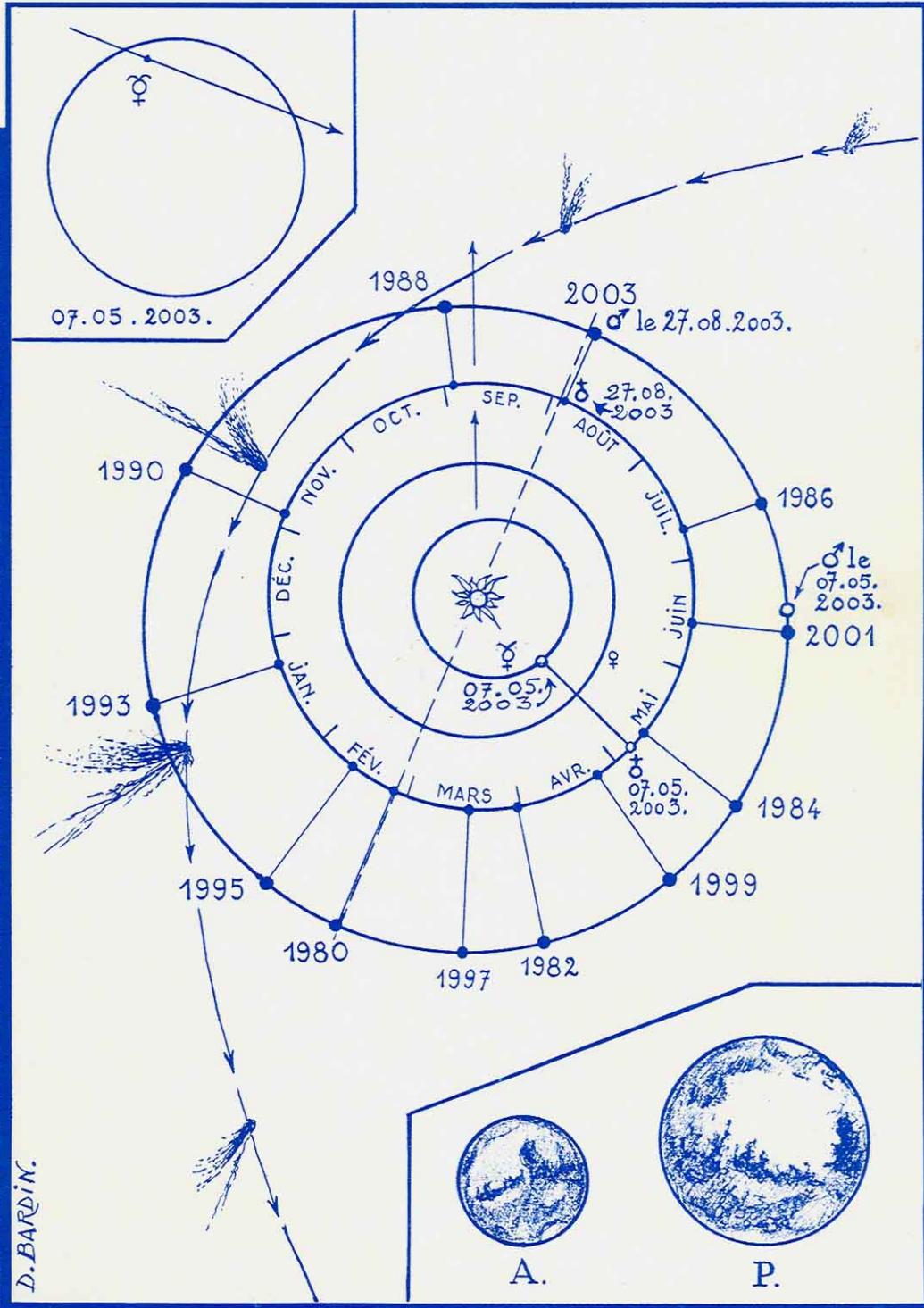


# Les Cahiers Clairaut

Lect  
pour  
et se  
His  
Ré  
d'o  
Ar  
fo  
Réfle  
deb  
Info  
élève  
Vie  
Tex  
exerc  
Articles

D. BARDIN.

## Les potins de la Voie lactée



# 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

Adresse électronique : clea.astro@astro.u-psud.fr

Le CLEA est présent sur Internet à l'adresse :

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

### Bureau du CLEA pour 2003

#### Présidents d'honneurs

Lucienne Gouguenheim,  
Jean-Claude Pecker, Evry Schatzman  
et Gilbert Walusinski

#### Président

Georges Paturel

#### Trésorière

Béatrice Sandré

#### Trésorier Adjoint

Jacky Dupré

#### Rédacteurs des Cahiers

Martine Bobin  
Frédéric Dahringer

#### Secrétaire

Jean Ripert

### Comité de rédaction des Cahiers Clairaut

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

## EDITORIAL

Le numéro 100 et ses belles photos en couleur n'était pas le bouquet final d'un feu d'artifice.

Le présent numéro démarre fièrement une nouvelle centaine en réaffirmant l'esprit CLEA. Il propose de nombreuses activités à faire en classe depuis la maternelle jusqu'au lycée, nous incite à observer le transit de Mercure, nous replonge dans l'histoire et inaugure une série de reportages sur les horloges astronomiques.

Ce numéro vous présente aussi le compte rendu de l'AG du CLEA, moment important de la vie de notre association, d'autant plus qu'il nous a permis de rendre hommage à Lucienne, qui par son activité sans relâche a permis au CLEA d'être ce qu'il est, et d'accueillir Georges comme nouveau président. Georges qui nous offre la suite de son article sur le pendule de Foucault.

En feuilletant ce numéro vous penserez à Martine qui avec un grand courage et sa rigueur coutumière en a assuré la rédaction... Merci Martine...

La Rédaction



## Avec nos élèves

### La lumière et les ombres

Niveau primaire  
Dominique Glatz et  
Jacques Montoya

p. 2

### Un clown pour expliquer le fonctionnement d'un cadran sphérique

Niveau collège  
Daniel Toussaint

p. 7

### Evaluation de la distance d'un objet photographié

Niveau seconde  
Gilles Guillemain

p. 10

### Détermination de la distance à M100 à l'aide des étoiles variables Céphéides

Niveau lycée

p. 12



## Article de fond

### Le pendule de Foucault : la physique du phénomène en images

Georges Paturel

p. 17

## Reportages



### L'horloge astronomique de Stendal

Paul Gagnaire et  
Charles-Henri Eyrault

p. 22

## Histoire



### Peiresc

Jean Ripert

p. 25

### L'astronomie dans l'enseignement secondaire aux 18<sup>es</sup> et 19<sup>es</sup>

Colette Le Lay

p. 28

## Observations



### Observer le passage de Mercure devant le Soleil

Daniel Bardin et  
Roger Marical

p. 31

## Vie associative



### Compte-rendu de l'AG 2002

Jean Ripert

### Les Cahiers Clairaut, lieu d'expression

Georges Paturel

### Ecoles d'été

Jean Ripert et Josée Sert

p. 33

## Martine Bobin

p. 40



# La lumière et les ombres

Dominique Glatz et Jacques Montoya

Le document ci-dessous a été préparé lors de la dernière Ecole d'Eté à Gap.

Un groupe s'était constitué sur l'enseignement de l'astronomie à l'Ecole.

Par groupe de deux, les stagiaires se sont penchés sur une partie du programme mis en place dans le cadre du Plan de Rénovation des Sciences à L'Ecole.

## Programmes

Constater qu'un objet opaque éclairé par une source de lumière présente une partie lumineuse et une partie sombre (ombre propre), et que la partie éclairée se présente sous différentes formes en fonction de la perspective sous laquelle elle est observée. Dans le cas d'un objet opaque éclairé par une source de lumière, être capable de déterminer dans quelles positions l'observateur peut voir (totalement ou partiellement) la source qui l'éclaire.

La délimitation des zones d'ombre et de pénombre ne sont pas au programme.

C'est la seule interprétation des phases de la Lune que l'on mène à l'école.

Cette situation permet d'interpréter les éclipses.

Un point du programme nous a paru peu pertinent :

"Dans le cas d'une éclipse de Lune, il faut alors prendre le point de vue d'un observateur fictif situé sur la Lune".

Commentaire : L'étude de la lune avec un observateur sur la Lune nous semble difficile à mettre en œuvre, voir la séquence sur l'éclipse.

## Pré-requis

**Cycle 1** : observation des effets de la lumière (jeux de lumière et d'ombres, de miroirs), la déformation de la vision avec

des instruments d'optique simples (loupes, lunettes, verres de couleur, tubes...) Que signifie déformation ?

**Cycle 2** : caractère opaque, transparent ou réfléchissant d'un matériau.

Les ombres, observation de leurs caractéristiques. Relation qui lie source lumineuse-objet-ombre.

**Cycle 3** : la Terre est ronde et tourne sur elle-même ( alternance jour-nuit).

La Terre tourne autour du Soleil.

## Situations de départ possibles

### A partir d'ouvrages :

Notion des échelles "Lune après Lune". Ed. Kaléidoscope.

Le mouvement apparent de la Lune "Gilles de la Lune". Ed. Casterman.

Les distances et conditions de vie sur la Lune "La petite fille dans la Lune". Ed. Milan.

"Jean de la Lune". Ecole des loisirs.

### D'observations amenant des questions d'enfants :

Pourquoi je vois la lune dans la journée ?

Pourquoi change-t-elle de forme ?

La Lune est-elle dans le ciel toutes les nuits ?

### D'analyse d'images

Peut-on voir la Lune ainsi le soir ou la nuit ?

## SEANCE 1

### Pourquoi est-ce que je peux voir un objet ?

#### Recueil de représentations initiales

Mode oral ou graphique permettant après confrontations entre élèves de mettre à jour les hypothèses suivantes :

#### Hypothèses envisageables :

- 1- C'est mon œil qui éclaire l'objet.
- 2- C'est l'objet qui me renvoie la lumière.
- 3- C'est l'objet qui m'envoie de la lumière.

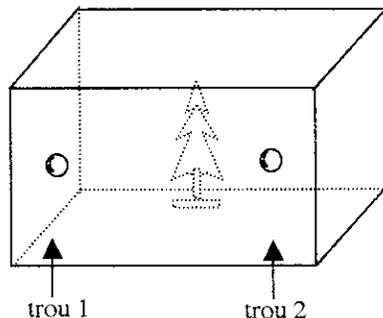
Il est nécessaire à présent de mettre en œuvre un travail d'expérimentation. Penser à laisser à l'enfant la possibilité de proposer ses propres expérimentations pour vérifier ses propres hypothèses.

#### Proposition d'expérimentation pour les hypothèses 1 et 3 :

Une boîte à chaussures percée en deux endroits opposés. D'un côté l'œil et de l'autre une lampe éteinte. L'élève ne voit pas la lampe, mais lorsqu'on l'allume elle devient visible. Conclusion : La lumière ne va pas de l'œil vers la lampe, mais de la lampe vers l'œil : la lampe est une source lumineuse primaire.

#### Proposition d'expérimentation pour l'hypothèse 2 :

Une boîte percée avec 2 trous du même côté. On place un miroir vertical à l'intérieur et au centre de la boîte. L'enfant observe par le trou n° 1 le trou n° 2 étant fermé. Il ne voit rien. On éclaire avec une lampe de poche par le trou n°2 et le miroir devient visible.



**Conclusion :** Je vois l'objet parce qu'il est éclairé par une source lumineuse et qu'il renvoie cette lumière vers mon œil. Il devient une source lumineuse secondaire.

#### Questionnement pouvant surgir :

Est-ce qu'un objet ordinaire renvoie la lumière ?

Mêmes activités avec un bonhomme en plastique, une boule noire, verte, un verre, ...

L'important est de faire varier alternativement formes, couleurs et matériaux.

#### Evaluation :

Mettre des activités permettant de vérifier que les notions de sources primaires et secondaires sont acquises (classement, tri, représentation graphique, anticipation de résultats, ...)

**Conclusion :** Je vois un objet parce qu'il produit de la lumière ou parce qu'il est éclairé mais en aucun cas parce que je l'éclaire par mes yeux.

## SEANCE 2

### Pourquoi est-ce que je peux voir la Lune ?

#### Recueil de représentations initiales.

#### Mise à jour des hypothèses suivantes :

1. La Lune éclaire.
2. La Lune est éclairée par le Soleil.

Dans ce cas où l'expérimentation se révèle impossible, il est nécessaire d'avoir recours à une étude documentaire.

#### Etude documentaire :

##### Source :

- Texte "Etoiles et planètes" page 20. la Lune, notre satellite. Nathan.

##### Quelques définitions ...

Etoile : Une étoile est une immense boule de gaz extrêmement chaud qui émet de la lumière.

Le Soleil est une étoile comme les autres mais c'est la plus proche de nous (150 millions de km environ).

Planète : Globe de matière isolé dans l'espace, non lumineux par lui-même, qui gravite autour d'une étoile.

Satellite naturel : Corps solide, non lumineux, décrivant une trajectoire autour d'une planète de taille plus importante

**Conclusion :** La Lune n'est pas une étoile, c'est un satellite de la Terre, donc elle n'émet (ne "fabrique", ne "produit") pas de lumière. Elle est éclairée par le Soleil (et il est possible qu'ils ajoutent : qui est l'étoile la plus proche).

## SEANCE 3

### La lune est-elle toujours visible de la même manière ?

Il est nécessaire d'entamer une phase d'observation directe et de recueil d'informations sur au moins une lunaison.

**Observation :** On demande aux élèves de dessiner la Lune tous les soirs pendant 30 jours sur une frise.

**Etude documentaire :** Travail sur les calendriers : relever la forme de la Lune dans un calendrier selon les jours.

**Conclusion :** La forme visible de la lune varie.

#### Hypothèses :

- 1- Elle change de forme.
- 2 - Elle est cachée par l'ombre de la Terre.
- 3 - Elle est éclairée par le Soleil de manière différente chaque jour (journée + nuit).

**Modélisation :** L'hypothèse 1 n'étant pas vérifiable sans parler des phases de la Lune, on travaillera sur les hypothèses 2 et 3.

#### Hypothèse 2 :

Matériel : une boule (la Lune), une boule (la Terre), une source lumineuse (le Soleil).

Suite à l'observation régulière de la Lune les élèves vont essayer de reproduire la forme de la Lune en faisant de l'ombre avec la Terre. Ils n'obtiendront jamais la Lune gibbeuse ou en quartier.

#### Hypothèse 3 :

Matériel : Une lampe. Une boule polystyrène, la frise avec les observations de la Lune.

Un élève observateur tient la boule à bout de bras, un élève

qui tient la lampe et éclaire la boule. Elève observateur (la Terre) ; la boule (la Lune) et la lampe (le Soleil).

Il est important d'être très clair au niveau de la consigne : on ne peut voir les phases que de la Terre donc seul l'élève qui est observateur compte. C'est lui le grand témoin ! et il faut que les élèves changent de rôle.

Laisser les élèves expérimenter librement avec pour seule consigne de retrouver les différentes observations reportées sur la frise. Puis ils présentent leurs manipulations devant la classe.

**Conclusion :** Il y a variation lorsque :

Proposition 1 : L'élève qui tient la lampe tourne autour de la boule et de l'observateur qui sont immobiles.

Proposition 2 : La source lumineuse est fixe (Soleil) et l'observateur (Terre) tourne avec la boule à bout de bras (Lune) sur lui-même. Je préfère la boule (Lune) tourne autour de l'élève observateur (Terre) qui est fixe.

Proposition 3 : La source lumineuse est fixe. L'observateur tourne autour de la boule qui est fixe.

Pour obtenir les variations constatées de la forme de la partie éclairée de la Lune, il faut combiner un ou plusieurs mouvements. On pourra alors nommer les différentes phases de la Lune et retrouver sur un calendrier leur succession dans le temps et leur durée (lunaison).

Remarque : Si l'hypothèse 1 perdure une étude documentaire pourra être menée pour l'invalidier.

### Que se passe-t-il en réalité ?

Il s'agit ici, de trancher entre les diverses explications cohérentes modélisées précédemment par les élèves.

Si la lampe représente le Soleil, la boule polystyrène la Lune et l'observateur la Terre, alors :

- La proposition 1 qui consiste à faire tourner le Soleil autour de la Terre n'est pas vraie par rapport au travail fait sur la connaissance du modèle héliocentrique.

- La proposition 3 qui consiste à faire tourner la Terre autour de la Lune ne convient pas en regard des documents présentés précédemment.

- donc la proposition 2 paraît la plus conforme à ce qui est affirmé scientifiquement. Je préfère "observé".

### Modélisation

Matériel : une plaque en carton (voir modèle), une boule blanche symbolisant la Terre, une puis quatre boules avec un côté blanc et un côté noir. Un petit bonhomme à découper pour placer exactement l'observateur sur la Terre. Quatre photos de Lune vues de la Terre : Nouvelle Lune, Premier Quartier, Pleine Lune, Dernier Quartier.

Le fait de faire utiliser 4 boules "Lune" ne risque-t-il pas de conforter l'idée qu'il y a plusieurs lunes ou seulement 4 phases de la Lune ?

Retrouver ce que je vois de la "Terre" en plaçant la "Lune" aux quatre points "stratégiques" (au départ ne donner qu'une seule boule pour avoir conscience du mouvement puis donner les trois autres pour marquer les quatre positions). Placer à côté de chaque position ce que je vois de la "Terre" et placer mon bonhomme lorsque je l'explique. (je ne comprends pas).

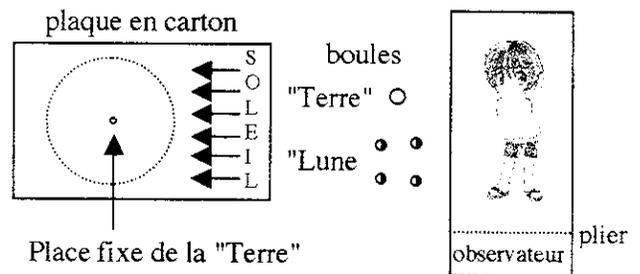
Quel est le rôle du "petit observateur" ? Comment faut-il le placer ? Est-il toujours sur la boule "Terre" ?

Avec la fiche n°1, dessiner :

1. Ce que je vois d'en haut.
2. Ce que je vois de la Terre.

**Conclusion :** Se référer à la fiche n°2 (trace écrite). Pas besoin de texte supplémentaire qui pourrait être source de confusion. La trace écrite, si elle est juste pourrait être la fiche n°1 remplie par les élèves au cours de la manipulation.

Remarque : La représentation des évolutions de la forme de la partie éclairée de la Lune se fera pour un observateur placé sur la Terre.



!!!! Attention aux schématisations des livres où le système Terre-Lune est présenté de l'extérieur.

## SEANCE 4

### Le problème des éclipses.

Remarques : L'explication des éclipses reste très complexe car elles sont dues à des combinaisons de mouvements difficiles à saisir. Nous sommes donc restés ici très liés au travail ombre / lumière. D'autre part il nous a semblé essentiel de garder le repère de l'observateur sur la Terre.

Voilà quelques jeux et modélisations possibles (en faisant attention de conserver la démarche précédente).

**a. Jeux d'ombre et de lumière pour différencier occultation (Lune qui passe entre la Terre et le Soleil) et éclipse (Lune qui entre dans l'ombre de la Terre : éclipse de Lune).**

**Jeu n° 1 - occultation :** la Lune passe entre la Terre et le Soleil.

Matériel : une ampoule allumée dans une pièce la plus sombre possible

Déroulement :

1 - Par deux. Un enfant Terre se place face à la source lumineuse, il ferme un œil. Un enfant tient une boule (Lune) passe entre l'enfant Terre et l'ampoule. Il doit créer avec la boule une ombre sur l'œil ouvert de l'enfant Terre, la source de lumière est alors cachée à l'enfant Terre. Que voit l'enfant "Terre" ?

2 - Par deux. Un enfant Terre a sur le nez un petit bonhomme. L'enfant tient une boule et doit créer une ombre sur le petit bonhomme. Que voit alors le petit bonhomme ?

Trace écrite : remplir la fiche n° 1.

**Jeu n° 2 - éclipse** : la Lune se cache dans l'ombre de la Terre.

Matériel : une ampoule allumée "Soleil" dans une pièce la plus sombre possible.

Déroulement :

Par deux. Un enfant "Terre" se place dos à la source lumineuse. Un enfant "Lune" essaye de se cacher dans l'ombre ainsi créée. L'observation se fait par celui qui est dos au "Soleil" (enfant "Terre") qui donne des consignes pour mettre son camarade dans l'ombre.

Evolution de la consigne : où l'enfant "Lune" doit-il se placer pour être : éclairé et être vu ; à demi éclairé ; progressivement éclairé. Trace écrite : remplir la fiche n° 1.

### **b. Jeux d'ombre et de lumière avec du matériel.**

**Jeu n° 1 - occultation** : la Lune passe entre la Terre et le Soleil.

Matériel : par groupe de trois, une lampe de poche, deux boules (on peut aussi varier les objets).

Déroulement :

La lampe de poche et un objet sont fixes (on peut les coller sur un carton). L'autre objet doit passer entre la lumière et l'objet fixe : observer ce qui se passe sur l'objet fixe. (colorier la zone d'ombre sur la boule). Est-ce qu'une personne placée dans cette ombre verrait la lampe ?

**Jeu n° 2 - éclipse** : la Lune se cache dans l'ombre de la Terre.

Matériel : par groupe de trois, une lampe de poche, deux boules (on peut aussi varier les objets).

Déroulement :

La lampe de poche et un objet sont fixes (on peut les coller sur un carton). L'autre objet doit aller se cacher dans l'ombre de l'objet fixe (complètement, progressivement...).

**Conclusion** : fiche sur les "jeux de cache-cache".

### **c. Application à la maquette utilisée pour les phases de la Lune.**

Reprenre la maquette, placer la "Terre" et une source lumineuse (ampoule) du côté du "Soleil".

Mettre la "Lune" dans l'ombre de la "Terre" et dessiner ce que voit un observateur placé sur la "Terre".

Mettre la "Lune" entre la "Terre" et le "Soleil" et dessiner ce que voit un observateur placé sur la "Terre".

La fiche n°2 ainsi réalisée peut servir de relevé et de trace écrite elle met en évidence l'alignement Soleil-Terre-Lune (éclipse) ou Soleil-Lune-Terre (occultation).

## **Et maintenant dans la classe** **Ce n'est pas tout d'écrire, il faut tester, petites remarques** **d'une mise en œuvre dans une classe unique !**

**Motivation** : elle est toute trouvée, il suffit d'observer par petites touches la présence de la Lune dans le ciel aux récré, à 16h30, le matin pour attiser leur curiosité. Arrivés en janvier, ils en étaient même impatients de comprendre le phénomène. Un peu de mystère... d'attente et le tour est joué !

### **Séance 1**

Elle a nécessité des ajouts pour clarifier la question et mettre en évidence le rôle de la lumière dans la vision. Par contre la manipulation avec le carton n'a pas été nécessaire.

#### **a) Recueil de conceptions.**

Pourquoi / Comment est-ce que je peux voir un objet ?

La question est difficile au départ : Les élèves ont conscience que l'œil joue un rôle mais pas du tout la lumière. Dans les relevés de conceptions seul l'œil est mentionné.

Questions proposées en classe pour clarifier le propos :

1- Pourquoi / Comment est-ce que je vois un objet ?

2- Est-ce que je peux voir un objet dans le noir ? Pourquoi ?

3- De quoi aurais-je besoin pour voir un objet (à préciser oralement : dans le noir) ? Ce relevé de conceptions permet d'insister sur le rôle de la lumière.

#### **b) Manipulation.**

Suite à cela : mise en situation pour que l'enfant passe du stade de la parole à celui de l'observation.

Matériel : des objets, des objets lumineux (lampe de poche), des objets phosphorescents

Dans le noir, pourquoi est-ce que je vois un objet

- qui produit de la lumière ?

- qui ne produit pas de la lumière ?

Phase d'exploration et présentation aux autres élèves.

#### **c) Conclusion.**

Deux solutions ; je vois un objet dans le noir :

- Parce qu'il est lumineux (phosphorescent ou lampe de poche)

- Parce qu'il est éclairé par une source lumineuse.

Le jour je peux voir un objet car j'ai un œil (organe qui me permet de voir) et qu'il est éclairé par le Soleil.

**Blocage après l'observation des changements de forme de la Lune : ceux-ci seraient dus aux nuages !**

Pour infirmer cette hypothèse il m'a fallu :

- Partir de documents explicitant le rôle du Soleil

- faire réaliser des expérimentations aux élèves pour qu'ils se rendent compte qu'il est possible d'obtenir ces formes rien qu'en modifiant les positions Terre / Lune / Soleil.

Voilà le dispositif : suite au relevé de la forme de la Lune sur un mois et à un document présentant les différentes formes de la Lune prises en photo :

1- Placer une boule dans un faisceau lumineux (projecteur diapo) dans le noir.

2- Placer tous les élèves en rond autour de la "Lune", ils doivent dessiner ce qu'ils voient.

3- Le résultat obtenu correspond à l'observation : c'est possible !!!!

J'ai pu ensuite passer à la schématisation qui est en cours.

Reste les éclipses... suite au prochain épisode !

LES PHASES DE LA LUNE	Document élève Fiche n° 1
<p><b>Consigne :</b> dessine dans les rectangles ce que voit le personnage placé sur la "Terre"</p>	
<p>Le personnage voit depuis la "Terre" [rectangle]</p> <p>découper ✂</p> <p>Comment depuis la "Terre", je vois la "Lune" ?</p> <p>plier observateur</p>	

LES PHASES DE LA LUNE	Document élève Fiche n° 1
<p><b>Consigne :</b> dessine dans les rectangles ce que voit le personnage placé sur la "Terre"</p>	
<p>Le personnage voit depuis la "Terre" [rectangle]</p> <p>découper ✂</p> <p>Comment depuis la "Terre", je vois la "Lune" ?</p> <p>plier observateur</p>	

je joue à cache cache avec la lumière	Fiche Recherche n° 2
<ol style="list-style-type: none"> <li>Dessine ton ombre.</li> <li>Ton camarade place la boule dans ton ombre.</li> <li>Que vois-tu ? (pensez à changer de rôle).</li> <li>Dessine la boule dans ton ombre.</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Dessine ton ombre.</li> <li>Ton camarade place la boule entre la lampe et toi. Que vois-tu ?</li> <li>Place le personnage sur ton nez.</li> <li>Ton camarade place la boule entre la lampe et toi, le personnage doit être dans l'ombre. Que voit le personnage ?</li> <li>Dessine la boule et l'ombre de la boule.</li> </ol>	

je joue à cache cache avec la lumière	Fiche Recherche n° 2
<p>La boule est dans mon ombre : éclipse de la boule.</p>	
<p>La boule fait de l'ombre sur le personnage. Il ne voit plus la lampe : occultation de la lampe.</p>	



# Un clown pour expliquer le fonctionnement d'un cadran sphérique.

Daniel Toussaint

En complément de l'étude d'un cadran solaire sphérique déjà parue dans les Cahiers Clairaut sous le nom "d'horosphère" et disponible sur le CDRom du CLEA, voici une approche plus ludique et plus intuitive.

## Présentation

C'est une maquette ludique en forme de tête de clown que j'ai imaginée pour le club d'astronomie du collège d'Aix-en-Othe quand en 1983-84, nous avons réalisé un cadran solaire sphérique. Cette maquette avait pour fonction d'aider les élèves à comprendre qu'un globe terrestre bien placé peut donner une idée de l'heure locale et de la date. Nous l'avons utilisée avant de réaliser en résine polyester le globe qui sert de fond au cadran sphérique.

La tête peut être réalisée en matériau fragile (polystyrène) car elle ne sort pas souvent.

Le cadran soumis en toutes saisons aux intempéries a assez bien résisté depuis son installation. Nous ne l'avons démonté qu'une seule fois pour le repeindre et lui repasser une couche de vernis marine. Il faudrait sans doute recommencer, mais ce n'est pas sûr qu'il puisse supporter sans dommage l'opération...

## Problématique

Pour donner du sens au projet soumis aux élèves, je l'avais ancré sur leurs expé-

riences personnelles de téléspectateurs sportifs : ils savaient que les retransmissions en direct des événements lointains sont souvent affectées par le décalage horaire.

Nous voulions réaliser un appareil simple à utiliser (mais pas forcément simple à construire !) répondant à la question suivante : "Si on veut téléphoner à un correspondant étranger, comment savoir si on ne risque pas de le déranger en pleine nuit ?".

Outre les problèmes techniques (tels que la réalisation d'un globe peint capable de passer des années dehors), cette question faisait appel à plusieurs notions théoriques sous-jacentes que je n'avais pas indiquées d'avance aux élèves afin d'éviter de les submerger.

La tête de clown ne joue aucun rôle dans la réalisation du cadran lui-même. Elle est utile soit pour le concevoir, soit tout simplement pour faire comprendre l'importance de l'homothétie lors de la mise en station du globe final (le mot "homothétie" est inconnu au collège mais la notion est suffisamment intuitive pour être abordée en club).

## Allers-retours observation-raisonnement

### Etape n° 1 : observation de l'ombre propre d'une boule opaque de teinte claire.

Si la source lumineuse est peu étendue et éloignée (Soleil, projecteur sans objectif), alors l'ombre propre de la boule est un hémisphère aux limites mal définies situé à l'opposé de la source.

### Etape n° 2 : l'ombre propre d'un globe terrestre est-elle à la même place que la nuit sur la Terre ?

Poser un globe terrestre sur une table ensoleillée et observer son ombre propre. Elle couvre l'hémisphère situé à l'opposé du Soleil, tout comme le fait la nuit sur la Terre.

Mais si le globe a été posé sans préméditation, il est probable que les continents qui sont plongés dans la nuit à cet instant, sur la vraie planète Terre, ne correspondent pas à ceux qui sont dessinés dans l'ombre propre du globe.

### Etape n° 3 : observation des ombres propres de plusieurs boules éclairées par des rayons parallèles.

Elles sont toutes du même côté, même quand les boules ont des diamètres différents. C'est cette observation triviale qui permet au cadran sphérique de fonctionner.

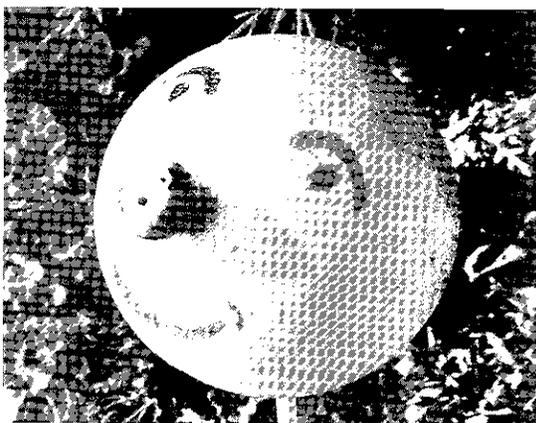
### Etape n° 4 : réalisation de la tête de clown.

La tête proprement dite n'est autre qu'une boule de polystyrène expansé sur laquelle on a dessiné des yeux et des sourcils de couleurs différentes (l'œil gauche est rouge, et le droit est noir). On a aussi dessiné la bouche et un point à la place du nez. Une baguette enfoncée dans le polystyrène sert de support.

Sur une petite boule jaune montée sur pivot, on a dessiné les mêmes éléments en plus petit, tout en respectant les couleurs. Puis on a piqué cette petite boule à la place du nez.

### Etape n° 5 : observation des ombres propres sur la tête et le nez du clown.

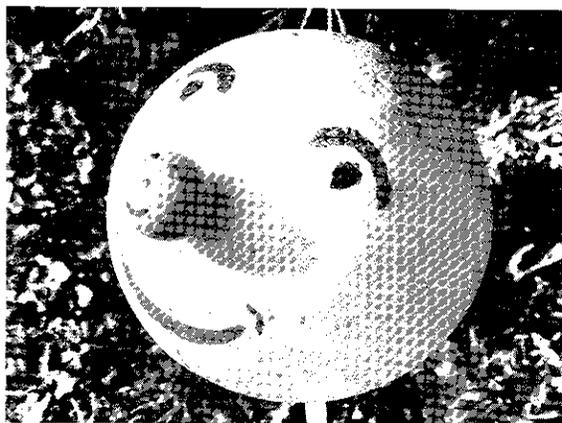
Si le nez placé dans une zone ensoleillée est tourné sur son axe de manière quelconque (voir photo 1), les dessins de chaque boule n'occupent pas les mêmes positions par rapport aux ombres propres.



**Photo n° 1** : le nez du clown est mal orienté. Les ombres propres de la tête et du nez sont du même côté, mais il n'y a pas de correspondance entre les dessins situés dans ces ombres.

### Etape n° 6 : orientation correcte du nez.

Si on prend la précaution de faire pivoter le nez sur son support jusqu'à ce que le nez et la tête se déduisent l'un de l'autre par une homothétie (voir photo 2), alors les détails dessinés sur chaque boule occupent les mêmes positions par rapport aux ombres propres.



**Photo n° 2** : pour que les ombres propres des deux boules atteignent l'œil rouge au même instant, il faut que les dessins sur la tête et le nez aient la même orientation (homothétie des dessins).

### Etape 6 bis (facultative, mais qui plaît aux enfants) : la danse du clown.

Si on fait tourner lentement le clown au soleil, on voit très bien que les zones qui se correspondent sur la tête et le nez entrent et sortent de l'ombre en même temps.

### Etape n° 7 : application à la planète Terre.

Si on pouvait prendre du recul et observer la Terre de l'extérieur (par exemple en allant sur la Lune), on verrait directement quels sont les continents situés dans la nuit.

Mais comme on a les pieds sur la Terre, il faut user d'un artifice et transposer l'expérience faite avec la tête de clown.

La Terre n'est qu'une grosse boule éclairée par le Soleil : elle peut donc jouer le rôle de la tête de clown (la nuit est son ombre propre et les continents jouent le rôle des dessins du visage).

Il reste à réaliser la petite boule qui joue le rôle du nez et bien la placer pour pouvoir deviner la position de la nuit sur la grosse boule rien qu'en regardant la petite.

### Etape n° 8 : réalisation de la boule qui joue le rôle du nez du clown.

Si on veut seulement une sphère de démonstration, il suffit d'utiliser un globe terrestre représentant la géographie physique et de lui confectionner un support qui permette de bien l'orienter.

Mais si on veut la laisser dehors pendant des années, il faudra la réaliser avec les mêmes matériaux que les carrosseries de voiture (ce que nous avons fait, mais cela a pris deux ans !)

### Etape n° 9 : mise en station de ce globe.

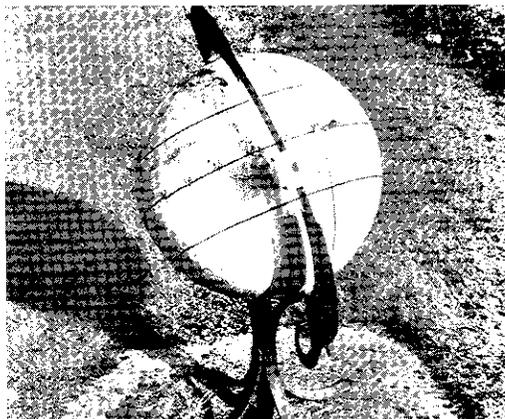
Il faut correctement l'orienter pour qu'il devienne homothétique de la Terre.

Son axe des pôles doit être dirigé vers le pôle céleste.

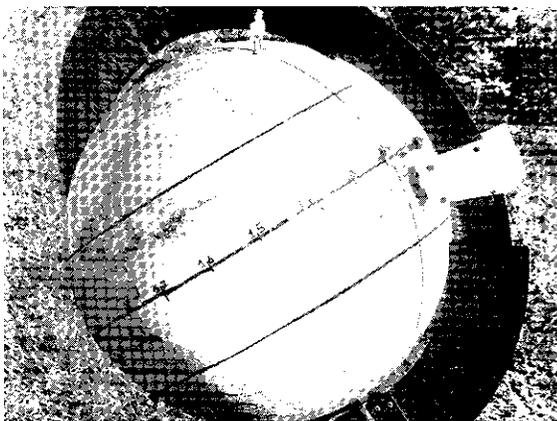
C'est bien sûr l'occasion d'utiliser un gnomon pour faire coïncider le plan méridien local du globe réduit avec celui de la Terre avant d'incliner l'axe pour que son angle avec l'horizon soit égal à la latitude.

**Etape n° 10 : vérification de l'inclinaison du globe.**

Si on y pose des petits personnages debout (voir photos 3 et 4), le seul qui nous soit parallèle est posé sur la France. Cette opération permet de répondre concrètement à l'affirmation : "Mais il est mal incliné ce globe !" et de faire comprendre que l'inclinaison de l'axe des pôles sur l'horizon n'est pas l'inclinaison sur l'écliptique.



**Photo n° 3 :** le personnage debout sur la France indique que le globe est bien incliné, mais le serpent méridien porte une ombre large. Il faut le faire tourner pour affiner l'ombre.



**Photo n° 4 :** L'ombre fine du serpent est la trace virtuelle du plan méridien qui contient le Soleil à cet instant. Les heures sont indiquées à partir du plan méridien local qui porte la graduation 12 heures.

**Etape n° 11 : exploitation du globe terrestre.**

La réponse à la question préliminaire devient évidente dès qu'il fait soleil : d'un seul coup d'œil on voit si nos correspondants sont dans l'hémisphère-jour ou dans l'hémisphère-nuit. Et ce qui est vrai sur ce globe l'est aussi sur la Terre elle même.

**Les perfectionnements ou comment transformer le globe en cadran solaire sphérique.**

S'il s'agit de réaliser une maquette temporaire qui donne la position des hémisphères jour et nuit, le travail est terminé dès que l'on a réussi à orienter le globe comme la Terre pour qu'il soit éclairé de la même façon qu'elle.

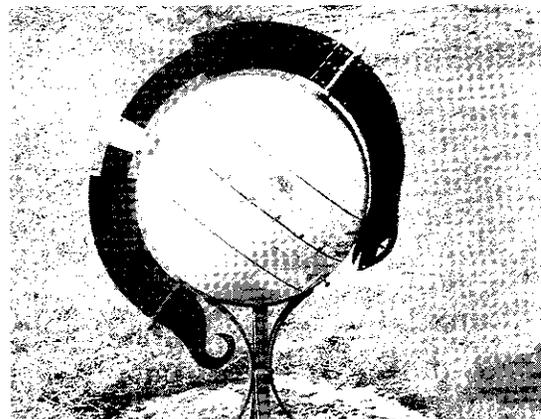
Mais si le globe a été traité pour résister aux intempéries, la tentation est grande de le compléter par quelques accessoires qui permettent de lire plus précisément l'heure locale et d'indiquer la saison.

Ce dispositif mobile doit donner la position exacte du centre de l'hémisphère éclairé (appelé quelquefois "le pied du soleil"). On voit sur les photos 3 et 4 qu'il est en deux parties :

- un serpent découpé dans une tôle de laiton qui est fixé à frottements doux sur l'axe des pôles.
- un curseur en plastique rigide (en blanc sur les photos) percé d'un trou cylindrique dirigé vers le centre du globe.

Le serpent matérialise ainsi un plan méridien dont on peut choisir la longitude.

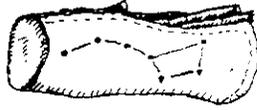
L'utilisateur doit le positionner lui-même en observant son ombre portée sur le globe : quand cette ombre est large, le serpent est mal placé (voir photo 3). Mais quand il est éclairé par la tranche (voir photos 4 et 5), son ombre portée sur la boule est fine et elle correspond au méridien qui contient le Soleil à cet instant.



**Photo 5 :** Le cliché ayant été pris en automne, la tache de lumière sous le curseur troué situe le centre de l'hémisphère éclairé au sud de l'équateur.

L'heure solaire locale n'est autre que la mesure de l'angle dièdre entre ce méridien et celui du lieu où se trouve le cadran. Pour une lecture directe de l'heure, il suffit de graduer l'équateur tous les 15° à partir du méridien du lieu.

Le curseur n'a qu'un seul degré de liberté le long du serpent méridien, de sorte que le trou est toujours radial. Il faut le faire glisser jusqu'à ce que la lumière solaire pénètre au fond du trou et indique sur le globe quel point a le Soleil au zénith. La latitude de ce point donne la date, mais pour ne pas alourdir les tracés, nous avons seulement fait apparaître les tropiques et l'équateur de façon à marquer les changements de saisons.



# Evaluation de la distance d'un objet photographié.

Gilles Guillemin

Objectifs du T.P.(niveau seconde).

- Détermination de la distance d'un objet photographié à partir de l'étude d'un cliché .
- Expression d'un résultat numérique avec un nombre de chiffres significatifs adapté.
- Manipulation de la notion de diamètre apparent.

## Une unité de distance : l'unité astronomique (ua)

### 1 - L'unité astronomique

L'unité astronomique, notée ua, est une unité utilisée pour exprimer la distance entre les corps du Système Solaire.

L'unité astronomique correspond à la distance moyenne annuelle entre la Terre et le Soleil.

Une unité astronomique vaut cent quarante neuf milliards cinq cent quatre-vingt-dix-sept millions huit cent soixante dix mille six cent soixante mètres à dix mètres près.

a) Ecrire la valeur d'une unité astronomique en mètre. Combien cette valeur comporte-t-elle de chiffres significatifs ?

b) Exprimer l'unité astronomique en kilomètre, en notation scientifique, avec quatre chiffres significatifs.

La planète la plus proche du Soleil, Mercure, se situe en moyenne à cinquante-huit millions de kilomètres du Soleil.

c) Exprimer cette distance en unité astronomique.

La planète la plus éloignée du Soleil, Pluton, se situe en moyenne à cinq mil-

liards neuf cent soixante-six millions de kilomètres du Soleil.

d) Exprimer cette distance en unité astronomique.

### 2 - La distance Terre - Soleil.

A la date de la photographie, la distance Terre - Soleil est de 0,983530 unité astronomique.

Exprimer cette distance  $D_S$  en kilomètre, en notation scientifique, avec quatre chiffres significatifs.

## Etude de la photographie fournie

### 1 - Le Soleil.

Le document 1 reproduit le cliché photographique d'un avion de ligne MD-11 passant devant le disque solaire.

Le Soleil est une boule de gaz de rayon six cent quatre-vingt seize mille kilomètres.

a) Exprimer le diamètre  $d_S$  du Soleil en kilomètre, en notation scientifique, avec quatre chiffres significatifs.

b) Faire un schéma indiquant le cheminement des rayons lumineux depuis le Soleil jusqu'à l'objectif photographique.

c) Calculer le diamètre apparent  $\alpha_S$  du Soleil à la date du cliché. Exprimer ce résultat en degré.

On rappelle la relation entre le diamètre apparent  $\alpha$  d'un objet, son diamètre  $d$  et sa distance à l'observateur  $D$  :

$$\text{tg } \alpha = d / D.$$

d) Mesurer le diamètre du Soleil sur le cliché photographique. Exprimer ce résultat en millimètre.

**2 - L'avion de ligne MD-11.**

Les documents 2 et 3 fournissent des informations techniques sur l'avion de ligne MD-11.

a) Evaluer la longueur  $d_A$  de l'avion de ligne MD-11 à partir de l'échelle accompagnant le document 2.

b) Rechercher la longueur de l'avion de ligne MD-11 sur le document 3. Vérifier la compatibilité des deux résultats.

c) Mesurer la longueur de l'avion sur le cliché photographique. Exprimer ce résultat en millimètre.

d) Compléter le tableau suivant avec les résultats obtenus.

e) En déduire par proportionnalité, le diamètre apparent  $\alpha_A$  de l'avion de ligne. Exprimer ce résultat en degré.

f) Compléter le tableau

	Dimension mesurée sur la photographie	Diamètre apparent calculé
Le Soleil		
L'avion		

g) Faire un schéma indiquant le cheminement des rayons lumineux depuis l'avion jusqu'à l'objectif photographique.

h) Ecrire la relation entre le diamètre apparent  $\alpha_A$  de l'avion, la longueur  $d_A$  de l'avion et sa distance  $D_A$  à l'objectif photographique.

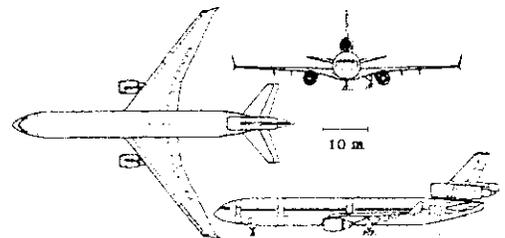
i) Evaluer la distance  $D$  séparant le photographe de l'avion de ligne au moment de la prise du cliché. Exprimer ce résultat en mètre puis en kilomètre.



**Document 1 :** reproduction d'un cliché photographique montrant le passage de l'avion devant le disque solaire

Date : 13 janvier 2001 - heure : 11h 11 TU

Réfracteur de 70 mm (2,75°) ouvert à F/fD 10 et caméra CCD équipée d'un filtre H-alpha. Cliché Thierry Legault (Elancourt).



**Document 2 :** différentes vues de l'avion de ligne MD-11

**Document 3 :** fiche technique simplifiée du MD 11

- Envergure : 51,26 m
- Longueur : 61,21 m
- Hauteur : 17,6 m
- Réacteurs : 3 Pratt et Whitney PW 4360
- Vitesse de croisière : 950 km/h
- Altitude maximale : 13100 m



AVEC NOS ÉLÈVES

# Détermination de la distance à M100 à l'aide des étoiles variables Céphéides

D'après "Les Exos d'Astro de l'ESA/ESO"

Nous présentons ici une adaptation d'un exercice proposé par l'ESA (European Space Agency) et l'ESO (European Southern Observatory) à partir d'observations du télescope Hubble (NASA/ESA) et des télescopes de l'ESO situés à La Silla et à Paranal, au Chili.

L'ensemble de l'exercice est disponible sur le site internet du CLEA ([www.ac-nice.fr/clea](http://www.ac-nice.fr/clea)), dans la rubrique "Dans nos classes". Un lien direct avec le site "[www.astroex.org](http://www.astroex.org)" donne accès à de nombreuses photographies magnifiques et des commentaires

Nous en avons extrait l'essentiel, permettant de montrer l'intérêt de cet exercice et nous vous invitons à compléter les informations fournies ici, en consultant le site du CLEA.

Quelques notions utilisées, repérées par \*, sont précisées en fin d'exposé dans la rubrique "outils".

La mesure de la distance d'un objet astronomique est très difficile et constitue l'un des plus grands défis lancés aux astronomes.

Au cours des siècles, on a utilisé divers indicateurs de distance. L'un d'eux est une famille d'étoiles variables connues sous le nom de Céphéides.

Les Céphéides sont des étoiles rares et très lumineuses dont l'éclat varie périodiquement. Leur nom provient de  $\delta$ -Céphée, étoile de la constellation de Céphée, premier exemple connu de ce type particulier d'étoiles variables et particulièrement facile à observer à l'œil nu.



Henrietta Leavitt

Les travaux d'Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) ont révolutionné la compréhension des problèmes posés par l'éclat et la variabilité des étoiles.

A l'Observatoire du Harvard College, Leavitt a mesuré précisément les magnitudes\* photographiques de 47 étoiles, destinées à servir de "bougies standard" pour la détermination des magnitudes de toutes les autres étoiles.

En 1912, elle observa 20 Céphéides dans le Petit Nuage de Magellan (SMC). Les faibles écarts de distance entre elles à l'intérieur du Nuage sont négligeables vis-à-vis de la distance beaucoup plus grande à laquelle se trouve le Nuage lui-même par rapport à nous.

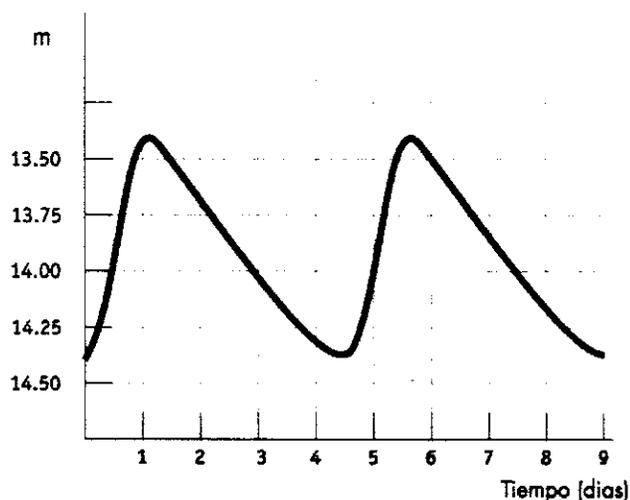
Les étoiles les plus brillantes\* de ce groupe sont donc vraiment intrinsèquement plus brillantes. Ce n'est pas parce qu'elles sont plus proches de nous.

Elle découvrit une relation entre l'éclat intrinsèque des Céphéides et la période de leurs pulsations et montra que les Céphéides intrinsèquement les plus brillantes avaient les plus longues périodes.

Ce résultat fut conforté par l'étude qu'elle fit de plus de 1500 variables dans les Nuages de Magellan.

L'observation et la mesure de la période d'une Céphéide quelconque permet ainsi de déduire sa luminosité\* intrinsèque et par comparaison avec la luminosité apparente, de calculer sa distance. C'est ainsi que les variables Céphéides servent de 'bougies standard' dans l'Univers et peuvent servir elles-mêmes d'étalon de distance pour calibrer (placer le point zéro) d'autres indicateurs de distance.

La distinction entre les Céphéides et d'autres étoiles variables se fait grâce à leur courbe de lumière, dont la forme est caractéristique.



#### La courbe de lumière caractéristique d'une Céphéide

La courbe de lumière d'une variable Céphéide a une forme caractéristique, avec une croissance rapide de l'éclat, suivie d'une décroissance beaucoup plus douce.

L'amplitude des variations est typiquement 1-2 magnitudes.

On obtient naturellement les mesures les plus précises de vitesse et de distance pour des objets relativement proches de notre Voie Lactée.

A l'aide du télescope Hubble et de ceux de La Silla et de Paranal, dix huit galaxies situées à différentes distances ont été examinées pour y détecter des Céphéides.

L'une d'elles s'appelle M100.

### M100, une grande spirale.

La galaxie M100 est une magnifique galaxie spirale, située dans le grand amas de galaxies de la Vierge.

Cet amas abrite 2500 galaxies. M100 est un système en rotation, composé de gaz, de poussières et d'étoiles, assez semblable à notre Voie Lactée, et nous la voyons de face. (voir photos sur le site du CLEA).

Son nom vient du fait qu'elle porte le numéro 100 dans le catalogue Messier des objets non stellaires. M100 est l'une des plus lointaines galaxies où l'on ait pu effectuer des mesures sur des Céphéides.

Cet exercice est basé sur les images fournies par Hubble et sur quelques données concernant M100.

### Mesures et calculs

La relation Période-Luminosité des Céphéides a été revue maintes fois depuis les premières mesures d'Henrietta Leavitt. La meilleure estimation actuelle donne :

$$M = -2,78 \cdot \log (P) - 1,35$$

Où M est la magnitude absolue de l'étoile et P sa période exprimée en jours.

Les courbes de lumière de 6 des 12 Céphéides repérées par Hubble dans M100 se trouvent page suivante.

### Objectif 1

En exploitant ces courbes, calculez la magnitude absolue M de chacune des 6 étoiles. (Les courbes de lumière des 6 autres étoiles sont disponibles sur le site du CLEA).

Notre objectif est de calculer la distance à M100.

Souvenez-vous de l'équation de la distance : la seule magnitude absolue ne suffit pas pour le calcul de la distance ; il nous faut aussi la magnitude apparente\*.

Si l'on fait abstraction des problèmes posés par la mesure précise des quantités de lumière reçue et l'étalonnage des magnitudes, les astronomes ont débattu pendant un siècle sur le choix de la valeur m qu'il fallait introduire dans l'équation de distance, puisque la luminosité d'une Céphéide ne cesse de varier.

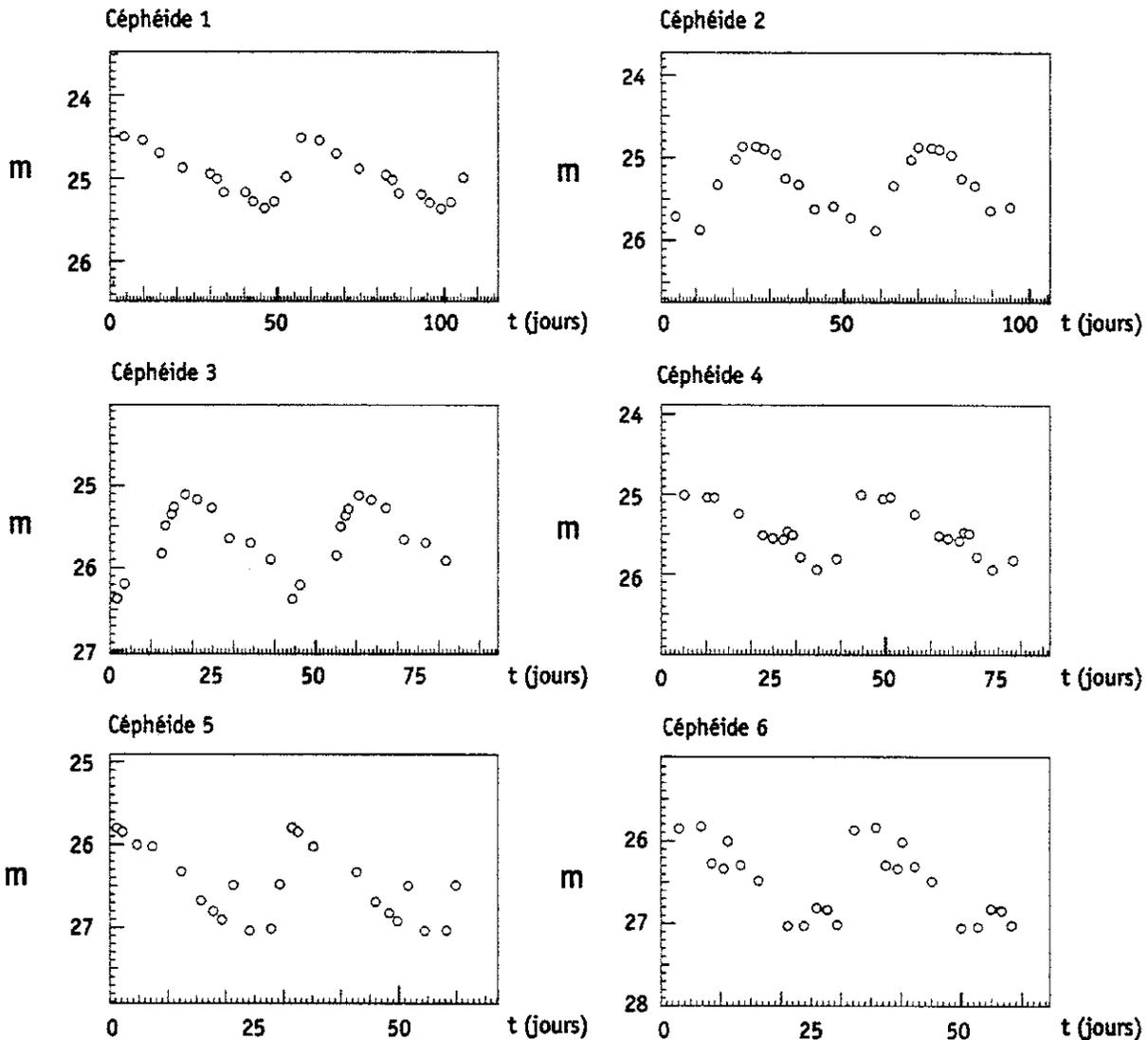
## Objectif 2

Proposez une méthode pour estimer la magnitude apparente  $m$  à partir de l'étude des courbes.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les astronomes mesuraient la magnitude apparente minimum ( $m_{\min}$ ), la magnitude appa-

rente maximum ( $m_{\max}$ ), et calculaient la moyenne ( $\langle m \rangle$ ) des deux.

Avec cette méthode, ou toute autre de votre choix, vous disposez maintenant des informations nécessaires pour déterminer la distance à M100.



### Courbes de lumière des Céphéides

Ces courbes de lumière concernent six des douze Céphéides observées par Hubble dans M100. La magnitude absolue,  $M$ , est déterminée à partir de la période des Céphéides. Adapté de Freedman et al. (1994).

## Objectif 3

Calculez  $\langle m \rangle$  et  $d$  (en mégaparsecs)\* pour chacune des 6 Céphéides.

Il n'est pas interdit de refaire le même calcul 6 fois. Vous pouvez cependant réduire votre travail en écrivant un court programme sur votre calculatrice ou utiliser un tableur.

## Objectif 4

Vous n'avez sans doute pas trouvé exactement les mêmes distances pour les différentes Céphéides.

Pour quelles raisons selon vous ?

## Objectif 5

Vous avez maintenant déterminé la distance aux 6 Céphéides de M100. Cela vous donne-t-il la distance à M100 ?

Les écarts trouvés entre les distances de ces 6 étoiles peuvent-ils être expliqués par le fait qu'elles occupent des positions différentes dans la galaxie M100 ?

Recherchez la valeur du diamètre de notre Galaxie (la Voie Lactée) dans une encyclopédie ou sur l'Internet.

En supposant que M100 est du même ordre de grandeur, revoyez votre réponse à la question précédente.

## Objectif 6

Calculez la valeur moyenne des distances aux 6 Céphéides et considérez que c'est la distance à M100.

Dans la publication scientifique originale de cette étude des images de Hubble, la distance à M100 était estimée à  $17,1 \pm 1,8$  Mpc. Cette étude tenait compte de la présence de poussières interstellaires.

Comparez votre propre résultat avec cette valeur.

\*\*\*\*\*

### Outils.

(compléments d'information sur [www.astroex.org](http://www.astroex.org)).

### Le parsec (pc).

Unité de longueur égale à la distance à la Terre d'une étoile dont la parallaxe annuelle serait de 1 seconde d'arc.

Cela revient à dire que d'une étoile située à 1 parsec de la Terre on verrait le demi grand axe de l'orbite de la Terre autour du Soleil sous un angle de  $1''$  d'arc.

$1 \text{ parsec} = 3,086 \cdot 10^{13} \text{ km} = 3,26 \text{ années de lumière}$ .

### La luminosité.

La luminosité  $L$  d'une étoile est l'énergie totale émise par cette étoile, dans toutes les longueurs d'onde et toutes les directions de l'espace pendant une seconde. C'est une puissance, donc exprimée en watt.

### La "brillance" ou "l'intensité" ou l'éclat.

L'éclat est la portion d'énergie reçue chaque seconde d'une étoile, sur un récepteur de surface unité situé à la distance  $d$  de l'étoile. L'énergie diffusée par l'étoile se répartissant sur la surface d'une sphère de rayon  $d$ , l'éclat (apparent) s'exprime par la relation :

$$E = L / (4\pi d^2).$$

### La magnitude apparente.

$$m = m_{\text{réf}} - 2,5 \cdot \log_{10}(E/E_{\text{réf}}).$$

$m$  : magnitude apparente de l'étoile observée.

$m_{\text{réf}}$  : magnitude apparente d'une étoile de référence.

$E$  et  $E_{\text{réf}}$  : éclats des étoiles correspondantes.

Ces grandeurs apparentes dépendent de la distance des étoiles observées : une étoile proche et peu brillante peut avoir le même éclat apparent qu'une étoile très brillante mais lointaine.

### La magnitude absolue.

La magnitude absolue  $M$  d'une étoile est celle qu'elle aurait si elle était placée à 10 parsec du Soleil.

### Distance et magnitudes.

Par définition des magnitudes apparente et absolue d'une étoile et prenant comme étoile de référence l'étoile en question mais placée à 10 pc, quelques calculs avec les logarithmes permettent d'obtenir le "module de distance"  $m - M$  :

$$m - M = 5 \cdot \log_{10}(d/10\text{pc}) = 5 \cdot \log_{10}(d) - 5$$

\*\*\*\*\*

## Prolongement possible :

### Calcul de la constante de Hubble et évolution de l'Univers.

Quel est l'âge de l'Univers ? Quelle est sa vitesse d'expansion ? Va-t-il un jour se contracter ?

Ce sont là quelques unes des questions fondamentales de la cosmologie. Elles ont longtemps attendu des réponses satisfaisantes.

Le destin de l'Univers est étroitement lié à l'évolution future de son taux d'expansion. Si l'expansion se ralentit suffisamment, alors l'Univers commencera un jour à se contracter.

L'observation suggère actuellement qu'il est plus probable que l'Univers continue indéfiniment à se dilater.

L'expansion de l'Univers fait que toutes les galaxies s'éloignent d'un observateur donné (situé par exemple sur la Terre) et que leur vitesse de fuite est d'autant plus grande qu'elles sont plus éloignées.

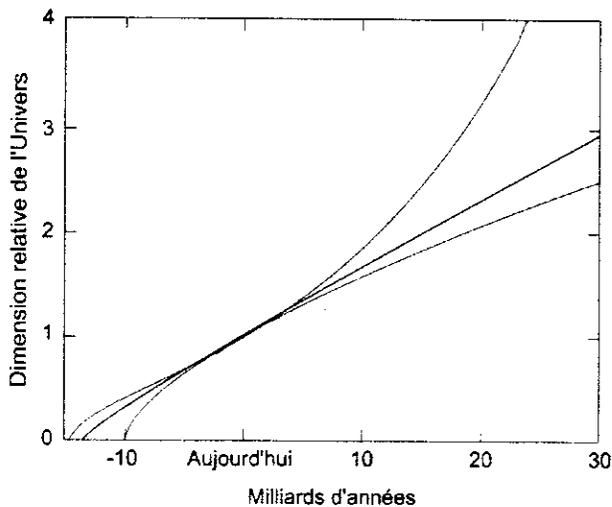
L'expression connue sous le nom de Loi de Hubble (formulée par Edwin Hubble en 1929) met en relation la distance  $d$  séparant l'objet de l'observateur et sa vitesse de fuite  $v$ . Cette loi s'écrit :

$$v = H_0 \cdot d$$

Elle établit que les galaxies de notre Univers s'éloignent toutes les unes des autres avec une vitesse,  $v$ , proportionnelle à la distance  $d$  qui les sépare.  $H_0$  est une caractéristique de notre Univers, appelée constante de Hubble, très importante dans de nombreuses questions cosmologiques ; c'est un indicateur de l'actuelle vitesse d'expansion de l'Univers.

L'âge de l'Univers,  $t$ , peut en effet s'exprimer approximativement par l'inverse de la constante de Hubble  $H_0$  :

$$t = 1/H_0$$



### Le destin de l'Univers :

Ce graphique indique la taille de l'Univers en fonction du temps - en d'autres termes, il montre comment il se dilate et/ou se contracte au cours du temps.

Les différentes lignes "dans le futur" (dans la partie droite du diagramme) montrent le destin de l'Univers selon les différents modèles : en expansion indéfinie ou en contraction.

La connaissance de la valeur de  $H_0$  est donc fondamentale pour l'estimation de l'âge de l'Univers. Mais comment la mesurer ?

Il "suffit" de mesurer la vitesse de fuite  $v$  et la distance  $d$  d'un objet, en général une galaxie, ou mieux encore, d'un ensemble de galaxies, pour trouver une valeur moyenne.

La vitesse de fuite est relativement facile à déterminer : nous savons en effet mesurer ce que l'on appelle le décalage vers le rouge de la lumière d'une galaxie, ou "redshift".

C'est une conséquence directe du déplacement d'un objet qui s'éloigne de nous. C'est un décalage Doppler de la lumière émise par chaque galaxie, et il en résulte une modification (vers l'extrémité rouge du spectre) des longueurs d'onde de la lumière qu'elles émettent.

Puisque la longueur d'onde de la lumière rouge est supérieure à celle de la lumière bleue, c'est que la longueur d'onde a augmenté pendant son voyage vers la Terre.

La variation relative de la longueur d'onde due à ce décalage Doppler est appelée "redshift" : les galaxies à haut "redshift" ont donc des vitesses de fuite élevées.

### Objectif 7

La vitesse de fuite  $v$  d'une galaxie comme M100, associée à sa distance, vous permet de calculer la vitesse d'expansion de l'Univers comme l'exprime la loi de Hubble.

La constante de Hubble  $H_0$  s'exprime en km/s/Mpc.

La vitesse de fuite de l'amas de la Vierge, dont M100 fait partie, a été mesurée :  $v = 1400$  km/s. (Freedman et al., 1994).

Calculez la constante de Hubble à partir de cette valeur de  $v$  et de votre estimation de la distance  $d$ .

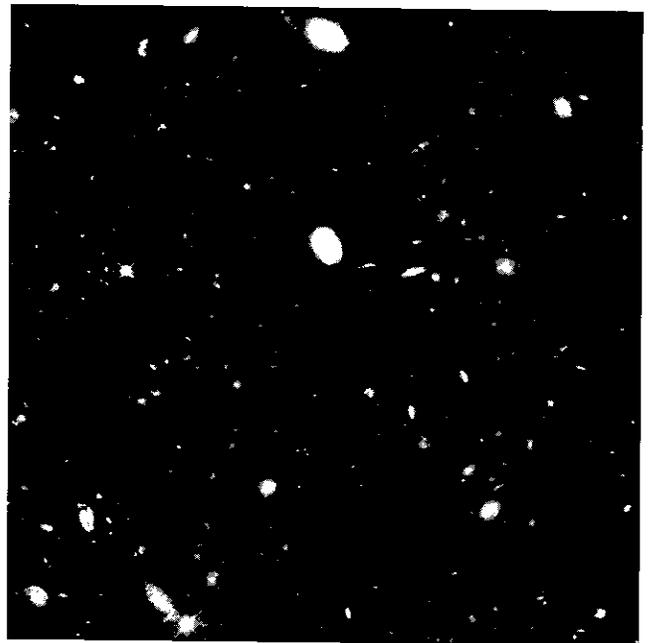
### Objectif 8

En admettant que l'âge de l'Univers est donné par

$$t = 1 / H_0,$$

calculez sa valeur, sans oublier de choisir les bonnes unités. Comparez-le avec l'âge de la Terre.

\*\*\*\*\*



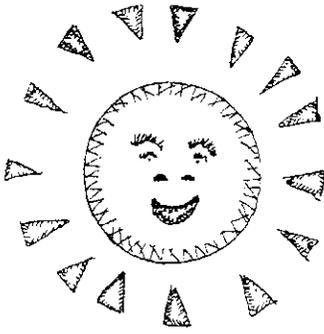
### Des galaxies lointaines à haut "redshift"

Cette image, prise avec la Caméra Planétaire à Grand Champ (WFPC2) du télescope spatial HUBBLE, montre de nombreuses galaxies, situées à plusieurs milliards d'années-lumière. La plupart des taches floues sont des galaxies, contenant chacune des milliards d'étoiles. Ces galaxies s'éloignent de nous à de grandes vitesses.

L'exercice se termine avec les réponses aux questions posées et des commentaires à l'attention du professeur. Ils sont disponibles sur le site du CLEA. Trois autres exercices sont disponibles sur le site [www.astroex.org](http://www.astroex.org) ; leurs titres sont :  
Mesure de la distance de la supernova 1987A  
Mesure de la distance de la nébuleuse "Oeil de chat".  
Mesure de l'âge et de la distance d'un amas globulaire.

\*\*\*\*\*

Nous remercions vivement l'ESA et l'ESO de nous avoir autorisé à puiser dans leurs productions.

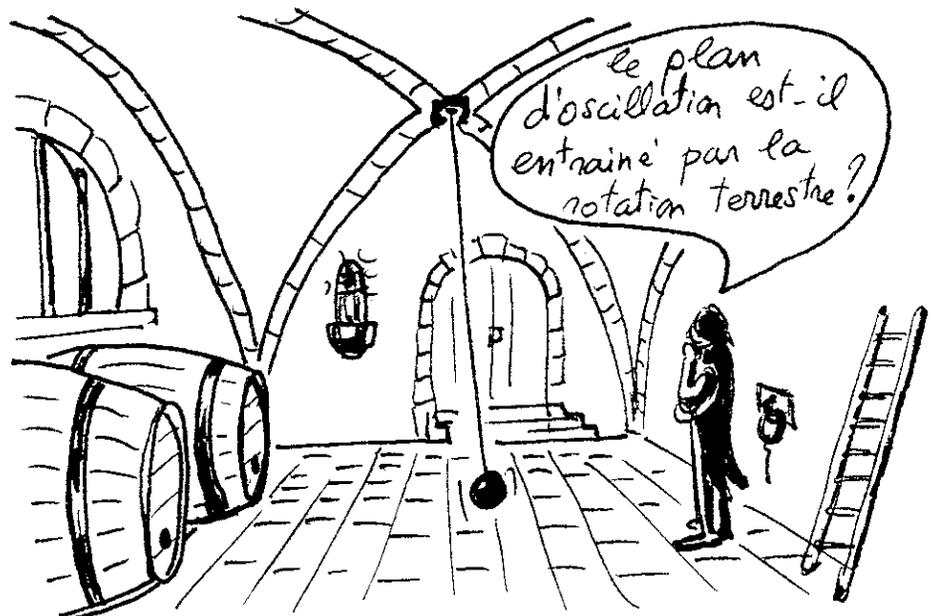


# Le pendule de Foucault : la physique du phénomène, en images

G. Paturel, Observatoire de Lyon

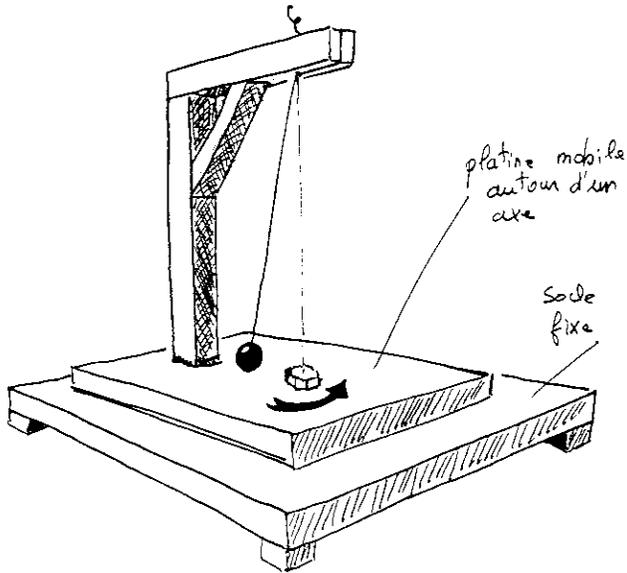
ARTICLE DE FOND

Dans un article précédent (CC 98) nous avons vu la réalisation d'un pendule de Foucault, entretenu électriquement par la méthode du Pr. Charron. Nous allons aujourd'hui nous intéresser à la physique du phénomène, et ce, en images. La rotation du plan d'oscillation du pendule s'explique par l'accélération dite de Coriolis. L'origine de cette accélération a la réputation d'être difficile à comprendre sans le secours d'équations compliquées. Nous espérons montrer que le phénomène peut être compris assez simplement, en quelques images. Nous sacrifierons donc un peu la rigueur mathématique, mais essayerons de ne pas dénaturer la physique du phénomène.

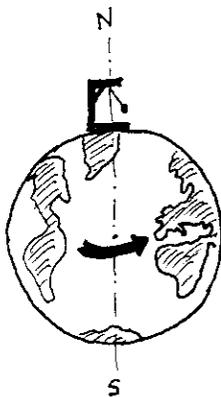


**IMAGE 1** : Foucault a réalisé la première expérience de son pendule, dans sa cave, en 1851. Son pendule n'avait que deux mètres de haut (une belle cave, tout de même !). La masse pendulaire était une sphère de 5 kilogrammes. Je reproduis une partie du texte original. Vous allez voir que ce texte ne manque pas d'une certaine saveur surannée.

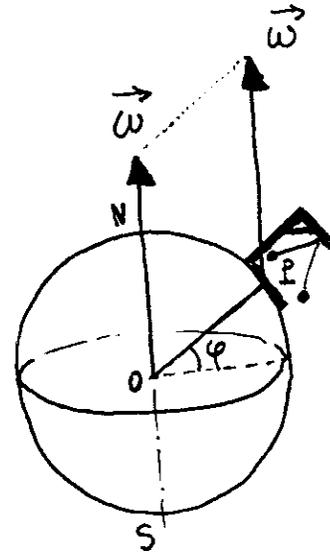
Puis pour l'écarter [la sphère] de sa position d'équilibre, on l'embrasse dans une anse de fil organique dont l'extrémité libre est attachée à un point fixe pris sur la muraille, à une faible hauteur au-dessus du sol. ...Puis, ... on brûle le fil organique en quelque point de sa longueur ; sa ténacité venant alors à faire défaut, il se rompt, l'anse qui circonscrivait la sphère tombe à terre, et le pendule, obéissant à la seule force de la gravité, entre en marche et fournit une longue suite d'oscillations dont le plan ne tarde pas à éprouver un déplacement sensible....



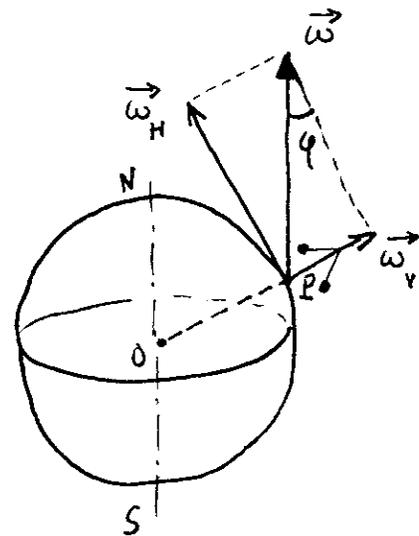
**IMAGE 2 :** Avant de faire la théorie, je vous conseille de réaliser le petit instrument décrit dans cette figure. C'est très simple et je vous garantis un effet très spectaculaire. Un petit pendule simple est tenu par une potence montée sur une platine mobile autour d'un axe, aligné avec le fil du pendule au repos. Lancez le pendule et faites tourner la platine autour de son axe. Vous verrez que le pendule oscille toujours dans le même plan.



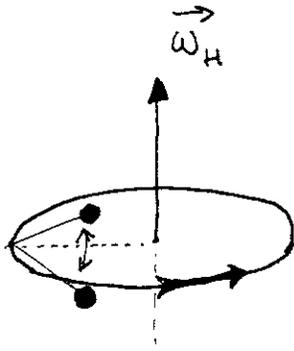
**IMAGE 3 :** Nous avons reproduit ainsi ce que nous aurions obtenu à un pôle terrestre, avec un pendule classique, la platine mobile étant constituée par la Terre elle-même.



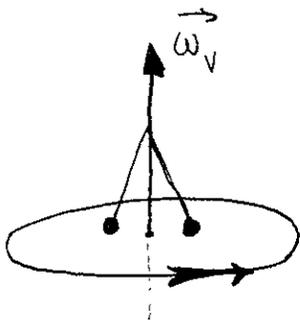
**IMAGE 4 :** En dehors du pôle le phénomène se complique. Supposons que nous installions notre pendule en un lieu (point P) de latitude  $\varphi$ . La rotation de la Terre peut se représenter par un vecteur  $\omega$ . (nous adoptons pour le texte la notation anglo-saxonne qui veut que les vecteurs soient écrits en caractères gras).



**IMAGE 5 :** En P le vecteur  $\omega$  peut être vu comme la somme de deux vecteurs  $\omega_H$  et  $\omega_V$ . Le pendule voit donc deux rotations. Quels sont les effets de ces deux rotations ?



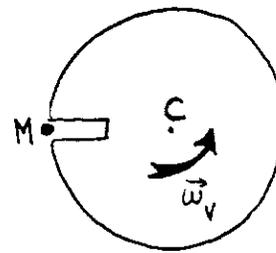
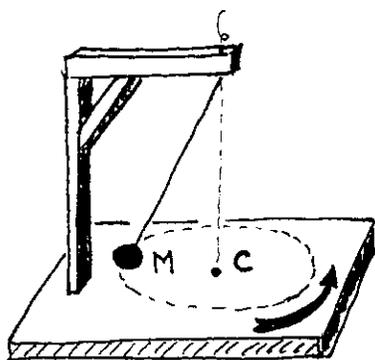
**IMAGE 6 :** La rotation dont le vecteur est horizontal peut affecter quelque peu la période d'oscillation, mais elle n'affecte pas la direction des oscillations.



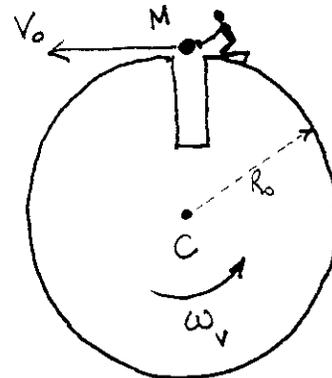
$$\omega_V = \omega \sin\varphi$$

**IMAGE 7 :** La rotation de vecteur vertical est similaire à la rotation que verrait un pendule placé à un pôle terrestre, mais elle est plus faible puisque nous avons :  
 $|\omega_V| = |\omega| \sin\varphi$

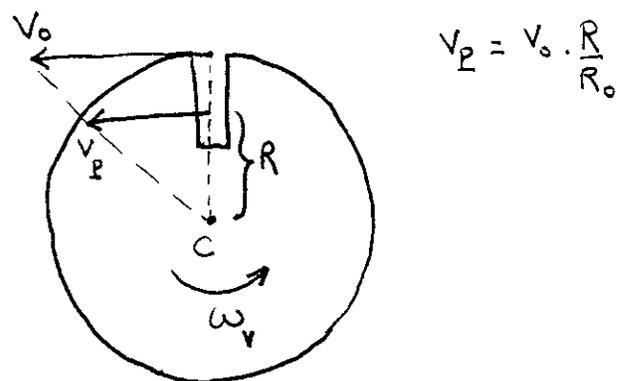
La période de rotation étant reliée à la vitesse angulaire de rotation par  $T = 2\pi / \omega$ , on déduit aisément que la rotation du plan d'oscillation en P se fait en  $24 \text{ h} / \sin\varphi$ , soit environ 32 heures à Paris ( $\varphi = 48,8^\circ$ ).



**IMAGE 8 :** L'étude du pendule au point P se ramène donc à l'étude au pôle, mais avec une vitesse de rotation plus lente. Pour aller plus avant dans la compréhension du phénomène, nous pouvons remarquer que le mouvement de la masse pendulaire (la sphère, quoi !) est celui d'un corps libre M attiré par un centre C, dans un système en rotation. Il serait équivalent d'étudier une masse M tombant dans un puits, sous l'effet de l'attraction de la Terre en rotation  $\omega_V$ .



**IMAGE 9 :** Avant de laisser tomber la masse dans le puits, l'opérateur la maintient. Cette masse est donc assujettie à garder la même vitesse ( $V_0$ ) que la margelle du puits.

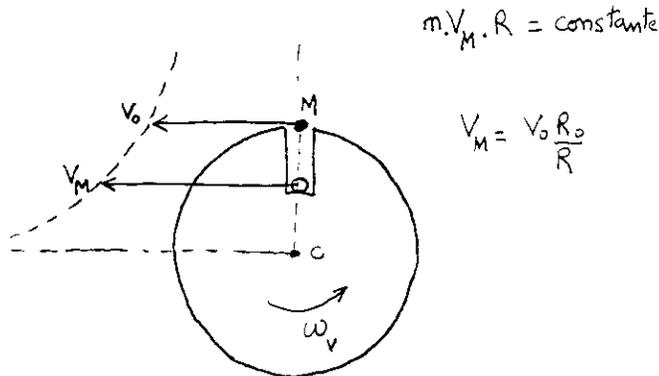


$$V_P = V_0 \cdot \frac{R}{R_0}$$

**IMAGE 10 :** Les bords du puits ont une vitesse qui va en diminuant au fur et à mesure que l'on se rapproche du centre

de la Terre. En effet, la vitesse angulaire est constante mais la distance au centre varie. La vitesse en un point quelconque P, à la distance R du centre, serait  $V_P = V_0 R / R_0$ . ( $R_0$  étant le rayon de la Terre à l'équateur).

Donc, même si la masse M gardait la même vitesse horizontale  $V_0$  lors de sa chute, elle se déplacerait par rapport aux bords du puits et ne tomberait donc pas rigoureusement à la verticale. Mais est-ce que la masse en chute libre garde la même vitesse horizontale  $V_0$  ?



**IMAGE 11** : La réponse est NON. Plus la masse s'approche du centre plus sa vitesse horizontale augmente.

C'est le résultat du principe de conservation du moment cinétique, qui dit que pour un corps en rotation la quantité  $m \cdot \omega \cdot R^2 = m \cdot V \cdot R$  est constante.

C'est l'histoire du patineur qui se met à tourner plus vite quand il serre ses bras le long de son corps ( $m \cdot R$  diminue donc  $V$  augmente pour maintenir  $m \cdot V \cdot R$  constant).

La vitesse horizontale de la masse M à une distance R du centre est  $V_M = (V_0 \cdot R_0) / R$  (car  $m \cdot V_M \cdot R = m \cdot V_0 \cdot R_0$ )

**"ENCADRE SAVANT"** : On peut calculer la vitesse relative de la masse M par rapport aux bords du puits à une profondeur donnée R.

Cette vitesse est simplement :  $\Delta V = V_M - V_P$

$$\Delta V = V_M - V_P = V_0 \left( \frac{R_0}{R} - \frac{R}{R_0} \right)$$

d'où l'accélération

$$M = \left| \frac{\Delta V}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta V}{\Delta R} \times \frac{\Delta R}{\Delta t} \right| = V_0 \left( \frac{R_0}{R^2} + \frac{1}{R_0} \right) \cdot V_{\text{chute}}$$

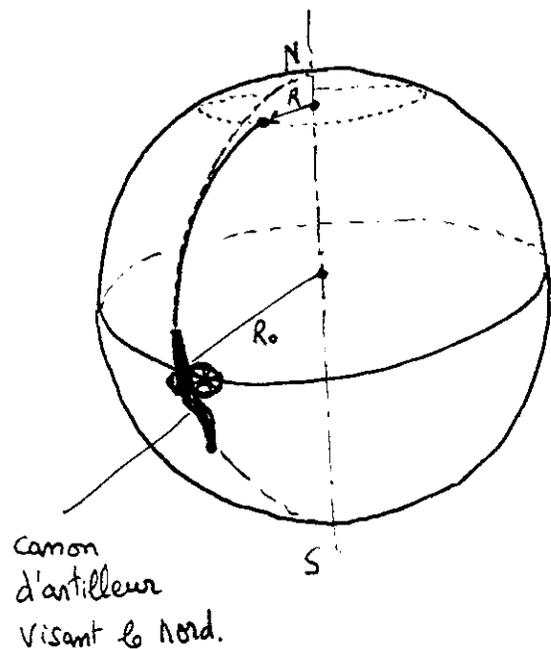
$$M = \left( \frac{R_0^2}{R^2} + 1 \right) \cdot \frac{V_0}{R_0} \cdot V_{\text{chute}} = \left( \frac{R_0^2}{R^2} + 1 \right) \cdot \omega_v \cdot V_{\text{chute}}$$

- quand  $R = R_0$  alors  $\gamma = \gamma_{\text{Coriolis}} = 2 \cdot \omega_v \cdot V_{\text{chute}}$
  - quand  $R \sim R_0$  alors  $\gamma \sim \gamma_{\text{Coriolis}}$  (expérience du puits)
  - Dans le cas du pendule de Foucault, on a  $R \leq R_0$ , il y a donc un excès ou un défaut d'accélération par rapport à  $\gamma_{\text{Coriolis}}$ , selon le signe de  $V_{\text{chute}}$ . Il en résulte que M décrit une ellipse. Les extrémités du grand axe de cette ellipse correspondent à  $R = R_0$ . Ce grand axe tourne donc bien sous l'effet d'une force de Coriolis  
 $F_C = M \cdot \gamma_{\text{Coriolis}} = 2 \cdot M \cdot \omega_v \cdot V_{\text{chute}}$
- N.B. : quand r tend vers 0,  $V_{\text{chute}}$  tend aussi vers 0 ; l'accélération ne devient pas infinie.

Le calcul fait dans l'encadré dit savant ci-dessus montre que l'accélération qui résulte de cette vitesse est :

$$\gamma = 2(\omega \wedge V_{\text{chute}})$$

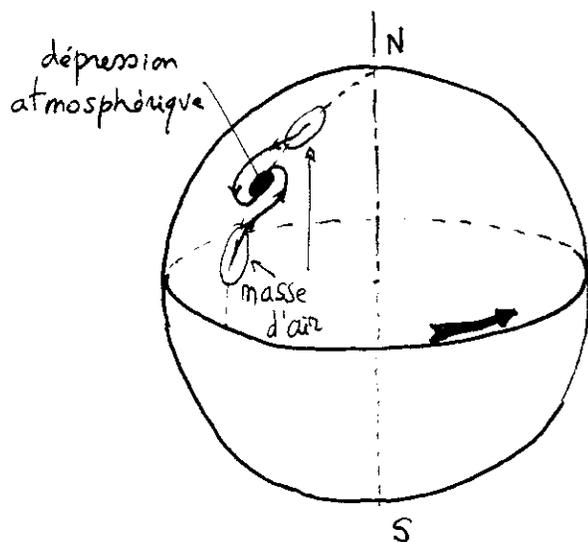
C'est la fameuse accélération de Coriolis.



**IMAGE 12** : Les conséquences de cette accélération étaient connues depuis longtemps. Les artilleurs avaient noté qu'un boulet de canon tiré vers le nord (dans l'hémisphère nord) déviait vers l'est. Ce phénomène s'explique si on réalise que le boulet, en montant vers le nord se rapproche de l'axe de rotation terrestre.



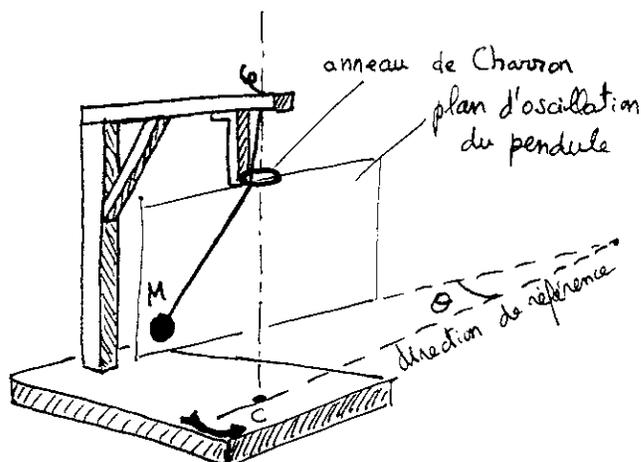
**IMAGE 13** : Notez la finesse de la réflexion de l'artilleur qui cherche à se disculper en attribuant la faute au boulet.



**IMAGE 14** : Une dépression atmosphérique va attirer les masses d'air environnantes. Les masses venues du sud et montant vers le nord (toujours en se plaçant dans l'hémisphère nord) vont dévier vers l'est. En revanche les masses d'air qui descendent du nord vont dévier vers l'ouest. Les masses d'air vont donc toujours manquer leur but et s'enrouler en spirale.

Nous pouvons comprendre que les cyclones tournent dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère

nord. Si vous avez compris le raisonnement, trouvez dans quel sens ils tournent dans l'hémisphère sud.

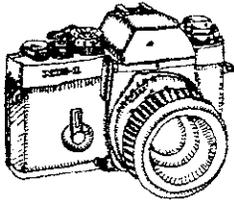


**IMAGE 15** : Revenons sur le pendule de Foucault-Charron entretenu électriquement. L'anneau, que nous avons appelé l'anneau de Charron du nom de son inventeur, servait essentiellement à établir un contact électrique quand le pendule était hors de sa position d'équilibre. Un électro-aimant était alors excité qui ramenait le pendule vers le centre avec un petit surcroît d'énergie compensant les pertes dues, pour l'essentiel, à la résistance de l'air.

L'anneau de Charron joue aussi un rôle de stabilisation : les mouvements non radiaux disparaissent car le fil de suspension est freiné lors de son contact avec l'anneau. Les oscillations en forme d'ellipse, quasiment inévitables avec un petit pendule, deviennent de belles oscillations bien planes. Mais... , car il y a un Mais, quand le fil est en contact avec l'anneau, fut-ce une fraction de seconde, le pendule est alors solidaire de la Terre, et la rotation du plan d'oscillation est arrêtée pendant cette fraction de seconde (si le fil restait constamment solidaire de l'anneau, lui-même solidaire de la Terre, il n'y aurait pas de rotation du plan des oscillations). La rotation est donc ralentie. C'est bien ce que nous avons observé.

Le calcul de la fraction du temps où le pendule est réellement libre est très difficile à évaluer.

Pour pallier cet inconvénient nous avons réalisé un pendule, entretenu, mais complètement libre. Nous le décrirons dans un prochain article si les résultats sont satisfaisants.



# L'horloge astronomique de Stendal

Paul Gagnaire et Charles-Henri Eyraud

REPORTAGES

Lieux de rencontre, les édifices religieux ont été aussi des lieux d'information et d'édification morale.

Les horloges astronomiques ont ainsi pu donner les rythmes des jours, des lunaisons, des années, en suggérant par leur exactitude l'idée d'un ordre éternel.

Celle de Stendal y ajoute quelques conseils de morale.

## Introduction

Aucun ouvrage de langue française ne mentionne l'horloge astronomique de la ville de Stendal, ville hanséatique prospère au Moyen-âge, aujourd'hui chef-lieu d'une division administrative du Land de Sachsen-Anhalt à 100 km à l'ouest de Berlin. Au cours de son existence (1241-1669) la Hanse fondée par Hambourg et Lübeck, unit politiquement et commercialement jusqu'à 200 grandes villes européennes. Successivement entrèrent dans la ligue, Bruges, Stralsund, Stettin, Riga, Novgorod, Dantzig, Dunkerque, Amsterdam et même Marseille, Naples, Messine... En 1669, seules les villes de Lübeck, Brême et Hambourg participèrent à la dernière Diète. Les échanges furent aussi scientifiques, la construction d'horloges astronomiques à Brême, Dantzig (Gdansk), Hambourg, Lübeck, Münster, Rostock, Stendal, Stralsund, Wismar, en Allemagne, Lünd en Suède, Prague en Tchécoslovaquie en témoigne. Stendal est peu connue aujourd'hui mais son influence passée au Moyen-âge se comprend très bien sur une carte d'après sa position centrale au cœur de l'Allemagne, lieu de passage entre Nord et Sud, Est et

Ouest, entre les villes importantes de Berlin, Magdeburg, Hannover et Hamburg.

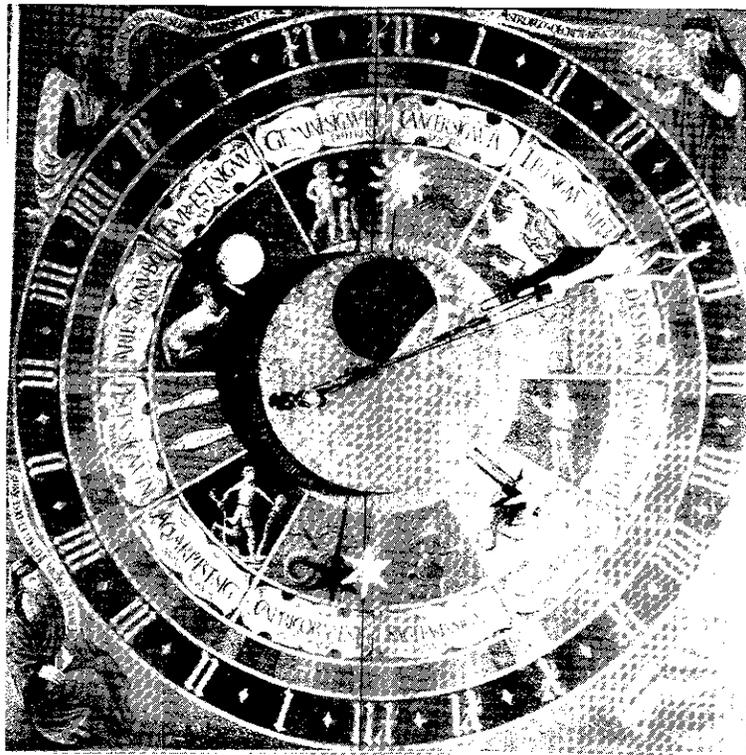
## Description de l'horloge

L'horloge y compris les aiguilles du cadran a une masse d'environ 100 kg. La longueur du pendule est d'environ 3,25 mètres. L'horloge est remontée environ tous les 5 jours. Le mécanisme est actionné par une masse de 65 kg fixée au bout d'une corde. Son cadran carré de 3 mètres de côté est peint sur bois et porte quatre aiguilles.

## Les quatre aiguilles

### 1) La petite aiguille (fer de lance non évidé)

L'horloge montre le cours du jour en 24 heures. Le jour commence à 0h (minuit). C'est à minuit que le Soleil se trouve à son point le plus bas (la petite aiguille se trouverait donc en bas). C'est à midi, à 12h, que la petite aiguille atteint son point le plus haut puis redescend l'après midi, de



**Le cadran de l'horloge**

façon symétrique au mouvement apparent du Soleil. Sur la photo il est un peu plus de 4 heures de l'après-midi.

## 2) La grande aiguille (fer de lance évidé)

La grande aiguille fait le tour du cadran en 2 heures. Ainsi elle montre l'heure pleine en haut et en bas. Il en résulte que les demi-heures sont à angle droit, là où sont habituellement les 1/4 et 3/4 d'heure. L'intervalle de chiffre en chiffre est de 5 minutes. A 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 heures, la grande aiguille est en haut, à 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 heures en bas. Sur la photo 40 minutes se sont écoulées depuis l'heure ronde.

## 3) L'aiguille du Soleil et l'aiguille de la Lune

L'aiguille du Soleil, chargée d'un disque solaire rayonnant et humanisé effectue un tour par an. Sur la photographie le Soleil se trouve au début du signe du Cancer.

L'aiguille de la Lune, chargée d'un croissant lunaire en premier quartier et humanisé effectue un tour en une révolution sidérale, c'est à dire 27j 6h environ. Sur la photographie, la Lune se trouve au début du signe du Taureau. (voir ci-dessous le commentaire sur la couronne intérieure des chiffres)

Les deux étoiles dorées à 6 branches, de part et d'autre du Soleil et de la Lune, servent de masses d'équilibrage à leurs aiguilles tout comme les deux petites sphères bleutées pour les deux aiguilles horaires.

## La couronne intérieure des chiffres

La couronne intérieure encerclant le disque bleu étoilé indique le degré dans le signe. Chaque signe de 30° comporte des subdivisions de 5° notées 5, 10, 15, 20, 25, 30.

La photographie a été prise le vendredi 5 juillet 2002 vers 14h UT. Le logiciel Solarium de Pierre Dallet procure les coordonnées des astres en particulier les coordonnées équatoriales de la Lune et du Soleil ce qui permet le calcul de leur longitude écliptique:  $l = 103^\circ$  (13° du Cancer) pour le Soleil,  $l = 45^\circ$  (15° du Taureau) pour la Lune.

L'aiguille du Soleil, à environ 3° du Cancer, est en retard de 10°. L'aiguille de la Lune, à environ 10° du Taureau, est en retard de 5°. Ces deux erreurs étant de même signe, l'élongation de la Lune, est erronée de 5° seulement (53° Ouest au lieu de 58° Ouest)

## Disque des étoiles

Le guichet rond dans le disque bleu étoilé indique le cycle lunaire (Pleine Lune, Nouvelle Lune, Lune croissante et décroissante). A la Pleine Lune, le Soleil se trouve en opposition, le champ du guichet est complètement jaune ; à la Nouvelle Lune le Soleil se trouve en conjonction, le champ est totalement noir ; par Lune croissante ou décroissante, l'ouverture est partagée entre noir et jaune suivant la phase de la Lune. Sur la photographie la phase est très proche de la Nouvelle Lune qui eut lieu le Mercredi 10 juillet 2002.

## Histoire abrégée de l'horloge

Cette horloge astronomique daterait du début du 15<sup>ème</sup> siècle, avec des restaurations successives en particulier pour la construction de l'orgue à la fin du 16<sup>ème</sup> siècle et pour l'introduction de l'aiguille des minutes et du mouvement pendulaire à la fin du 17<sup>ème</sup> siècle. L'orgue, dont la construction est datée de façon certaine par les chiffres 1580 inscrits en son milieu, est visible sur une tribune soutenue par des piliers en bois dont deux sont ornés de devises tirés des psaumes: "Chante au Seigneur un cantique nouveau" et "Loue le Seigneur, ô mon âme".

L'horloge fut complètement reconstruite en 1856 par le sacristain de l'Église Sainte-Marie, E. Zimmermann, en utilisant d'anciennes pièces. Zimmermann a, par la suite, volontairement détruit l'horloge de ses propres mains. Par la suite, elle n'a jamais plus fonctionné. C'est seulement dans les années 1970 qu'Oskar Roever, orfèvre à Stendal, restaura et compléta les parties fondamentales de l'horloge à l'issue d'un travail de presque 20 ans. Elle fut à nouveau visible du public le 14 Mai 1977.

## Les textes des phylactères



(1) En bas à droite : (photo ci -dessus)  
Ne redoutez pas les signes du ciel que craignent les païens....

NOLITE TIMERE A SIGNIS COELI QUOS TIMENT GENTES

(2) En bas à gauche :

Les saisons seront dans les signes comme les jours dans les années.

ERUNT IN SIGNA TEMPORA ET DIES IN ANNOS

(3) En haut à droite :

Les maximes de l'astrologue ne sont pas des arrêts du destin.  
(A l'astrologie les principes, non les lois)

ASTROLOGIO DECRETA NON SCRIPTORIA

(4) En haut à gauche :

Les astres inclinent (influencent) mais ne contraignent pas.

ASTRA INCLINANT SED NON NECESSITANT (Saint Thomas d'Aquin)

Les cartouches des signes laissent apparaître le déterminisme de l'astrologie, en contradiction avec les devises citées plus haut. On peut lire en effet : "Le Cancer est un signe indifférent (c'est à dire ni bon, ni mauvais), le Lion est un signe mauvais, la Vierge est un signe mauvais, la Balance est un signe bon, le Scorpion est un signe indifférent, le Sagittaire est un signe bon, Le Capricorne est un signe mauvais, le Verseau est un signe bon, les Poissons est un signe indifférent, le Bélier est un signe bon, le Taureau est un signe mauvais, les Gémeaux est un signe indifférent"

## Remerciements :

Marcel Gay pour les traductions latines et Etienne Chazot pour les photographies

## Bibliographie :

### 1- Logiciel

Pierre Dallet, Solarium, logiciel téléchargeable à l'adresse <http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/>

### 2 - Sites Internet

\* Horloges astronomiques en Europe

<http://www.ens-lyon.fr/RELIE/Cadrans/culture/musee/Europe/Carte.htm>

\* Bureau des longitudes : <http://www.bdl.fr/>

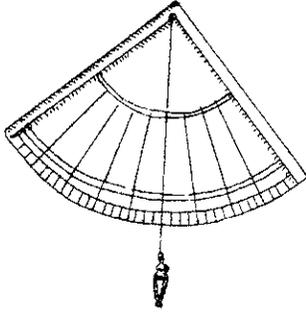
### 3 - Livres

\* SCHUKOWSKI Manfred, Die Astronomische Uhr in St. Marien zu Rostock, Die Blauen Bücher, 1992.

\* UNGERER Alfred, Les horloges astronomiques, Strasbourg, 1931.

\* POULLE Emmanuel, Comptes Rendu de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres, Janvier-Mars 1997, pour une typologie de l'horlogerie astronomique médiévale, Paris, Diffusion de Boccard, 1997.





# Peiresc

Jean Ripert

Peiresc, qui a vécu à la charnière des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles est mal connu. Ce fut un amateur éclairé, fort curieux et érudit.

Jean Ripert nous raconte ici sa vie avant, dans le prochain numéro, de décrire son oeuvre scientifique.

HISTOIRE

Mots clefs : histoire de l'astronomie

Dans un Itinéraire de Découverte, proposé sur le site du CLEA, il est fait mention de la mesure des longitudes. Il est cité en particulier la correction qui a été apportée au 17<sup>e</sup> siècle sur la mesure de la longueur de la Méditerranée. Cela nous a encouragé à ressortir des cartons, tout en le rajeunissant, un article qui était paru dans les numéros 11 et 12 des Cahiers Clairaut.

PEIRESC, un inconnu ? Illustre, il le fut pendant sa vie, mais il fut oublié durant des siècles. Nombreux sont ceux qui ont essayé de faire connaître son oeuvre, en particulier en Provence, mais également en dehors de nos frontières au moment du quadricentenaire de sa naissance (voir à ce sujet le site de la Fondation Nicolas Fabri de Peiresc). Il a vécu à la charnière entre le 16<sup>e</sup> et le 17<sup>e</sup> siècle, époque importante pour l'astronomie qui va faire un bond en avant avec la découverte de la lunette. A cette époque, l'astronomie, science d'observation, retrouve un nouvel élan.

## La vie de Peiresc

Pour rencontrer Nicolas PEIRESC, allons à Belgentier (Beaugencier, Beau-

gency, Boisgency), petit village varois situé dans la très agréable vallée du Gapeau, au Nord de Toulon et Hyères. L'acte baptistère de Peiresc, rédigé par le curé Gardane nous donne des précisions.

"l'an que dessus (1580) et le XXVI décembre et le jour scain Estève, a esté batizé Nicollas-Claudou FABRIS. (II) a (pour) père maistre Rainaud FABRIS, sieur de Callas, conseiller (du roi) en sa cour des Comptes, Aides et Finances, scéant ladite court en la ville de Brignolle causant la peste qui est à Aix. Le perrin est maistre Claude FABRIS, conseiller du roy en la cour de Parlement, et la mer-rine, Mademoiselle Anne de Vallavoire, fame du capp. Astour à Toulon. Pr longue vie.

Gardane, curatus."

Le Parlement de Provence avait donc fui la peste et Aix, et s'était retiré à Brignoles. La famille Fabri avait regagné son château à Belgentier. Le curé rédigeait d'habitude les actes en provençal ou en latin, mais là, pour faire honneur au conseiller FABRI, il utilise le français sauf pour le prénom "*Claudou*" et emporté par

l'habitude, il signe en latin. Dans l'acte, il oublie de donner le nom de la mère (Marguerite Bompar) et la date de naissance de l'enfant. Pour connaître celle-ci, il faut donc se rapporter à la "Vie de Peiresc" de Gassendi (1641), ou mieux aux écrits de M Fabri lui-même.

"le I jour de décembre 1580, jeudi à six heure du soir attendant sept, ma femme est accouché d'un fils, baptisé entremains à Beaugency, par un pauvre homme nommé Jean Teisseire et ma sœur Damyrat. Puis le deuxième jour des festes de Noël, mon frère l'a tenu à l'église sur les fonds avec demoiselle Hellaine de Vallavoire sa marraine. ..."

C'est donc le jeudi 1 décembre (*essayez de vérifier si c'était bien un jeudi*), qu'est né Nicolas. Il a été baptisé en attendant (entremains du provençal entremens) par le premier pauvre rencontré suivant le vœu de sa mère, ce qui n'était pas rare à l'époque.

Gassendi nous apprend qu'en 1582, année mémorable pour la réforme du calendrier, Madame Fabri eut un second fils prénommé Palamède (elle mourut des suites de ses couches). Ce fils prit plus tard le nom de Valavez et épousa Marquise la fille de la seconde Madame Fabri.

Nicolas vivait à Aix, siège du Parlement où son père et son oncle étaient Conseillers. L'avenir du jeune Nicolas était donc tracé, il devra remplacer son oncle au Parlement. Après des études à Brignoles et à Saint-Maximin où ses dons furent remarquables, son père l'envoie étudier le droit en Avignon. Le droit ne le passionne pas trop, il préfère l'archéologie et rêve de se rendre à Rome. Sa famille retarde son départ, mais à 19 ans, il part pour Padoue pour y étudier le droit romain, mais il fera plus que cela.

A l'aller, sa curiosité le mène à Fréjus (colisée, forum), aux îles de Lérins, à Gênes, il visite également Pise, Florence, Bologne, Venise et arrive enfin à Padoue. Il s'inscrit à l'Université qui créée en 1222, comporte près de 20.000 étudiants. Il étudie le droit avec beaucoup de sérieux et fréquente aussi des érudits qui se réunissent chez Pinelli, un mécène de 65 ans. Il s'intéresse aux pièces de monnaie, aux antiquités et aux objets d'art.

En 1600, via Ferrare, Bologne et Florence, il se rend à Rome où il assiste au mariage de Henri IV et de Marie de Médicis. Il visite les églises et les bibliothèques, mais Rome l'a déçu ; ses sept collines semblent ridicules à côté de celles qui entourent Aix et Belgentier (la Sainte Victoire et la Sainte Baume). Heureusement qu'il y a le Colisée, le Panthéon et autres bustes d'empereurs.

Il pense déjà à son retour, il recueille ou achète divers objets : des pièces de monnaie, des médailles, des livres. Il fait cela avec plus de méthode que certains voyageurs de l'époque qui ramenaient tout un caravansérail d'objets hétéroclites. Il va même jusqu'à engager une équipe de dessinateurs pour comparer les empereurs sur les monnaies et les statues. On retrouvera cet esprit organisé, on peut dire scientifique, tout au long de sa vie.



**Peiresc**

En 1602, de retour d'Italie, il va s'inscrire en droit à Montpellier. Pendant son absence, sa famille a arrangé un mariage avec Angélique, la fille du premier Président de la Chambre des Comptes, mais Nicolas refuse net. Les femmes d'ailleurs seront absentes de sa vie. Était-il misogyne ? Était-il trop absorbé par ses recherches ? Ou cachait-il une vocation religieuse ?

Le 18 janvier 1604, le jeune Nicolas passe avec succès son doctorat, le voilà prêt pour remplacer son oncle Claude de Callas au Parlement de Provence.

Le 15 mars 1604, il écrit à Scaliger :

"mon père a trouvé bon, depuis quelques temps, de me donner la place de PEIRETS, et désire que j'en porte le nom pour (entr'autres occasions) éviter la confusion qui pourroit advenir entre mes lettres et celles de M de Callas, le conseiller, mon oncle et siennes mesmes tellement que, d'ores en avant, il sera meilleur que vous faisiez le dessus de vos lettres : au sieur de Peirets, à Aix en Provence, chez M le Conseiller Callas".

Voilà, le changement de nom est fait et avec le temps, Peirets deviendra Peiresc.

Le hameau de Peyresq<sup>1</sup> se trouve en Haute Provence, à 1500 m d'altitude dans la haute vallée du Verdon. Ce village complètement déserté dans les années cinquante (3 habitants en 1952) a été rénové grâce à une association belge : la Fondation Nicolas Claude Fabri de Peiresc. Il est maintenant transformé en village universitaire international. Des colloques scientifiques et des rencontres culturelles y sont régulièrement organisés. Peyresq est situé près d'Annot où l'université de Charleston (Caroline du Sud) a créé à partir de 2000 le Campus Européen Platon<sup>2</sup>. Pendant ses études, il s'était lié avec Guillaume du Vair bien plus âgé que lui. Du Vair était Conseiller d'Henri IV et depuis 1599, premier Président du Parlement de Provence. C'est chez lui que

Peiresc rencontrera François Dupérier et son fils Scipion, ainsi que le poète Malherbe qui deviendra son ami. Après le départ de Malherbe, d'Aix, Peiresc s'occupera en bon pédagogue du fils de celui-ci, Marc-Antoine qui mourra en duel.



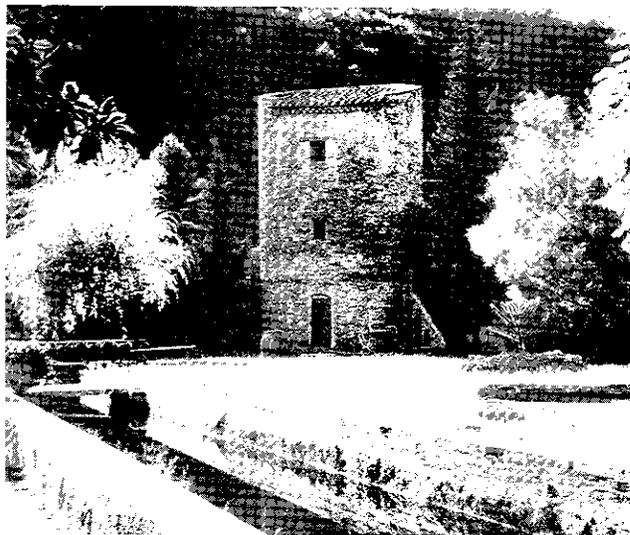
**Malherbe**

Quand Du Vair est appelé à Paris, il demande à Peiresc de l'accompagner. Celui-ci deviendra son secrétaire et son confident durant de nombreuses années. Peiresc ira aussi en Angleterre (attaché d'Ambassade), puis en Hollande. Partout où il passe, son insatiable envie d'apprendre, sa curiosité lui font rencontrer tous les scientifiques de l'époque. Il visite les monuments, les bibliothèques, les collections. Il s'intéresse à la peinture (Rubens), l'architecture, les langues anciennes, la médecine, en deux mots, à tout. Comme à Rome, il quête l'information, sans cesse à l'affût, il cherche le détail, prend des notes, dessine et mesure. Il ramène une importante documentation à Aix où il ne tarde pas à revenir.

A Aix, il vit dans le vieil Hôtel de Callas, aujourd'hui disparu et remplacé par le Palais de Justice. Il a installé de nombreuses collections. Sa galerie de "*curiositez, étrangetez et raretez*" comporte 17 000 monnaies et médailles, qui plus tard, achetées par Mazarin deviendront "le Cabinet des Médailles du Roi". Il possède aussi une remarquable bibliothèque, plus de 6000 volumes (40 000 disent certains) et une masse énorme de notes et d'observations. Il entretient d'ailleurs pendant 20 ans le relieur Corberan.

Il occupa sa charge au Parlement avec beaucoup de ferveur, ce fut un juriste et un politique renommé. Quand il quittait les séances du Parlement, il aimait vivre chez lui, seul ou en compagnie de quelques amis tel Gassendi. Il était moins grave et austère que certains le pensent, il était bon vivant et attachant.

Il se rend parfois à Belgentier, pas aussi souvent qu'il le souhaite. Là, il retrouve la maison familiale, son jardin, et quel jardin ! C'est à Belgentier qu'il communique le plus avec la nature sans pour autant arrêter ses recherches. Il y apprécie la douceur de l'air comme nulle part ailleurs.



**Belgentier**

Sa santé est fragile, les intrigues consécutives à la guerre d'Espagne et des troubles se déroulant à Aix l'affectent.

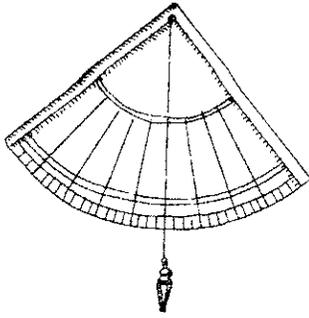
Il meurt à Aix le 24 janvier 1637 dans les bras de Gassendi, mais deux jours auparavant il a fait son testament devant le notaire Astier. Il lègue tout à son frère Palamède en dehors de quelques sommes d'argent à des amis et une demi-douzaine de manuscrits à "maître Fabrot, avocat à la Cour, professeur du Roy en l'Université de cette ville d'Aix".

Que sont devenus tous les trésors amassés par Peiresc? Un grand nombre a disparu. Certains affirment que ses nièces se sont servi de ses écrits pour faire des papillotes ou des couchettes pour les vers à soie. Est-ce vrai ? Il nous reste un grand nombre de livres et de manuscrits conservés à la Bibliothèque Nationale, à la bibliothèque Méjanes à Aix et surtout à la bibliothèque Inguimbertaine à Carpentras.

Sa mort consterna ses amis, pas seulement à Aix, mais dans le monde entier. A Rome, à la demande du Pape Urbain VIII, l'Académie tint une séance exceptionnelle et un recueil de quarante éloges funèbres en quarante langues fut édité.

#### **Notes :**

- (1) <http://www.peiresc.org/>
- (2) <http://www.annot.org/contenu.htm>



# L'astronomie dans l'enseignement secondaire aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles

Colette Le Lay

Cet article se propose de retracer de façon sommaire les principales étapes de l'histoire de l'enseignement de l'astronomie, des collèges d'Ancien Régime aux lycées de Jules Ferry.

Mots clefs : histoire ; enseignement ;

## Les collèges d'Ancien Régime

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, l'enseignement secondaire, qui concerne un petit nombre de privilégiés de la noblesse et de la bourgeoisie aisée, est assuré dans les collèges tenus par divers ordres religieux. Vers 1760, environ trois cents collèges scolarisent 48 000 élèves soit 2 % de la population adolescente. L'enseignement scientifique est repoussé aux années de philosophie auxquelles la plupart des collégiens n'accèdent pas puisqu'ils interrompent souvent leurs études après la classe de rhétorique.

Les Jésuites qui dirigent la majorité des collèges y enseignent la physique, mais il s'agit de celle d'Aristote et l'enseignement est assuré en latin. Quelques établissements enseignent aussi les mathématiques, en français cette fois. L'astronomie dépend des deux disciplines : le système du monde est présenté en physique, donc en latin, les autres aspects sont évoqués en mathématiques mixtes. Plusieurs collèges jésuites sont dotés d'observatoires où les pères et

leurs élèves s'adonnent à l'observation des éclipses, comètes, passages de Vénus et autres phénomènes célestes. Les Oratoriens, implantés dans plusieurs petites villes, ont aussi des chaires de mathématiques et de physique. Jacques Cassini, qui succédera à son père Jean-Dominique à la tête de l'Observatoire de Paris, et Pierre Méchain, futur acteur de l'opération géodésique pour définir le mètre, sont d'anciens élèves de l'Oratoire.

Naturellement, aucune directive officielle ne précise le contenu des cours et la liberté du maître est entière

Deux collèges parisiens se distinguent par la qualité du titulaire de la chaire d'astronomie : le collège d'Harcourt, actuel lycée Saint-Louis, où professe Pierre-Charles Le Monnier, académicien qui s'est illustré par sa participation à l'expédition de Laponie pour mesurer un degré de méridien, et le collège Mazarin où enseigne l'abbé Lacaille, académicien lui aussi et artisan de la vérification de la méridienne de France. Tous deux font le

constat de l'inexistence d'ouvrages d'initiation pour appuyer leur cours. Le Monnier choisit de publier ses Institutions astronomiques, traduction d'un ouvrage anglais complétée par des ajouts dus aux découvertes récentes. Cet ouvrage servira de base aux articles d'astronomie de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert. Lacaille compose des Leçons élémentaires d'astronomie géométrique et physique (1746). Après des préliminaires de trigonométrie sphérique, l'ouvrage suit un plan original qui suscitera maints commentaires : dans une première section, Lacaille expose les généralités sur les phénomènes célestes (étoiles, planètes et comètes), vus du Soleil. Il se démarque ainsi de ses prédécesseurs (et de nombre de ses successeurs) qui adoptent la présentation classique : apparences célestes observées sur Terre, long cheminement historique pour parvenir à l'explication « véritable » des mouvements.

Le livre est un traité axiomatique-déductif de grande qualité mais d'un niveau élevé. S'il semble parfaitement adapté à l'auto formation des apprentis astronomes, nous doutons que la plupart des enseignants des collèges de l'époque aient pu se l'approprier. La plupart préfèrent sans doute puiser leur information dans des ouvrages rédigés pour un public plus large comme les Leçons de physique expérimentale de l'abbé Nollet, académicien mais également professeur du dauphin et de la famille royale, célèbre pour ses leçons publiques que fréquente toute la bonne société. La description des astres et de leurs mouvements repose sur la manipulation d'un dispositif appelé planétaire fabriqué par Nollet lui-même.

### **La période post-révolutionnaire**

Sous l'impulsion de théoriciens comme Condorcet, les assemblées révolutionnaires mettent l'éducation au centre de leurs préoccupations et tentent de fonder de nouvelles institutions. Théoriquement ouvertes en 1795 dans chaque chef-lieu de département, les écoles centrales ont une vie très éphémère puisqu'elles disparaissent en 1802. L'enseignement secondaire y est

dispensé en six années réparties en trois sections. C'est dans la deuxième section, qui regroupe les élèves de quatorze à seize ans, que sont enseignées les mathématiques, la physique et la chimie. Le cursus est très libre, chaque élève choisissant une partie des cours qu'il souhaite suivre.

Le Comité d'instruction publique, chargé par la Convention de préparer les programmes du nouvel enseignement, a aussi pour tâche de dresser une liste de livres adaptés. Un concours est proposé, en 1793, aux auteurs de manuels scolaires pour obtenir l'agrément officiel. Mais la tentative ne rencontre pas le succès escompté et rapidement l'initiative privée reprend ses droits. Des commissions d'examen des livres scolaires perdurent néanmoins tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle.

Les écoles centrales, proprement révolutionnaires mais qui scolarisent un nombre d'élèves bien inférieur à celui des collèges d'Ancien Régime, se heurtent à de multiples résistances, en particulier celle des partisans des humanités. En 1802, Bonaparte se rend aux arguments de ces derniers et fonde les lycées qui restaurent la place du latin et réduisent celle des sciences. Celles-ci sont reportées aux deux dernières années comme dans les collèges du XVIII<sup>e</sup> siècle, mathématiques en rhétorique et physique en philosophie. Le texte officiel très sommaire de 1802 stipule, entre autres, que le professeur de mathématiques est chargé d'enseigner "les éléments de la sphère" et "les éléments de l'astronomie".

Parallèlement aux lycées, dispensant l'enseignement réservé à l'élite (18 000 élèves en 1813), sont instituées en 1803 des écoles secondaires communales dans lesquelles un enseignement d'astronomie est aussi prévu. La liste des livres officiels mentionne "les Eléments d'astronomie du citoyen Biot". Un nouveau texte paru en 1814 y adjoint "l'Astronomie, d'après l'abrégé de M. Delambre". Tout oppose les deux hommes : en 1814, Biot a quarante ans et son ouvrage est une adaptation à destination du public scolaire du Traité de Mécanique Céleste de Laplace, tandis que le livre de Delambre résume les

leçons au Collège de France de cet astronome de soixante-cinq ans dont l'essentiel de la carrière s'est déroulé au siècle précédent. Les deux livres représentent donc les deux branches de l'astronomie : sa composante mathématisée et sa dimension observationnelle. Mais l'un comme l'autre se révèlent très au-dessus du niveau de la plupart des enseignants qui continuent sûrement à puiser leur inspiration dans les ouvrages du siècle précédent ou les livres écrits pour les gens du monde comme l'Uranographie de Francoeur.

La chute de l'Empire marque la disparition des lycées remplacés par les collèges, mais les différences entre lycées et collèges sont bien plus ténues que celles signalées entre lycées et écoles centrales.

### **De l'astronomie à la cosmographie**

Le premier programme détaillé paraît le 18 octobre 1833, mais il concerne l'enseignement de la cosmographie, délivré en classe de rhétorique par le professeur de mathématiques. La discipline "astronomie" ne figurera plus dans les textes officiels. Au-delà du changement de dénomination, il s'agit d'une réorientation profonde : la cosmographie est descriptive et liée à l'observation ; l'astronomie recouvrait un contenu plus étendu, allant jusqu'à l'initiation à la mécanique céleste, et permettait aux professeurs de dévoiler à leurs élèves les dernières découvertes de la science en marche.

Ce programme comporte trente-deux leçons, soit une par semaine. Son caractère descriptif est patent. Les trois quarts des leçons sont consacrées à la Terre, au Soleil et à la Lune. L'évaluation des sciences au baccalauréat se fait à l'oral sous la forme d'une question de mathématiques parmi cinquante et d'une question de physique parmi cinquante également. A titre d'exemple voici la question 49 du texte officiel du 14 juillet 1840 :

"Quelle est la cause des éclipses du Soleil et de la Lune ? Pourquoi les premières sont-elles moins fréquentes que les secondes ? Et comment se fait-il

qu'elles n'ont pas lieu chaque mois ? " .

Le 25 août 1840, le cours de cosmographie est reporté en classe de philosophie.

Peu à peu, l'enseignement scientifique se dégrade au désespoir d'un certain nombre d'anciens élèves de Polytechnique, regroupés autour d'Arago qui y voit la cause du retard industriel de la France par rapport à l'Angleterre. Dans son *Astronomie populaire*, Arago s'emporte :

"Écoutez, quand vous assistez à l'une de ces brillantes réunions où affluent ceux qu'il est d'usage d'appeler les notabilités sociales, écoutez un seul instant les longs discours dont la future comète fournit le texte, et décidez ensuite si l'on peut se glorifier de cette prétendue diffusion des lumières que tant d'optimistes se complaisent à signaler comme le trait caractéristique de notre siècle. Quant à moi, je suis depuis longtemps revenu de ces illusions. Sous le vernis brillant et superficiel dont les études purement littéraires de nos collègues revêtent à peu près uniformément toutes les classes de la société, on trouve presque toujours, tranchons le mot, une ignorance complète de ces beaux phénomènes, de ces grandes lois de la nature qui sont notre meilleure sauvegarde contre les préjugés."

Le message est entendu par le ministre Salvandy qui rend au cours de cosmographie sa place en classe de rhétorique en 1847

Pendant cette période commencent à fleurir les *Cosmographies* destinées au public scolaire. Leur rédaction est prise en charge par quelques enseignants de valeur, mais aussi par des académiciens de province ou militaires désœuvrés. Selon l'auteur, elles peuvent être de qualité fort inégale.

## La bifurcation

Jusque là, tout candidat au baccalauréat es sciences devait auparavant avoir parcouru le cursus littéraire complet et être titulaire du baccalauréat es

lettres. Sur la pression de savants préoccupés par le retard français, le ministre Fortoul décide en 1852 de mettre en place deux filières séparées à partir de la classe de troisième, l'une littéraire et l'autre scientifique. Les réactions très violentes des partisans des humanités entravent la mise en œuvre de la réforme que le ministre Duruy reporte en classe de seconde, à compter de 1863. En 1864, la tentative est définitivement abandonnée.

Le 23 juillet 1852, une commission, dont Le Verrier, découvreur de Neptune et futur directeur de l'Observatoire, fait partie, rend ses arbitrages sur la forme que doit prendre l'enseignement scientifique dans le nouveau système. En cosmographie, elle préconise un enseignement purement descriptif dont le cadre est défini par le programme du 30 août 1852 :

- en section lettres, le cours, avancé en classe de seconde, comporte seize leçons. Il est très succinct et bien décrit par sa première ligne : "coup d'œil sur l'ensemble de l'Univers".

- en section sciences, le cours a lieu en rhétorique et comporte vingt-cinq leçons. Très détaillé, il introduit une perspective historique (mesure des degrés du Pérou et de Laponie...), laisse une place aux découvertes récentes (petites planètes, comètes) et accorde une réelle importance à l'astronomie stellaire (étoiles doubles, colorées...)

Plusieurs auteurs saisissent l'opportunité offerte par la bifurcation pour publier des manuels de cosmographie conformes au nouveau programme. Entre 1852 et 1854, une dizaine d'ouvrages de ce type voient le jour. Le monopole de leur rédaction est désormais entre les mains des professeurs. De ce fait, le contenu et la forme gagnent en rigueur et se standardisent.

## Retour progressif à la case départ

Après la disparition de la bifurcation, trois textes scandent le retour progressif à la situation antérieure. Le programme du 25 mars 1865 constitue un

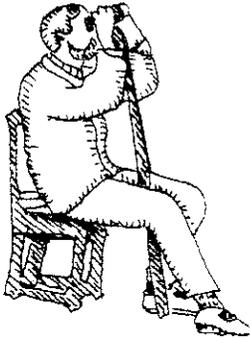
condensé du précédent. A partir de la rentrée 1874, le cours est réparti sur les deux années de rhétorique et de philosophie. La perspective historique et les découvertes récentes disparaissent. Enfin, par le texte du 2 août 1880, la cosmographie réintègre la classe de rhétorique et retrouve un programme proche de celui de 1833, mais en plus succinct.

Cette période de 1860 à 1880 correspond à l'âge d'or de la vulgarisation scientifique qui triomphe grâce aux efforts conjugués de deux nouvelles figures : celle de l'éditeur dynamique qui tire profit des avancées technologiques dans la composition et l'illustration des livres pour proposer des gammes variées de produits et celle du vulgarisateur professionnel, souvent journaliste et conférencier mais possédant une solide formation scientifique. De nombreux ouvrages dont ceux de Camille Flammarion familiarisent le grand public à la science des astres.

Pour clore notre propos, il convient de bien mentionner l'écart entre les objectifs affichés et la réalité du terrain. La période post-révolutionnaire rêve de diffuser la mécanique céleste alors en construction. Mais c'est ne pas tenir compte du faible niveau de la plupart des maîtres. Aussi l'enseignement pratiqué au début du XIX<sup>e</sup> siècle est-il sans doute fort peu différent de celui des collèges d'Ancien Régime.

L'adoption du programme de cosmographie à partir des années 1830 semble plus réaliste. Cependant, là encore, de multiples résistances empêchent sa réelle application. Il subsistera néanmoins jusqu'aux années 1960 où il disparaîtra sous les coups de boutoir des mathématiques modernes.

Naturellement, tout ce qui est décrit ci-dessus ne concerne que les garçons puisque jusqu'en 1880, personne ne reprend à son compte l'idée de Condorcet d'éduquer les filles comme leurs frères.



# A propos de la couverture Observer le passage de Mercure devant le Soleil

Daniel Bardin

OBSERVATIONS

## A PROPOS DE LA COUVERTURE

Maintes occasions exceptionnelles d'observer le ciel s'annoncent en 2003 ; deux opportunités remarquables ont été choisies cette année :

1 - Mercure passera entre le Soleil et la Terre dans la matinée du 7 mai ; ce transit de cinq heures et demie environ pourra être suivi en entier (par beau temps) depuis notre pays. La trajectoire de la planète devant le Soleil figure dans le cartouche en haut et à gauche. Quelques notes techniques sont données ci-après pour réussir cette observation.

2 - La planète Mars sera en opposition avec le Soleil le 27 août, comme tous les 780 jours en moyenne, et quelques dizaines d'heures avant son passage au périhélie. Le cartouche en bas et à droite permet de comparer les aspects et les diamètres apparents de Mars : à l'aphélie ("A") comme à l'opposition de 1980, et au périhélie ("P") comme cette année. On notera que les calottes polaires sont visibles en alternance (sud en "A", nord en "P") ; de même, l'axe des pôles, incliné de presque 25°, semble basculer à droite ou à gauche, simples conséquences des dates d'observation depuis la Terre.

La partie centrale de la couverture représente les orbites de Mercure, Vénus, la Terre et Mars ; on remarquera les excentricités de la première et de la quatrième. Des positions des planètes ont été précisées : le 7 mai pour la Terre et Mercure, ainsi que Mars, encore planète "du matin" ; puis la Terre et Mars le 27 août. À cette date, notre planète aura "rattrapé" la planète rouge : celle-ci se lèvera à l'est au moment du coucher du Soleil. La ligne

droite et pointillée qui traverse le dessin est le grand axe de l'orbite de Mars ; les deux flèches qui partent du Soleil vers le haut de l'image indiquent la direction du point gamma .

Pour rêver un peu, une belle comète brillante a été ajoutée : elle traverse la zone centrale du système solaire ; notez les directions des queues de gaz et de poussière et les variations de leurs activités.

De nombreux petits exercices (diamètres, distances, positions, mouvements, dates...) sont envisageables avec nos élèves à partir de ce dessin que vous pouvez photocopier et agrandir à loisir ; on consultera avec profit deux articles très documentés dans les éphémérides 2003 de la Société Astronomique de France, page 106 pour Mercure et pages 124 à 127 pour Mars ainsi que des tableaux de données ( pages 48, 49, 51, 65 et 67 à 69).

## OBSERVER LE PASSAGE DE MERCURE DEVANT LE SOLEIL.

Que vous placiez votre œil, un boîtier photo ou une caméra derrière une lunette ou un télescope ce 7 mai 2003, n'oubliez pas que vous visez le Soleil !

**IMPÉRATIF** donc : il faut placer un filtre solaire de sécurité (Mylar, Baader, verre métallisé...) à l'avant de l'instrument. Lors d'une observation avec un groupe, on peut choisir la méthode sans filtre par projection sur un carton blanc, mais il faut interdire par construction l'accès d'un visage à la zone de l'oculaire (à l'aide d'un cône de papier noir par exemple).

Ce jour là, les diamètres apparents des

deux astres mesurent : 31'42" pour le Soleil et 12" pour Mercure ; autrement dit, la planète semble presque 160 fois plus petite que l'étoile. Il faut donc utiliser un instrument de focale "pas trop courte". En observation visuelle, avec le filtre devant l'objectif, un grossissement de 50 à 100 doit suffire. En projection, choisir un oculaire de longue focale, grossissant assez peu et à une distance de projection adaptée, quelques décimètres environ. En observation photographique, avec le filtre, il faut préciser certains paramètres : au foyer primaire d'un objectif, la dimension de l'image d'un astre non ponctuel dépend de la distance focale utilisée. L'image du Soleil, ce jour là, est 108 fois plus petite que la focale, celle de Mercure 17200 fois plus petite que la focale ; ces nombres sont obtenus en calculant l'inverse de la tangente des angles. Mercure mesure 0,12 mm au foyer d'un instrument de 2 mètres de focale et le Soleil 18,44 mm. On peut modifier ces valeurs en utilisant une lentille de Barlow  $\times 2$  ou  $\times 3$  ; le Soleil sortant alors du cadre  $24 \times 36$ , il faut garder une partie du limbe solaire dans l'image si l'on veut faire des mesures sur les clichés.

Le problème des temps de pose sera résolu de manière expérimentale car il dépend de nombreux facteurs : diamètre et focale de l'instrument, coefficient du filtre-objectif, hauteur du Soleil sur l'horizon, adjonction de doubleurs, Barlow, ou même oculaires, sensibilité du film (100 ISO suffisent), sensibilité du camescope, de la Webcam ou de la C.C.D.

On prendra donc des clichés du Soleil, longtemps à l'avance et à un moment où des taches sont présentes : il faudra choisir les images où le Soleil n'est pas trop lumineux car une surexposition "grignoterait" par irradiation le limbe des petites taches et, donc, pareillement, le bord de Mercure le 7 mai. À vos appareils, donc, et bon courage.

## Compléments

Roger Marical nous a envoyé aussi une fiche sur le sujet qui nous fournit des précisions supplémentaires.

1 - il faut S'INTERDIRE les minuscules filtres, notés (SUN), à visser sur les oculaires. Placés tout prêt de l'image solaire que donne l'objectif, ils risquent d'éclater subitement en exposant l'œil à de graves brûlures rétinienne irréversibles et ceci sans la moindre sensation de douleur !

2 - Le passage ou transit de la première planète devant le Soleil se reproduit 13 à 14 fois par siècle. Avec une météo favorable et à condition d'être situé au bon endroit, un terrien assidu peut suivre ce phénomène plusieurs fois dans sa vie.

L'occasion nous en sera offerte le mercredi 7 mai 2003 entre 7 h 12 et 12 h 33 selon l'heure légale d'été (TU + 2 h). Le prochain transit de Mercure après celui de 2003, aura lieu le 8 novembre 2006 et restera totalement invisible depuis la France... C'est donc l'occasion d'observer ce phénomène assez rare avant un bon moment.

3 - Une méthode intéressante d'observation par projection consiste à ne faire sortir que l'objectif d'une lunette, d'une fenêtre d'un local fortement assombri par rideaux ou système de volets. Cette disposition autorise une image très agrandie jusqu'à 70 cm de diamètre.

4 - Pour l'observation directe avec une lunette ou un télescope on utilisera de préférence un filtre pleine ouverture. En pratiquant un grossissement raisonnable proche du grossissement résolvant, on profitera d'une image bien contrastée, révélant tous les fins détails accessibles à l'œil.

5 - Avec un camescope on filmiera, de très près, derrière un oculaire de grande focale, en disposant un raccord opaque entre les deux instruments. Le camescope permet de filmer et d'envoyer une image sur un écran géant via un vidéo-projecteur par exemple.

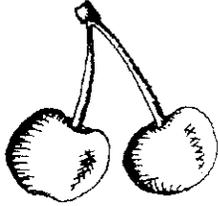
6 - Pour la webcam, il faut disposer d'un modèle avec raccord spécifique se vissant à la place de son objectif. L'ensemble est placé au foyer de l'instrument équipé, bien évidemment, de son filtre pleine ouverture en entrée. Le tout sera relié à un ordinateur pour l'acquisition et le relais des images sur écran. Compte-tenu de la taille du capteur, cette nouvelle technique ne restituera qu'une partie du Soleil avec la planète Mercure qui défilera lentement. Pour des questions de visée il est presque indispensable, dans ce cas, d'avoir une monture équatoriale motorisée offrant des réglages fins. ■



### La Lettre de l'OCIM (Office de Coopération et d'Information Muséographiques) consacre son n°84 de novembre - décembre 2002 au patrimoine de l'Astronomie.

La douzaine d'articles contenus dans ce numéro superbement illustré nous permet de faire le point sur l'opération d'inventaire du patrimoine astronomique initiée à partir de 1992 par Françoise Le Guet Tully, astronome à Nice, et Jean Davoigneau. Au cours des pages, les auteurs - tous engagés dans des travaux de sauvegarde et de valorisation - nous éclairent sur la nécessité de la préservation, nous informent sur les modalités techniques de l'inventaire, nous présentent quelques exemples de réalisations, en France et en Italie ; enfin, ils nous invitent à nous interroger sur les stratégies de mise en valeur de ce patrimoine. Nous, adhérents du CLEA, ne pouvons manquer de participer à ce questionnement. Outre son intérêt évident pour l'historien des sciences, la conservation des instruments anciens, des lieux de pratique de l'astronomie et des archives, revêt une importance didactique considérable. Les lecteurs des Cahiers Clairaut, jamais en panne d'inspiration, inventeront sûrement des ateliers pédagogiques novateurs pour faire découvrir aux jeunes ces témoignages de l'astronomie des siècles écoulés.

Colette Le Lay



# Compte-rendu de l'AG 2002

## Les CC, lieu d'expression

### Annonces d'écoles d'été

VIE ASSOCIATIVE

#### Compte rendu de l'AG 2002 Orléans 24 novembre 2002

L'Assemblée Générale du CLEA s'est déroulée à Orléans le 24 novembre 2002. Préparée par Lucienne Gouguenheim, Jean Ripert et Catherine Vignon et sur le terrain par Lucette Mayer.

Ce fut une fois de plus une belle réussite, dans un lieu fort agréable où la science était présente à tous les étages : le Muséum d'Orléans. Un seul regret pour beaucoup d'entre nous, c'est de ne pas avoir eu suffisamment de temps pour bien visiter toutes les collections.

Le Muséum est ouvert sous sa forme actuelle depuis 1996. Nous remercions une fois de plus son conservateur Dominique Jammot pour son hospitalité, la qualité du matériel mis à notre disposition et surtout la gentillesse du personnel qui nous a accueillis.

Dans ce bâtiment, on peut découvrir au premier étage : insectes, vivarium et aquarium ; au deuxième étage : mammifères et oiseaux ; au troisième la géologie avec de magnifiques pièces et au quatrième les serres tropicale et méditerranéenne. Le Muséum présente régulièrement des expositions temporaires. Jusqu'en septembre 2003 est présentée l'exposition "Bestiaire africain" qui est un éventail de la biodiversité africaine. La taxidermie retrouve un autre souffle avec la composition sculpturale représentant la cavalcade d'ongulés poursuivis par un guépard. Le tout est complété par des croquis, des aquarelles et des poèmes. C'est à voir. A moins que vous ne souhaitiez attendre le planétarium qui est prévu dans... trois ou quatre ans.

#### L'AG 2002

Après avoir remercié Lucette Mayer pour l'organisation, notre Présidente, Lucienne Gouguenheim, ouvre la séance et fait adopter l'ordre du jour.

#### Rapport financier :

Béatrice Sandré, notre trésorière, présente les comptes qui sont en équilibre.

#### Dépenses :

Cahiers Clairaut 15201,36 € ; AG 2002 653,87 € ; affranchissements 642,54 € ; éditions 3688,91 € ; assurance 420,31 € ; bureautique 580,83 € ; CNED 1064,62 € ; Ecole d'Eté 4491,34 €

Soit un total de 26743,78€

#### Recettes :

Cahiers Clairaut 17250,00 € ; adhésions 2780 € ; ventes 4349,63 € ; location starlab 836,00 € intérêts livret A 1217,87 € soit un total de 26433,50 €.

Ce qui représente un exercice déficitaire de 310,28 €. Comme en novembre 2001 nous avions en caisse 82 535,78 €, nous avons donc en novembre 2002 la somme de 82 225,00 € à notre disposition.

Il faut remarquer que le déficit du dernier exercice est faible (310,28 €) par rapport aux dépenses supplémentaires prises en charge par le CLEA pour l'organisation de l'Ecole d'Eté de Gap en août 2002 (4491,34 €).

Ajoutons également que la perte d'abonnés se poursuit. Pour les quatre dernières années nous avons successivement perdu 24, 35, 60 et 54 abonnés.

Le starlab a été loué uniquement 11 semaines cette année.

Le **quitus** est donné à notre trésorière à l'**unanimité**.

Les montants de la cotisation (5€) et celle de l'abonnement (25€) ne sont pas modifiés. Cette décision est adoptée à l'unanimité moins deux abstentions.

#### Rapport d'activité.

Lucienne Gouguenheim rappelle qu'elle va quitter la Présidence du CLEA et invite les participants à voter pour le renouvellement du Conseil. Elle espère que la nouvelle équipe pourra lutter contre

l'érosion des abonnements.

Pour l'année écoulée, elle retient comme points positifs le travail effectué par l'équipe des Cahiers Clairaut autour de Martine Bobin et Frédéric Dahringer, par Béatrice Sandré à la trésorerie et par Dominique Balin qui apporte une aide conséquente dans l'expédition des commandes. Elle souligne également l'organisation de l'AG, chaque année, dans des villes différentes par des équipes dynamiques.

Elle pense que le fait de ne plus avoir organisé d'Universités d'Été a été néfaste pour l'association. Celles-ci sont des moments de rencontres avec de nouveaux professeurs. L'initiative d'organiser une Ecole d'Été sur les finances du CLEA a permis un redémarrage et a procuré bonheur et enthousiasme à l'équipe d'animateurs.

Lucienne souligne le manque de renouvellement au niveau des astronomes quoique des indices permettent un certain espoir.

Elle fait part de sa joie suite à la décision de Georges Paturel d'être candidat à la Présidence du CLEA et fait part à l'assistance que Jean Ripert sera candidat au secrétariat afin de libérer Martine Bobin qui assure également la rédaction des Cahiers Clairaut.

Lucienne passe ensuite la parole à Jean Ripert pour l'Ecole d'Été, à Josée Sert et Francis Berthomieu pour l'Université d'Été Européenne, à Martine Bobin et Catherine Vignon pour les Cahiers Clairaut et à Francis Berthomieu pour le site web, afin que des échanges aient lieu avec la salle au sujet de futures Ecoles d'Été, de nouvelles productions pédagogiques, sur la façon d'être plus efficaces sur la communication, sur les liens entre les Cahiers Clairaut et le site web.

Jean Ripert donne des informations sur l'historique, le contenu et les enseignements à tirer de cette Ecole d'Été. (Dans le n° 100 des CC, Liliane Sarrazin-Vilas a déjà décrit l'ambiance de cette Ecole, en plus les photos sont en couleurs, il ne manque que l'odeur du Fénelon et les accents des différentes régions). La dernière Université d'Été datait de 1998, aussi la pompe fut difficile à réamorcer. Mais nous avons eu un groupe de stagiaires jeunes, dynamiques qui pour la plupart ne connaissaient pas le CLEA et qui avaient souvent eu l'information par hasard. Il nous faudra donc avoir une meilleure politique de communication auprès des IUFM, des actions culturelles des rectorats. Le programme a couvert la partie astronomie du plan de rénovation des sciences à l'école, les itinéraires de découverte (IDD) au collège et les textes sur l'astronomie proposés dans le cadre des nouveaux programmes de TS en physique. Des articles paraîtront dans les CC et / ou sur le site. Il faut noter la qualité des débats pédagogiques qui ont traversé cette Ecole.

L'enthousiasme aidant, nous proposerons une Ecole d'Été en août 2003 du 22 au 29 à Gap.

Josée et Francis ont donné des informations sur l'Université d'Été européenne organisée en Finlande par l'EAAE (les nuits étaient pratiquement inexistantes). Celle-ci a permis la rencontre avec des collègues européens (30 stagiaires). L'origine variée des animateurs a montré des approches différentes de l'astronomie, du découpage pour

des maquettes à l'utilisation de webcams (c'est de la complémentarité et non une hiérarchie). Josée a fait remarquer que Rosa Maria Ros organisatrice de cette UE, tient à ce que le CLEA envoie des animateurs à ces UE européennes.

Catherine Vignon donne le bilan sur l'enquête faite auprès des lecteurs des CC. A partir de la soixantaine de réponses, moins de 10% des lecteurs (un grand merci à ceux qui ont répondu), il est difficile de tirer des enseignements. Les lecteurs ou lectrices qui ont répondu sont majoritairement des professeurs de Physique-Chimie et de Mathématiques et ils ont entre 50 et 60 ans. Les articles les plus prisés sont les articles de fond, "avec nos élèves" et les articles historiques ; les 40 pages sont appréciées ainsi que le changement de couverture chaque année.

Parmi les souhaits : des explications simples de phénomènes accompagnant certains articles, la publication d'éphémérides (Pierre Causeret va le faire) et de la .....couleur. Celle-ci est au-dessus de nos moyens, mais nous avons eu en avant première l'annonce que la couleur était offerte pour le n° 100 par M. Gérard Haugel notre imprimeur depuis 15 ans ; annonce qui fut saluée par les applaudissements de la salle.

Un point important, les lecteurs sont prêts à nous aider à faire connaître le CLEA et les Cahiers Clairaut, ils nous ont fournis environ 200 adresses. C'est encourageant.

Une discussion eut lieu sur la façon de se faire connaître et le type d'éphémérides. Michèle Gerbaldi rappela que des éphémérides existent sur le site du CNED ([www.cned.fr](http://www.cned.fr) rubrique éphémérides).

Martine Bobin, après avoir remercié Frédéric Dahringer qui participe à la mise en page des CC, présente quelques projets pour la revue : produire plus d'articles concernant des activités et en même temps des articles de fond se rapportant à ces activités (école, IDD) ; reprendre d'anciens articles pour nos jeunes collègues ; prévoir des mots clé.

Elle aborde également la complémentarité avec le site qui doit produire un appel vers les CC. Le site devrait servir d'archivage pour d'anciens articles, proposer des résumés des articles qui paraissent dans les CC, proposer des articles durant une durée limitée, permettre l'accès à des documents téléchargeables en couleurs ou de meilleure qualité.

Une riche discussion a alors lieu. Elle met en évidence la complémentarité du document papier et du document sur le site, la richesse de la rubrique "avec nos élèves" qui relate des expériences vécues avec la classe, les difficultés, les relations avec les élèves (comme l'article sur les cadrans solaires de Dominique Balin dans le n° 99) ; la nécessité pour la revue de faire le tour des connaissances autour des thèmes à enseigner. D'autres pistes sont évoquées : l'aide à apporter à nos collègues de SVT, penser à la poésie dans l'astronomie... La discussion débouche sur des décisions : réalisation d'un résumé et d'une liste de mots clé pour le site par les auteurs d'articles, mise en place d'une recherche sur le site, numérisation d'articles anciens et une liste de volontaires pour réaliser cette numérisation est établie.

Lucienne relance l'idée d'un dépliant qui permettrait de faire de la pub pour les CLEA et qui présenterait clairement les objectifs et ce que l'on peut trouver dans les CC et sur le

site. Elle termine en rappelant l'énorme travail que font Martine et Frédéric et la nécessité d'avoir des articles réalisés par des enseignants, mais également par des professionnels. Les remerciements à nos rédacteurs se traduisent par des applaudissements nourris.

Après la pause café, Francis rappelle que le site s'est développé depuis 1998 avec les travaux des stagiaires de l'Université d'Été et que depuis il avait grandi avec un certain désordre. Depuis l'été 2002, une nouvelle présentation, plus conviviale présente davantage de rubriques, des liens avec d'autres sites, les sommaires les CC des 4 dernières années, un index thématique et des pistes pour les IDD.

Francis souligne que de nombreuses questions sont posées sur le site, il souhaiterait donc avoir une liste de personnes ressources qui pourraient répondre (en particulier pour les TPE).

Le nouveau Cédérom que le CLEA vient de faire tirer en 3000 exemplaires comporte le nouvel état du site.

Francis conclut en affirmant que le site est bien référencé, qu'il reçoit la visite d'environ 2000 visiteurs par mois et qu'il est cité dans le document d'accompagnement de 1S en physique.

Une longue et riche discussion se déroule alors en particulier sur les éphémérides à publier et sur le lien site-CC. Le but n'est pas de refaire ce que font très bien des revues comme "L'Astronomie" de la SAF ou "Ciel et Espace" de l'AFA ou des sites comme ceux du Bureau des Longitudes ([www.bdl.fr](http://www.bdl.fr)) ou du CNED, mais plutôt de publier à un rythme à déterminer et suffisamment à l'avance la liste d'événements qui peuvent avoir des applications pédagogiques et de donner des compléments d'informations. Il est noté à ce moment de la discussion, l'importance de l'observation.

En ce qui concerne le lien CC-site, leur complémentarité est réaffirmée et le renforcement de l'un par l'autre doit être mis en œuvre. Le site doit jouer le rôle d'archive, de mémoire, fournir des informations éphémères et donner aux visiteurs des pistes pour retrouver des listes de documents (CC ou HS) se rapportant à un thème.

Francis souhaite que les correspondants académiques lui communiquent la liste des stages qui sont organisés sur l'astronomie dans leur académie.

Lucienne et tous les participants remercient Francis pour tout le travail réalisé.

Lucienne demande que l'on fasse le point sur les nouvelles productions de l'association. Le nouveau cédérom "CLEA 2002" qui actualise le précédent et le complète (il comprend le site tel qu'il était en août 2002) est disponible. Il est apprécié par les collègues qui n'ont pas d'accès facile à la toile depuis leur établissement.

Martine Bobin et Pierre Causeret sont sur le point de finir un Hors Série sur Mathématique et Astronomie. Ce serait bien que ce document soit prêt pour la prochaine réunion de l'association des professeurs de mathématique (APMEP) qui se déroulera en octobre 2003 à Pau sur le thème "mathématiques de la Terre aux étoiles".

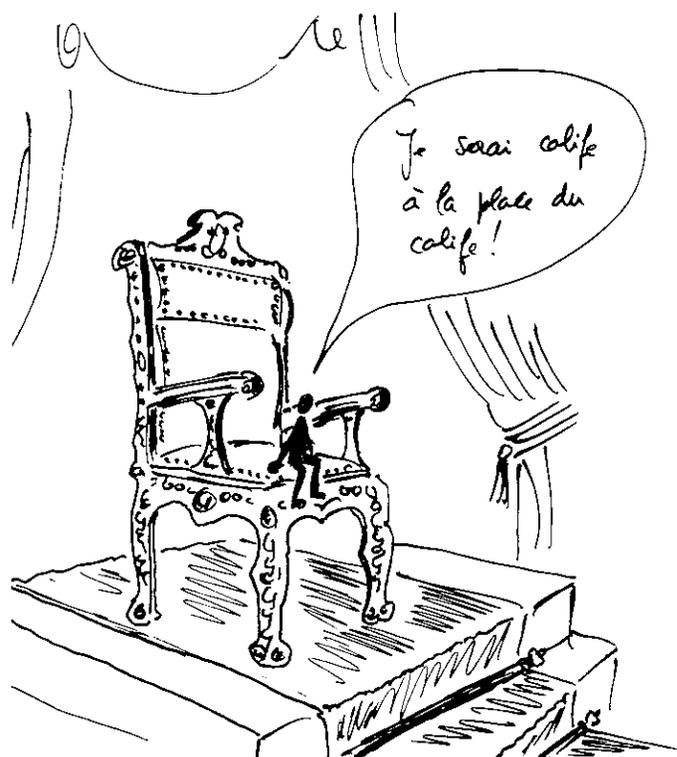
La reprise d'articles regroupant des notions fondamentales est à nouveau souhaitée.

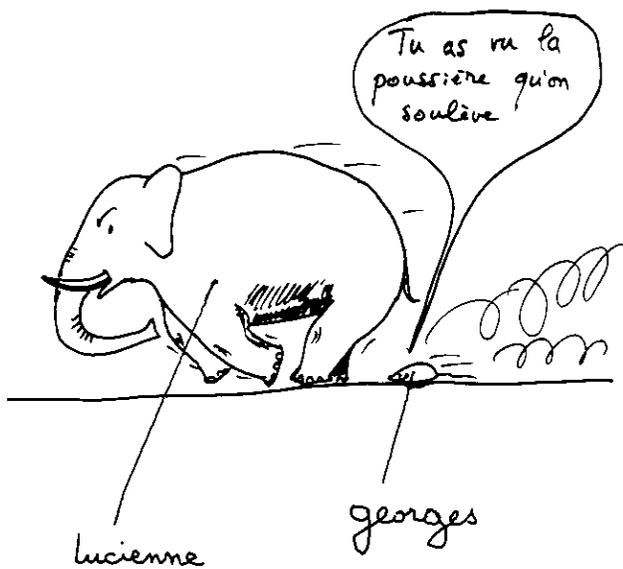
Deux autres pistes ont été évoquées : la modernisation des séries de diapositives en les présentant sur un cédérom et un hors série sur Mars.

Agnès Acker a présenté le travail effectué en formation continue à Strasbourg dans une licence pluridisciplinaire qui forme des professeurs d'école. Les stages du PAF sont de moins en moins retenus (manque de moyens financiers). Le Planétarium de Strasbourg continue à présenter des activités intéressantes grâce à deux demi-décharges obtenues du Rectorat. L'association des Planétariums de langue française dans laquelle se retrouvent des membres du CLEA poursuit ses efforts pour d'utilisation pédagogique de cet outil et pour la défense des planétariums itinérants. Agnès présenta des actions transculturelles (le CLEA sera sollicité) et le projet HOU (Hands-on Universe) de l'université de Berkeley (pour lequel des fonds ont été débloqués).

Et ce fut le repas.

Au retour, nous avons voulu marquer le départ de Lucienne de la Présidence du CLEA. C'est Catherine qui remercia Lucienne pour ses nombreuses années à la tête de l'association et au nom des membres lui offrit un chèque pour faire un voyage et le catalogue sur les sphères armillaires présentées à Paris. Des applaudissements nourris ont remercié Lucienne pour tout le travail accompli depuis la création du CLEA. Sigle dans lequel Georges voit "Cueillons Les Etoiles Activement". Et avec son humour habituel, Georges présenta deux transparents pour montrer la façon dont il ressent la succession. Ce qui permit de vivre avec légèreté ce moment lourd d'émotion.





René Cavaroz présente des actions pédagogiques menées dans les écoles implantées dans les CHU en Normandie (affiche créée par Daniel Bardin) en liant Astronomie et Arts (peinture, poésie). Il rappelle également le travail effectué l'an dernier par un groupe d'élèves du Calvados sur le spectre du Soleil et cette année un travail sur la constante solaire avec le matériel CLEA sera présenté fin janvier au Palais de la découverte.

Il annonce que l'article présenté par Roger Marical dans l'Astronomie revue de la SAF sera repris dans les CC. C'est un travail fait en club dans un collège, sur la mesure du diamètre angulaire du Soleil à l'aide d'un chronomètre.

Suzanne Débarbat donne des informations sur l'exposition présentée à l'Observatoire de Paris sur les travaux de Foucault (courants, pendule, vitesse de la lumière, technique du Foucaultage, télescopes, gyroscope). Un document pédagogique et un livret hommage ont été réalisés.

Daniel Bardin présente les actions menées à Marseille par l'association Andromède : deux stages de 3 jours pour quarante professeurs de physique-chimie en formation continue et une demi-journée de sensibilisation pour 40 autres professeurs ; en direction des jeunes : accueil à l'observatoire (5000), planétarium (4000), planétarium itinérant (7000). A chaque visite les enseignants sont informés des travaux du CLEA. En octobre-novembre le tricentenaire de l'Observatoire de Marseille a attiré 9000 personnes dont 3600 scolaires.

Le dernier volet de réflexion porte sur les actions de formations dans les académies.

Josée Sert met l'accent sur la volonté du rectorat de Toulouse de favoriser les ateliers scientifiques (en insistant sur la démarche interdisciplinaire et le partenariat) et les classes à projet artistique et culturel à caractère scientifique. Il semblerait que ce plan porte ses fruits.

Elle insiste sur le fait que le rectorat tient à ce que les projets soient montés par les enseignants et non apportés clé en

main par une association qui parfois n'a pas eu de réflexion pédagogique. Elle pense que le CLEA devrait avoir un rôle à jouer.

Le débat a montré les différences d'objectifs entre les associations : vulgarisation (en surfant sur les mots) et formation des jeunes ou des adultes (il faut être rigoureux, expliquer et donc avoir du temps). L'un des objectifs du CLEA lors de sa création était d'utiliser l'astronomie car elle plaisait aux élèves, mais en partant de l'observation d'essayer de comprendre les phénomènes. Notre but, avec de l'astronomie dans les programmes, était de partir des représentations premières des élèves et conduire les jeunes à faire l'effort de l'apprentissage. Il faut être attentif à ce que dans des situations actuelles (effectif de classe important, mauvaise utilisation de l'outil informatique, un certain rejet des matières scientifiques), l'astronomie ne se réduise pas à de la vulgarisation sans recherche de compréhension (succession de mots ou juxtaposition de pages ou d'images récupérées sur la toile sans la moindre explication des phénomènes abordés). Les intervenants ont évoqué la joie de la contemplation du ciel et l'âpreté de la recherche en astronomie, l'important étant de se faire plaisir et de permettre à chacun d'aller un peu plus loin.

La réunion s'est terminée par la conférence de Gilles Theureau chercheur en physique et en cosmologie à l'Observatoire de Paris et à l'Université d'Orléans. Nous aurons dans un prochain numéro un compte rendu de cette conférence.



Nous n'oublierons pas la réunion de samedi avec boissons chaudes et petits gâteaux, le repas au lycée Benjamin Franklin où le personnel a tout fait pour nous faire plaisir. Merci à Lucette Mayer pour toute cette organisation menée jusque dans le plus petit détail, ainsi qu'à Bernard son époux qui l'a soutenue.

Jean Ripert, secrétaire du Clea  
 jripert@ac-toulouse.fr  
 Impasse des Mouyrac 46090 PRADINES

### Conseil du CLEA 2003

Agnès ACKER (Strasbourg) ; Daniel BARDIN (Aix-MARSEILLE) ; Francis BERTHOMIEU (Nice) ; Martine BOBIN Michel BOBIN ; Lucette BOTTINELLI ; Gilles BOUTEVILLE (CLERMONT-FERRAND) ; André BRAHIC ; Pierre CAUSERET ; Frédéric DAHRINGER (RENNES) ; Jacky DUPRE ; Bernadette DURIEUX (NANCY-METZ) ; Marie-France DUVAL (AIX-MARSEILLE) ; Jean-Luc FOUQUET (POITIERS) ; Christiane FROESCHLE (NICE) ; Joël GAUDRAIN (ROUEN) ; Cécile FERRARI ; Michèle GERBALDI ; Lucienne GOUGUENHEIM ; Edith HADAMCICK (CRETEIL) ; Eric JOSSELINE (MONTPELLIER) ; Marie-Agnès LAHELLEC ; Christian LARCHER ; Lucette MAYER (ORLEANS-TOURS) ; Georges PATUREL ; Jean-Claude PECKER ; Claude PIGUET (LYON) ; Annie PINCAULT (REIMS) ; Jean RIPERT (TOULOUSE) ; Béatrice SANDRE (VERSAILLES) ; Nicole SANGLERA ; Liliane SARRAZIN VILLAS (BORDEAUX) ; Evry SCHATZMAN ; Claudine SEMERJIAN ; Josée SERT (EAAE) ; Daniel TOUSSAINT (REIMS) ; Victor TRYOËN ; Michel VIGNAND (LA REUNION) ; Catherine VIGNON (PARIS) ; Denise WACHEUX (LILLE) ; Gilbert WALUSINSKI.

## Les Cahiers Clairaut, lieu d'expression

**Résumé :** Ce texte vise à souligner l'importance de la publication. Il montre que chacun devrait se sentir concerné par ce moyen de communication. La façon pratique de publier dans le Cahier Clairaut est expliquée. Tout est fait pour faciliter ce travail ardu mais valorisant.

**Mots-clefs :** réflexion, publication

Quelque travail qu'on fasse, il faut le faire connaître pour en faire bénéficier, les parents, les amis, les collègues, les voisins, les anonymes. Il faut mesurer la chance que représente la possibilité de s'exprimer, publiquement et de communiquer son expérience, ses réussites et même ses échecs.

On ne conçoit pas un chercheur qui ne publierait pas. Evariste Galois, le génial mathématicien, a pu laisser la trace de son immense talent en publiant dans une revue obscure. Les écrits restent.

Vous êtes passionnés par l'histoire des sciences, vous avez accès à des documents rares ou inédits, l'espace de publication des Cahiers Clairaut est pour vous.

Vous avez monté une "manip" astucieuse avec vos élèves, vous avez bricolé dans votre cave un montage qui fonctionne, l'espace de publication des Cahiers Clairaut est pour vous.

Vous venez de comprendre un phénomène ou simplement vous venez de trouver une façon simple de l'expliquer, l'espace de publication des Cahiers Clairaut est pour vous.

Vous avez un parent, un ami, un collègue un voisin qui se passionne pour la physique, l'astronomie, les mathématiques, incitez le à publier.

Publier n'est pas chose facile. Il faut de la ténacité.

Rappelez-vous les vers de Boileau dans l'art poétique :

*"Hâtez-vous lentement ; et sans perdre courage,  
Vingt fois sur le métier remettez votre ouvrage.  
Polissez-le sans cesse et le repolissez ;  
Ajoutez quelque fois, et souvent effacez."*

Mais quelle satisfaction une fois l'article publié. Plus besoin de garder quelques notes confuses dans un dossier, le texte est là, partout accessible, compréhensible.

Si la peur de la faute vous retient d'écrire, rassurez-vous. Les plus grands savants ont commis des fautes, Einstein, Poincaré. J'ai connu des astronomes célèbres qui ont commis des erreurs que nous qualifierions de grossières ou qui ont fait des exposés confus. Mais qu'importe, les bonnes idées seules survivent. Un comité de lecture est en train de se mettre en place. Le but n'est pas de censurer mais plutôt d'aider à clarifier un texte, à l'enrichir, parfois à le corriger. Ce comité devrait rassurer les plumes hésitantes.

La raison d'être du CLEA c'est ça : faciliter la communication entre gens qui partagent une même passion pour les sciences en général, et pour l'astronomie en particulier. Partagez avec nous le plaisir d'écrire.

## Comment rédiger un article ?

Les articles doivent être rédigés avec votre traitement de texte favori (mais de préférence pas trop exotique), simplement, sans vous soucier de la mise en page ou de la taille des caractères.

Le texte comprend :

- un titre,
- le nom des auteurs avec éventuellement leurs adresses professionnelles ou privées,
- un résumé de quelques lignes
- une sélection de mots clefs (moins de dix et au moins un de la catégorie 1)
- le texte

L'emplacement des figures et de leurs légendes sera repéré dans le texte, comme ceci : figure 1 (voici ce que pourrait être l'emplacement de la figure, avec sa légende).

Le texte, sur disquette et les figures sur papier (schémas, photos) seront envoyés :

- soit par courrier ordinaire
- Soit par courrier électronique (si tous les documents sont numérisés)

à Georges Paturel ou à Frédéric Dahringer. Frédéric s'occupe plus particulièrement de la rubrique "avec nos élèves".

- GeorgesPaturel, patu@obs.univ-lyon1.fr

Observatoire de Lyon, av. Charles-André

69561 Saint-Genis Laval Cedex

- Frédéric Dahringer, frederic.dahringer@wanadoo.fr

Kervidoret, 56 310 Bubry

A vos plumes (ou à vos claviers) !

## Liste des mots-clefs

### 1 : RUBRIQUE ET GENRE

1 ADDENDUM  
 1 ANCIEN  
 1 ARTICLE DE FOND  
 1 ASTRONOME  
 1 ASTRONOMIE  
 1 BIBLIOGRAPHIE  
 1 BIOGRAPHIE  
 1 CITATION  
 1 COLLEGE  
 1 COURS  
 1 CRITIQUE  
 1 CURIOSITE  
 1 DESSIN  
 1 EDITEUR  
 1 ENSEIGNEMENT  
 1 ERRATA  
 1 EXERCICE  
 1 EXTRAIT  
 1 HISTOIRE  
 1 ILLUSTRATION  
 1 INSTRUMENT  
 1 LIVRE  
 1 LYCEE  
 1 MAQUETTE  
 1 MATERNELLE  
 1 MODERNE  
 1 OBSERVATION  
 1 PEDAGOGIE  
 1 PHILOSOPHIE  
 1 POTINS  
 1 PRIMAIRE  
 1 PUBLICATION  
 1 PUBLICATION ANCIENNE  
 1 RAPPEL  
 1 REALISATION  
 1 REFLEXION  
 1 REPORTAGE  
 1 SOCIOLOGIE  
 1 STANDARD  
 1 TEXTE  
 1 TRAVAIL DIRIGE  
 1 TRAVAIL PRATIQUE

### 2 : OBJETS ASTRONOMIQUES

2 AMAS  
 2 ASTEROIDE  
 2 ATMOSPHERE  
 2 ATOME  
 2 CENTRE GALACTIQUE  
 2 COMETE  
 2 CONSTELLATIONS

2 CORDE COSMIQUE  
 2 COURONE  
 2 ESPACE  
 2 ETOILE  
 2 ETOILE PARTICULIERE  
 2 ETOILE VARIABLE  
 2 FOND COSMIQUE  
 2 GALAXIE  
 2 GALAXIE PARTICULIERE  
 2 GROUPE LOCAL  
 2 HALO  
 2 LUNE  
 2 MATIERE NOIRE  
 2 METEORITE  
 2 MILIEU INTEPLANETAIRE  
 2 MILIEU INTERGALACTIQUE  
 2 MILIEU INTERSTELLAIRE  
 2 MOLECULE  
 2 NEBULEUSE  
 2 NOYAU  
 2 NUAGE  
 2 OMBRE  
 2 PARTICULE  
 2 PENOMBRE  
 2 PLANETE  
 2 PLASMA  
 2 POUSSIERE  
 2 PULSAR  
 2 QUASAR  
 2 SATELLITE  
 2 SOLEIL  
 2 SUPERNOVA  
 2 SYSTEME PLANETAIRE  
 2 SYSTEME SOLAIRE  
 2 TACHE SOLAIRE  
 2 TERRE  
 2 TROU NOIR  
 2 UNIVERS  
 2 VENT  
 2 VOIE LACTEE

### 3 : METHODES D'INVESTIGATION

3 ANALYSE DE DONNEES  
 3 ASTROMETRIE  
 3 ASTROPHYSIQUE  
 3 ATLAS  
 3 BASES DE DONNEES  
 3 BIOLOGIE  
 3 CALENDRIER  
 3 CATALOGUE  
 3 CHAO  
 3 CHIMIE  
 3 CINEMATIQUE

3 CLASSIFICATION  
 3 COORDONNEES  
 3 COSMOLOGIE  
 3 DEFINITION  
 3 DIAGRAMME  
 3 EPHEMERIDES  
 3 EQUATION  
 3 EXPERIENCE  
 3 HISTOGRAMME  
 3 IMAGE  
 3 LOI  
 3 MAGNITUDE  
 3 MECANIQUE  
 3 METHODE  
 3 MODELE  
 3 OPTIQUE  
 3 ORDINATEUR  
 3 PARAMETRES  
 3 PHOTOGRAPHIE  
 3 PHOTOMETRIE  
 3 PHYSIQUE  
 3 PHYSIQUE ATOMIQUE  
 3 PHYSIQUE NUCLEAIRE  
 3 PROJECTION  
 3 RADIOASTRONOMIE  
 3 RELATIVITE  
 3 ROTATION  
 3 SIMULATION  
 3 SISMOLOGIE  
 3 SPECTROSCOPIE  
 3 STATISTIQUE  
 3 SYSTEME DE REFERENCE  
 3 TECHNIQUE  
 3 THEORIE  
 3 UNITE

### 4 : PHENOMENES ET CARACTERISTIQUES

4 ABERRATION  
 4 CHAMP MAGNETIQUE  
 4 COULEUR  
 4 COURBURE  
 4 DECALAGE SPECTRAL  
 4 DIFFUSION LUMINEUSE  
 4 DIMENSION  
 4 DISTANCE  
 4 DYNAMIQUE  
 4 ECLIPSE  
 4 ENERGIE  
 4 EQUINOXE  
 4 EVOLUTION  
 4 EXPANSION  
 4 EXTINCTION  
 4 FORCE

4 FORMATION  
 4 GRAVITATION  
 4 HYDRODYNAMIQUE  
 4 INTERFERENCE  
 4 LUMINOSITE  
 4 MAREE  
 4 MASSE  
 4 NAISSANCE  
 4 OCCULTATION  
 4 ONDE  
 4 ORBITE  
 4 OSCILLATION  
 4 PARALLAXE  
 4 PHASE  
 4 POLARISATION  
 4 PRECESSION  
 4 RADIATION  
 4 RAIE SPECTRALE  
 4 RAYON COSMIQUE  
 4 RAYONNEMENT  
 4 REVOLUTION  
 4 SAISON  
 4 SOLSTICE  
 4 STRUCTURE  
 4 TEMPERATURE  
 4 TEMPS  
 4 TURBULENCE  
 4 VITESSE

### 5 : MOYENS TECHNIQUES

5 BALLON  
 5 CADRAN  
 5 CAMERA  
 5 CCD  
 5 CD-ROM  
 5 DETECTEUR  
 5 ELECTRONIQUE  
 5 FUSEE  
 5 INSTRUMENTATION  
 5 LENTILLE  
 5 LUNETTE  
 5 MIROIR  
 5 OCCULAIRE  
 5 ORDINATEUR  
 5 PRISME  
 5 RADAR  
 5 RESEAU  
 5 SPECTROGRAPHE  
 5 SPECTROSCOPE  
 5 TELESCOPE  
 5 VIDEO

## Ecole d'Été d'Astronomie CLEA Gap du 22 au 29 août 2003

Cette école d'été organisée par CLEA se déroulera au Centre d'Oxygénation du Col Bayard (Gap), arrivée le vendredi 22 août au soir et départ le vendredi 29 au matin.

Comme toutes les Ecoles et Universités d'Été organisées par le CLEA depuis 1978, elle comportera des cours, des groupes de travail et des observations.

Les thèmes proposés en astronomie, aborderont plus particulièrement le programme des écoles (plan de rénovation de l'enseignement des sciences à l'école), les itinéraires de découverte en collège et l'astronomie en lycée.

Le nombre de places sera limité à 40. La priorité sera donnée à ceux qui sont hébergés au Centre. Ne pouvant obtenir aucune subvention, le CLEA prendra en charge une grande partie des frais (d'organisation, de transport de matériel, de documentation, de remboursement des déplacements et d'une partie de l'hébergement). Les participants (stagiaires et animateurs) paieront une somme de 150 € à 200 € (dépendant du type d'hébergement : chambre à 2, à 3 ou à 6).

**Inscription :** demander la fiche de pré-inscription à : Françoise DELMAS Institut d'Astrophysique de Paris 98bis, Bd. Arago 75014 PARIS (Fax : 01 44 32 80 01 ; e-mail : [delmas@iap.fr](mailto:delmas@iap.fr)).

Cette fiche se trouve également sur le site du CLEA : <http://www.ac-nice.fr/clea/>

**Renseignements :** Jean Ripert, secrétaire du CLEA : [jripert@ac-toulouse.fr](mailto:jripert@ac-toulouse.fr)

Jean Ripert

## 7th EAAE Summer School Hall in Tirol, Autriche, 25 -30 Août 2003

### Organisation :

Comme chaque année, Rosa Maria Ros et le groupe de travail "Formation des maîtres" de l'EAAE organisent une école d'été : cette année, c'est Artraud Bacher qui l'accueille en Autriche, dans un village qui touche Innsbrück. Elle s'adresse aux enseignant-e-s du primaire et du secondaire des pays européens (50 places), intéressé-e-s par l'Astronomie, même s'ils / elles sont novices, le fil conducteur en sera "L'Astronomie dans les montagnes".

Les activités seront de plusieurs sortes, toujours conduites dans l'esprit d'une participation active des stagiaires :

**Conférences :** au début et à la fin de l'école d'été

**Groupes de travail :** ils seront centrés autour de discussions sur l'enseignement de l'Astronomie dans les différents pays européens

**Ateliers :** ils se dérouleront aussi en petits groupes, l'objectif de ces activités étant de proposer des activités didactiques très pratiques.

**Séances d'observation :** le but est d'initier les participants à différentes formes d'observation.

**Expositions de "posters" :** les participant-e-s sont invités à présenter une activité astronomique sur une affiche. Celles-ci seront ensuite présentées en Anglais et commentées lors d'une réunion générale.

Une évaluation des différentes activités sera conduite en fin d'école lors d'un débat.

Les langues de cette école d'été seront l'Allemand, l'Anglais et l'Italien : il est préférable de comprendre ou de parler une ou deux de ces deux langues. L'un des objectifs de l'équipe organisatrice est en effet une participation très active des stagiaires et de favoriser l'échange d'idées, de pratiques, de questionnements... Bien qu'il n'y ait pas de traduction simultanée, la documentation sera fournie en plusieurs langues, chaque activité sera présentée en Anglais et en une autre langue et l'expérience des précédentes écoles d'été montre qu'il n'y a en pas vraiment de problèmes de communication !

**Le premier jour, chaque stagiaire recevra un polycopié** comprenant le texte des conférences et des explications détaillées sur le contenu de chaque atelier (avec les données, schémas, graphiques,... nécessaires), en deux langues (Anglais/Italien ou Anglais/Allemand), un résumé en Anglais des « posters » présentés, et les adresses des stagiaires et animateurs/trices. Du matériel d'observation est prévu et bien sûr, chacun-e peut apporter ses propres instruments.

L'inscription doit s'effectuer avant le 30 avril 2003, auprès de Rosa Maria Ros : [ros@mat.upc.es](mailto:ros@mat.upc.es) et doit être accompagnée d'une somme de 200 Euros pour les membres de l'EAAE, 250 pour les autres, et 50 Euros seront à payer plus tard.

**Information de dernière minute :** cette école d'été vient d'être acceptée dans le programme Socrates-Comenius sous l'identifiant ES-2003-006, ce qui offre une possibilité de remboursement des frais (mais ne dispense pas de l'inscription auprès de Rosa Maria : les inscriptions seront prises dans l'ordre d'arrivée, et il n'y a que 50 places...).

Pour tout renseignement :

- voir le site <http://comcdb.programkontoret.se> (cliquer sur « regular user », taper le numéro de référence ES-2003-006, puis cliquer sur « Instructions to candidates »)

- prendre contact avec l'Agence Socrates Leonardo da Vinci, Programme Socrates, 10, Place de la Bourse F-33080 Bordeaux Cedex

Tel : 05 56.79.44.00

Fax : 05 56.79.44.20

E-mail : [contact@socrates-leonardo.fr](mailto:contact@socrates-leonardo.fr)

Internet : <http://www.socrates-france.org>

Josée SERT

## MARTINE

Tous ceux qui ont assisté aux obsèques de Martine ont été impressionnés par les témoignages de ses proches, de tous ses amis venus d'horizons fort divers : un beau portrait s'est brossé, par petites touches successives et remarquablement convergentes, et à chaque intervention chacun de nous retrouvait la personnalité forte de la Martine qu'il connaissait. Au plus profond de notre tristesse, nous en avons ressenti comme une sorte de réconfort : une certaine forme de la présence de Martine.

Tous ont parlé de sa rigueur et de l'exigence qu'elle avait autant pour elle-même et pour son travail, que pour ses élèves et plus généralement ses collaborateurs. Au CLEA, nous nous souvenons de la façon dont elle préparait ses interventions aux Écoles d'été ou dans les stages de l'académie de Versailles, dans un atelier ou un groupe de travail ; elle revenait à la charge jusqu'à ce que la plus petite interrogation ait été totalement éclaircie : on en riait et elle nous disait : "je sais, je suis casse-pieds !". Au fil des années elle était devenue imbattable sur toutes les finesses du fonctionnement des astrolabes et sur les ouvrages qui leur sont consacrés ; et cet été, à Gap, elle nous avait fait partager sa joie de posséder une petite merveille, cadeau de proches, à l'occasion de ses cinquante ans : la copie d'un astrolabe ancien, réalisée sur commande par des artisans suisses.

A partir de 1997, elle a pris la lourde charge des Cahiers Clairaut, et ils sont aujourd'hui ce qu'elle en a fait, peu à peu, organisant les rubriques, secouant énergiquement le comité de rédaction auquel elle faisait appel régulièrement, sans hésiter à revenir à la charge autant de fois que nécessaire pour aboutir chaque trimestre à un numéro le plus équilibré possible. Il fallait sa ténacité pour maintenir le

cap, passer d'un ordinateur à l'autre, d'un logiciel à l'autre et livrer le manuscrit en temps et heure pour que chaque numéro sorte à la date fatidique de l'équinoxe ou du solstice.

Seul Michel, son mari, saurait dire le temps passé (et largement partagé par lui) à rédiger les "chapeaux", revoir la mise en page, corriger les fautes de frappe, interroger les auteurs pour leur faire

éclaircir tel ou tel point obscur, rechercher une illustration et, surtout, trouver de nouveaux articles, de nouveaux auteurs, éternelle obsession qui revenait, dès le numéro précédent déposé chez l'imprimeur. Il faut aussi dire à quel point Michel est indissociable de Martine ; la qualité, la chaleur et la simplicité de leur accueil au Val Saint-Germain rendaient facile et naturel de s'y sentir à l'aise. Mais la plus grande caractéristique de Martine, peut-être, c'était le courage. Courage d'aller jusqu'au bout de ce qu'elle avait décidé, de ce qu'elle jugeait

juste et nécessaire, aussi difficile que ce soit. Chaque année devant la lente mais régulière diminution de nos abonnés, elle se sentait mal récompensée de ses efforts, mais ne s'avouait pas vaincue. Tous ceux d'entre vous, relativement nombreux, qui ont répondu au questionnaire et témoigné de leur satisfaction, lui ont apporté une grande joie.

Son courage a été aussi de ne pas accepter de se laisser enfermer par la maladie, aussi dure soit-elle, aussi lourd et fatigant le traitement. On peut vraiment dire qu'elle a mis ses dernières forces à la réalisation de ce numéro des Cahiers. A nous maintenant d'avoir le même courage, la même énergie, pour poursuivre la tâche et continuer à produire sans elle un journal dont elle serait encore fière...



### **Transparents animés pour rétroprojecteurs**

(8 €)

- 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 (11 €)

### **CD Rom CLEA 2000**

Sciences physiques en seconde  
Programme 2000 (8 €)

## **DIAPPOSITIVES**

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

- 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 5 €)
- D7** Taches solaires et rotation du Soleil
- D8** Comètes

# Publications du **CLEA**

Il faut être adhérent pour se procurer les  
publications du CLEA. Les prix indiqués,  
en euros, le sont port compris



Toute commande de documents est à  
envoyer au siège du CLEA.  
Laboratoire d'Astronomie, bât. 470  
Université Paris Sud 91405 Orsay cedex

**Chèques à l'ordre du CLEA.**

## **Les fiches d'activités pédagogiques du CLEA**

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

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 (10 €)
- P2**  
Processus de rayonnement (5 €)
- P3**  
Structure interne  
et évolution des étoiles (5 €)
- P4**  
Astrophysique solaire (5 €)

## CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 2003

Adhésion au CLEA pour 2003	5 €
Abonnement aux <b>CAHIERS CLAIRAUT</b> n° 101 à 104	25 €
<i>l'adhésion est indispensable pour tout achat de documents y compris l'abonnement aux Cahiers Clairaut</i>	

Le numéro des Cahiers Clairaut	7 €
<b>COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT</b> des années antérieures :	
14 € par an du début (1978) à 1997 ; 17 € par an à partir de 1998.	

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

**CLEA** Laboratoire d'astronomie, bât 470  
Université de Paris Sud, 91405 ORSAY Cedex  
Tél / Fax : 01 69 15 63 80  
adresse électronique : [clea.astro@astro.u-psud.fr](mailto:clea.astro@astro.u-psud.fr)  
adresse du site du CLEA : [www.ac-nice.fr/clea](http://www.ac-nice.fr/clea)

### Publications

#### FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

1 - L'observation des astres, le repérage dans l'espace et le temps	7 €
2 - Le mouvement des astres	8 €
3 - La lumière messagère des astres	9 €
4 - Naissance, vie et mort des étoiles	10 €
6 - Univers extragalactique et cosmologie	9 €
7 - Une étape de la physique, la Relativité restreinte	16 €
8 - Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie	10 €
9 - Le système solaire	14 €
10 - La Lune	10 €
11 - La Terre et le Soleil	12 €
12 - Simulation et astronomie sur ordinateur	8 €

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

● Livrets "Terre, Planète à Protéger" (par J. diMeglio, géophysicienne) et "L'univers Astronomique" (par A. Acker et J.Cl. Pecker) – Format A5 – Prix unitaire = 1,2 € HT

Livret "La Terre et son Univers en 7 animations" (par M. Dumas) - A4 - Prix unit. = 2,5 € HT

→ Offre Spéciale = 36 € pour 10 de chacun des livrets (30 en tout) soit chaque livret à 1,2 € HT

● CDrom "Terre, planète à protéger" (avec animations sonores, vidéos et images) pour 8 € HT

● DVD "40 ans de l'ESO" (d'après un film de 52 min) pour le prix exceptionnel de 4 € HT

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

Directeur de la publication : Georges Paturel  
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 1979  
numéro d'inscription CPPAP : 61660  
prix au numéro : 7 €