la relation entre une personne "supposée savoir" et une autre en situation "d'attente croyante".

Certaines entreprises utilisent l'astrologie pour leur recrutement ; des dirigeants s'entourent d'astrologues ; l'astrologie de presse et de radio est florissante, l'astrologie boursière se développe...

"L'astrologie s'adapte remarquablement à nos désirs, collectifs ou individuels, et ce d'autant que nous pouvons choisir l'astrologue (ou la presse) qui correspond à nos représentations, à nos présupposés, et que, de ce fait, nous pouvons entendre ce que nous souhaitons entendre. Mais une méthode aussi adaptable est-elle crédible ?".

Les auteurs mettent en évidence l'importance de la représentation sociale de l'astrologie (qui évolue de la rumeur à la croyance pour aboutir à la conviction) et le risque de manipulation individuelle.

De l'astrologie à la science.

Ce chapitre établit clairement que l'astrologie ne peut être appréhendée par les sciences de la nature. Les méthodes sont radicalement différentes et plus la science progresse plus le fossé se creuse entre l'astrologie et les sciences exactes malgré les efforts des astrologues dits "scientifiques".

Les auteurs nous donnent d'abord

quelques notions d'histoire de l'astrologie et expliquent ses principes fondamentaux et ses modes de fonctionnement.

Les critiques classiques de l'astrologie dont le ciel est différent de celui de l'astrologue sont bien sûr passées en revue.

Les astrologues qui cherchent un fondement scientifique à l'influence des astres se heurtent aux arguments des astronomes. Mais la plupart se gardent de confronter leur art aux expériences et aux méthodes de la science et considère l'horoscope comme un support de voyance ou de l'ésotérisme.

"Le fait que la connaissance scientifique se construise contre certaines évidences et contre les données immédiatement perçues par nos sens sépare l'astrologie et l'astronomie. Le ciel étant un défi aux sens et au bon sens : illusion que la voûte céleste, illusion et apparence que les distances et les fausses proximités, illusion, encore, que le géocentrisme et le mouvement apparent du Soleil qui fait prendre le mobile pour l'immobile et vice-versa. Le ciel des astrologues se limite à celui que chacun peut apercevoir à l'oeil nu : quelle astrologie se serait développée au sein d'un monde perçu dans l'infrarouge ou l'ultraviolet ?".

Les auteurs montrent que la réfutabilité des théories scientifiques fait face à l'autorité de l'astrologie. Ils nous donnent des exemples d'utilisation des statistiques. Ils montrent que les limites et les mystères de la science ne sont en aucune façon équivalentes à celles de l'astrologie.

L'astrologie face aux sciences de l'homme.

L'objet de ce chapitre est de chercher pourquoi l'astrologue peut avoir raison tout en se trompant sur l'efficacité de l'horoscope : s'agit-il d'une simple intuition ou d'un don relevant de phénomènes humains ?

Moins convaincants que dans le chapitre précédent les auteurs passent en revue un certain nombre de phénomènes étranges puis proposent une interprétation des succès de l'astrologie en terme de voyance. Ils restent très prudents en proposant des interroga-

tions et non des certitudes.

Leur analyse dépasse ici le problème de l'astrologie pour une réflexion sur les liens entre sciences de la nature et sciences humaines.

Pour conclure, la lecture de ce livre ne peut qu'enrichir notre pensée sur les sciences en général.

Martine Bobin

Impasciences.

Chroniques : réflexions impertinentes et comptines mordantes pour mettre la science et la technique à la raison.

Jean-Marc Lévy- Leblond,
éd. Bayard 2000 ; 190 p. ; 110 F.

Inutile de présenter Jean-Marc Lévy- Leblond, sa culture, son humour et ses efforts incessants pour une vulgarisation de qualité de la science.

Ces chroniques ont été publiées dans le magazine Eurêka et traitent essentiellement des rapports entre sciences, techno-science et société. C'est un livre impressionniste, à déguster par petits bouts. Les thèmes sont simplement abordés et accompagnés de réflexions stimulantes et souvent provocantes. Le but n'est pas de traiter un sujet de manière exhaustive mais de proposer un regard différent. Les textes sont bien écrits et plein d'humour ce qui en rend la lecture très agréable.

Un classement en 5 parties permet de structurer l'ensemble :

- ouvrages : la science entre nature et culture ;
- passages : la science entre diffusion et confusion ;
- ancrages : la science entre avenir et souvenir ;
- dommages : la science entre savoir et pouvoir ;
- images : la science entre mythes et faits.

Il est bien difficile de faire la synthèse d'un tel ouvrage, aussi vais-je me contenter de ne citer que quelques unes des réflexions que j'ai trouvées intéressantes pour vous mettre l'eau à la bouche.

"Pourquoi ne pas s'émerveiller devant la complexité du monde réel plutôt que de chercher la simplicité illusoire des explications surnaturelles ?

Car l'irrationalisme contemporain a sans doute une paradoxale raison d'être : loin que la science dépouille le monde de son merveilleux, elle le rend peut-être plus mystérieux encore... Croire aux soucoupes volantes, à la psychokynèse, à la télépathie, à l'astrologie, ne serait-ce pas plus facile finalement, et au fond beaucoup moins amusant, que de comprendre les électrons, les neurones, les virus, les étoiles - le monde tel qu'il est ?"

"Que la pratique expérimentale ne soit pas assez développée dans l'enseignement ne devrait pas amener, comme c'est implicitement le cas, à développer une conception platement empirique de la recherche scientifique. La manipulation, l'observation ne sont pas en elles-mêmes productrices de savoir si elles ne sont soumises à réflexion, intégrées dans une pensée : la théorie n'est pas seconde à l'expérience mais conjuguée - impossible de comprendre l'une si l'autre n'est pas là. Présenter la science comme un savoir-faire ne rend justice ni à son complexe développement historique, ni à sa riche dimension intellectuelle, mais risque de conforter sa néfaste tendance actuelle à se transformer en une technoscience purement opératoire... Permettons, certes, à nos enfants de mettre "la main à la pâte". Mais la tête aussi."

"Aussi est-il nécessaire, en permanence, de protéger la validité des affirmations scientifiques en revenant sur leur condition de pertinence, en explicitant la signification de leurs notions. A omettre de poursuivre ce travail d'élucidation et de clarification, la science perdrait ce qui fait sa force singulière - à savoir le caractère précisément spécifié de ses idées et de ses mots ; elle se condamnerait à n'être plus qu'un recueil de formules, peu à peu vidées de leur sens."

"La modernité de nos découvertes ne saurait occulter les très amples décalages entre d'anciens problèmes et leur solution récente (ou, plus souvent encore, à venir...). L'avancée du front des recherches scientifiques, loin de ratisser uniformément l'ensemble du champ de nos interrogations, laisse subsister à l'arrière de grandes zones d'ignorance.

Nos capacités de calcul numérique l'emportent très largement sur nos pos-

sibilités d'entendement conceptuel. Que les ordinateurs puissent simuler des systèmes de plus en plus complexes et nous montrer les conséquences des lois que nous tenons pour valides ne signifie pas que nous maîtrisons les phénomènes ainsi reproduits.

Nos pouvoirs de transformation s'accroissent plus vite que nos pouvoirs de compréhension : nos savoir-faire dépassent nos savoirs à nouveau... Car c'est le paradoxe de la moderne technoscience qu'elle renoue ainsi avec la longue histoire de la technique humaine, par delà moins de deux siècles d'illusions."

Martine Bobin

PYTHEAS - Πυθαεας

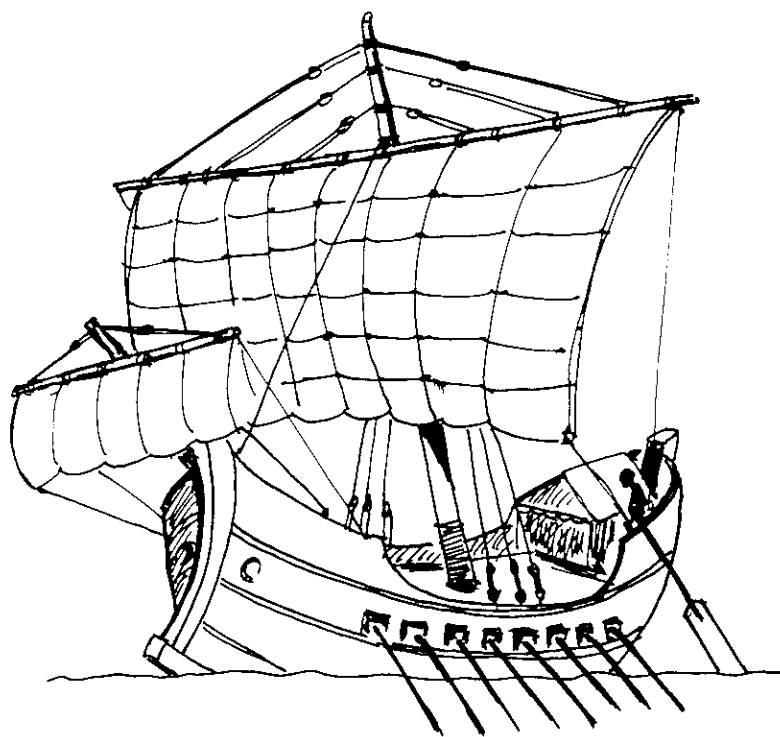
H. Journès, Y. Georgelin et J.M. Gassend.

Editions de la Nerthe, 295F

Ce livre est à recommander aux amoureux de l'histoire maritime, de l'histoire de l'astronomie, des histoires d'hommes exceptionnels. Le livre a été écrit par des chercheurs, astronomes, enseignants qui ont mis toute leur érudition à reconstituer la vie scientifique et aventureuse de l'explorateur astronome massaliote (nous dirions aujourd'hui "marseillais"), Pythéas, né 320 ans avant J.C. et parti sur son navire Artémis explorer les contrées nordiques jusqu'en Islande pour en rapporter des observations astronomiques de grande valeur.

Le livre est intéressant à plus d'un titre : Il est remarquablement illustré par de magnifiques aquarelles qui remplacent les photographies d'époque et qui expliquent les phénomènes astronomiques fondamentaux découverts par Pythéas. Ces aquarelles permettent d'illustrer la technique de fabrication des bateaux comme l'Artémis utilisé par notre héros et font du livre une vraie œuvre d'art.

Le livre fourmille aussi d'informations originales : vous y apprendrez d'où provient l'appellation de cité Phocéenne donnée à la ville de Marseille ainsi que l'origine étymologique du verbe baragouiner et bien d'autres choses.



A une époque où le livre glisse vers le virtuel, le beau livre peut devenir un objet précieux.

Sachez que les auteurs du texte font don de leurs droits à la Société Nationale de Sauvetage en Mer. En prévision des fortes tempêtes à venir, je souhaite un franc succès à cet ouvrage.

La table des matières :

Heureux qui comme Pythéas
Qui était Pythéas ?
Pythéas, un astronome qui avait raison
La navigation de Pythéas
Vers les colonnes d'Hercule, à la découverte de l'Océan, ses courants, ses marées
Vers la pointe de Penmarc'h et l'île d'Ouessant à la découverte de la Gaule armoricaine
Vers les îles Cassitérides : la route de l'étain (la découverte des îles Britanniques)
Thulé, le Soleil de minuit et le poumon marin
A la recherche de l'ambre de la Baltique et du passage des Argonautes
Pythéas et la postérité.
Références bibliographiques
Pythéas, un Européen

Georges Paturel

L'aventure des fusées-sondes françaises (1949-1979)

BT 1119, juin 2000

par Jean-Pierre Penot (CNES) ; 40 F.

Les premières fusées-sondes françaises, héritées des V2 allemands, ont décollé d'Hammaguir, dans le Sahara algérien ; elles avaient d'abord uniquement un but militaire, mais à partir de la création du CNES, en 1961, s'ajoutent des intérêts scientifiques : la recherche spatiale française était née.

Le dossier, présenté avec la clarté qui caractérise les BT du CNES, se lit avec intérêt. On y explique d'abord ce qu'est une fusée-sonde, qui permet de transporter des instruments dans la haute atmosphère terrestre, entre 100 et 20000 km d'altitude, dans des régions que n'atteignent pas les ballons et où ne descendent pas les satellites.

La campagne coordonnée par le CNES, a porté sur plusieurs domaines scientifiques : l'étude de la haute atmosphère et des recherches apparentées dans le domaine des télécommunications ; l'étude des rayonnements X, UV et IR du Soleil et des étoiles et enfin la biologie, pour étudier les comporte-

ments d'animaux permettant de prévoir celui des hommes.

Aux premiers propulseurs à poudre succède la famille des fusées Véronique, qui utilisent une propulsion à liquide, dont la poussée peut-être modulée. C'est près de 300 lancements qui seront effectués en une douzaine d'années.

Le CNES a conduit ainsi une succession de campagnes, que relate le dossier, avec des témoignages de ceux qui les ont vécues, qui racontent le Sahara, la Terre Adélie et les Kerguelen puis la campagne d'Amérique du Sud, en Argentine puis en Guyane, où le site de Kourou prit la relève de celui d'Hamaguir, abandon-

né après les accords d'Evian.

A la fin 1974, la politique spatiale de la France s'oriente vers une priorité à la collaboration européenne et la construction d'Ariane.

L'aventure des fusées-sondes - et avec elle une véritable épopée humaine - est terminée.

On lira aussi dans le même numéro un intéressant petit dossier sur Robert Esnault-Pelterie, inventeur, constructeur et pilote d'aéroplanes, qui fut aussi le premier français à s'intéresser à l'astronautique : il considérait les voyages interplanétaires comme le prolongement naturel de l'aviation.

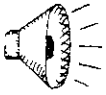
Lucienne Gouguenheim

Vie et moeurs des étoiles

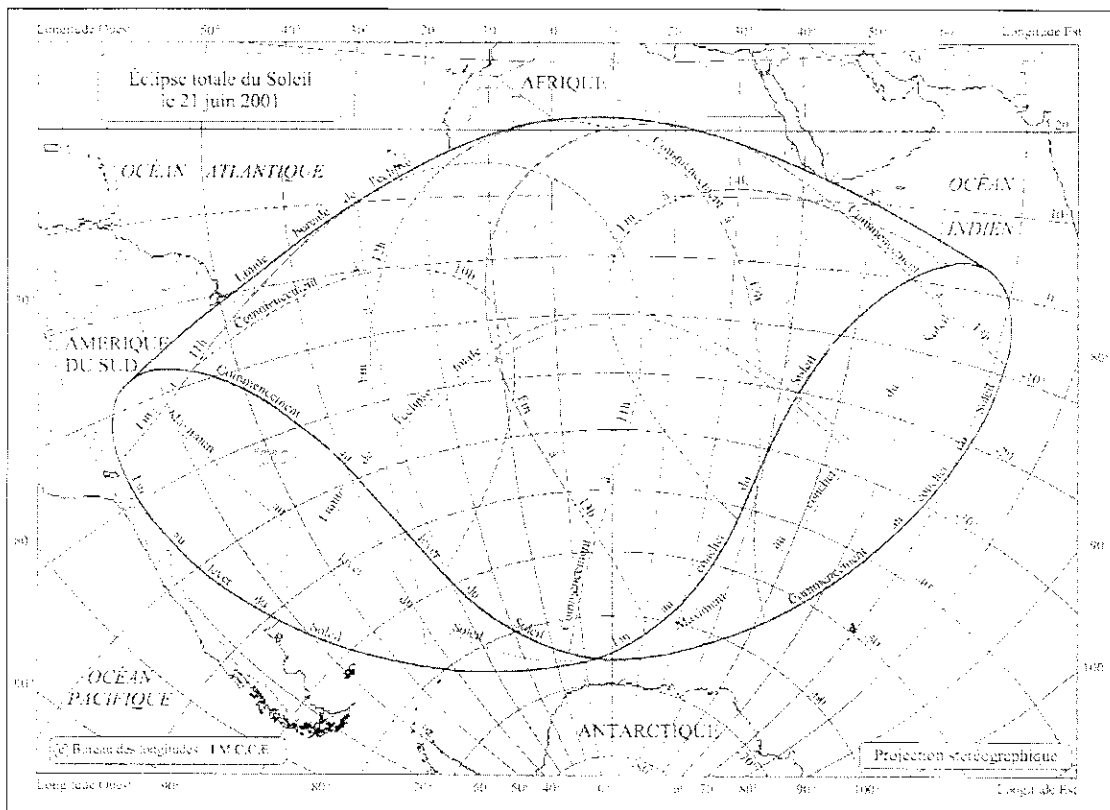
Dossier "Pour la Science", 45 F

Voilà une belle mise au point sur les connaissances actuelles dans le domaine de l'évolution stellaire. Les 25 contributions couvrant le sujet sont classées en trois grands thèmes : règles du jeu et mécanismes ; genèse et enfance ; fin de vie. On met l'accent sur des mécanismes importants et à l'oeuvre à différents stades et / ou dans différents environnements (disques et jets, échange de matière). Ce dossier présente les découvertes récentes permises par des instruments de plus en plus perfectionnés, et montre bien l'interaction incessante entre la théorie et l'observation.

Martine Bobin

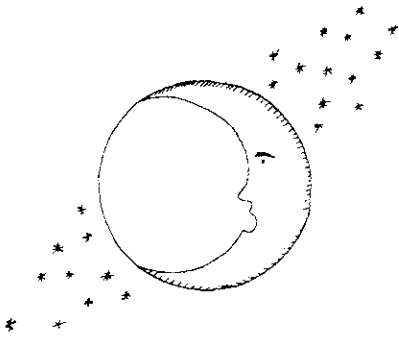


Eclipse totale de Soleil du 21 juin 2001



Cette éclipse est la première éclipse totale du XXI^e siècle. Elle porte le numéro 7636 dans le canon d'Oppolzer et appartient à la série de Saros numéro 127 du canon d'éclipses de Mucke et Meeus. Sa bande de centralité débute sur l'océan Atlantique Sud au sud-ouest du Brésil, puis traverse l'Afrique d'ouest en est, en passant sur l'Angola, la Zambie, le nord du Zimbabwe, le Mozambique et Madagascar, puis elle se termine dans l'océan Indien à l'est de Madagascar.

Une recherche des conditions favorables, tant climatiques que de sécurité, ont conduit une équipe de Meudon et du Bureau des Longitudes à choisir la Zambie comme site d'observation, à 50km au nord de Lusaka.



Des nouvelles du VLT

Lucienne Gouguenheim

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE

Les 4 télescopes de 8 mètres du "Very Large Telescope" (VLT) construits par l'Observatoire Européen Austral (ESO) au Mont Paranal au Chili sont maintenant tous en opération.

Grâce à leur grande surface collectrice et à l'exceptionnelle qualité du site du Mont Paranal qui fournit des images d'une excellente résolution, ANTU, KUEYEN, MELIPAL et YEPUN apportent une moisson de découvertes.

On a choisi de leur donner des noms dans le langage Mapuche, celui de la population indigène qui vit dans la région du Chili, au sud de la rivière Bio-Bio, à 500 km au sud de Santiago du Chili. Pour cela, l'ESO a organisé un concours parmi les écoliers de la région du Chili dont Antofagasta est la capitale. On leur a demandé de proposer des noms d'objets célestes et de justifier leur choix. La lauréate, Jorssy Albanez Castilla, qui habite Chuquicamata près de la ville de Calama, a donné aux quatre télescopes les noms : ANTU, qui veut dire "Le Soleil", KUEYEN (La Lune), MELIPAL (La croix du Sud) et YEPUN (Vénus).

Nous citons ici deux des découvertes réalisées à l'aide de ces quatre instruments.

Première détermination expérimentale de la température de l'Univers il y a 12 milliards d'années.

Cette mesure a pu être effectuée grâce à l'observation par KUEYEN du spectre d'un quasar éloigné.

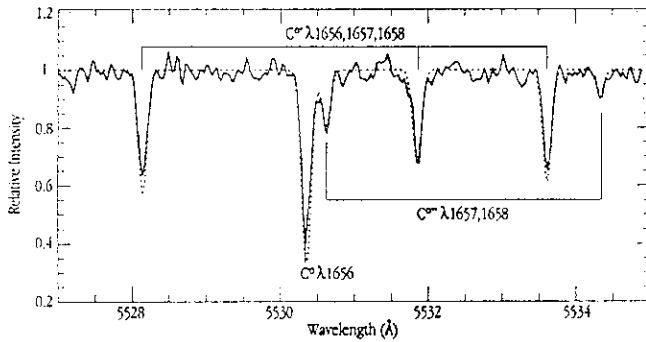
On sait que le rayonnement thermique cosmologique (RTC), dont l'existence est une conséquence de la théorie du Big Bang, a été effectivement observé pour la première fois en 1964 dans le domaine des ondes radio par Arno A. Penzias et Robert W. Wilson. Cette découverte leur valut

d'ailleurs l'attribution du prix Nobel de physique en 1978.

Depuis cette époque de nombreuses observations ont confirmé l'existence de ce rayonnement qui remplit tout l'Univers. Son spectre se comporte comme celui d'un corps noir, caractérisé par sa température, ce qui signifie qu'il était, au moment où il s'en est séparé, en équilibre thermique avec la matière. Du fait de l'expansion de l'Univers, la température qui le caractérise diminue au cours du temps. Elle est aujourd'hui de 2,7 K. Une mesure extrêmement précise en a été effectuée par le satellite COBE, qui a également établi avec le même haut degré de précision l'adéquation du spectre observé à celui d'un corps noir.

La théorie du Big Bang permet de prédire quelle était la valeur de cette température dans le passé ; mais aucune mesure n'avait pu être effectuée jusqu'ici. C'est ce que vient de faire une équipe de 3 chercheurs composée de Raghunathan Srianand (Inter University Center for Astronomy and Astrophysics, Pune, Inde), Patrick Petitjean (Institut d'Astrophysique de Paris et Observatoire de Paris-Meudon, France) et Cedric Ledoux (European Southern Observatory, Garching, Allemagne). Ils viennent de déterminer la valeur de la température du RTC telle qu'elle était il y a 12 milliards d'années, quand l'Univers avait 3 milliards d'années, grâce à l'observation du spectre du quasar PKS 1232 + 0815 de

magnitude apparente en bande V égal à 18,4 et de décalage spectral $z = 2,57$. Le spectre, dont une petite partie est montrée sur la fig. 1, a été obtenu après une pose de 3 heures. On y observe 3 raies d'absorption du carbone. Ces raies qui se forment dans l'ultraviolet aux longueurs d'ondes respectives de 1656, 1657 et 1658 Å apparaissent ici dans le visible ; elles sont décalées de la quantité $z = d\lambda / \lambda = 2,34$, légèrement inférieure au décalage spectral du quasar, ce qui indique qu'elles se sont formées dans un nuage de gaz interstellaire situé sur la ligne de visée, entre le quasar et nous ; à la distance où il est situé, la lumière qui nous en parvient a été émise à une époque où l'Univers, âgé aujourd'hui de 15 milliards d'années, n'avait que 3 milliards d'années.



Spectre du quasar PKS 1232+0815

L'analyse détaillée des divers processus qui conduisent à la formation des raies d'absorption présentes dans le spectre du quasar (collisions atomiques et température du RTC qui peuplent les niveaux de départ des raies) conduit à évaluer la température du RTC à une valeur comprise entre 6 et 14 K. L'accord est excellent avec la valeur de 9 K, prédite par la théorie du Big Bang.

Naissance d'une étoile.

On sait depuis assez longtemps que les étoiles comme le Soleil se forment dans des nuages interstellaires contenant du gaz et de la poussière. Quand le nuage se contracte, sa température augmente ; si la masse est suffisante, la température centrale devient assez grande pour permettre les réactions de fusion thermonucléaire et un état d'équilibre s'installe : une étoile est née. Les planètes se forment à partir de condensations qui se produisent dans le disque de matière qui entoure l'étoile.

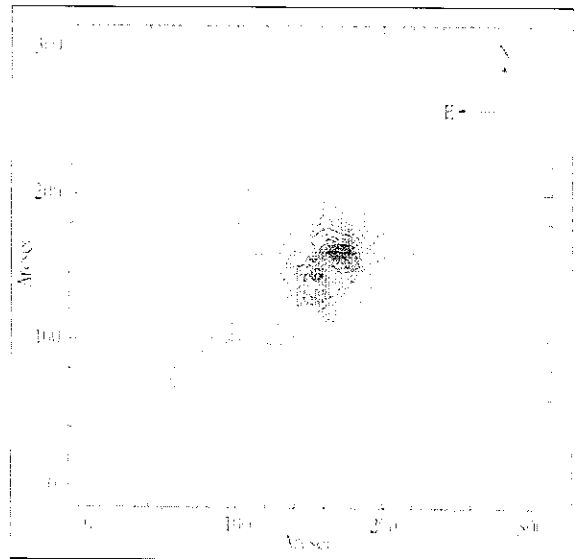
Malheureusement, quand il est en train de se transformer en étoile, le nuage est totalement opaque ce qui a empêché jusqu'ici de connaître sa structure physique. Une équipe de trois astronomes, Joao Alves (ESO), Charles J. Lada et Elizabeth A. Lada (États-Unis) vient de cartographier la distribution de densité dans un nuage de ce type, en observant à travers différents filtres (à 0,44 mm ; 0,55 mm ; 0,85 mm ; 1,5 mm et 2,16 mm) des étoiles situées derrière le nuage. Quand la lumière d'une étoile traverse le nuage, elle est diffusée par la poussière contenue dans le nuage. Cet effet

dépend de la couleur : plus la longueur d'onde est courte, plus grande est la diffusion subie et plus l'étoile est rouge. L'effet dépend aussi de la quantité de matière traversée : il est donc plus grand pour des étoiles vues dans la direction du centre du nuage, que pour celles vues à sa périphérie.

En mesurant le degré de rougissement subi par les étoiles localisées à différentes positions derrière le nuage, il est donc possible de cartographier la densité du nuage. Plus serré est le réseau d'étoiles observées, meilleure est l'information sur la densité. Et c'est là que gît la difficulté : ces nuages sont si opaques qu'on ne peut voir que fort peu d'étoiles au travers. On a besoin pour cela de télescopes très puissants.

Grâce au télescope de 3,6 m (NTT) de la Silla et au 8m ANTU du Paranal, l'équipe d'Alves a été capable d'observer 3700 étoiles (dont un millier n'ont pu être observées qu'aux longueurs d'onde IR) à travers Barnard 68, l'un des nuages sombres les plus proches de nous, à 410 années de lumière. Barnard 68 a une masse totale d'environ deux fois celle du Soleil et une dimension de 12500 u.a., comparable à celle du Nuage de Oort qui contient les comètes qui entourent notre système solaire ; sa température est de 16 K.

Ils ont ainsi obtenu la première carte donnant la distribution de densité de la poussière et donc de la densité totale, si l'on suppose que le gaz et la poussière sont mêlés partout dans la même proportion, dans Barnard 68. Le résultat est passionnant : le nuage, est dans un état temporaire de quasi-équilibre, où les forces de pression du gaz chaud contrebalancent à peu près celles de gravitation dues à sa masse ; il est juste sur le point de s'effondrer pour former une étoile de petite masse.



Carte de l'obscurcissement dans le nuage sombre Barnard 68

On pense que ce nuage sombre, et ses compagnons Barnard 69, 70 et 72 sont les seules régions subsistant, parce que les plus denses, d'un énorme nuage initial qui s'est dissipé sous l'influence du rayonnement UV des étoiles jeunes et chaudes récemment formées ainsi que celle des explosions de supernovae. ■

Documents pour les fiches CLEA BELin

DCB : 20 exemplaires (70 F- 65 F)

Transparents animés pour rétroprojecteurs (55F-50F)

- T1 Le TransSoluTe
(phases de la Lune et éclipses)
- T2 Les fuseaux horaires

Filtres colorés

Six feuilles de filtres colorés et
une feuille de réseaux (75 F- 65F)

CD Rom CLEA 2000

Sciences physiques en seconde
Programme 2000 (50 F)

DIAPPOSITIVES

Chaque série de 20 vues avec son livret
de commentaires (65F-55F)

- D1 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 35F-30F)
- D7 Taches solaires et rotation du Soleil
- D8 Comètes

Publications du CLEA



Pour chaque publication, le deuxième prix
est le tarif réduit pour les abonnés
Les prix indiqués le sont port compris

Chèques à l'ordre du CLEA

Les fiches d'activités pédagogiques du CLEA

- HS1 L'astronomie à l'école élémentaire
- HS2 La Lune niveau collège
- HS3 Le temps, les constellations, niveau lycée
- HS4 Astronomie en quatrième
(chaque HS 68F-48F)
- HS5 Gravitation et lumière, niveau terminale
(83F-63F)
- HS6 L'âge de la Nébuleuse du Crabe, niveau lycée,
avec 4 diapositives et 12 jeux de
2 photographies (110F-100F)
- HS7 Etude du spectre du Soleil
(58F-50F)
- HS8 Etoiles variables
(80F-70F)

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

Cours photocopiés d'astrophysique

Maîtrise de l'université
Paris XI Orsay

P1

Astrophysique générale (63F)

P2

Processus de rayonnement (30F)

P3

Structure interne
et évolution des étoiles (35F)

P4

Astrophysique solaire (35 F)

CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 2001

Cotisation simple au CLEA pour 2001	50 F
Abonnement simple aux CAHIERS CLAIRAUT n° 93 à 96	140 F
Abonnement aux CAHIERS CLAIRAUT ET cotisation au CLEA pour 2001	190 F
Contribution de soutien au CLEA (par an)	50 F
Le numéro des Cahiers Clairaut	45 F

Possibilité de cotiser ou de s'abonner pour deux ans en doublant les tarifs précédents

COLLECTIONS DES **CAHIERS CLAIRAUT** des années antérieures :

90F par an jusqu'en 1997

110F par an à partir de 1998

Adresser adhésions,
abonnements ou commandes à

Chèque à l'ordre du CLEA

CLEA Annie Mercier
Laboratoire d'astronomie, bât 470
Université de Paris Sud
91405 ORSAY Cedex
adresse électronique : annie.mercier@df.cso.u-psud.fr

Publications

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

1 - L'observation des astres, le repérage dans l'espace et le temps	43 F
2 - Le mouvement des astres	53 F
3 - La lumière messagère des astres	58 F
4 - Naissance, vie et mort des étoiles	63 F
6 - Univers extragalactique et cosmologie	58 F
7 - Une étape de la physique, la Relativité restreinte	108 F
8 - Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie	68 F
9 - Le système solaire	88 F
10 - La Lune	63 F
11 - La Terre et le Soleil	78 F
12 - Simulation et astronomie sur ordinateur	48 F

Publication du planétarium de Strasbourg
LSO. Catalogue des étoiles les plus brillantes :
toutes les données disponibles du Centre des Données Stellaires de l'Observatoire
de Strasbourg concernant 2 000 étoiles visibles à l'oeil nu (75 F)
Commande à adresser au service librairie du Planétarium de Strasbourg

Directrice de la publication : Lucienne Gouguenheim
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

dépôt légal : 1^{er} trimestre 1979
numéro d'inscription CPPAP : 61660
prix au numéro : 45F