

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes

# Les Cahiers Clairaut

Lectures  
pour  
et se  
Hist  
Ré  
d'o  
Ar  
for  
Réfle  
deb  
Inf  
élèves  
Vie  
Tex  
exerc  
Articles  
Les p



numéro 87 - AUTOMNE 1999

ISSN 0758-234X

# Comité de liaison enseignants et 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 (observations,

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 : 01 69 15 77 66 ; Fax : 01 69 15 63 80  
Adresse électronique : michele.presse@df.cso.u-psud.fr

**PUBLICATIONS DU CLEA** pages C et D

### **Bureau du CLEA pour 1999**

#### Présidents d'honneur

Jean-Claude PECKER  
Evry SCHATZMAN

#### Présidente

Lucienne GOUGUENHEIM

#### Vice-Présidents

Agnès ACKER  
Marie-France DUVAL  
Jean RIPERT  
Josée SERT  
Gilbert WALUSINSKI

#### Secrétaire

Martine BOBIN

#### Trésorière-Secrétaire

Catherine VIGNON

Daniel Bardin  
Francis Berthomieu  
Martine Bobin  
Michel Bobin  
Lucette Bottinelli  
Pierre Causeret  
Jacky Dupré

Michèle Gerbaldi  
Lucienne Gouguenheim  
Christian Larcher  
Georges Paturel  
Jean Ripert  
Jean-Paul Rosenstiehl  
Daniel Toussaint  
Michel Toulmonde  
Gilbert Walusinski

### **Comité de rédaction des Cahiers Clairaut**

Conception et réalisation de la mise en page : Sophie Durand

## ÉDITORIAL

Nous espérons que vous avez trouvé un site favorable pour observer l'éclipse et pu vivre les minutes éblouissantes que permet le spectacle d'un des plus beaux phénomènes naturels.

Suivi anxieux de la course aléatoire des nuages, joie quand le ciel s'est dégagé, émotion partagée... L'éclipse a été un temps fort pour nous tous et nous a donné une occasion extraordinaire de faire mieux connaître et aimer l'astronomie autour de nous.

Cependant, pour chacun de ceux qui ont entrepris avec le CLEA cette tâche inlassable de diffusion des sciences auprès des élèves et du public, le travail continue même en l'absence d'événements exceptionnels.

Nous sommes donc contents de pouvoir vous proposer dans ce numéro d'automne cinq articles pour les élèves du primaire et du collège. Un grand merci à leurs auteurs de nous faire partager leur expérience.

Roger Ferlet, de l'I.A.P., nous propose une mise au point intéressante sur la matière noire baryonique, tandis que Georges Paturel nous présente de manière originale une initiation à la haute résolution spatiale. L'article d'histoire, tiré de la revue "europsychics news" expose les débuts de la spectroscopie et Francis Berthomieu nous fait le récit de la création du monde chez les Indiens Kogis.

La rubrique "Vie associative" est étoffée par le compte-rendu de l'Université d'été de l'EAAE et nous espérons que l'ouverture du chapitre "Questions-réponses" apportera encore plus de dynamisme et d'échanges entre nous.

Enfin, notez bien notre prochain rendez-vous :

**L'Assemblée Générale  
aura lieu à Marseille  
le dimanche  
28 novembre 1999.**

La rédaction

# les Cahiers Clairaut

Automne 1999 n°87



### Article de fond

L'énigme de la masse  
cachée

p. 2

La haute résolution  
spatiale en images

p. 4



### Avec nos élèves

La Lune est-elle  
menteuse ?

(niveau collège)

p. 12

Les portes du collège

(niveau collège)

p. 14

Le ciel des bergers  
catalans

(niveau primaire)

p. 16

Le système solaire en  
CM2

(niveau primaire)

p. 18

Astronomie et  
littérature enfantine

(niveau primaire)

p. 22

### Remue-méninges

L'affaire des Lunes  
bleues

p. 25



### Histoire

L'ouverture d'une  
fenêtre sur l'Univers

p. 26



Indiens des Andes :  
les Kogis

p. 28

### Vie associative

p. 30



### Lectures

pour la Marquise

p. 36

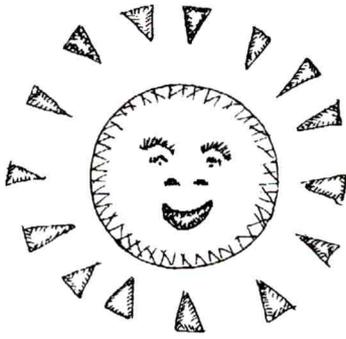


### Les potins

de la Voie lactée

p. 39





# L'énigme de la masse cachée

Roger Ferlet, I.A.P.

Le passionnant problème de la recherche de la matière noire nous est proposé sous la forme d'un feuilleton en deux épisodes par des astrophysiciens de l'I.A.P..

Roger Ferlet nous invite ici à la recherche de la matière noire baryonique, tandis que Claudine Golbach et Gérard Nollez traiteront de la matière noire non baryonique dans le prochain numéro.

## 1933.

Sans le savoir, l'astronome suisse Fred Zwicky écrit la première ligne de ce qui ressemble par bien des points à une enquête juridico-scientifique.

Cette sombre histoire commence dans le grand amas de galaxies Coma. En y mesurant la vitesse des galaxies, Zwicky conclut qu'elles ne représentent qu'une fraction 1/10 de la masse totale de l'amas. où sont cachés les 9/10 restants ? Une plainte contre X est déposée qui, faute de preuves, n'aboutit pas.

## Cinquante ans plus tard.

L'instruction reprend. De nouveaux plaignants sont apparus, certains soutenus par de nouvelles observations, d'autres par les progrès de la cosmologie ou de la physique des particules. Il devient nécessaire de changer notre vision du monde et de faire preuve d'humilité : l'Univers "visible", c'est-à-dire directement accessible par la lumière qu'il émet à différentes longueurs d'onde, ne suffit pas à expliquer les effets dynamiques que nous observons. Il faut lui adjoindre un compagnon Univers obscur. Toutes les échelles astronomiques sont touchées et le mal semble irréparable.

Les charges sont accablantes :

- les études dynamiques des grands amas de galaxies révèlent toutes une masse au moins dix fois supérieure à celle des composants visibles des amas. La découverte des "mirages" gravitationnels a fourni un outil puissant pour l'étude de cette masse noire.

- Les mesures des vitesses de rotation dans les galaxies spirales ne peuvent se comprendre qu'en postulant l'existence d'un gigantesque halo de masse invisible autour de ces galaxies, y compris pour notre propre galaxie, la Voie lactée.

- Le modèle standard du Big Bang et de la nucléosynthèse primordiale des éléments légers prédit que la densité de l'Univers sous forme de protons et de neutrons (matière baryonique) devrait être au moins quatre fois plus grande que celle de la matière visible.

## 1990

La conclusion ne fait guère de doute : la plus grande partie de l'Univers, peut-être 90%, semble constituée d'une matière sombre dont la nature nous est totalement inconnue, et même dont une partie doit être sous forme autre que des atomes ordinaires !

L'accusé n'a toujours pas comparu, mais la liste des suspects s'allonge au gré de l'imagination des théoriciens. Le dossier "matière noire" est un fourre-tout assez pratique où règne une certaine confusion. ; l'essentiel des candidats est constitué de particules hypothétiques encore jamais détectées au laboratoire (cf. CC n° 88). La parole est aux expérimentateurs pour fournir des contraintes observationnelles.

Si le Halo invisible de la Voie lactée est fait d'atomes ordinaires, de tous les suspects possibles, les plus probables sont les naines brunes, des objets compacts trop peu massifs (masse inférieure à 0,07 fois la masse du Soleil) pour avoir allumé des réactions thermonucléaires en leur sein et être ainsi devenus des étoiles visibles. Mais comment confondre de tels objets ?

### 1986

L'astronome polonais Bohdan Paczynski a repris une idée déjà proposée avec scepticisme par Einstein en 1936 : l'effet de microlentille gravitationnelle. Un objet massif "courbe" le trajet de la lumière venant d'une étoile située loin en arrière-plan lorsque l'objet, l'étoile et l'observateur sont alignés. Le résultat net pour l'observateur est de voir une amplification de la lumière de l'étoile. Mais dans le cas de notre Halo, la probabilité d'apparition de cet effet est si petite qu'il faut surveiller non pas une mais des millions d'étoiles, pendant des mois et des années toutes les nuits ou presque !

Et voilà pourquoi les enquêteurs-astronomes n'osaient pas se lancer dans cette course à la matière cachée, jusqu'à ce qu'ils fassent équipe avec des physiciens des particules, autres inquisiteurs de la matière, plus habitués à surveiller des quantités énormes d'événements dans leurs accélérateurs.

### 1990

Une collaboration interdisciplinaire franco-française s'est mise en place autour de moyens d'observation situés à l'Observatoire Européen Austral, situé dans le désert de la Cordillère des Andes chilienne, à 2400 m d'altitude.

En effet, les étoiles d'arrière-plan les moins difficiles à observer se situent dans les Nuages de Magellan, petites galaxies les plus proches de la Voie lactée, seulement visibles dans l'hémisphère sud. Cette collaboration, s'est appelée EROS - Expérience de Recherche d'Objets Sombres - pour se distinguer d'un projet concurrent australo-américain MACHO - Massive Astronomical Compact Halo Objects. Elle ne disposait à cette époque que de "petits" télescopes, dont un de 40 cm de diamètre ; elle allait prouver qu'on pouvait tenter de résoudre une des grandes énigmes de l'astrophysique moderne avec un VLT (Very Little Telescope) pourvu qu'il soit équipé d'un détecteur adéquate, en l'occurrence une mosaïque de CCD, réalisée pour la première fois en astronomie, par le CEA à Saclay.

### Septembre 1993

L'excitation est à son comble. Deux événements compatibles avec un effet de microlentille sont détectés. Va-t-on publier immédiatement ou bien attend-on encore une nouvelle vérification face à la complexité des logiciels d'analyse ? Mais les concurrents aussi ont détecté un événement. Alors finalement, les deux annonces paraîtront dans le même numéro de la revue Nature.

### 1996

EROS entre dans une seconde phase, avec un télescope de 1 m de diamètre pour résister à la pression de la concurrence. Tout en continuant à observer le Petit et le Grand nuage de Magellan, il devenait également possible de pointer vers le Centre de la Voie lactée. Par ailleurs, plusieurs autres projets similaires de surveillance démarraient de par le monde.

### 1999

A ce jour, seulement quelques "événements microlentilles" ont été enregistrés vers les Nuages, bien moins que le nombre attendu si toute la masse cachée du Halo était constituée de naines brunes. On en est bien sûr maintenant, celles-ci ne peuvent pas représenter plus de 20% de cette masse cachée.

Les observations n'en continuent pas moins car il existe encore une petite possibilité que cette masse soit en partie sous forme d'étoiles de très petites masses. Cependant le caractère "exotique" de la matière noire se renforce.

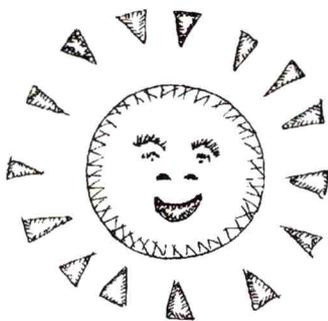
Par contre, vers le centre de la Galaxie ce sont plusieurs dizaines d'événements qui ont été détectés, bien plus que le nombre calculé avec les populations stellaires connues. Il semble que les étoiles du bulbe galactique soient concentrées dans une sorte de barre comme il en existe dans d'autres galaxies, dont le grand axe serait dirigé vers le Soleil.

Les gigantesques et uniques bases de données ainsi constituées renferment une mine d'autres découvertes potentielles dont les plus évidentes concernent les étoiles variables.

Parmi celles-ci, les Céphéides dont la relation période-luminosité joue un rôle de pierre angulaire dans la mesure des distances cosmiques.

De plus les projets en cours sont maintenant capables d'alerter la communauté astronomique avant même que l'amplification de la lumière soit à son maximum. Des télescopes dédiés répartis autour du monde peuvent alors prendre le relais pour échantillonner la courbe de lumière de façon bien plus précise. Il en résulte des potentialités extraordinaires comme par exemple la possibilité de détecter des planètes extrasolaires. En effet, si les étoiles responsables des "événements microlentilles" vers le Centre galactique possèdent des planètes, dans certaines configurations géométriques celles-ci peuvent aussi amplifier gravitationnellement la lumière de l'étoile surveillée et ainsi signer leur présence même dans le cas d'un objet de la masse de la Terre. Il n'y a pas eu encore de détection.

EROS et les autres projets ont inauguré une nouvelle façon de faire de l'astrophysique à travers de grandes bases de données.



# La haute résolution spatiale en images

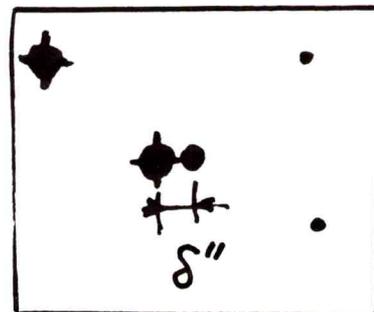
Georges Paturel, Observatoire de Lyon

Cette contribution souhaite vous initier à ce qu'on appelle la haute résolution spatiale, c'est à dire l'art de séparer deux étoiles avec un télescope, ou, plus généralement, l'art de voir les détails d'une image.

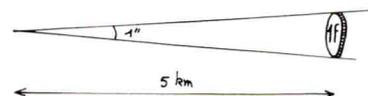
Notre présentation en images, avec peu de texte, demandera au lecteur un effort pour lire entre les lignes, pour compléter l'information. L'article suggère plus qu'il n'explique. Pour arriver à cette simplicité il y a des raccourcis. Nous demandons aux puristes de nous les pardonner. Ces raccourcis ne devraient pas entraver la compréhension du phénomène (c'est en tout cas ce qu'espère l'auteur). Par exemple, quand nous parlons de l'onde électromagnétique nous ne considérons que la composante du champ électrique sans parler du champ magnétique.

Le but du propos est de faire appréhender sans calcul le phénomène complexe de la **diffraction** qui fait que l'image d'une source ponctuelle a une dimension non nulle et irréductible pour un télescope donné. C'est ce phénomène qui règle la résolution maximale que peut espérer un télescope. Nous pourrions comprendre alors une technique géniale, « l'**interférométrie des tavelures** », inventée par l'astronome Antoine Labeyrie. Cette technique permet de reconstituer l'image dégradée lors de la traversée de notre atmosphère terrestre. Nous arriverons enfin à la présentation de la technique qui est en train de révolutionner l'observation depuis le sol : l'**optique adaptative**. A l'aide d'un système piloté par ordinateur on corrige en temps réel les déformations introduites par notre atmosphère.

La haute résolution spatiale est le pouvoir de séparer angulairement deux objets (par exemple deux étoiles).

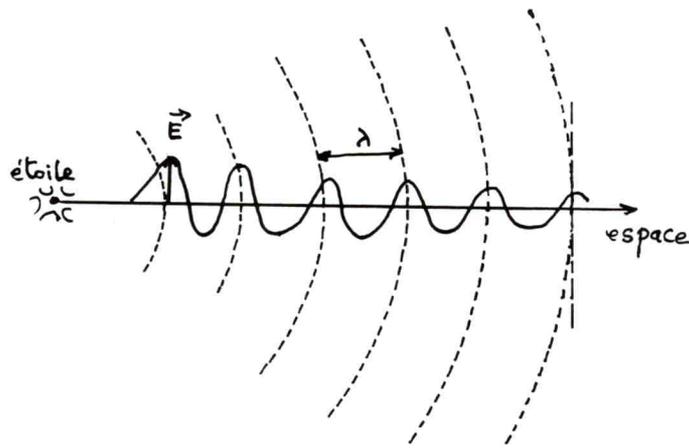


On mesure la séparation en secondes d'arc. Une seconde d'arc est l'angle sous lequel on voit une pièce de un franc placée à 5 km.

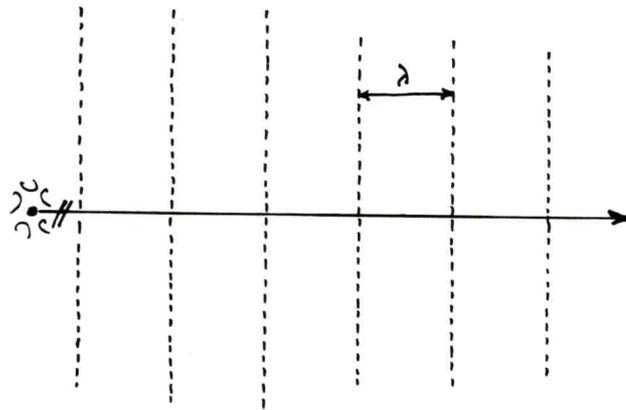


## Onde électromagnétique

Une onde lumineuse est formée d'un champ électrique  $\vec{E}$  qui "ondule" en ondes sphériques issues de l'étoile.



A grande distance de l'étoile, l'onde est quasiment plane.

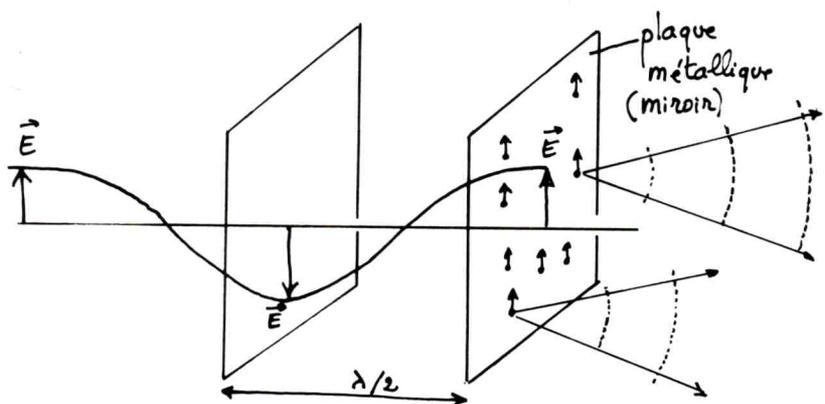


## Effet d'une onde sur des électrons libres

En présence d'un champ électrique, l'électron subit une force donc une accélération.

Or, un électron accéléré crée un champ électrique  $\vec{E}$ , donc une onde.

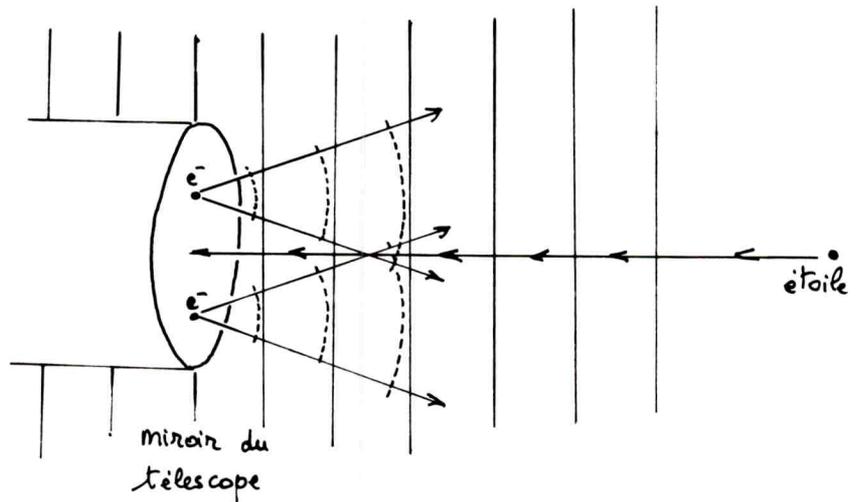
Tous les électrons libres d'une plaque métallique sont mis en mouvement de va-et-vient sous l'effet de l'onde. L'onde est absorbée, mais les électrons étant accélérés vont réémettre à la même fréquence mais **dans toutes les directions**.



## Cas d'un miroir de télescope

Comment se recombinent les ondes réémises par les électrons libres du miroir ?

Nous allons prendre en compte le fait que le miroir est concave.

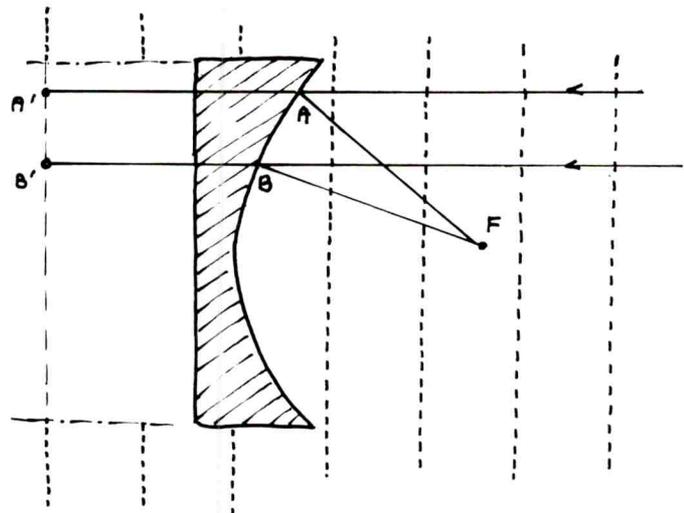


## Miroir parabolique

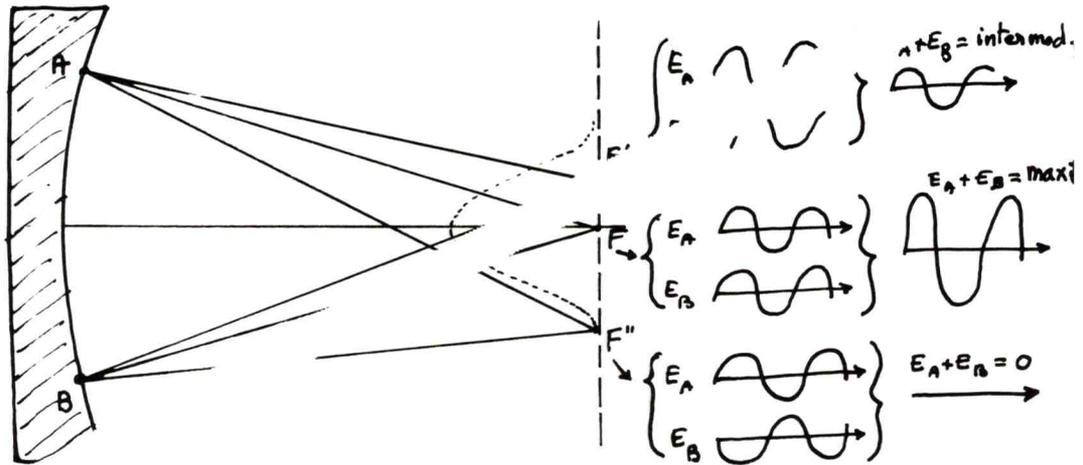
Tous les rayons convergent en F.

Les champs électriques  $\vec{E}$  y sont tous en phase car  $A'A = FA$ ,  $B'B = FB \dots$

Regardons ce qui se passe près du foyer F quand les ondes de deux électrons se recombinent.



## Recombinaison des ondes réémises par deux électrons "La diffraction"

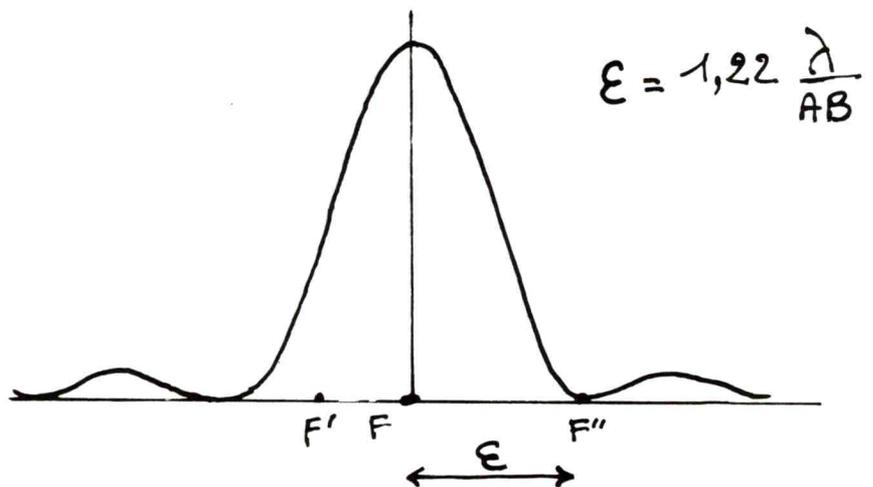


En F les deux ondes sont en phase ce qui implique un maximum de lumière.

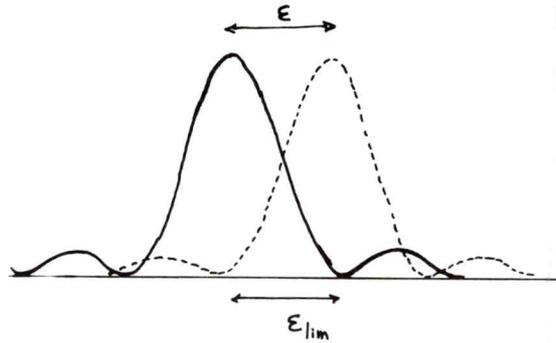
En F' une des ondes est en retard. Il y a donc une atténuation de la lumière.

En F'' les deux ondes s'annulent. Il n'y a donc plus de lumière.

Avec deux électrons on observerait une série de maxima et de minima, mais si on prend en compte tous les électrons du miroir on obtient un maximum en F seulement car **il n'y a qu'en F que toutes les ondes sont en phase.**



## Le pouvoir séparateur



$$\epsilon_{lim} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\epsilon_{lim}'' = \frac{14''}{D} \quad \text{à } \lambda = 0.55 \mu\text{m}$$

Cette courbe avec un maximum est l'image de l'étoile ponctuelle. Si nous observons deux étoiles séparées de  $\epsilon''$ , les deux courbes de leurs images vont se superposer.

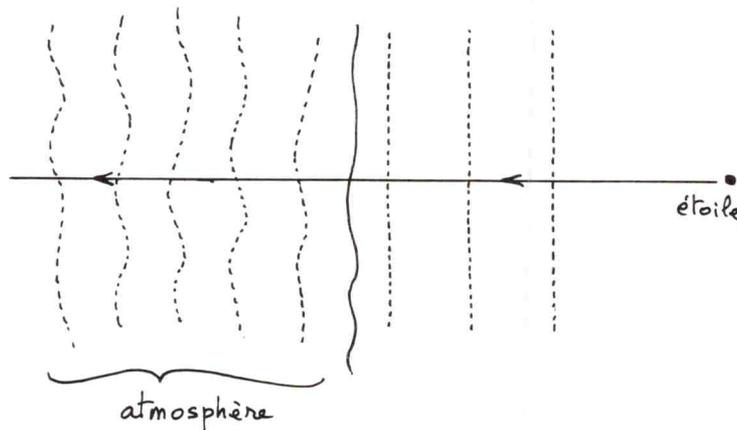
Nous ne séparerons les deux étoiles que si  $\epsilon$  est supérieur à la valeur limite  $\epsilon''_{lim}$ .

Pour un télescope de diamètre  $D = 3,60 \text{ m}$  on a  $\epsilon''_{lim} = 0,04''$ .

Pour le télescope spatial, "Hubble" ;  $\epsilon''_{lim} = 0,06''$

Mais ...

## Les inconvénients de l'atmosphère terrestre.



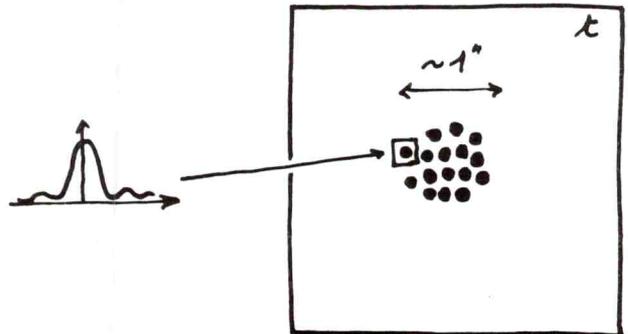
La vitesse de la lumière dans l'air dépend de l'indice de réfraction  $n$  :

$$v = \frac{c}{n}$$

Or  $n$  n'est pas constant, **l'onde plane est déformée**

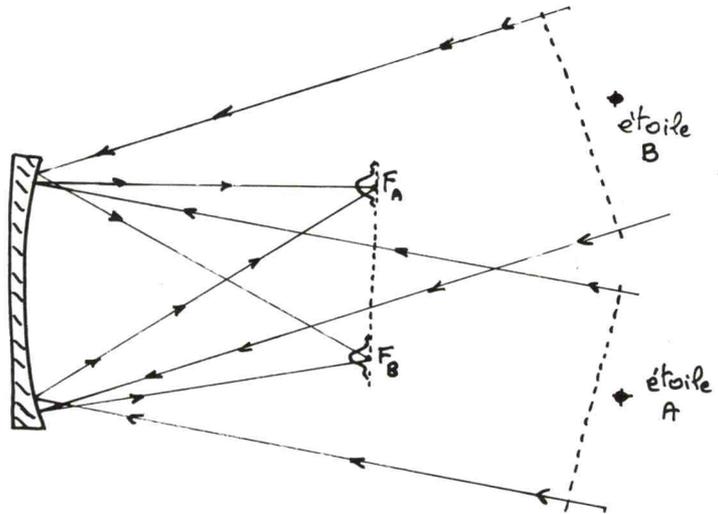
Au foyer du télescope on n'observe pas une image mais **plusieurs taches**.

Essayons de comprendre pourquoi.



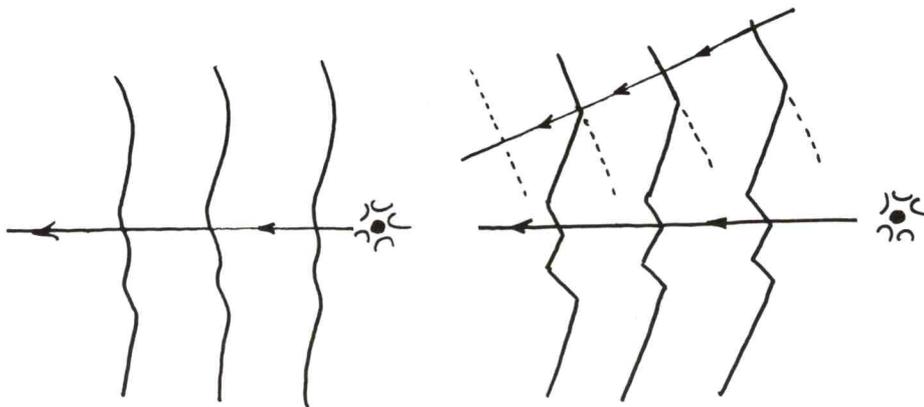
## Les tavelures

Deux ondes planes venant de deux étoiles donnent deux images  $F_A$  et  $F_B$ .  
Si on représente les déformations de la surface d'onde traversant l'atmosphère par des plans d'inclinaisons différentes, on comprend qu'un point source (étoile) donnera plusieurs taches : les tavelures.

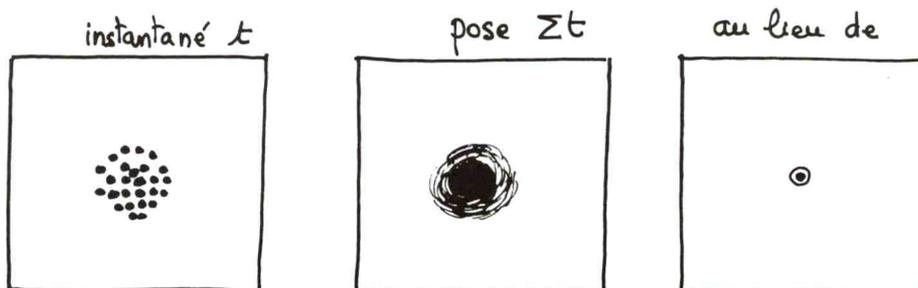


Plan d'onde réel

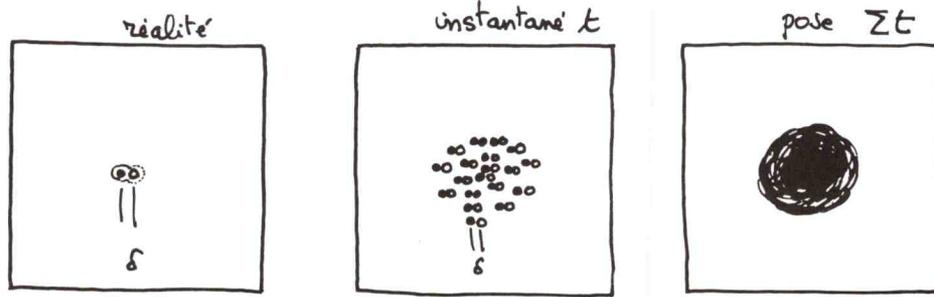
Représentation



## Conséquence sur l'image d'une étoile



## Conséquence sur l'image de deux étoiles

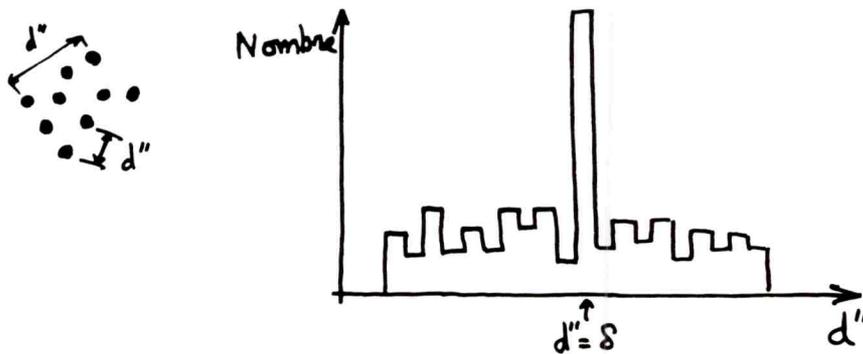
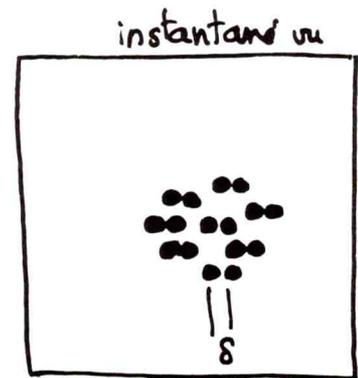


Après une pause ( $\Sigma t$ ) les deux étoiles ne sont plus séparables.

## La "speckle" interférométrie (interférométrie des tavelures)

A priori, on ne sait pas que les tavelures viennent de deux étoiles.

Si on enregistre toutes les images instantanées et que l'on construit l'historique de toutes les séparations entre tavelures on obtiendra le résultat ci-dessous.

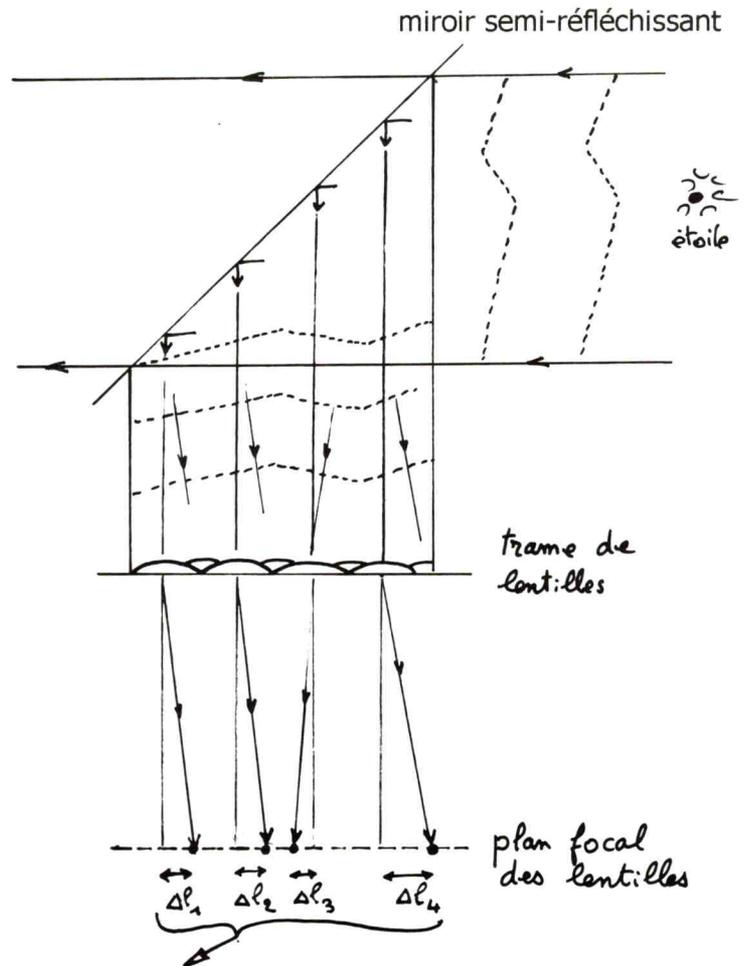


# L'optique adaptative

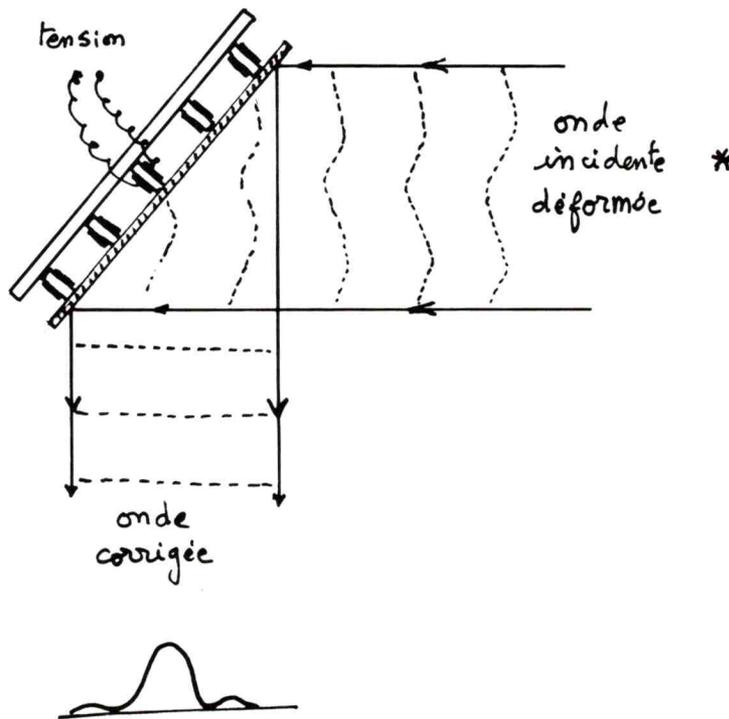
Une séparation reviendra plus souvent : la séparation  $\delta$  vraie entre les deux étoiles.

Il est maintenant possible d'analyser les déformations de la surface d'onde.

Les  $\Delta_i$  donnent la forme de l'onde à un instant donné.



Analyse des  $\Delta_i$  par ordinateur en temps réel



## Correction de la surface d'onde

A l'aide d'une série de poussoirs piezo électriques, on applique des déformations à un miroir selon les  $\Delta_i$  mesurés.

On corrige ainsi les déformations de l'onde...

et on obtient une image parfaite de l'étoile.



# La Lune est-elle menteuse ?

Daniel Toussaint,  
dessins de Daniel Bardin

La Lune, ses phases, son lever, son coucher ... Autant de phénomènes faciles à observer et souvent mal compris. Daniel nous présente les explications simples qu'il donne à ses élèves de 4<sup>e</sup> et aux débutants de son club d'astronomie.

## D'anciennes règles pour retrouver l'ordre des phases

*« N'oublie pas que la Lune est menteuse.. Quand elle a la forme de la lettre C, elle ne Croît pas, elle Décroît ; et quand elle a la forme d'un D, elle Croît. ».*

Cette analogie entre les croissants de Lune et les initiales des verbes croître et décroître (écrites en caractères majuscules) m'a appris à reconnaître les phases de la Lune quand j'étais enfant.

Plus tard, j'ai rencontré une autre règle qui ne faisait plus mentir la Lune (c'était moins drôle !) : en prolongeant judicieusement le diamètre qui va d'une corne à l'autre, on peut écrire en caractères minuscules un p au premier quartier et un d au dernier.

Avec de telles règles, les enfants dyslexiques ne risquent pas s'y retrouver... surtout que les noms des phases cachent un autre piège : pourquoi parler de "quartier" quand elle on voit une demi-Pleine Lune ?

## Logique et observations quotidiennes

Ces règles qui n'ont d'autre justification que l'usage ne facilitent guère la compréhension du phénomène de phases.

Aussi, depuis que j'enseigne ce sujet aux élèves de 4<sup>ème</sup> voire à des adultes, j'essaie de faire appel à leurs facultés d'observation et de réflexion avant de solliciter leur mémoire. Cependant les sources d'erreurs sont multiples et en 4<sup>ème</sup> il est sage de se limiter aux concepts de base sinon la Lune risque encore de mentir souvent !

La méthode la plus simple consiste à observer les phases d'un globe éclairé par le Soleil quand celui-ci n'est pas trop haut (en hiver par exemple) en essayant de comprendre son aspect.

## Constatations :

La zone éclairée occupe tout un hémisphère, lequel fait face au Soleil. L'autre hémisphère est dans l'ombre que le globe se fait à lui-même. Un observateur immobile voit rarement cette zone éclairée de façon complète puisqu'il n'a aucune raison de se trouver juste en face d'elle. Mais s'il fait le tour du globe, il voit en accéléré une succession de phases différentes (dans l'ordre de celles de la Lune ou dans l'ordre inverse).

## Interprétation :

La Lune est aussi une boule opaque éclairée par le Soleil. La zone qui reçoit de la lumière est l'hémisphère-jour, l'autre est l'hémisphère-nuit. L'hémisphère-jour est totalement visible depuis la Terre quand on est presque en face de lui : le Soleil doit alors être dans notre dos et c'est la Pleine Lune.

Remarquons que si la Terre était exactement en face de l'hémisphère-jour, elle éclipserait la Lune.

Dès que l'angle Soleil-Lune-Terre ne vaut plus  $180^\circ$ , la Terre ne peut plus faire d'ombre à la Lune (impossibilité d'avoir une éclipse de Lune) mais comme elle ne fait plus face à l'hémisphère-jour, les terriens ne voient plus la Pleine Lune. En un mois environ l'angle Soleil-Lune-Terre passe de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  ou presque, pendant que la Terre et la Lune tournent l'une autour de l'autre, ce qui produit successivement toutes les phases.

### Compléments :

Pour comprendre la différence entre le mouvement qui produit les phases et le mouvement diurne (dû à la rotation de la Terre autour de l'axe des pôles), chacun peut essayer de refaire le tour du globe éclairé tout en tournant 30 fois sur lui-même (mais gare aux chutes).

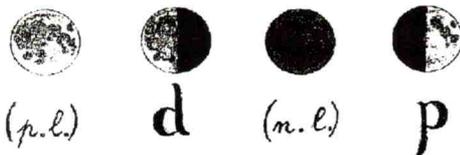
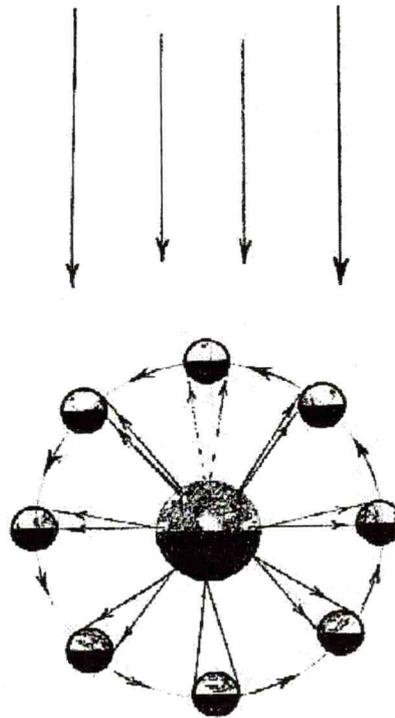
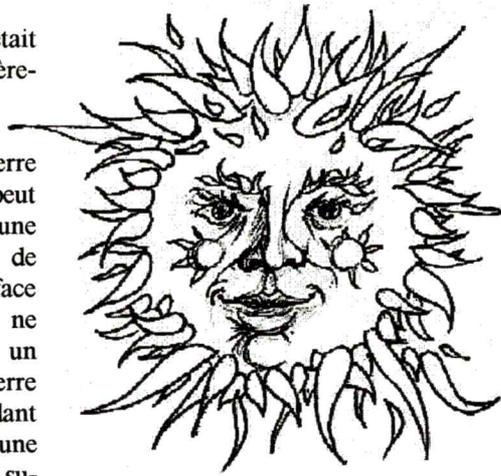
Si le temps consacré à cette étude n'est pas chichement compté (dans un club par exemple) il est souhaitable d'utiliser successivement plusieurs maquettes différentes pour simuler ces mouvements. Chaque maquette peut éclairer un aspect nouveau de ce phénomène complexe (la simultanéité des mouvements ne permettant pas de séparer facilement les paramètres).

### Résumé des notions fondamentales :

La Terre est une boule opaque qui est éclairée par le Soleil et qui tourne sur elle-même en 24 heures d'où la succession des jours et des nuits.

La Lune est une autre boule opaque dont l'hémisphère-nuit n'est pas toujours vu sous le même angle d'où les phases.

Les éclipses n'ont pas la même cause que les phases : lors d'une éclipse, un astre (Terre ou Lune) fait de l'ombre à l'autre, tandis que les phases sont dues à l'ombre que la Lune se fait elle-même.



**Des observations qui pourraient faire encore mentir la Lune : où se couche-t-elle ? Comment justifier l'inclinaison de son croissant ?**

Les notions fondamentales permettent de comprendre globalement le phénomène de phases, mais les observateurs les plus attentifs sont souvent troublés par les contradictions apparentes entre ce qu'ils voient et ce qu'ils ont compris.

Ne parlons pas de ceux, très nombreux, qui sont surpris d'apprendre que la Lune peut être visible en plein jour. Ils ne figurent certainement pas parmi les observateurs les plus attentifs.

Voyons plutôt ce qui étonne les observateurs des levers et couchers du Soleil et de la Lune. Pour simplifier les explications du mouvement apparent des astres, on représente souvent le Soleil et la Lune sur la même trajectoire apparente au cours du mouvement diurne. Or il suffit d'observer leurs couchers respectifs à quelques heures d'intervalle pour constater qu'ils ne disparaissent pas sous l'horizon au même endroit. L'utilisation d'une carte céleste mobile n'apportera pas l'explication, mais elle rassurera les observateurs troublés.

Le phénomène qui se cache derrière cette contradiction apparente est trop complexe pour la plupart des élèves de 4<sup>ème</sup> : le mouvement diurne des astres les entraîne sur des cercles parallèles à l'équateur, alors que la Lune reproduit en un mois, au voisinage de l'écliptique le mouvement annuel du Soleil. L'inclinaison de l'équateur sur l'écliptique est responsable des différences d'azimuts constatées entre le coucher du Soleil et celui de la Lune (voir à ce sujet la série de diapos CLEA D3 - Les astres se lèvent aussi).

L'autre fait surprenant est remarquablement expliqué par Pierre Lerich dans l'article "Perspective lunaire" du n° 80 des CC. Quand on prolonge mentalement la médiatrice du segment qui joint les cornes de la Lune, on est tout surpris de ne pas rencontrer le Soleil. Pour résumer l'explication citée disons simplement que notre perception du relief lunaire ressemble beaucoup à celle des artistes égyptiens de l'Antiquité, lesquels ne maîtrisaient pas encore la perspective... ■



# Les portes du collège

Valérie Larose

Le collège Les Amonts, aux Ulis, est classé en ZEP et zone sensible ... deux étiquettes dont on aimerait parfois se passer ; ce genre d'établissement favorise cependant les projets et les enseignants recherchent tous les moyens pour enseigner autrement. C'est ainsi que la culture scientifique a pu se développer depuis quelques années avec des élèves de 5<sup>e</sup> et de 4<sup>e</sup> volontaires regroupés dans des classes nommées « option sciences ».

Eclipse de soleil oblige, j'ai choisi cette année de faire de l'astronomie avec les élèves de 4<sup>e</sup> à raison d'une heure hebdomadaire en demi-groupe (soit 12 élèves). L'objectif était de découvrir notre système solaire, d'observer le ciel et de reconnaître quelques constellations, d'étudier les phases de la Lune et le phénomène des éclipses.

Peu d'élèves avaient des connaissances sur notre système solaire. Plusieurs séances furent consacrées à lire des revues spécialisées en astronomie, à regarder des cassettes du CNDP, à utiliser l'encyclopédie ENCARTA pour découvrir les caractéristiques des planètes de notre système solaire et monter une exposition pour le CDI à l'intention des autres élèves du collège.

Les élèves ont alors exprimé leur difficulté à réaliser des panneaux qui, une fois l'exposition terminée, finiraient à la poubelle faute de place sur les murs de la classe ... et ils se sont mis à rêver tout haut d'une expo permanente.

L'idée d'utiliser les portes bien tristes de notre 3<sup>e</sup> étage comme supports d'exposition a germé : 10 salles de cours donc une planète par salle sans oublier la ceinture d'astéroïdes ; certaines salles ayant deux portes, l'une serait un fond de ciel étoilé parcouru d'étoiles filantes...

Ma collègue d'arts plastiques se joint avec plaisir au projet, l'intendante et le chef d'établissement donnent leur accord moral et financier. Toutes les portes sont peintes durant les vacances de février dans un bleu nuit que nous avons choisi comme couleur de fond.

Les élèves se groupent par deux ou trois, s'attribuent une planète et réalisent une maquette à l'échelle 1/10.

Je les laisse inscrire ce qui les a marqué au cours de leurs lectures, je vérifie qu'il n'y a pas d'erreurs. L'imagination des élèves est débordante : chaque planète a un nom : Mars s'intitule sans surprise la planète rouge ; mais qui donc est la planète anglaise ??? Chaque écrit de la maquette est justifié ; il reste le problème des couleurs : de quelle couleur est Pluton m'dame ? Bref plusieurs séances de discussion et d'échanges intenses.

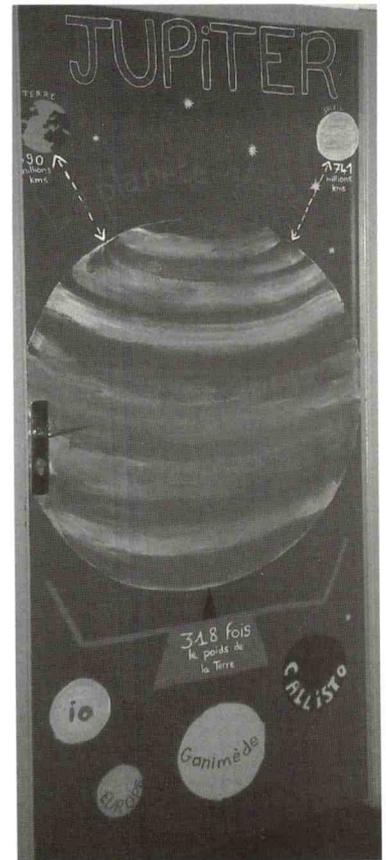
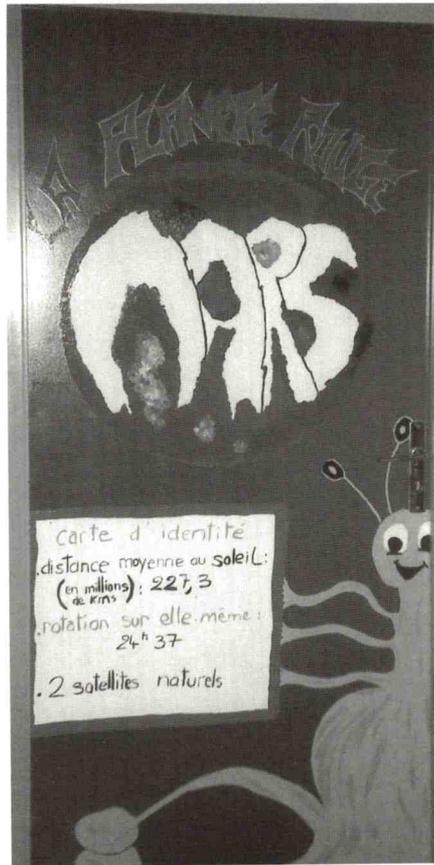
Le jour J arrive enfin : deux portes sont enlevées du 3<sup>e</sup> étage, déposées dans la salle d'arts plastique et c'est parti pour des séquences peinture après les repas (l'heure hebdomadaire est utilisée pour étudier le phénomène des phases de la Lune et des éclipses) : tout d'abord traçage à la craie des motifs de la maquette en grandeur réelle puis confection des couleurs souhaitées et maniement des pinceaux ...

Hé oui ! écrire quelques lignes au pinceau, être soigneux pour que les couleurs ne débordent pas, cela demande beaucoup de soin et de patience. Heureusement le résultat est vite là : en 4 séances les portes Mars et Jupiter peuvent être vernies et remontées.

Admiration des autres élèves du collège et des collègues, stupefaction à la découverte de certaines distances ou masses, amusement selon le graphisme, envie de toucher sans oser ... Les portes suscitent de nombreuses questions et permettent le dialogue entre les élèves de l'option sciences et les autres.

Des élèves d'autres classes se présentent spontanément après la cantine pour venir donner un coup de main.

Les groupes d'élèves se relaient deux par deux et, semaine après semaine, de nouvelles portes viennent égayer l'étage : une expo papier est tout de même montée au CDI pour en savoir plus sur chaque planète.



Les élèves ont également affiché leurs propres phrases permettant de connaître l'ordre des planètes par rapport au Soleil : grand succès !

Ce projet interdisciplinaire aura permis de transmettre les acquis à d'autres élèves et ce, de façon durable.

Les élèves sont fiers d'avoir contribué à l'amélioration de leur cadre de vie et d'avoir baptisé les salles (la salle 304 devient la salle Mars par exemple) ; Ils ont formulé le désir de continuer l'année prochaine ... Pourquoi pas des portes au deuxième étage avec les constellations observées cet hiver ? Pourquoi pas les phases de la Lune ? Bref plein de projets qui ne seront peut être pas réalisés mais qui témoignent d'un intérêt des élèves pour l'astronomie.

#### Bibliographie :

Les fiches pédagogiques du CLEA. Numéro spécial de Sciences et Vie Junior sur les planètes.  
 « Découvrir le ciel » de Hervé Burillier aux éditions Bordas (multi guide astronomie).  
 Encarta.  
 En vidéo (documents du CNDP): "éclipse de 1973"  
 « Des phénomènes et des hommes » savoirs collège ; collection Galilée.  
 « Phases et éclipses de la lune » collection Batiscience. ■

Mercredi,  
 Viendras-Tu Manger avec Jean sur Une Nappe Propre ?  
 Mon Vieux Tonton Marc a Joué Sur Une Nouvelle Play Station.  
 Ma Voiture, Tas Mis au Jardin, Super Une Nouvelle Porsche !  
 Ma Vieille Tante Marche avec Julie Sous un Nouveau Parapluie.  
 Ma Vieille Tante M'appelle Joyeusement Sur Un Nouveau Portable  
 Médard Va Travailler Mardi avec Jean Sur Un Nouveau Projet.  
 Mercedes  
 Venue Traiter Mes Asters, Jardins Sur Un Nouveau Parterre.  
 Mais, Valérie, Tu m'as Jeté Sur Une Neige Poudreuse.  
 Me Vols- Tu Manger avec Julie Sur Un Navire Perdu ?

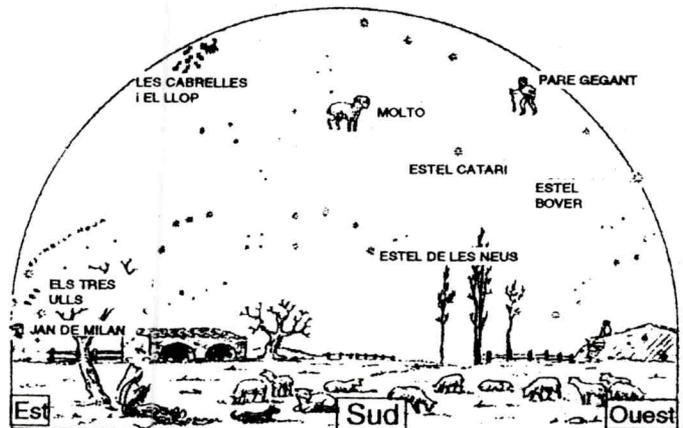
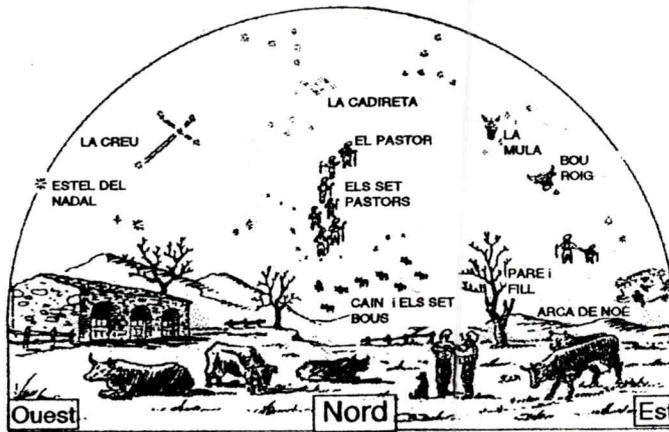


AVEC NOS ÉLÈVES

# Le ciel des bergers catalans

Charles-Henri Eyraud

Nous poursuivons, comme promis, la publication des histoires choisies par Charles-Henri Eyraud. Nous vous proposons cette fois-ci de découvrir le ciel des bergers catalans<sup>1</sup>...



### 1 - Quelle est la date si le ciel ci-contre est vu vers 21h ?

### 2 - Identifie au nord (1 et 2) puis au sud (3) :

1 - LA CREU, LA CADIRETA, ELS SET PASTORS, CAÏN I ELS SET BOUS, ARCA DE NOE parmi Cassiopee, le Grand Chariot, le Petit Chariot, Le Cygne, le Cancer.

2 - EL PASTOR, LA MULA, BOU ROIG (boeuf rouge), PARE i FILL, ESTEL DE NADAL, parmi l'Etoile Polaire, Capella, Pollux et Castor, Altair, Aldébaran.

3 - LES CABRELLES, I ELL LLOP, ELS TRES ULLS, JAN DE MILAN, MOLTO, PARE GEGANT, parmi les trois étoiles du baudrier d'Orion, Sirius, les Pléiades, le Bélier, Andromède.

### 3 - Un calendrier lié aux Pléiades.

#### 1 - Faire des dessins décrivant les phénomènes "héliques".

**Lever matinal** : lorsqu'une étoile, qui se levait après le Soleil (donc inobservable en fin de nuit) se lève avec le Soleil puis avant (devient observable vers l'est en fin de nuit).

**Coucher matinal** : lorsqu'une étoile, qui se couchait après le lever du Soleil (donc observable en fin de nuit vers l'ouest) se couche avec le lever du Soleil puis avant (devient inobservable en fin de nuit).

**Lever vespéral** : lorsqu'une étoile, qui se levait après le coucher du Soleil (donc inobservable en début de nuit) se lève avec le coucher du Soleil puis avant (devient observable vers l'est en début de nuit).

**Coucher vespéral** : lorsqu'une étoile, qui se couchait après le coucher du Soleil (donc observable en début de nuit vers l'ouest) se couche avec le coucher du Soleil puis avant (devient inobservable en début de nuit).

### 2 - Le dicton :

Les Cabrelles de matinada, pastor, engega la ramada ;  
les Cabrelles cap al tard, baixa la ramada.

Les Chevrettes du matin, berger sors ton troupeau ;  
les Chevrettes sur le tard, rentre-le !

Quels sont les phénomènes engageant le berger à sortir son troupeau ou à le rentrer ?

A l'aide d'une carte mobile du ciel donne les dates exactes.

Les Pléiades sont-elles visibles le soir lors de leur coucher matinal ?

1 - Note bibliographique : Joan AMADES "Des étoiles aux plantes", éd. du Mirail. ■

### Remue-ménages : solution au problème du n°86

La première chose à faire est de déterminer la distance angulaire parcourue par Uranus en un jour. Sachant que le champ de l'oculaire est de 32', on trouve un déplacement de 2,4' ou 2,5' par jour.

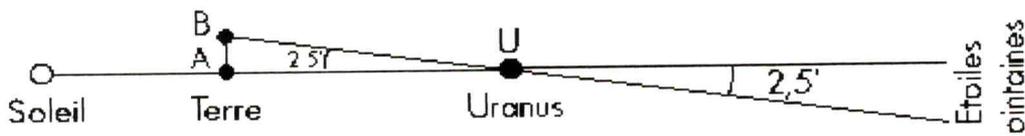
Je vous propose deux manières d'aborder le problème, en supposant que les planètes ont des orbites circulaires et qu'elles suivent les lois de Kepler. Les calculs sont à la portée d'un lycéen.

#### Méthode n°1 :

Cette méthode, plus facile mais moins précise, consiste à supposer qu'en 4 jours Uranus est pratiquement restée immobile et que son déplacement apparent est dû au mouvement de la Terre autour du Soleil. On effectue les calculs en unités astronomiques (1 ua = 150 000 000 km).

La Terre se déplace chaque jour de  $AB = 2\pi / 365$  soit 0,0172 ua.

Uranus à cette époque était à peu près à l'opposition, ce qui simplifiera les calculs.



On a  $\tan(BUA) = AB/AU$ . On connaît  $AB (= 0,0172 \text{ ua})$ , on en déduit  $AU = 23,7 \text{ ua}$ .

On obtient la distance Soleil Uranus en ajoutant 1 ua et on trouve 24,7 ua au lieu de 19 en réalité. On a déjà un ordre de grandeur intéressant bien qu'on ait négligé le mouvement d'Uranus.

(pour la méthode n° 2 voir p. 25)



# Le système solaire en CM2

Caroline Averty et Dorothée Jullemier

Dans le cadre de la licence pluridisciplinaire d'Orsay, deux étudiantes de Jacques Dupré, ont effectué un stage de préprofessionnalisation à l'école primaire du Parc des Ulis (91) dans une classe de CM2.

Leur article, qui est une adaptation pour les Cahiers du compte-rendu de leur travail, nous permet d'avoir un point de vue différent de celui de l'enseignant expérimenté et d'apprécier la qualité et le sérieux de leur démarche.

Nous avons mis en place une séquence sur le système solaire divisée en deux séances d'une heure et d'une heure trente. Au cours du choix et des premières préparations de nos séances sont ressortis des objectifs. Parmi ceux-là quatre nous ont paru essentiels. Les **dimensions du système solaire** et la **nature des planètes** s'intégraient au programme de Sciences et Technologies du cycle des approfondissements. En effet, les enfants doivent avoir des notions sur le système solaire et l'Univers. Le sujet des **extra-terrestres** allait au delà des programmes mais nous l'avons conservé car il répondait aux interrogations actuelles de cette classe. L'astronomie fait également appel à une compétence transversale : l'observation, qui fera partie intégrante de nos objectifs.

Notre premier impératif était de présenter aux enfants une séquence la plus simple et la plus claire possible.

## Maquette du système solaire et rotation de Vénus.

La première séance se divise en deux ateliers, la classe est partagée en deux groupes de 13 élèves environ.

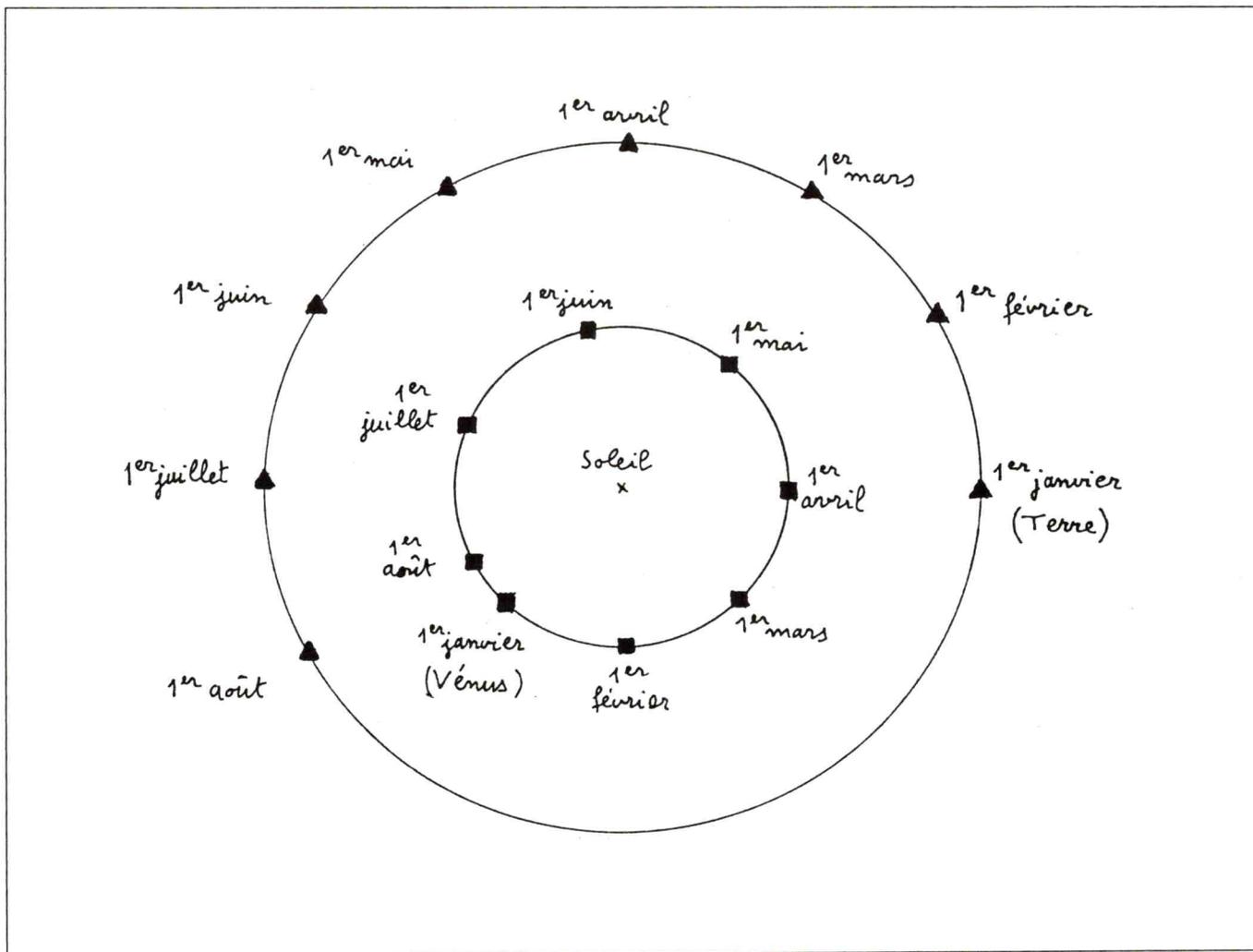
La petite phrase "*Me Voici Toute Mignonne, Je Suis Une Nouvelle Planète*" est vite retenue par les élèves et leur permet d'acquérir, en quelques minutes, des connaissances essentielles, à savoir le nom et l'ordre des planètes de notre système solaire.

### 1 - Réalisation d'une maquette du système solaire à échelle humaine.

**Objectifs :** faire acquérir les notions suivantes :

- échelle des distances entre les différents astres du système solaire ;
- taille relative de ces différents astres ;
- immensité de la Galaxie ;
- composition de l'espace : le vide.

Nous débutons par une courte présentation de l'échelle (pour  $10^{10}$  mètres dans la réalité nous prendrons 1 mètre dans la maquette) avant de passer à la réalisation de la maquette. Pour cela nous nous rendons dans la cour de récréation (la longueur doit être d'au moins quatre-vingt mètres). Nous aurons au préalable placé des repères tous les cinq mètres. Un enfant se place à un bout de la cour et porte le "Soleil" (un chou). Il ne devra plus bouger. Douze enfants se mettent par groupes de deux, cha-



que binôme reçoit une petite planète à l'échelle (billes ou épingles) et un panneau portant le nom de celle-ci. Il va lire sur un tableau la distance par rapport au Soleil puis, à l'aide d'un mètre et d'une craie, il se positionne. Les enfants rencontrent une difficulté d'ordre pratique : ils ont du mal à placer les planètes à partir des repères au sol et des instruments de mesure. En effet ils confondent 140 mètres avec 140 centimètres ou 23 mètres avec 20,3 mètres. La moitié des enfants garde son positionnement, nous faisons "visiter" aux autres le système solaire. Partant du Soleil - certains remarquent "ici il fait chaud", "ça brûle"... - nous rejoignons l'une après l'autre les différentes planètes en insistant sur leur taille relative, les distances qui les séparent et le vide existant dans l'Univers. Un élève en devient tout euphorique et se déplace entre les planètes en chantant "je nage dans le vide". Arrivés au niveau de Jupiter, les enfants sont impressionnés

par la grande distance qui les sépare du Soleil ainsi que par sa petite taille apparente. Un enfant s'exclame "il doit faire froid". Au bout de cinq minutes les rôles sont inversés. Le binôme qui aura Saturne ne pourra se positionner faute de place. Il restera donc au bord le plus extrême de la cour, en effet cette planète est située plus loin encore comme les trois planètes restantes (Uranus, Neptune et Pluton).

## 2 - Déplacement de Vénus et de la Terre par rapport au Soleil.

Il nous est apparu opportun de profiter du fait que Vénus soit visible dans le ciel, à cette période, pour aborder le sujet avec les enfants.

**Objectif général :** avoir une notion du mouvement des planètes par l'étude d'un cas simple.

### Objectifs spécifiques :

- Susciter l'envie d'observation en apportant une connaissance que les enfants peuvent réutiliser dans leur vie de

tous les jours à savoir identifier Vénus ("l'étoile du berger") en ce moment dans le ciel, la nuit.

- Mettre en évidence les différences entre les périodes de révolution de la Terre et de Vénus.

Les orbites de Vénus et de la Terre (assimilées à des cercles) seront repérées à l'aide de leur rayon (on aura préparé deux ficelles de tailles différentes). Pour les placer nous utiliserons une feuille où tous les angles, avec le nom de la planète et la date seront indiqués, il n'y aura plus qu'à placer la ficelle suivant le bon angle et en bout de ficelle on posera le repère (scotch ou craie).

Cet atelier se déroule en deux parties, pour la première nous formons deux groupes : "Vénus" et "Terre" de cinq enfants chacun ; nous donnons à chacun une affiche avec la planète choisie et une date.

Nous désignons un Soleil et les élèves qui restent sont retenus pour la deuxième partie. Si les enfants ont réalisé l'autre atelier avant celui-ci, les remarques sur la Terre et Vénus peuvent venir d'eux, à savoir leur position par rapport au Soleil, la plus chaude etc. Nous compléterons en précisant la nature et l'aspect de ces dernières. Nous demandons aux enfants s'ils pensent qu'on peut voir des planètes sans télescope ; ils hésitent pour la plupart et pensent qu'on ne voit que des étoiles. Un élève sait déjà que Vénus est "l'étoile du berger". Nous leur expliquons que, comme le Soleil, les étoiles sont des boules de feu très éloignées. Les planètes n'émettent pas de rayons mais peuvent réfléchir les rayons du Soleil, nous pouvons ainsi repérer les planètes. Un enfant pense que les étoiles tournent autour du Soleil. Donc pour repérer les planètes il faudrait d'abord savoir où regarder, pour cela nous demandons aux enfants de venir se placer deux à deux par date et nous posons à la Terre la question : où se situe Vénus par rapport au Soleil ? Des repères sont ajoutés afin de faciliter la compréhension de cette simulation ; par exemple pour les premiers élèves afin de bien situer notre expérience : "nous sommes le premier janvier 99 au soir, vous êtes en train de faire la fête..." ou bien pour objectiver encore plus nous disposons nos doigts en forme de petit bonhomme sur la tête de l'enfant Terre et demandons ce qu'il voit. Vénus est difficile à situer par rapport au Soleil, la question n'est pas bien posée pour amener les réponses droite ou gauche car les élèves proposent "en face" ce qui est tout à fait juste, il a donc été plus difficile que prévu de les amener à une simple réponse. Une fois tous les enfants passés nous concluons que depuis le mois de janvier et au moins jusqu'au mois prochain Vénus se situe à gauche du Soleil. Comment faire pour la voir ? Un enfant trouve qu'il faut repérer où se couche le Soleil pour observer Vénus. En effet le jour le Soleil est trop fort, il faut donc attendre la nuit mais bien repérer où se couche le Soleil (vers l'ouest) afin de regarder à sa gauche. Comment ne pas se tromper ? Il n'y a en fait pas d'erreur possible puisque Vénus est l'astre qui brille le plus fort

dans le ciel après le Soleil et la Lune, plus fort que toutes les étoiles ; ce n'est pas une étoile mais une planète bien qu'on l'appelle "l'étoile du berger". Il faudra donc le plus souvent possible, quand il fait beau, essayer de la repérer. Elle ne se situe pas toujours à gauche du Soleil, ce qui se démontre très facilement : si, en suivant toujours la même trajectoire, les enfants Vénus et Terre s'avancent un tout petit peu, après le premier août les planètes s'alignent puis Vénus passe à droite.

Dans un deuxième temps deux élèves vont "jouer" Vénus et la Terre et se placer au 1<sup>er</sup> janvier. A chaque signal nous leur demandons de se déplacer d'un repère c'est à dire d'un mois et la planète gagnante est celle qui arrive à faire un tour complet la première. Vénus arrive en premier, combien de mois a-t-elle mis pour faire son tour ? (un peu plus de sept) la Terre est plus lente combien de mois pour faire un tour ? Plusieurs élèves connaissent la durée de révolution de la Terre (365 jours). Si les élèves comptent, les laisser et faire seulement ensuite le rapprochement avec les douze mois de l'année.

Les réactions des enfants sont toutes positives à la fin de la séance : "on a appris plein de choses intéressantes" et les élèves nous demandent l'air surpris : "alors on va pouvoir regarder Vénus dès ce soir ?".

Trois questions importantes nous ont été posées : "pourquoi les planètes tournent ? ", "d'où viennent les planètes ?" et "c'est quoi le big-bang ?".

### **Système solaire et vie extra-terrestre.**

Notre deuxième séance revêt un aspect plus théorique, néanmoins elle se présente sous forme d'échanges dynamiques.

#### **Objectifs:**

- connaître la nature des différentes planètes ;
- tirer au clair les idées sur les extra-terrestres ;
- répondre aux questions posées à la séance précédente.

### **1 - Réinvestissement de la séance précédente.**

Nous interrogeons les élèves pour voir s'ils ont réutilisé chez eux les connaissances présentées lors de la séance précédente. Un élève a montré Vénus à son entourage, qui a paru étonné. Il nous dit "elle était super grosse". D'autres n'ont pas pu observer l'étoile du berger mais ont pu faire part de ce qu'ils avaient appris à leur famille. Nous leur demandons alors si leur auditoire a bien compris leurs explications. La plupart des élèves répondent oui mais certains ont été confrontés au scepticisme de leurs proches. Nous avons pu entendre des remarques comme "Ma soeur n'a pas voulu croire qu'on pouvait voir les planètes, elle a été demander à son professeur d'astronomie" ce dernier a confirmé les dires de l'élève qui en a été très fier.

Nous avons été un peu déçues que seul un élève ait pu observer Vénus. Mais il faut savoir que la plupart des élèves habitent dans des groupements d'immeubles et n'ont donc pas souvent l'occasion d'observer le ciel dans son ensemble.

### **2 - Qu'est ce que le big-bang ?**

Les enfants nous donnent des réponses plus ou moins exactes : "c'est une grosse boule qui a fait toutes les planètes", "Il y avait une grosse planète qui a explosé".

Il y a 15 milliards d'années, l'Univers était constitué d'énergie très concentrée en un endroit. En quelques heures, cette énergie se transforme en matière (gaz, H) et s'étend dans l'Univers. Les éléments, en mouvements, s'entrechoquent et forment de gros grumeaux. Ce sont des boules très chaudes (pompe à vélo : lorsqu'on tasse du gaz, il chauffe), et donc en fusion. Vous aurez reconnu les étoiles. Une étoile vit 10 milliards d'années puis elle s'éteint. En s'éteignant, les étoiles fabriquent d'autres corps. Elles rejettent des poussières de métal dans l'Univers (fer, nickel, or, argent,...). De nouvelles étoiles se forment et avec ces éléments de nouveaux grumeaux se constituent autour des étoiles : ce sont les planètes (par exemple le Soleil et notre système solaire).

### 3 - Pourquoi les planètes tournent-elles ?

Tout d'abord il faut savoir que depuis le Big Bang tout est en mouvement dans l'Univers. Nous pouvons nous demander pourquoi les astres ne se sont pas arrêtés de tourner.

Réalisation par les enfants d'une expérience dont le but est de montrer que ce sont les frottements qui font qu'un objet en mouvement s'arrête ; chaque élève prend une bille et essaye de la faire tourner d'abord sur un pull, puis sur la table. Ils observent tout de suite que la bille tourne beaucoup plus facilement sur la table que sur le pull. Ils nomment assez facilement le phénomène observé : ce sont les frottements. La conclusion vient des enfants : plus la surface sur laquelle l'objet tourne est lisse, plus l'objet tourne longtemps ; Or dans l'Univers, les objets ne glissent sur rien (dans le vide), il n'y a pas de frottement. L'abstraction et la transposition au niveau des planètes ne leur pose pas de problèmes. Les planètes poursuivent donc leur trajectoire depuis le big bang, sans s'arrêter (conservation du moment cinétique).

### 4 - Présentation de diapositives.

Les enfants essayent de reconnaître ce que présente chaque diapositive. Ils nous posent des questions : "est-ce que ce sont les vraies couleurs ?", "comment on a fait pour aller voir les planètes ?". Avant la naissance des enfants de la classe, on connaissait juste l'existence de ces neuf planètes, on n'en connaissait pas le sol ou la surface. Cela fait seulement 20 ans qu'on a commencé à envoyer des sondes dans l'espace (Pioneer, Voyager ...).

- Les galaxies constituées de milliards d'étoiles.

- Le Soleil : boule de feu.

- Les 4 premières planètes sont les plus proches du Soleil, elles sont petites comme la Terre et elles ont un sol dur comme la Terre.

- Les quatre planètes suivantes sont appelées les planètes géantes car elles sont plus grosses que les quatre premières ; elles sont constituées de gaz et n'ont pas de sol dur.

- Il reste une dernière planète : Pluton, les scientifiques ne sont pas sûrs qu'il s'agisse d'une vraie planète ils pensent que c'est peut être un satellite

de Neptune qui aurait été éjecté de sa trajectoire. C'est la seule planète à ne pas avoir été visitée par une sonde.

### 5 - Les extra-terrestres ?

Les enfants trouvent sans difficulté les conditions nécessaires à la vie : un sol dur, une atmosphère respirable, une température adéquate et de l'eau. Nous leur signalons dès le début de l'intervention, que tout ce qui est O.V.N.I. et soucoupe volante est à exclure de l'exposé. Nous leur expliquons que lorsque les gens voient ou croient voir des OVNI, cela est souvent dû à des erreurs d'observation, des phénomènes météorologiques ou à des canulars.

Dans le système solaire aucune planète, autre que la Terre ne répond à toutes les conditions nécessaires à la vie. Mais nous savons que dans l'Univers il y a un milliard d'autres étoiles qui ont sans doute des planètes qui ont elles-mêmes des satellites... Dans ce nombre immense d'astres, il existe une chance, petite mais présente de trouver une planète répondant à toutes les conditions énoncées. Mais il se pose d'autres problèmes : à quelle époque vivaient ces autres êtres vivants et comment entrer en contact avec eux s'ils habitent à plusieurs années lumières de la Terre (problème du temps). Pour communiquer il existe aux Etats Unis le programme de recherche SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligency) enregistrant les ondes venant de l'espace. Pour notre part nous en envoyons depuis une cinquantaine d'années, ce sont les ondes de la télévision. Mais peut-être existe-t-il une forme de vie différente, que nous ignorons, que nous ne pouvons pas concevoir. Il n'y a plus qu'à attendre qu'une intelligence supérieure à la nôtre entre en contact avec nous.

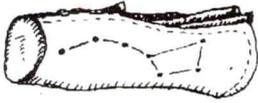
Après notre intervention nous nous sommes aperçues que cette dernière était peut-être un peu trop dense. Si nous devons le refaire, il serait préférable de mieux alterner les moments de discours, de dialogues, d'expériences, et d'écritures voire même découper cette intervention en plusieurs séances.

Dans les Programmes de l'école primaire, au chapitre "Compétences relatives aux différentes disciplines", on

peut lire pour les Sciences et Technologies : à partir de son environnement naturel et technique, et des connaissances définies par les programmes, l'élève doit être capable : [...] de se poser des questions et de s'interroger, de faire émerger un problème et de le formuler correctement, de proposer des solutions raisonnées [...] . Au cours de ces exposés les interrogations n'ont pas manqué et les enfants ont pu s'exercer, de manière un peu informelle à ces compétences.

Nous nous sommes aperçues que si la première séance, très concrète, s'était bien déroulée, la deuxième, plus théorique, avait sûrement moins retenu l'attention et l'enthousiasme des enfants. Ils retiennent sans doute mieux les connaissances lorsqu'ils peuvent les vivre de façon expérimentale. De plus, lors de la deuxième séance, nous avons remarqué que l'attention des élèves était limitée et que dans chaque séance il fallait savoir alterner les moments d'écoute, d'expérimentation, de prise de parole et d'écriture.

Loin d'être ennuyeux, nos travaux de recherches ainsi que nos entretiens avec M. Dupré ont été à la fois agréables, enrichissants du point de vue des connaissances en astronomie mais aussi d'un point de vue personnel car ils ont fait naître dans notre entourage de nombreuses discussions, débats en particulier sur les extra-terrestres. Nous étions très motivées avant même que le stage débute. Nous avons un peu d'appréhension au sujet de la transposition didactique qui à notre sens nécessitait beaucoup de connaissances sur le sujet abordé. Tout s'est très bien passé même si nous n'avons pas répondu assez simplement à des questions comme celles sur le big-bang sur le moment, nous les avons reprises à la séance suivante pour ne pas laisser de telles questions en suspens ; il nous semblait important de tenir compte des demandes des enfants. C'est pour cette raison que l'enseignant se doit de se former continuellement afin de s'enrichir de connaissances polyvalentes et précises. Bien sûr, il est également très intéressant d'ouvrir les enfants à de nouvelles matières même si cela ne répond pas à une demande précise ; cela peut susciter certaines vocations. ■



AVEC NOS ÉLÈVES

# Astronomie et littérature enfantine

Yolande Gonnet et Monique Shloesser

## Les albums de jeunesse : une porte ouverte sur l'astronomie

Notre position privilégiée dans le département des Ardennes (circonscription de Rethel (08)) pour observer l'éclipse totale de Soleil, nous a amenées à réfléchir sur les diverses manières de sensibiliser à l'astronomie les élèves du premier degré.

Parmi celles-ci, la littérature enfantine dont la qualité et la variété nous ont fourni un véritable trésor.

L'exploitation pédagogique des albums nous a permis d'aborder l'astronomie dans une perspective pluridisciplinaire visant des objectifs scientifiques et culturels.

Le contexte de la fiction avec son histoire, ses images, stimule la curiosité des enfants, questionne le rapport au réel et ouvre la porte sur la connaissance astronomique.

Nous vous présentons quelques livres à exploiter avec des élèves de cycle I, II, III qui ont retenu notre attention tant par la qualité littéraire et esthétique que par les pistes de travail qu'ils nous offraient dans le domaine scientifique

Titre Auteur-illustrateur Editeur	Cycle	Thème	Tonalité	Pistes d'exploitation	A mettre en relation avec (autres titres)
<b>Bonne nuit, Monsieur Nuit</b> Dan Yaccario Albums Circonflexe 1998	I	Que se passe-t-il la nuit lorsque je dors ?	Explicatif, poésie, sensation de silence	Le jour, la nuit L'ombre : orientation, déplacement, transformation. La lumière artificielle : le faisceau lumineux Création d'une histoire en utilisant le procédé de personification pour le jour Arts plastiques	"Si la lune pouvait parler" "Que fait la lune la nuit ?" A. Herbaut, Duculot Casterman 1998
<b>La vraie place des étoiles</b> Satomi Ichikawa Ecole des loisirs, 1990	I	Ce que vit Nora le jour, la nuit. L'univers fantastique de la nuit	Fantastique, ludique, poétique Complicité de la grand-mère	La nuit Le ciel de nuit Les constellations	"Bonne nuit, Monsieur Nuit" "La naissance de la lune"

<b>Titre Auteur-illustrateur Editeur</b>	<b>Cycle</b>	<b>Thème</b>	<b>Tonalité</b>	<b>Pistes d'exploitation</b>	<b>A mettre en relation avec (autres titres)</b>
<b>La naissance de la lune</b> Coby Hol Gallimard jeunesse 1997	I et II	Pourquoi la Lune n'est-elle pas toujours ronde ?	La vengeance par rapport à l'ingratitude puis la réconciliation	Les phases de la Lune Le jour, la nuit La lumière Marionnettes-savnetes	"Clair de lune" "Jean de la lune" "Téo Crokellune"
<b>Si la lune pouvait parler</b> Kate Banks Georg Halensleben Gallimard jeunesse 1997	I et II	Parallèle entre le monde intérieur (famille, maison) et le monde extérieur (les autres) La nuit	Regard sur le monde, les autres, voyage, éveil des sens pour lire notre environnement	La répétition invite à la production écrite ou orale soit en partant d'une illustration soit en précédant la recherche d'illustrations Les ombres, la vie la nuit	"Bonne nuit, Monsieur Nuit" "L'opéra de lune" pour travailler l'opposition imaginaire / réel
<b>Téo Crokellune</b> Ephémère Magnard Jeunesse 1997	I et II	Pourquoi l'état de la Lune change-t-il ?	Poésie, tendresse métaphore	Découverte d'un pays : la Chine Recherche en BCD pour situer l'histoire à partir des indicateurs fournis par l'album Création métaphorique Arts plastiques	"La naissance de la lune"
<b>Clair de lune</b> Ivan Gantschev Géraldine Elschner Nord-sud 1998	I et II	Où la Lune habite-t-elle ? La découverte du monde	Initiation, tendresse	Le jour, la nuit Les phases de la Lune Les mois, les années Le système Terre-Lune Rôle de la chaleur et de la lumière dans le cycle de la vie animale et végétale	"Téo Crokellune"
<b>Lune y es-tu ?</b> Hiawyn Dram Susan Varley Gallimard jeunesse 1997	I et II	Le reflet de la Lune dans l'eau, le rapport entre l'image et le réel	sympathie, suspense	La lumière, l'obscurité Le reflet, l'image Les animaux diurnes, nocturnes Transformation de la perception visuelle Expression orale : jeux sur les tonalités	" La lune dans le puits" conte de Bernard Friot
<b>Jean de la lune</b> Tomi Ungerer Ecole des Loisirs 1969	I et II	Les mésaventures de la Lune L'autre	Rêverie, drôlerie, mouvement	Qu'est-ce qu'une comète ? Les phases de la Lune Les voyages dans l'espace et la conquête de la Lune Imaginer l'accueil d'un terrien sur une autre planète	" La naissance de la lune" "Téo Crokellune" " Le soleil lunatique" "On a marché sur la lune" Tintin
<b>Le voleur de lune</b> Thierry Laval Seuil Jeunesse 1993	I et II	A la recherche d'un ami	Poésie, fantaisie	Voyage dans l'univers Création poétique, plastique Collections de mots (rimes, assonance) Jeux typographiques	"La petite fille dans la lune" "Sinon ça ne veut plus rien dire"
<b>La petite fille dans la lune</b> Gérard Franquin Milan 1998	I et II	Et si les enfants prenaient parfois les adultes au mot Expédition	Humour, tendresse, morale	L'ombre, la lumière Les phases de la Lune Créer à partir d'autres expressions et les prendre au pied de la lettre	"Le voleur de lune" "Sinon ça ne veut plus rien dire"
<b>L'opéra de lune</b> Jacques Prévert Jacqueline Duhème Gallimard jeunesse 1986	I et II	Le jour, la nuit Le rêve, le réel Une explication de l'absence des parents	Poésie, rêverie	Utiliser les expressions Nouvelle Lune Nouvelle Terre Déplacer le point de vue du petit garçon sur la Terre à celui du petit garçon sur la Lune	"La petite fille dans la lune" "Si la lune pouvait parler" rapport entre imaginaire et réel

<b>Titre Auteur-illustrateur Editeur</b>	<b>Cycle</b>	<b>Thème</b>	<b>Tonalité</b>	<b>Pistes d'exploitation</b>	<b>A mettre en relation avec (autres titres)</b>
<b>Que fait la lune la nuit ?</b> Anne Herbaut Duculot Casterman 1998	I et II	Que fait la Lune la nuit ?	Poésie, bienveillance		" Bonne nuit, Monsieur nuit"
<b>L'étoile de Laura</b> Klaus Baumgard Magnard jeunesse 1997	I et II	Les mésaventures d'une étoile	Rêve, tendresse, naïveté	La nuit, le jour Les constellations Le scintillement des étoiles	" La vraie place des étoiles"
<b>Sinon, ça ne veut plus rien dire</b> Cécile Cendre Cassandre Montoriol Thierry Magnier 1998	II et III	La rencontre de la Lune et du Soleil	Histoire rapportée, humour	Eclipse Utilisation de la parenthèse dans un texte Ecrire l'histoire du point de vue d'un des personnages du récit	"Le soleil a rendez- vous avec la lune" mythe de Phaéon "Un soleil lunatique"
<b>Un soleil lunatique</b> Jerry Kramsky Lorenzo Mattoti Seuil Jeunesse 1994	II et III	Qu'arriverait-il si le Soleil ne se couchait pas?	Fantastique, onirique humoristique moraliste	Le jour, la nuit Les animaux diurnes, nocturnes L'importance du Soleil dans la vie animale et végétale Le Soleil, les constellations Production écrite, orale, plastique, sur l'imaginaire, le fantastique	"Le soleil qui ne voulait pas se lever" Daniel Maja et Antoine Sabbagh Ipomée Conte des origines
<b>L'homme qui allumait les étoiles</b> Claude Clément John Howe Casterman 1993	III	La rencontre, le passage dans un autre monde Le voyage	Poésie, irréel inquiétude	Les constellations Les étoiles filantes Utilisation des illustrations pour la création poétique Arts plastiques (Magritte)	" Poèmes de la lune et de quelques étoiles"
<b>Adeline, Adelune et le feu des saisons</b> Peter Rosz Maja Dusikova Nord-Sud 1996	III	Deux soeurs que tout oppose La solidarité	Conte avec morale implicite, magie	Le jour, la nuit Les saisons, les mois de l'année Productions d'écrit : procédés pour marquer l'opposition	
<b>Le magicien aux étoiles</b> Maurice Carême Téo Puebla Milan 1995	III	L'orgueil, l'indifférence Conte de sagesse La disparition des étoiles	Magie, féerie	Les constellations Les oiseaux nocturnes	" L'homme qui allumait les étoiles"
<b>Le baiser de lune</b> Do Spillers Téo Puebla Milan 1995		Conte initiatique La quête d'un trésor	Poésie, magie, amitié	Les phases de la Lune La vie dans le désert	
<b>Ping-Pou, l'astronome</b> Pierre Moessinger Claire Forgeot Ipomée 1983	III	L'histoire de l'astronomie en Chine Comment les anciens interprétaient l'Univers	Poésie, voyage, esprit scientifique	Eclipse de Soleil Histoire des astronomes L'évolution des représentations Le rapport entre l'Eglise et la Science La rotondité de la Terre Les constellations les phases de la Lune Les calendriers La Chine : un autre monde	"Le messager des étoiles"
<b>Le messager des étoiles Galiléo Galiléi</b> Peter Sis Grasset Jeunesse 1996	III	L'histoire de Galilée	Documentaire historique	Les instruments de l'astronomie Histoire des astronomes L'évolution des représentations Le rapport entre l'Eglise et la Science	"Ping-Pou, l'astronome"



# L'affaire des Lunes Bleues

Francis Berthomieu

L'ouverture sur le site Web du CLEA d'une rubrique "Questions" fut pour moi, et tout au long de cette année, une occasion inespérée d'apprendre. J'ignorais par exemple que certaines Lunes fussent "Bleues"...Saviez -vous que cette année 1999 nous a permis d'en observer deux ? Et auriez -vous imaginé que l'une d'elles était en plus la "Lune Rousse" ?

Vous trouverez toute information sur ces thèmes sur le site du CLEA :  
<http://www2.ac-nice.fr/clea>

Les anglo-saxons appellent "Blue Moon" (et donc "Lune Bleue") la **deuxième Lune visible dans le même mois calendaire**. En termes plus concrets, le calendrier des Postes nous indique que le **2 janvier 1999** (à 2h 51) on pouvait observer la première **Pleine Lune** de l'année...Eh bien, le **31 janvier** (à 16h 08) était à nouveau un jour de **Pleine Lune** : et c'était donc une « **Lune Bleue** »...Plus étonnant : pas de Pleine Lune en Février ! Et merveille des merveilles, deux Pleines Lunes le mois suivant : le **2 mars** (à 6h 59) et le **31 mars** (à 22h 50)...La **Pleine Lune du 31 mars** était donc la **deuxième Lune Bleue** de l'année 1999.

**Bien compris ?**

Alors : A quelles dates se produiront les deux prochaines « Lunes Bleues » ?...

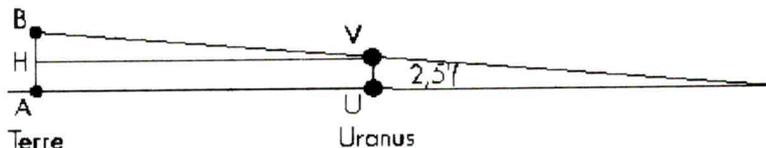
## Solution du problème du n°86 (suite de la page 17)

### Méthode n°2

On va tenir compte maintenant du déplacement d'Uranus. Attention, les calculs se compliquent un peu.



En agrandissant une partie de la figure, et en traçant la parallèle à (AU) passant par V, on obtient la figure suivante :



On appelle T la période de révolution d'Uranus en années et a sa distance au Soleil en ua. On suppose que son orbite est circulaire. On sait avec la troisième loi de Kepler que  $T^2 / a^3 = 1$  donc  $T = \sqrt{a^3} = a\sqrt{a}$ .

Le déplacement d'Uranus en un jour compté en ua est égal à

$$UV = (2 \cdot \pi \cdot a) / (T \cdot 365) = (2 \cdot \pi / 365) \cdot (a / a\sqrt{a}) = (2 \cdot \pi / 365) \cdot (1 / \sqrt{a})$$

En se plaçant dans le triangle BHV, on a :

$$BH = AB - AH = (2 \cdot \pi / 365) - UV = (2 \cdot \pi / 365) - (2 \cdot \pi / 365) \cdot (1 / \sqrt{a}) = (2 \cdot \pi / 365) \cdot (\sqrt{a} - 1) / \sqrt{a}$$

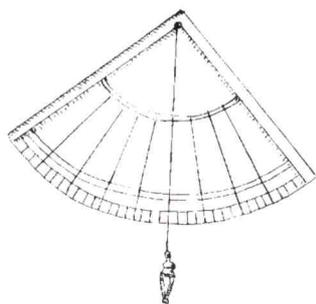
$$VH = AU = a - 1 ; BVH = 2,5' ; \tan BVH \cong BVH \text{ en radians soit } (2,5 / 60) \cdot (\pi / 180)$$

$\tan BVH = BH / HV$  soit  $(2,5 / 60) \cdot (\pi / 180) = (2 \cdot \pi / 365) \cdot (\sqrt{a} - 1) / \sqrt{a} / (a - 1)$  ; en simplifiant par  $\pi \cdot (\sqrt{a} - 1)$  puis en prenant les inverses, on obtient  $\sqrt{a} \cdot (\sqrt{a} + 1) = 23,7$

d'où  $a \cong 4,39$  et  $a \cong 19,3$  (au lieu de 18,9 en réalité ce jour là).

Un résultat d'une précision surprenante obtenu avec pas mal de chance

Pierre Causeret



# L'ouverture d'une fenêtre sur l'Univers

Charles Mollan

Cet article, paru dans *Europhysics news*<sup>1</sup>, raconte les débuts de la spectroscopie. Il expose en particulier les conséquences pour l'astronomie de la méthode d'analyse spectroscopique mise au point par Bunsen et Kirchhoff.

Si l'on en croit la Bible, ce furent Noé et sa famille qui aperçurent le premier arc en ciel. Mais il s'est écoulé un bon nombre de siècles avant que les scientifiques ne passent à la phase d'exploration.

En 1666, Isaac Newton (1642-1727) se procura un "prisme de verre triangulaire, afin d'expérimenter par ce moyen les Célèbres Apparitions de Couleurs". En décomposant la lumière blanche en ses couleurs à l'aide de son prisme et en les recombinaut, il découvrit "que la lumière est en elle-même un mélange hétérogène de rayons différemment réfrangibles". Il expliqua ainsi l'arc en ciel<sup>2</sup>, dans lequel les gouttes de pluie se comportent comme des prismes.

Mais il semble que ce soit la rencontre, au même lieu et à la même époque, de deux hommes de science exceptionnellement doués qui ait conduit à une autre découverte scientifique révolutionnaire. Le premier, Robert Bunsen (1811-1899), était un chimiste, dont la célébrité résulte de l'introduction d'un accessoire plutôt rudimentaire qui eut un effet important sur la science de laboratoire, l'omniprésent bec Bunsen. Le second, Gustav Kirchhoff (1824-1887), était physicien et tous deux étaient professeurs à Heidelberg. Kirchhoff

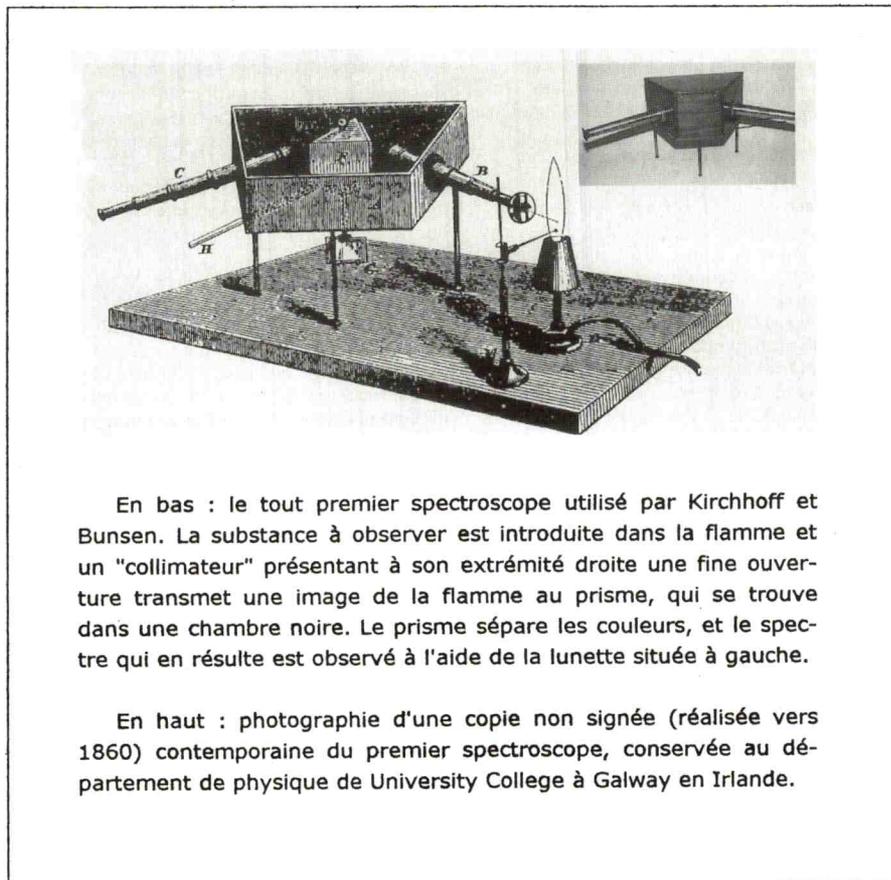
effectuait des recherches sur les raies sombres que Joseph von Fraunhofer (1787-1826) avait observées dans le spectre du Soleil, et dès 1859 il considéra qu'elles résultaient de l'absorption de certaines longueurs d'onde par des substances qui se trouvaient dans l'atmosphère solaire. Au même moment, Bunsen s'intéressait aux couleurs émises par les produits chimiques portés à incandescence. Kirchhoff suggéra qu'en observant les raies spectrales produites par le passage des couleurs de Bunsen à travers un prisme, ils obtiendraient un moyen précis pour caractériser la couleur. Ce qu'ils découvrirent fut que chaque substance ainsi analysée présentait un spectre spécifique. Dès 1861, leur nouvelle méthode d'analyse spectroscopique leur avait permis de découvrir de nouveaux éléments le césium et le rubidium.

La méthode apparut immédiatement d'une importance considérable pour l'astronomie ; un chroniqueur contemporain (Richard Proctor, 1869) écrivait bientôt : "à présent, une nouvelle méthode d'investigation tout à fait remarquable a été inventée et a rapidement pris la place qui lui revient parmi les méthodes de recherche les plus importantes que la science ait mis à ce jour entre les mains de ses serviteurs.

Il s'agit de l'analyse spectroscopique, ou analyse de la lumière à partir du prisme. Ce mode de recherche est un de ceux pour lequel les possibilités des grands télescopes s'avèrent admirablement adaptées. (...) Toute la puissance de cette nouvelle méthode de recherche repose sur l'émission de lumière par un objet. Peu importe que l'objet se trouve dans le laboratoire du chercheur, à cinq cent mètres, à des centaines de millions de kilomètres ou, en fin de compte à une distance aussi éloignée que celle de l'étoile la plus lointaine ; si nous pouvons seulement en obtenir suffisamment de lumière pour former un spectre précis, nous pouvons en déterminer la nature."

Depuis la découverte de Kirchhoff et de Bunsen en 1860, les spectroscopes ont évolué de façon impressionnante (voir illustrations), élargissant leur champ d'action au-delà du visible pour atteindre les fréquences situées aux deux extrémités du spectre électromagnétique. La science n'a cessé d'enrichir sa palette de couleurs depuis cette époque de pionniers, qui se situe en Allemagne entre la fin des années 1850 et le début des années 1860. De ce fait, notre connaissance de l'Univers et de notre propre monde s'est considérablement accrue.

De nombreux départements de physique possèdent une collection de vieux spectroscopes destinés à l'enseignement et à la recherche. En raison de leur importance, ils méritent d'être préservés et exposés, en particulier dans la mesure où leurs successeurs continuent de jouer un rôle vital dans les nouvelles grandes découvertes.



En bas : le tout premier spectroscope utilisé par Kirchhoff et Bunsen. La substance à observer est introduite dans la flamme et un "collimateur" présentant à son extrémité droite une fine ouverture transmet une image de la flamme au prisme, qui se trouve dans une chambre noire. Le prisme sépare les couleurs, et le spectre qui en résulte est observé à l'aide de la lunette située à gauche.

En haut : photographie d'une copie non signée (réalisée vers 1860) contemporaine du premier spectroscope, conservée au département de physique de University College à Galway en Irlande.

L'une de ces découvertes récentes a été la molécule en forme de ballon de football composée de soixante atomes de carbone et dénommée buckminsterfullerène. C'est le travail mené sur les fullerènes qui a conduit à l'attribution du Prix nobel de chimie à Robert Curl, Harold Kroto, et Richard Smally en 1996.

Seule ombre au tableau, les spectroscopes modernes n'ont pas l'élégance de leurs ancêtres.

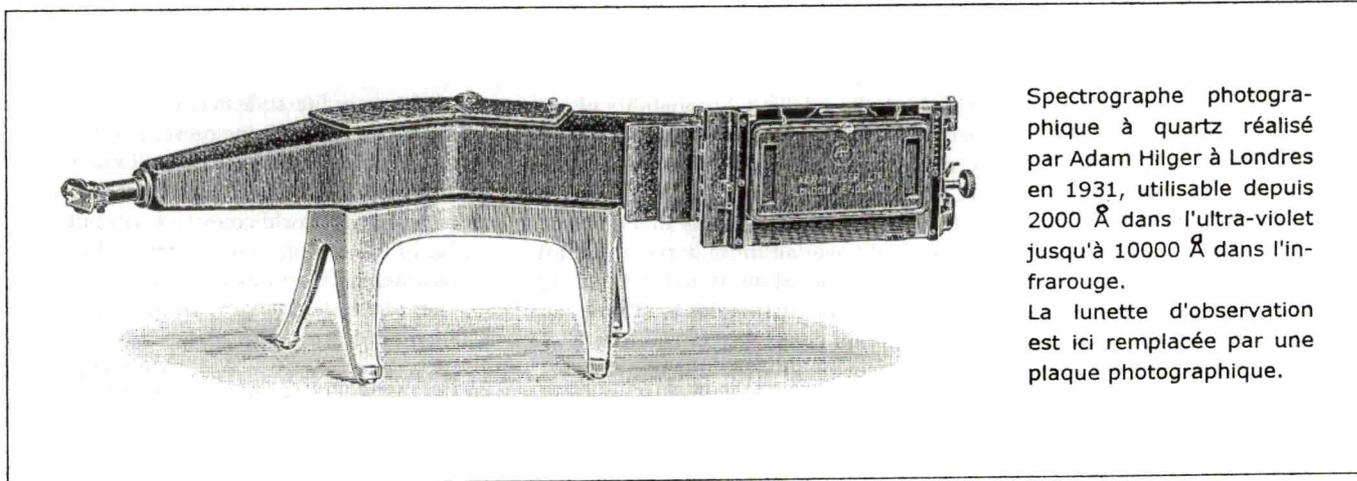
Notes de la rédaction

1 - Europhysics News, vol 29, n° 1, 1998 p.12. traduction faite par Patrice Champarou, professeur d'anglais, avec l'aide précieuse de Lucette Bottinelli.

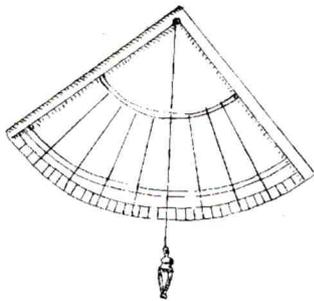
2 -L'explication de l'arc-en-ciel a fait l'objet d'un article d'Agnès Acker dans le CC n°1.

Pour en savoir plus :

James Bennet, The celebrated phenomena of Colours, Whipple Museum, Cambridge, 1984. ■



Spectrographe photographique à quartz réalisé par Adam Hilger à Londres en 1931, utilisable depuis 2000 Å dans l'ultra-violet jusqu'à 10000 Å dans l'infrarouge. La lunette d'observation est ici remplacée par une plaque photographique.



# Indiens des Andes, les Kogis

Francis Berthomieu

"Au commencement était la Mer. Tout était obscur. Ni Soleil, ni Lune, pas trace d'êtres vivants, humains, animaux ou plantes... Seule la Mer, partout.

La Mer était la Mère et l'eau omniprésente : ruisseaux et rivières, lacs et lagunes, torrents et océans. Elle était pur esprit... Au commencement était la Mère, elle s'appelait Gaulchovang."

Ainsi commence le récit de la création du monde chez les indiens Kogis, actuels descendants des terribles Tayronas, qui résistèrent aux envahisseurs espagnols, en se retranchant toujours un peu plus haut sur les pentes escarpées de la Sierra Nevada de Santa Marta, en Colombie ! Un massif montagneux qui ressemble à s'y méprendre à l'Univers qu'ils imaginent : empilement de neuf mondes successifs, en forme de plats ronds, qui constitue un oeuf gigantesque, posé, la pointe en l'air, sur deux madriers que quatre géants supportent sur leurs larges épaules. En dessous, à fleur d'eau, assise nue sur une roche plate, on retrouve la Mère, chargée de leur prodiguer aliments et soins. De temps à autre, fatigué, l'un des porteurs change sa charge d'épaule : c'est alors que la Terre tremble ! Aussi faut-il toujours agir avec douceur, ne jamais jeter de pierre dans les abîmes, ne pas crier non plus trop fort, et se mouvoir avec lenteur... L'Univers tout entier pourrait alors tomber de son fragile piédestal.

Au commencement donc, il n'y avait ni Soleil, ni Lune, ni étoiles... seulement la pâle lueur de quelques feux follets. Alors, Gaulchovang avait deux fils, Sintana et Mulkuexe.

Comme ce dernier était d'un naturel méchant, il ne cessait de se disputer avec Sintana. Sans doute était-il jaloux : Sintana avait, dit-on, un succès fou auprès des femmes... bien plus que son frère, qui enrageait. Couvert d'or comme il était, Mulkuexe ressemblait pourtant à notre Soleil, mais il usait de ses feux pour brûler la Terre. Il attendait toujours que les plantes aient commencé à germer pour apparaître et tout griller. Terre, pierre, plantes, rien ne pouvait résister ! Heureusement, il suffisait à Sintana de toucher le sol pour que tout rentre dans l'ordre. Avec le temps pourtant, Mulkuexe s'assagit et devint un Soleil raisonnable...

Lorsqu'il fut en âge de se marier, ce fut la vieille Selda-bauku qui procéda à son initiation. Ensuite Mulkuexe se maria avec Dame-Crapaud. Mais cette union fut de courte durée : alors que son rôle était de servir de siège à son auguste époux lorsqu'il recevait des visites, Dame-Crapaud passait son temps à tout autre chose... Lorsqu'il découvrit qu'elle le trompait, Mulkuexe la chassa de son palais. En tombant sur la Terre, le crapaud se rompit les côtes : c'est depuis ce temps que ses descendants ont tous une drôle de démarche...

Alors le Soleil épousa le Serpent, mais sans plus de succès.

Ensuite, il rencontra Namshaya, resplendissante beauté lumineuse. Mais la lumière qui émanait d'elle éclairait tout autant que la sienne, et Mulkuexe en prit ombrage : il couvrit le visage de son épouse avec un masque de chiffon. Ainsi apparut celle que nous appelons la Lune. Quant à la vieille Seldabauku, tout aussi jalouse de cette nouvelle épouse, elle lui jeta une poignée de cendres noires qui dessinent désormais, sur le masque pâle de la

Lune, ces taches sombres que nous connaissons bien. Parfois, aussi, Seldabauku se jette sur la Lune, et c'est un terrible combat qui s'ensuit : l'homme blanc parle alors d'éclipse de Lune...

Heureusement, Namshaya a deux gardiens qui la défendent. Si elle pouvait un jour dévorer la Lune, Seldabauku serait alors pour nous tous un grand péril : elle viendrait sur la Terre pour dévorer aussi tous les humains...

Indifférent à ces rixes, le Soleil a ensuite trouvé d'autres épouses : au to-

tal, on en compte, bien sûr, neuf, le chiffre sacré des Kogis, image des neuf lunaisons qui précèdent toute naissance humaine. Après Dame-Crapaud, le Serpent et la Lune, ce seront le Jaguar bleu, que nous identifions au boudrier d'Orion, le Grand Jaguar, (l'épée d'Orion), Uxa (les Pléiades), Usso (le Cancer), Seiku (notre Scorpion), Mulduna et Nebbi...

Leurs innombrables enfants sont les étoiles, que nous voyons cheminer sur la Voie Lactée, alors qu'au petit matin elles rentrent chez elles. ■

## Le mot de Laplace

La renommée fait que chaque savant a son attribut. A Euclide son axiome des parallèles, à Erathosthène son crible, à Roberval sa balance, à Fermat sa conjecture, (devenue aujourd'hui théorème), à Kepler ses lois.

De même, à Laplace, son mot.

Alors qu'il venait d'exposer son Système du Monde devant le Premier Consul, celui-ci s'inquiéta :  
" Dans votre Système, citoyen Laplace, quelle place réservez vous à Dieu ? "

**"Dieu, je n'ai pas besoin de cette hypothèse"** répondit le savant.

A-t-on toujours bien compris cette expression qu'on interprète souvent comme l'affirmation brutale d'un agnosticisme réfléchi ? La biographie de Laplace ne nous le fait jamais voir comme un champion de la libre pensée. Elève des Bénédictins du collège de Beaumont-en-Auge où il était né d'une famille de cultivateurs, c'est à ses mérites et l'appui de d'Alembert qu'il obtient le poste de professeur de mathématiques à l'Ecole royale militaire.

Et quand, plus tard, en 1809, il écrit à son fils alors que celui-ci, officier polytechnicien part en campagne, Laplace s'exprime comme un croyant : " Je prie Dieu qu'il veille sur tes jours. Aie le toujours présent à ta pensée ... ". Laplace n'était pas un agnostique.

Son mot est pourtant d'une grande signification. Laplace vient de publier son **Exposition du Système du Monde**, un ouvrage de haute vulgarisation qui suit de peu la publication des premiers tomes de son **Traité de mécanique céleste**.

Il s'adresse donc à un large public cultivé en dressant un tableau complet des connaissances de l'époque sur les mouvements des astres. Depuis sa première publication originale, en 1773, où il prouve l'invariabilité des grands axes des orbites planétaires, il applique les principes de la mécanique newtonienne. Pour expliquer les mouvements des astres, il n'a pas besoin d'un Dieu, ou comme disait Voltaire, d'un Grand Horloger. Il a besoin de la mécanique selon Newton.

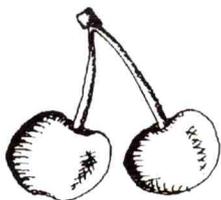
Le mot de Laplace n'est donc pas celui d'un savant agnostique, c'est celui d'un savant laïque qui réclame la liberté de la recherche scientifique. Il refuse de mêler cette dernière avec ce qui dépend des convictions intimes de chacun.

Le mot de Laplace affirme la laïcisation de la science. Et il le prononce dans les derniers jours du siècle des lumières, ce n'est pas un hasard. Après lui, il n'y a plus à demander la révision du procès de Galilée, ce procès n'avait pas lieu d'être.

Gilbert Walusinski.

Note de la rédaction :

Pour en savoir plus sur Laplace on peut se reporter au CC 86 (p. 28). ■



## COMPTE-RENDU DE L'UNIVERSITE D'ETE DE L'EAAE LES JOURNEES DE L'APMEP QUESTIONS-REponses

### Troisième Ecole d'Été Internationale de l'EAAE du 9 au 14 Août 1999 à Briey.

Organisée par l'EAAE et le CLEA, cette 3ème "Summer School" s'est déroulée, éclipse oblige, du 9 au 14 Août à Briey, près de Metz. Rosa Maria Ros, professeur à l'Université Polytechnique de Catalogne, et responsable du 3ème groupe de travail de l'EAAE (Formation des Maîtres), avait, tout au long de l'année précédente, sollicité les instructeurs et dialogué avec eux pour bâtir un programme cohérent en fonction de leurs propositions. Grâce à sa ténacité, cette Ecole d'Été a pu se tenir pour la troisième fois, en dépit du manque d'aides financières ; et sans le soutien du CLEA et de Lucienne Gougouenheim, ce projet n'aurait pu aboutir. Frédéric Dahringer était chargé de l'organisation matérielle, tâche rendue très difficile par les inscriptions effectuées au dernier moment, les travaux inachevés dans les salles du Lycée, les hébergements refusés pendant l'Ecole, etc... Mais tout le séjour a pu grâce à lui se dérouler comme prévu et les stagiaires sont repartis très satisfaits des conditions de ces rencontres et de la disponibilité constante de Frédéric (qui se chargeait par exemple de faire développer dans des temps records les pellicules, de faire des photocopies à tout moment,...). Heureusement aussi, sur place, la coopération active et chaleureuse de M.Ouvrard, Proviseur du Lycée Louis Bertrand et l'aide de la Municipalité de Briey ont été constantes jusqu'à la fin du séjour. Etaient rassemblés plus de 50 enseignants venant de 14 pays différents : 13 d'Espagne, 13 de France, 5 d'Italie, 4 du Portugal, puis des Pays Bas, de Belgique, de Finlande, de Suède, du Danemark de Lettonie, d'Allemagne, de Suisse, d'Autriche, et même du Chili...

La présentation des activités était en général bilingue : en Anglais, et soit en Français, soit en Espagnol. Grâce à l'ESO

qui les a imprimés gratuitement, chaque stagiaire possédait à son arrivée les actes de l'Ecole, où toutes les activités étaient détaillées (textes bilingues et illustrations).

Quant aux échanges informels, on entendait toutes les langues (latines surtout) se mélanger, traduites plus ou moins correctement en Anglais, mais tout le monde avait finalement l'impression d'avoir pu dire et comprendre ce qui lui tenait à coeur...

**Le programme était centré sur les thèmes du Soleil ou des éclipses.**

**Deux conférences en grand groupe :**

- "Le Soleil et les éclipses solaires" (Lucienne Gougouenheim)
- "Les progrès scientifiques dus à l'observation d'éclipses" (Roland Szostak, Allemagne).

**Des "groupes de travail"**

répétés deux fois aux demi-groupes A et B pour faciliter contacts et discussions :

- explication des calculs d'Aristarque suivie de propositions d'expériences pour les élèves (Rosa Maria Ros, Ederlinda Vinales, Espagne)
- calculs de longitudes à travers l'Histoire et avec les élèves (Jean-Luc Fouquet, France)
- détermination de la distance Terre-Lune par observation d'éclipse partielle en différents lieux, dans le cadre de l'opération "Astronomy On-Line" (Josée Sert, Mogens Winther, Danemark-France)
- Hipparque et la précession des équinoxes (Josée Sert, France)
- pourquoi les éclipses dansent-elles à travers le calendrier ? (Roland Szostak, Allemagne)

**Des ateliers,**  
en demi-groupes aussi :

- une maquette à l'échelle pour étudier l'éclipse de Soleil. (Leonarda Fucili, Simon Garcia, Giuliano Casali, Italie-Espagne)

- évaluation de la luminosité, de la température et pourcentage de surface occultée durant une éclipse de Soleil

(Rosa Maria Ros, Ederlinda Vinuales, Espagne)

- CCD : cela vaut-il la peine de faire l'effort ? (Mogens Winther et ses élèves, Danemark)

- le spectre du Soleil (Alexandre da Costa, Portugal).



Un groupe de travail

### **Chaque jour était prévue une assemblée générale autour d'un thème :**

- présentation des posters exposés par les participants
- préparation de l'observation de l'éclipse
- bilan des observations
- présentation de l'enseignement de l'astronomie dans les différents pays
- bilan de l'Ecole d'Eté : remarques, critiques, souhaits, suggestions.

La veille de l'éclipse, la Société Astronomique de Bourgogne a animé une soirée pour fournir tous les renseignements utiles pour observer, pour prendre des photos de l'éclipse ou la filmer, et a répondu aux questions matérielles que pouvaient se poser les stagiaires.

Une salle était équipée d'ordinateurs connectés à Internet.

Malheureusement, durant cette semaine, le temps n'a pas permis les observations prévues, du ciel nocturne ou du Soleil (taches, spectre), ce qui était difficilement compréhensible pour les Portugais par exemple !

### **L'éclipse.**

La couche nuageuse était basse et uniforme quand nous nous sommes levés le mercredi matin, et malgré des prévisions locales plutôt optimistes, les stagiaires ont préparé les observations un peu sceptiques (télescopes, appareils-photo, thermomètres, draps pour les ombres volantes, magnétophones,...). Des trouées permettaient de suivre les progrès de l'occultation, et il y a eu du suspense jusqu'au tout dernier moment... Trois sites d'observation sur Briey, distants de quelques centaines de mètres : un dans la ville

basse, avec animation pour le grand public, un dans la Cité Scolaire et un sur un terrain de sports où étaient regroupés la plupart des astronomes amateurs. Ces derniers ont vu toute la totalité, les stagiaires sur le second site n'ont pu observer que les phases partielles, et sur le premier, on a pu profiter d'une trouée d'une quarantaine de secondes ! Un peu de déception donc, même si l'ambiance juste avant ou après, et pendant la totalité, était très impressionnante (couleurs, obscurité soudaine,...). Mogens Winther et ses élèves ont eu davantage de chance en allant s'installer le matin tôt un peu plus à l'Ouest, à Laon.

### **Les posters.**

Tout autour d'une salle à côté du réfectoire, des grilles permettaient d'accrocher des affiches et des documents. De même que les présentations individuelles faites le premier jour, ils reflétaient l'engagement des participants dans des recherches pédagogiques sur l'enseignement de l'Astronomie et à travers les interrogations souvent communes et la diversité des réponses, suscitaient des échanges d'idées, de contacts, de documentations, des projets de correspondance ou de collaboration :

- une dizaine présentaient des activités effectuées en classe et illustraient différents thèmes et différentes approches suivant les âges ou les pays, certains accompagnés de maquettes ou de documents élaborés par les élèves.

- une exposition montrait le travail pédagogique effectué en Italie par le groupe romain de formation des maîtres "Pédagogie des cieux", animé par Nicoletta Lanciano.

- on pouvait prendre connaissance des activités proposées en Astronomie à l'Université des Sciences de l'Éducation de Santiago du Chili.

- certains panneaux présentaient des projets nationaux ou internationaux concernant l'Astronomie (Espagne, Autriche).

- deux présentaient des documents historiques utilisables en classe pour des travaux interdisciplinaires : photos d'une église romane italienne dont les chapiteaux décrivent deux éclipses, en 1140 et 1153 ; la vie de Gerbert d'Orlhac, d'origine occitane et ayant vécu en Catalogne, qui devint archevêque puis pape au moment du passage au II<sup>ème</sup> millénaire, et qui enseigna l'Astronomie à l'aide de maquettes qu'il fabriquait.

- enfin, on présentait l'analyse des questionnaires de la dernière Ecole d'Eté de l'EAAE et les conclusions qui en avaient été tirées pour l'organisation de celle de Briey, tant d'un point de vue pédagogique que matériel.

### L'enseignement de l'Astronomie dans les différents pays.

Il serait difficile de retranscrire ici la diversité des systèmes éducatifs qui ont été présentés aux stagiaires. Mais quelques généralités se dégagent. D'abord, l'Astronomie n'existe en général pas en tant que matière séparée : quand elle apparaît, c'est dans les programmes de Physique, de Géographie ou de Sciences Naturelles ; elle peut être une partie optionnelle (pour les professeurs ou pour les élèves) de ces programmes. C'est un sujet qui intéresse toujours beaucoup les élèves, même dans les séries où la dominante n'est pas scientifique. Mais de toute façon, cela dépend pratiquement du bon vouloir des professeurs de ces matières, qui n'ont souvent pas eu de formation dans ce domaine.

La formation des maîtres, initiale ou permanente, apparaissait donc comme un besoin fondamental dans tous les pays, qui est rarement ou peu pris en compte.

Un exemple intéressant, celui du Portugal : si les dotations du Ministère de l'Education sont souvent restées dans des cartons dans les établissements scolaires, le Ministère des Sciences et de la Technologie accorde des financements importants en matériel à des professeurs ou des équipes qui présentent des projets solides de travail en Astronomie avec des élèves. Cela contribue à développer l'enseignement de cette matière (en liaison avec la Physique ou la Géographie surtout).

### La fête.

La veille du départ, une petite fête a rassemblé les partenaires de cette Ecole : Fernand Wagner, vice-président de l'EAAE, est venu manifester l'intérêt et le soutien de l'EAAE pour le travail effectué par le groupe de travail "Formation des Maîtres" ; Marc Ouvrard, proviseur du Lycée, s'est dit très impressionné par le sérieux du travail de ces enseignants en vacances et par la convivialité qui régnait au sein du groupe tout au long de ces journées ; Pascale Besançon était la "Madame Eclipse" de la Municipalité de Briey et nous avons été heureux de participer à l'animation mise en place, qui avait été prévue avec un grand sérieux et dans le but de donner aux différents publics des conditions optimales d'observation.



Projection sur écran  
sur le site du Lycée de  
Briey

Photo Alexandre da  
Costa

## Le bilan.

Le bilan définitif ne sera établi qu'après dépouillement des questionnaires très complets proposés par Rosa Maria, que les participants ont rempli très consciencieusement le samedi avant le départ, mais une première discussion s'est tenue en guise de conclusion.

Il a été d'abord souligné l'importance de demander une participation financière la moins élevée possible pour favoriser la venue du maximum de stagiaires, venant du plus grand nombre de pays possible : c'est une préoccupation constante du groupe organisateur, et Rosa Maria, après d'innombrables démarches et difficultés, pense pouvoir enfin obtenir des aides européennes dans le cadre d'un projet Comenius ; il faut aussi rechercher des hébergements économiques, même si moins prestigieux...

Mais l'enthousiasme et la satisfaction des stagiaires se sont manifestés : les seules remarques étant des observations de détail visant seulement à améliorer encore le fonctionnement matériel.

Beaucoup d'intérêt s'est manifesté pour le CLEA, l'adresse du site Internet a été très demandée, et nous avons regretté de ne pas avoir apporté les Hors Série, les diapositives, etc... pour les montrer. A ne pas oublier l'an prochain !

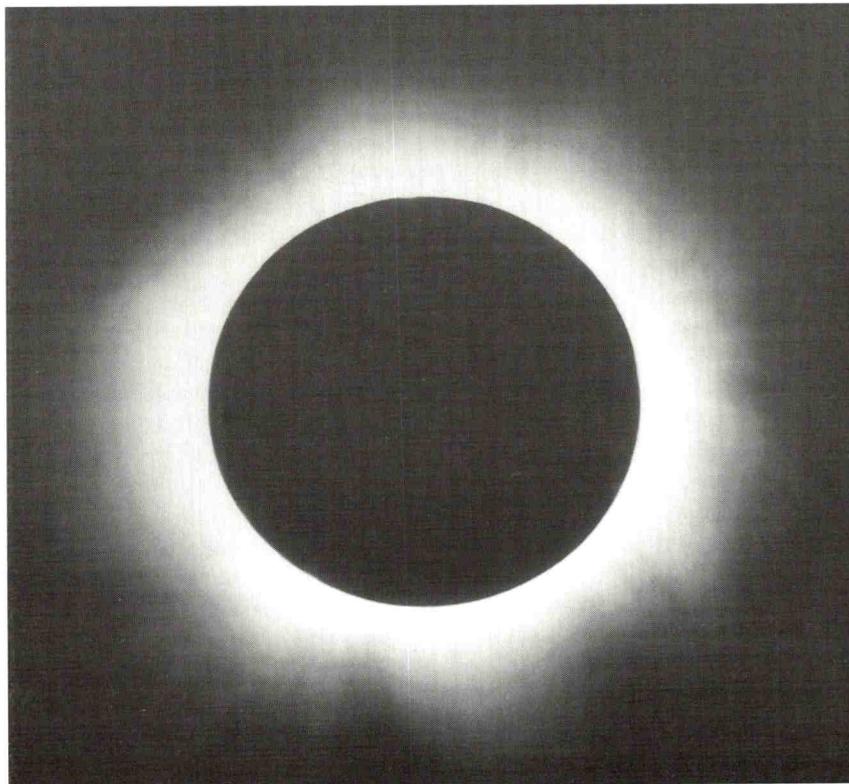
## Les perspectives.

Le Groupe de Travail "Formation des Maîtres" de l'EAAE profite de la présence des instructeurs pour faire sa

réunion annuelle durant les Ecoles d'Eté. Deux Ecoles sont déjà en cours de préparation : celle de 2000 au Portugal, sur le thème "Astronomie et Navigation" et celle de 2001 en Allemagne. Rosa Maria souhaite que l'équipe d'instructeurs se renouvelle et que le groupe de travail s'enrichisse ainsi de membres et d'idées. Et elle compte plus que jamais sur le CLEA pour l'aider en cela ! Le choix des participants à l'Ecole d'Eté a aussi été évoqué : si elles s'adressent en principe à des débutants, il est indéniable que viennent là des gens déjà investis dans l'enseignement de l'Astronomie et souhaitant échanger à partir de leur expérience ou compléter leur formation. Le fait de pouvoir se retrouver et travailler ensemble est aussi très important pour les instructeurs des différents pays. Le dernier problème est celui des dates : il est difficile de concilier les vacances de toute la Communauté Européenne (sans parler des zones ou des régions dans certains pays ! ). Le bilan des questionnaires et les perspectives déjà esquissées pour l'an prochain vont inaugurer une série d'échanges (par courrier électronique) au sein du groupe de travail à partir duquel Rosa Maria bâtira le programme de la 4ème Ecole d'Eté. Alors, rendez-vous au Portugal l'an prochain ?

Josée Sert

Pour se renseigner sur l'EAAE, ou pour y adhérer, s'adresser à Bernard Pellequer, GEOSPACE, observatoire d'Aniane, 929, rue d'Alco, 34080 MONTPELLIER.  
tél : 04 67 03 49 49 ;  
fax : 04 67 75 28 64  
adresse électronique : [bernard.pellequer@cusc.fr](mailto:bernard.pellequer@cusc.fr) ■



L'éclipse du 11 août 1999

Photo prise par Damien Ponsot (Société Astronomique de Bourgogne) à 25 km au nord est de Reims.



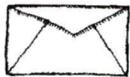
## Journées de l'APMEP Gérardmer du 3 au 6 novembre 1999

Le thème choisi cette année est "mathématiques grandeur nature".

Pierre Causeret anime au nom du CLEA deux ateliers :

### Mesurer sa latitude et sa longitude Pourquoi fait-il plus chaud en été ?

(Pour recevoir le Bulletin Grande Vitesse n° 86 de mai 1999 consacré à la description de ces journées et aux modalités d'inscription s'adresser à Jacques Verdier : 46, rue de la Grande Haie, 54510 Tromblaine ou par e-mail : [j.verdier@ac-nancy-metz.fr](mailto:j.verdier@ac-nancy-metz.fr))



### Questions-réponses

Nous inaugurons cette rubrique dont nous parlons depuis quelques numéros avec une question de J. Heulin, d'Angers :

**On parle souvent de la perte de masse du Soleil (par seconde) mais on n'indique pas le pourcentage de perte de masse du fait des réactions thermonucléaires et celle due à l'éjection des particules du vent solaire.**

Jacky Vallantin, de Ruffec (17) a lu très attentivement l'article de Robert Garnier et de Georges Paturel sur l'histoire de la vitesse de la lumière (CC 83, 84, 85). Nous publions ses questions et les réponses des auteurs dans l'intérêt de tous les lecteurs.

**Pourquoi l'expérience de Fizeau sur la mesure de la vitesse de la lumière dans l'eau devait permettre de trancher entre description ondulatoire et corpusculaire de la lumière ?**

Dans un article relatif à Léon Foucault (Pour la Science n°251 ; septembre 1998), W. Tobin signale que c'est Arago qui imagina un test, selon lui irréfutable, permettant de trancher entre théorie ondulatoire et théorie corpusculaire de la lumière en comparant les vitesses de la lumière dans l'air et dans l'eau. L'une et l'autre de ces théories permettaient de rendre compte du phénomène de réfraction. Selon les tenants de la théorie corpusculaire, les particules lumineuses traversant une interface transparente (un dioptre) séparant un milieu peu dense (l'air) d'un milieu plus dense (l'eau) subissent de la part du milieu le plus dense une force orthogonale à l'interface. Elles sont donc accélérées, ce qui explique qu'après traversée de l'interface leur trajectoire se rapproche de la normale à cette surface de séparation. La réfraction est

donc expliquée mais ceci implique évidemment que la lumière ait acquis par cette accélération une vitesse supérieure à celle qu'elle a dans l'air. L'expérience montra qu'il n'en était rien. Par ailleurs, la théorie ondulatoire de la lumière permet de montrer (mais la démonstration est moins intuitive) que la vitesse de la lumière est plus faible dans un milieu d'indice supérieur à l'unité.

### Parallaxe, mouvement propre et aberration des étoiles.

#### La parallaxe des étoiles.

L'objection majeure faite au modèle héliocentrique réside dans le fait que la Terre tournant autour du Soleil on devrait voir au cours de ce mouvement les étoiles proches (donc brillantes) décrire des petites ellipses sur le fond des étoiles lointaines. C'est ce qu'on appelle le mouvement parallactique. Le demi-grand axe de cette ellipse s'appelle la parallaxe. Il convient de préciser qu'à l'époque des débuts de l'héliocentrisme on ne soupçonne pas que si la parallaxe n'est pas observée c'est parce que les étoiles sont si éloignées que ce phénomène n'est pas décelable. Il faudra des décennies avant que cette idée finisse par s'imposer et que, par conséquent, la solution relève d'une astrométrie infiniment plus précise que celle alors en vigueur.

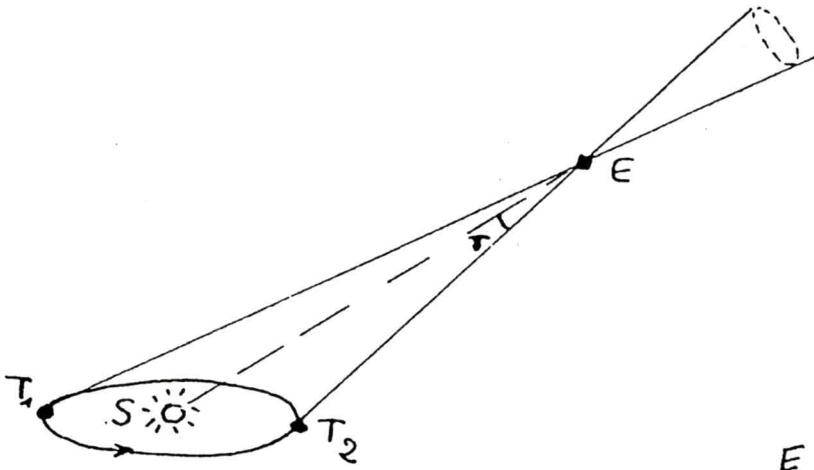
#### Le mouvement propre des étoiles.

Le problème devait très vite apparaître plus complexe car au mouvement parallactique des étoiles allaient s'en superposer d'autres. En fait, c'est le mouvement propre des étoiles qui sera mis en évidence par Sir Edmund Halley (1656-1742) en 1718, année où il établit que positions relatives des trois étoiles Aldébaran, Sirius et Arcturus n'étaient plus ce qu'elles étaient à l'époque où Hipparque puis Ptolémée les avaient déterminées. Les écarts atteignaient 20 minutes de degrés, il n'était plus possible de les attribuer à des erreurs de mesure. Halley en conclut donc que les étoiles bougent les unes par rapport aux autres et donc que l'univers tout entier est en mouvement.

#### L'aberration de la lumière.

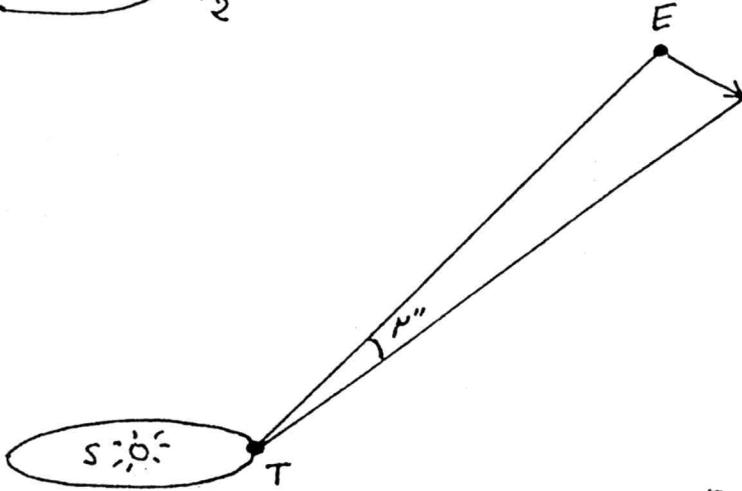
C'est en cherchant à déterminer les parallaxes stellaires que Bradley (1693-1762) découvrit le phénomène qu'on appela aberration de la lumière. Il s'était parfaitement rendu compte que les angles à mesurer étaient si petits que ce n'était pas chose réalisable avec un instrument mobile autour de deux axes (du moins avec les moyens de l'époque). Il arrima donc son instrument pointant le zénith à une cheminée. Il choisit d'observer l'étoile gamma-Draconis pour la simple raison que dans son mouvement diurne cette étoile passait au zénith du lieu d'observation. Il découvrit que les étoiles décrivaient toutes une petite ellipse de même demi-grand axe, alors que l'ellipse due à la parallaxe a son demi-grand axe qui dépend de la distance de l'étoile visée. On ne trouve pas toujours ce qu'on cherche, mais l'essentiel est de trouver...

Les figures ci-contre illustrent de manière intuitive ces trois phénomènes.

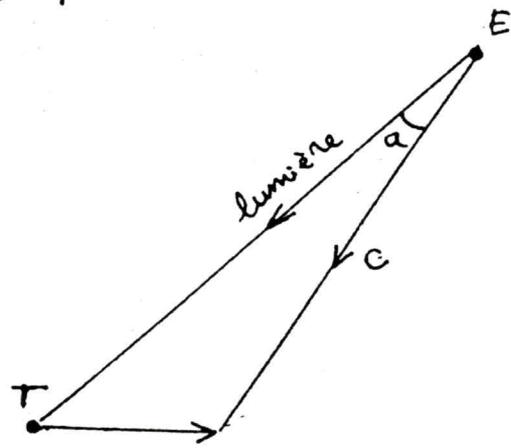


Ellipse parallactique. Le demi-grand axe dépend de la distance de l'étoile E.

$\pi$  est la parallaxe de l'étoile



L'étoile E est autorisée à avoir son propre mouvement, (son mouvement propre  $\mu$ )



En composant la vitesse de translation de la Terre sur son orbite avec la vitesse de la lumière, on trouve que la lumière semble venir d'une autre direction. Ça paraît aberrant, mais c'est ainsi. C'est l'aberration de la lumière.

Vitesse de la Terre sur son orbite

Une analogie classique est illustrée ci-dessous :



C'est aberrant la pluie tombe de travers !



## ENFANTS DU SOLEIL QUESTIONS D'ASTRONOMIE LA REVANCHE DES SORCIERES LE POINT ASTRO N° 33 : SPECIAL ECLIPSE

### Enfants du Soleil Histoire de nos origines

par André Brahic ; 366 pages ;  
édition Odile Jacob 1999 (140 F)

Nous avons au moins trois bonnes raisons d'attacher de l'importance à un nouveau livre d'André Brahic, à ce nouveau livre en particulier. Trois raisons : l'auteur est notre ami, le sujet est passionnant, le style est ...brahicien, à croire que c'est après l'avoir écouté que Buffon aurait dit "le style est l'homme même". Trois bonnes raisons donc, mais il ne suffit pas de la répéter, essayons de préciser.

André Brahic est un vieil ami du CLEA, aussi vieux dans l'amitié que le CLEA lui-même. André fut de ceux qui se réunirent à Grenoble, en 1976, en marge du congrès de l'Union Astronomique Internationale. Astronomes et enseignants, déplorant ensemble l'inculture générale du public et des écoliers sur les choses du ciel, préconisèrent la coordination des efforts de tous suivant ce principe simple, commencer par le commencement, développer l'enseignement élémentaire de l'astronomie de la Maternelle à l'Université. Non seulement André fut donc du groupe des concepteurs du CLEA, il fut aussi du groupe des accoucheurs en tant que conférencier à la première école d'été du CLEA (Lanslebourg 1977). Et quand sa participation à une école d'été n'avait pas été prévue, il trouvait encore le moyen d'y passer une soirée très prolongée, aussi joyeuse qu'instructive (Grasse 1981 ; Gap 1996). Quant aux assemblées générales du CLEA, je ne sais plus combien d'entre elles furent couronnées par une conférence de notre ami. Ayant eu souvent la charge de réviser avec lui la rédaction de ces brillants exposés, je sais que derrière l'éclat il y avait l'archi

scrupuleux souci de l'information exacte. Dans ces conditions, vous reconnaîtrez, lecteur, que mon jugement sur son dernier livre n'est pas à l'abri de toute partialité ; je plaide coupable.

Le sujet du livre est d'actualité. L'astronomie n'est plus la belle science souvent contemplative de nos ancêtres, fascinés qu'ils étaient par ces "espaces infinis" ou "le calme des dieux". Ils ont même été jusqu'à désigner la vision géométrique du ciel étoilé de l'appellation "sphère des fixes" là où nous voyons aujourd'hui tout bouger. Ce qui nous intéresse maintenant, c'est comprendre la grande physique de l'Univers, pas seulement ses mouvements mais toute son **évolution**. Ce concept, qui a fait scandale au XIX<sup>e</sup> siècle quand Darwin l'a introduit à propos des êtres vivants et fait encore trembler des milieux conservateurs qui ne veulent avoir aucune relation avec celui des singes, nous en voyons partout des manifestations, depuis les dégradations de notre habitat jusqu'aux profondeurs extrêmes du ciel exploré. Habitants de cette petite planète, l'histoire de notre Terre et de notre système solaire retient particulièrement notre attention (survivance de cette vieille tendance des hommes à se croire le centre du monde). Nous ne sommes pas peu fiers de notre science ; nous allons même jusqu'à lui faire confiance pour découvrir des planètes où vivent des êtres extraterrestres et intelligents que nous ne rencontrerons jamais mais avec qui nous espérons bien commencer un dialogue au cours des millénaires à venir.

Sujet passionnant, par conséquent, que Brahic développe en l'ordonnant en trois parties. Première partie, **les données** : la description du système solaire tel qu'il est exploré aujourd'hui, la mesure des âges de

chacun des objets, les distances, les mouvements, les matériaux, sans oublier la comparaison avec les autres systèmes planétaires qui viennent d'être enfin découverts. Deuxième partie, **un scénario de nos origines** : les fausses pistes éliminées, reste la bonne vieille nébuleuse de Laplace qu'il faut analyser en détail, et avec des moyens dont Laplace ne pouvait disposer ; le mode de formation des planètes telluriques, près du Soleil ne peut être la même que celui de la formation des grosses planètes comme Jupiter et Saturne. Il faut aussi expliquer la grande diversité des satellites ... Troisième partie qu'il intitule ironiquement "**la suite de l'histoire**" et qui nous concerne au premier chef puisqu'il s'agit de l'apparition de la vie sur cette si aimable planète ; cette si aimable planète où des êtres vivants ont su évoluer jusqu'à s'intéresser à leurs origines (et même pour certains jusqu'à s'abonner aux **Cahiers Clairaut**). Alors vous devinez l'inévitable dernière question, "Sommes nous seuls ?" Que nous le soyons ou que nous ne le soyons pas (je ne parviens pas à douter que d'autres êtres curieux existent dans une planète invisible autour d'un soleil inconnu perdu dans la galaxie d'Andromède), quel sera l'avenir possible ? On peut alors se demander si nous avons eu raison de refuser les explications mythiques de l'Univers pour aboutir à cet état d'incertitude qui oscille entre angoisse et espérance et qui est le climat de la science vivante.

Enfin, il y a le style d'André Brahic, l'homme même. Sa compétence est reconnue aussi bien dans les milieux de la recherche que dans ceux de l'enseignement. Il est d'ailleurs de ces gens qui sont faits pour enseigner. Non pas pour réciter des cours parfaits mais pour raconter la science qui se fait comme si vous y étiez, avec ses erreurs et ses trouvailles. Il a aussi le goût de l'histoire et n'omet pas le bon moment de rappeler ou bien l'affront que dut endurer Galilée ou bien le texte prémonitoire qu'écrivait Henri Poincaré en 1911. Ce qui donne tout son éclat aux apports des découvertes récentes.

J'ai donc lu le livre d'André comme j'ai suivi ses conférences, ravi mais aussi confus de n'avoir pas tout suivi et par conséquent décidé à lui poser des questions saugrenues. Je crois que beaucoup d'enseignants aimeront lire et interroger ce grand ouvrier de portes.

Entrer dans les détails de l'exposé conduirait à un fleuve de questions très variées. Je me limite à quelques thèmes qui m'ont particulièrement instruit. L'hypothèse de la nébuleuse de Laplace fut donc une belle et riche idée, il suffit de constater tous les développements qu'elle a entraînés, son étude détaillée pour expliquer la formation d'objets aussi variés que Mars et Jupiter ou que les satellites de Saturne ; on se demande si on parviendra jamais à expliquer l'étonnante diversité observée. A croire, dans l'évolution des planètes et des satellites, à quelque chose qui s'apparenterait au bricolage de l'évolution des vivants. Une idée que Brahic illustre en reproduisant un délicieux dessin de Jean Eiffel où l'on voit le Bon Dieu dire aux angelots qui l'assistent : "*Et après tout le mal qu'on s'est donné, que je n'entende jamais dire "L'univers est dû à des causes surnaturelles"*".

André nous raconte qu'à la sortie de l'une de ses conférences deux auditeurs également attentifs et sympathiques concluaient, l'un qu'il était encore plus convaincu de l'existence de Dieu, l'autre qu'il lui paraissait prouvé qu'on pouvait expliquer le monde sans invoquer Dieu. Ici, au CLEA nous qui pensons d'abord à l'enseignement, réjouissons-nous de l'aide ardente que nous apporte André Brahic.

Gilbert Walusinski

## Questions d'astronomie

**1- Calendriers et éclipses**, 148 p. (95 F)

**2 - Mouvements et éclats des corps célestes**, 108 p. (85 F).

Edition du CNDP de Limoges pour le compte de la commission inter-IREM d'Astronomie.

Christian Dumoulin, responsable de la commission inter-IREM d'Astronomie, précise, dans sa préface, le but de ces publications : donner aux enseignants la possibilité d'introduire dans leur enseignement des questions d'astronomie liées aux programmes de mathématiques. La réintroduction d'arithmétique dans les programmes peut être ainsi l'occasion de présenter certains aspects des calendriers.

Voici les sommaires deux volumes tous deux édités avec soin :

1- Un petit tour des calendriers (J-P. Parisot et F. Suagher). Les éclipses (F. Suagher). Annexes historiques : l'évolution de la science astronomique entre 1780 et 1830 (C. Dumoulin). Biographies (M. Labrousse).

2 - Sur quelques méthodes de résolution de l'équation de Kepler (C. Dumoulin). Les systèmes des magnitudes (A. Belet et C. Dumoulin). Annexes historiques : aperçu des origines et de l'évolution des méthodes de l'astrophysique (C. Dumoulin). Biographies (M. Labrousse).

J'insisterai sur l'intérêt de l'étude menée par Dumoulin sur les méthodes de résolution de l'équation de Kepler ; cela donne une idée des nombreuses applications du calcul différentiel que les mathématiciens développent trop souvent sans référence aux beaux problèmes que l'astronomie met en évidence.

Ce qui m'amène à une remarque plus générale concernant l'enseignement de l'astronomie dans la pratique actuelle. Des efforts comme ceux de la Commission Inter-IREM et ceux du CLEA ne sont pas faits pour se concurrencer mais pour se coordonner. Le CLEA se réjouit de signaler et de recommander ces nouvelles publications interirémiques. On regrette, en passant qu'elles ne renvoient pas aux diverses ressources pédagogiques que le CLEA offre aux enseignants, par exemple les diapositives sur la rétrogradation de Mars ou celles sur la rotation du Soleil. Il y a trop de belles occasions de coopérer entre mathématiciens et physiciens, entre tous les enseignants qui aiment observer et faire observer, pour ne pas regretter une occasion perdue.

G.W

## **La revanche des sorcières - L'irrationnel et la pensée scientifique.**

Pierre Thuillier,

Ed. Belin, 160 p. 132 F

Le titre fait sursauter et m'a donné l'envie de lire l'ouvrage. Le thème est à la mode ; l'auteur philosophe et historien des sciences.

Je dirais d'emblée avoir été beaucoup plus intéressée par les chapitres concernant les physiciens du 18<sup>e</sup> et 19<sup>e</sup> siècle que par la projection sur la science actuelle de cet "enjeu au sens fort (qu'est) la poésie", l'idée de l'auteur étant que "comme toutes les activités humaines, la pensée scientifique, aussi bien à sa source que dans ses développements, a partie liée avec la poésie".

Dès le 13<sup>e</sup> siècle, on trouve dans la magie la conception précise des exigences expérimentales (isoler les variables, répéter plusieurs fois l'expérimentation...), ce qui conduit l'auteur à voir dans cette pratique de la magie l'origine des technosciences : "On ne croira plus que les bibliothèques et les beaux raisonnements suffisent à assurer le progrès des connaissances". Ce qui manquait encore : une conception opératoire de la confrontation entre la spéculation et l'observation.

Giordano Bruno, martyr de la science ? S'exprimer ainsi accreditte l'idée -fausse- d'une pensée scientifique moderne aux prises avec des spéculations magiques et religieuses qui lui auraient été étrangères ; s'il critiquait la théologie et la philosophie dominantes de son époque, ce n'était pas au nom d'une "libre-pensée", mais de croyances magico-religieuses. Bruno rejetait la "mathématisation" de Copernic. Ce qui ne l'a pas empêché -et c'est là l'intérêt essentiel de la réflexion apportée par cet ouvrage- d'énoncer des conceptions qui sont très modernes.

Le cas de Newton permet d'approfondir cette réflexion sur la démarche d'un homme de science qui peut le conduire à d'importantes découvertes -non pas malgré, mais à cause de conceptions irrationnelles-. On sait bien aujourd'hui, bien qu'il n'y ait pas de consensus chez les historiens, que Newton fut alchimiste. Et c'est parce qu'il croyait aux "principes actifs" des alchimistes, qu'il a pu penser l'attraction universelle comme action à distance.

Même influence de convictions philosophiques -la philosophie de la nature- sur Ørsted dans sa découverte de l'électromagnétisme. Elle était dans le droit fil de la conception philosophique de Schelling : "C'est une même opposition qui, partant du magnétisme et passant par l'électricité, finit par se perdre dans les phénomènes chimiques". Ce qui entraîna le scepticisme de beaucoup de physiciens français, - Ampère faisant partie des exceptions- devant la mise en évidence expérimentale par Ørsted de l'existence de l'électromagnétisme, découverte considérée comme une : "rêverie allemande".

Dans les chapitres consacrés à la mécanique quantique et à la théorie du chaos, l'exposé change de point de vue et traite de l'influence des découvertes scientifiques sur les conceptions philosophiques (ou la naissance d'une vague de mysticisme) qu'elles ont pu faire naître, y compris chez les physiciens eux-mêmes. En témoigne la "profession de foi" d'Einstein : "Reconnaissons à la base de tout travail scientifique d'une certaine envergure, une conviction bien comparable au sentiment religieux, puisqu'elle accepte un monde fondé en raison, un monde intelligible ! Cette conviction, liée à un sentiment profond d'une raison supérieure se dévoilant dans le monde de l'expérience traduit pour moi l'idée de Dieu".

Il faudra attendre le travail des historiens du futur pour savoir si des convictions philosophiques -et lesquelles- ont été à la source des découvertes majeures de notre temps.

Lucienne Gouguenheim.

## **Le point astro : n° 33 : Spécial Eclipse**

Revue de l'Association Astronomique de Franche-Comté.

70 p. (60 F).

Une excellente publication, où l'on retrouve des noms d'auteurs bien connus de nos lecteurs.

Les exposés traitent des phénomènes d'éclipses dans le système Soleil-Terre-Lune (Françoise Suagher) et, plus généralement dans l'Univers (Jean-Pierre Marchand) et du Saros (François Puel). J'ai particulièrement apprécié l'explication simple et claire des raisons qui rendent possibles chaque année 7 éclipses. Ainsi que la remarque sur l'attribution injustifiée aux Chaldéens de la connaissance du Saros.

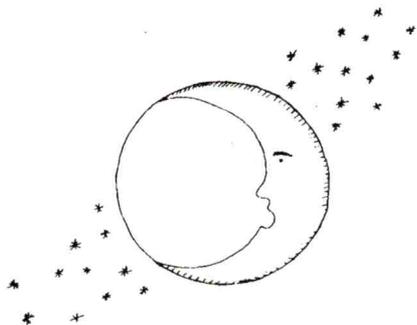
Une bonne place est donnée aux études historiques, (ce qui contribue à prolonger l'intérêt de l'ouvrage bien au-delà du 11 août 1999), depuis l'éclipse de Thalès (Alain Heurtel) jusqu'à celle de Christophe Colomb et celle du 29 mai 1919 (François Puel), en passant par celle supposée de la Crucifixion (Jean-Paul Parisot). Alain Heurtel, Pierre Magnen et Jean-Marc Becker apportent toutes les précisions permettant d'observer et de photographier.

L'ouvrage est soigneusement présenté et agréablement illustré : il mérite d'être dans la bibliothèque d'un enseignant.

Françoise Suagher et son équipe ont également réalisé une série de diapositives consacrées à l'éclipse de Février 99 en Guadeloupe (très belle photo de sténopé à travers des feuilles de palmier !).

L.G.





## LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE

# La plus faible naine brune "à méthane" découverte à l'ESO

Lucette Bottinelli

Une équipe d'astronomes européens vient de mettre en évidence un objet froid extrêmement faible dans l'espace interstellaire, situé bien au-dessus du plan galactique. Il s'agit d'une étoile naine brune "à méthane", la plus lointaine détectée à ce jour, dans cette catégorie d'objets encore peu connus.

### Que sont les naines brunes ?

Il s'agit d'objets stellaires inertes dont la masse, bien que supérieure à celle des planètes, est trop faible pour permettre le démarrage des réactions de fusion thermonucléaire des protons qui est la source de l'énergie rayonnée par les étoiles au moment de leur naissance. Cependant ces naines brunes s'échauffent au cours de la phase de contraction gravitationnelle qui conduit à leur formation et elles rayonnent ensuite cette énergie vers l'extérieur en se refroidissant progressivement.

En fait, il s'agit là véritablement d'étoiles ratées. La théorie de la formation des étoiles par contraction gravitationnelle d'un nuage de gaz interstellaire assez dense pour s'écrouler sur lui-même, prévoit trois types d'évolution suivant la masse du nuage en contraction (la composition chimique intervient également mais influe peu sur les valeurs des masses données ci-après) : si la masse du nuage est inférieure à environ 3 millièmes de la masse du Soleil, une planète sera formée et si la masse est supérieure à environ 8 centièmes de la masse du Soleil, c'est une étoile qui sera formée ; la situation intermédiaire est celle où se forme une structure stable appelée "naine brune" dont l'équilibre est assuré parce que le gaz d'électrons du nuage contracté a atteint un état dégénéré qui le rend incompressible, à une température inférieure au seuil (dix millions de degrés envi-

ron) nécessaire pour permettre l'enclenchement de la fusion thermonucléaire. Les naines brunes de la classe dite "à méthane" font partie des naines brunes les plus froides détectées à ce jour, avec une température superficielle voisine de 1 000 K, ce qui est environ 1 000 degrés plus froid que les étoiles classiques les plus froides.

### Le programme "champ profond" du NTT.

Le nouvel objet détecté, a été nommé provisoirement NTTDF J1205-0744 car il a été découvert, au cours d'un programme d'observations avec le télescope NTT (New Technology Telescope) consacré à explorer en profondeur (on parle alors de champ profond ou "Deep Field") une région angulairement restreinte en direction de la constellation de la Vierge, juste en-dessous de l'équateur céleste, à la position indiquée par les valeurs numériques (coordonnées équatoriales) et en particulier dans la bande infrarouge J. Il était assez inattendu de découvrir un objet aussi rare en explorant une région aussi peu étendue sur le ciel.

La longue série de clichés d'un champ restreint de Virgo réalisée depuis 1997 avec le télescope NTT de 3,58 m de l'ESO à La Silla au Chili, avait pour but de mesurer et de tester les performances limites de deux instruments de ce télescope : SUSI (SUperb-Seeing Imager) dans la

partie visible du spectre (longueur d'onde de 0,35 à 1  $\mu\text{m}$ ) et SOFI (Son OF Isaac, cf ci-après ce qu'est Isaac) dans l'infrarouge proche (1,0 à 2,5  $\mu\text{m}$ ).

La zone du ciel observée s'étend sur seulement 2,3 x 2,3 minutes de degré et constitue la cible du champ profond du NTT. Elle a été étudiée en grand détail, en particulier pour identifier des galaxies très lointaines et réaliser ensuite leur suivi spectroscopique avec le premier télescope de 8,2 m du VLT (Very Large Telescope, équipé des instruments spectroscopiques FORS1 et ISAAC dont il a été question dans le numéro 85 des CC). Des galaxies aussi lointaines présentent un fort décalage spectral, à cause de la loi d'expansion de Hubble ; elles sont donc détectées préférentiellement à partir de clichés pris dans le visible et l'infrarouge.

### Découverte d'un objet extrêmement infrarouge.

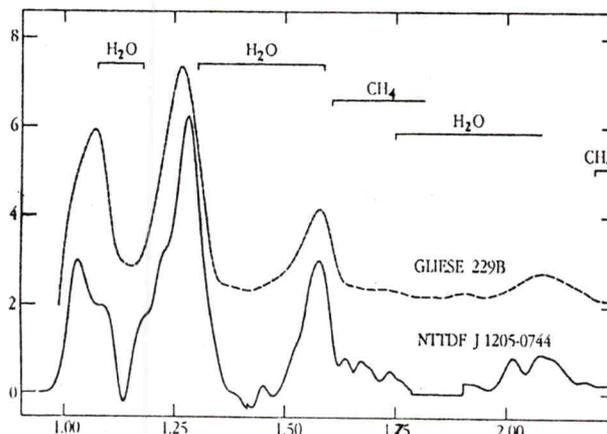
Les astronomes notèrent au milieu d'un cliché de 1,3 x 1,3 minutes de degré, un objet stellaire de couleur extrême. Alors que l'objet apparaît bien clairement sur les clichés infrarouges à 1,25  $\mu\text{m}$  (bande J) et à 2,2  $\mu\text{m}$  (bande K), il n'apparaît pas dans la région spectrale du visible, ni même à 0,8  $\mu\text{m}$  (bande i). Les magnitudes apparentes J et K valent respectivement 20,2 et 20,3 et l'indice de couleur i - J (différence des magnitudes apparentes en i et J) est supérieur à 6 magnitudes. Or, on ne connaît aucun objet classique ayant de telles couleurs. Il ne pouvait y avoir que deux possibilités. Ou bien il s'agissait d'un quasar extrêmement distant (avec un décalage spectral relatif  $z = 8$ ) à la limite de l'Univers observable, ou bien ce devait être un objet très froid relativement proche faisant partie de notre Galaxie. Ce sont les observations spectrales dans l'infrarouge qui ont permis de résoudre la question.

### Les observations spectroscopiques de NTTDF J1205-0744.

Les spectres dans l'infrarouge ont été obtenus d'une part avec le NTT (et l'instrument SOFI) et d'autre part avec le premier télescope du VLT (et l'instrument ISAAC). En combinant les données obtenues sur les deux sites, on obtient un spectre dominé par des raies moléculaires en absorption, en particulier celles du méthane ( $\text{CH}_4$ ) et de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ; ces caractéristiques sont tout à fait similaires à celles de l'objet Gliese 229B qui est le prototype des naines brunes à méthane (classe stellaire T), découvert il y a quelques années et situé à une distance de 19 années de lumière environ. On peut constater cette similarité sur la figure ci-après publiée par l'ESO. L'intensité relative du spectre est représentée en ordonnée en fonction de la longueur d'onde en abscisse (en  $\mu\text{m}$ ) dans le domaine infrarouge exploré. Les deux spectres, celui de Gliese 229B (en pointillé) et celui de NTTDF J1205-0744 (en trait plein) ont été mis en regard suivant le même axe gradué en longueur d'onde au repos. La structure des raies d'absorption moléculaires identifiées pour Gliese 229B ( $\text{CH}_4$  et  $\text{H}_2\text{O}$ ), se retrouve de manière frappante dans le spectre obtenu ici.

Cependant, au contraire de Gliese 229B, NTTDF J1205-0744 ne fait pas partie d'un système binaire. Son éclat apparent est aussi beaucoup plus faible - de 5 à 6 ma-

gnitudes (c'est-à-dire environ un facteur 250 en éclat) - que les objets similaires découverts récemment, lors de sondages à grands champs ; cela implique que la nouvelle naine brune est considérablement plus éloignée.



### Les propriétés de NTTDF J1205-0744.

Sa distance est en effet, d'environ 300 années de lumière (90 parsecs) et elle est située à 240 a.l. (75 parsecs) au-dessus du plan galactique. Sa masse est probablement 20 à 50 fois celle de Jupiter, soit moins de 5% de celle du Soleil. Sa température d'environ 1 000 K, suggère un âge de 0,5 à 1 milliard d'années. En l'absence de source d'énergie en son centre, au contraire des véritables étoiles, elle est condamnée à se refroidir lentement et à avoir une luminosité de plus en plus faible pour tendre à devenir une naine noire, sur une échelle de temps de dizaines de milliards d'années.

### Quelle est la population en naines brunes ?

Toute évaluation statistique du nombre de ces naines brunes de classe T dans notre Galaxie est incertaine car peu ont été observées jusqu'à présent. Une estimation plausible conduit à environ un tel objet en moyenne dans un volume cubique de 3 500 a.l. de côté.

Un aspect surprenant de la découverte de NTTDF J1205-0744 est que l'objet a été trouvé dans une région du ciel de faible couverture angulaire et qui avait été sélectionnée comme étant aussi vide que possible en vue de faciliter la détection des galaxies très lointaines. Avec l'estimation de densité moyenne donnée plus haut, la chance de trouver un tel objet aurait été de seulement 1% environ.

Une stratégie de recherche de tels objets faibles, fondée comme ici, sur la combinaison de données optiques et infrarouges obtenues avec de grands télescopes équipés d'instruments très performants, devrait être particulièrement efficace. Il est maintenant de grand intérêt de tester si cette première découverte a été simplement un coup de chance ou si la densité spatiale de ces objets extrêmes est en fait beaucoup plus élevée que ce que l'on attendait. Ceci est important en particulier, parce que ces naines brunes, si leur population était importante, pourraient contribuer de manière significative à la masse cachée de l'Univers. ■

## Documents pour les fiches CLEA BELIN

### DCB

20 exemplaires  
(70 F-65 F)

### Transparents animés pour rétroprojecteur

(55 F-50 F)

**T1** Le TransSoLuTe  
(phases de la lune et éclipses)  
**T2** Les fuseaux horaires

### Filtres colorés

#### FCR

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

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

## DIAPOSITIVES

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

# Publications du CLEA

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



**Chèques à l'ordre du CLEA**

## Les fiches d'activité pédagogiques du CLEA

- HS1** L'astronomie à l'école élémentaire
- HS2** La Lune niveau collège 1
- HS3** Le temps, les constellations, niveau lycée
- HS4** Astronomie en quatrième  
(Chaque HS 68 F-48 F)
- HS5** Gravitation et lumière, niveau terminale  
(83 F-73 F)
- HS6** L'âge de la Nébuleuse du Crabe  
avec 4 diapositives et 12 jeux de deux photographies  
niveau lycée  
(110 F-100 F)
- HS7** Étude du spectre du Soleil  
(58 F-50 F)
- HS8** Étoiles variables (à paraître en 99)  
(80 F-70 F)

Numéros hors série des CAHIERS CLAIRAUT  
réalisés par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA

## Cours polycopiés d'astrophysique

(Maîtrise de l'université  
Paris XI-Orsay)

### P1

Astrophysique générale  
(63 F)

### P2

Processus de rayonnement  
(30 F)

### P3

Structure interne  
et évolution des étoiles  
(35 F)

### P4

Astrophysique solaire  
(35 F)

## CONDITIONS D'ADHÉSION ET D'ABONNEMENT POUR 1999

Cotisation simple au CLEA pour 1999 50 F  
**Abonnement simple aux CAHIERS CLAIRAUT n° 85 à 88** **140 F**

**Abonnement aux CAHIERS CLAIRAUT  
ET cotisation au CLEA pour 1999** **190 F**

Contribution de soutien au CLEA (par an) 50 F  
 Le numéro des Cahiers Clairaut 45 F

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

### COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

**C 1** Collection complète du n° 1 au 80 (1 300 F)  
**C88. C89.** Collection 1988 ou 1989 (chaque 90 F)  
**C90 à C98** (chaque 100 F)

Adresser adhésions,  
abonnements ou commandes à

Chèque à l'ordre du CLEA

**CLEA** Catherine Vignon  
 21 rue d'Anjou  
 92 000 Asnières

### Publications...

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

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

#### Publication du planétarium de Strasbourg

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

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

dépot légal : 1<sup>er</sup> trimestre 1979  
 numéro d'inscription CPPAP : 61600  
 Prix au numéro : 45 F