



## LE C.L.E.A. - COMITE DE LIAISON ENSEIGNANTS ET ASTRONOMES

---

---

Le C.L.E.A. , 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 public et dans les organismes de culture populaire. En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants.

Le CLEA intervient par l'organisation de stages et par ses diverses publications.

Le CLEA organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux, éventuellement en liaison avec les Missions Académiques de Formation ou tous organismes de formation des enseignants. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège, du lycée et de l'IUFM. On s'efforce d'y conjuguer information théorique indispensable et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et bon usage de ces matériels).

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

---

La liste des publications du CLEA figure en page 3 et 4 de la couverture.

---

### Bureau du CLEA pour 1993

Présidents d'honneur : Jean-Claude Pecker  
Evry Schatzman  
Présidente : Lucienne Gouguenheim  
Vice-Présidents : Agnès Acker  
Marie-France Duval  
Hubert Gié  
Jean Ripert  
Jacques Vialle  
Catherine Vignon  
Secrétaire-trésorier : Gilbert Walusinski

Comité de rédaction des Cahiers Clairaut : Daniel Bardin, Lucette Bottinelli, Jacques Dupré, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim, Jean-Paul Parisot, Georges Paturel, Jean Ripert, Daniel Toussaint, Victor Tryoën, Jacques Vialle, Gilbert Walusinski.

## LES CAHIERS CLAIRAUT

Eté 1993

	page
Introduction à la mécanique par l'astronomie et son histoire.....	2
La mythologie au service de l'astronomie (suite et fin) .....	10
Lisez le PAF ! .....	15
Petite histoire d'un grand projet.....	16
Observer les étoiles variables à l'école .....	18
Chronique du CLEA-Courrier des lecteurs .....	24
Pour une histoire de la Galaxie (5) .....	25
Les Potins de la Voie Lactée .....	31
Lectures pour la Marquise .....	32
Cinq réponses à un amateur d'astrologie.....	37
Formation de base en astronomie-astrophysique .....	39

### EDITORIAL

La machine à écrire de notre cher et infatigable secrétaire-trésorier ayant rendu l'âme, après de nombreuses années de bons et loyaux services, le CLEA vient de se doter d'un nouvel outil dont Gilbert découvre les possibilités. N'hésitez donc pas, moins que jamais, à lui adresser votre contribution à la rédaction des Cahiers !

Nous ouvrons ce numéro avec le compte rendu de l'intervention de notre collègue suisse, Eric Lindemann à l'Atelier Pédagogique sur "la place de l'astrophysique dans l'enseignement des sciences physiques" qui s'est tenu à Lyon lors des journées nationales de l'Union des Physiciens. Les participants avaient souligné combien cette approche serait enrichissante **aussi** en classes scientifiques.

Vient ensuite la seconde et dernière partie de l'exposé de Cécile Iwaniszewska à l'Université d'été de Gap 1992. Cécile nous précise, après avoir lu la première partie dans le numéro 61 des Cahiers que son Institut porte le nom de "Nicolas Copernic" et ne doit rien à Chopin : il se trouve seulement situé dans la rue Chopin... Nous sommes toujours heureux de recevoir des nouvelles de vos activités : vous lirez avec intérêt, nous l'espérons, comment le collège G. Sand de Châtelleraut s'est doté d'un planétarium ; Jacques Vialle vous encourage à observer les étoiles variables avec vos élèves. Nous avons aussi reçu avec un plaisir toujours renouvelé un article de notre ami fidèle de l'observatoire de Bordeaux, Michel Dumont sur "l'antisoleil" : vous le découvrirez dans le prochain numéro...

Bonnes vacances à tous !

La Rédaction

# INTRODUCTION A LA MECANIQUE PAR L'ASTRONOMIE ET SON HISTOIRE

---

Eric Lindemann

maître de physique au CESSOUEST, 1260 Nyon, Suisse.

Exposé présenté à Lyon le 24 octobre 1992 à l'occasion des Journées Nationales de l'Union des Physiciens, dans le cadre des Ateliers pédagogiques sur "la place de l'astro-physique dans l'enseignement des sciences physiques" dirigés par Lucienne Gouguenheim.

Il est uniquement question ici de décrire l'expérience personnelle d'une approche originale des début de la physique destinée à des élèves a priori peu motivés. Il n'y a donc aucune prétention d'illustrer la place de l'astronomie dans l'enseignement de la physique en Suisse ou dans le Canton de Vaud.

## PLAN DE L'EXPOSE:

1. Buts et raisons de la démarche
2. Méthodes et moyens
3. Sujets du cours
4. Expériences et exemples
5. Evaluation

### 1. Buts et raisons de la démarche

#### Elèves concernés:

Classes non-scientifiques se trouvant à 2 ou 3 ans du baccalauréat et ayant 2 leçons hebdomadaires de physique (Sections: latin-anglais, latin-grec, langues modernes ou économique).

#### Raisons de l'expérience:

Ma conviction est que ce type d'élèves mérite une approche différente de celle qui est en vigueur dans les classes scientifiques; et qu'il est insuffisant de se contenter d'adapter pour eux le programme des classes scientifiques en l'allégeant et en l'abrégeant simplement.

Ces élèves ont des moyens d'expression et de compréhension mathématique relativement limités; il se pose en conséquence un problème de langage.

Ils commencent généralement la physique avec un sentiment de méfiance (voire d'aversion!) pour les branches scientifiques et sont handicapés par des préjugés profonds quant à leurs capacités de comprendre ces branches d'où des attitudes de démission souvent prématurées et injustifiées.

#### But:

##### De manière générale:

Aborder la physique de manière plus humaniste, mieux la situer dans notre culture et dans son histoire. Changer de langage. Aborder et faire comprendre les idées fondamentales en "démathématisant" le plus possible afin de les rendre plus accessibles et d'éviter le souvenir trop fréquent: "physique = formules".

##### Plus particulièrement:

Traiter le premier thème du programme officiel: le mouvement et ses causes.  
Bien saisir la notion de modèle.  
Mieux comprendre le monde (cosmique) qui nous entoure.

## **2. Méthode et moyens.**

### **Méthode:**

La mécanique est replacée dans un contexte historique pour faire comprendre ce qu'ont été les démarches et les méthodes de la science.

Le programme officiel est traité par le biais des mouvements célestes et de l'histoire de leur compréhension. On part de l'observation visuelle des déplacements célestes et des différents modèles qui ont été imaginés. Survient ainsi le problème du mouvement ou de l'immobilité de la Terre. La physique aristotélicienne fait comprendre qu'on ne pouvait envisager de modèle autre que géocentrique, celle de Galilée et Newton permettra de concevoir, grâce au principe d'inertie, une Terre en mouvement, donc un modèle héliocentrique réaliste.

L'astronomie et son histoire sont présentées sous la forme d'un cours normal (avec exercices et travaux pratiques) en tentant de corréler sans cesse théories et observations, tout en se situant dans divers contextes historiques (en s'aidant parfois de textes originaux et de simulations de découvertes observationnelles historiques).

### **Moyens:**

Matériel audiovisuel standard (rétroprojecteurs et projecteur de diapositives).

Macintosh avec écran à cristaux liquides pour rétroprojection.

Maquettes et petit planétarium de démonstration.

Suggestions d'observations personnelles (visuelles ou à la jumelle) et de pauses photographiques sur le ciel nocturne.

Observations au télescope de l'école et simulations d'observations au moyen du logiciel "VOYAGER".

## **3. Sujets du cours.**

### **Programme résumé:**

#### **1. L'Univers tel qu'on le perçoit.**

Panorama général et vulgarisé sur la constitution et la répartition de la matière dans l'Univers.

Les observations astronomiques évidentes: rotondité de la Terre, mouvements diurnes, mouvement et phases de la Lune, mouvement annuel du soleil dans le zodiaque, mouvements des planètes parmi les étoiles. Simulations à l'aide du programme Voyager.

Contenu physique: mouvements périodiques et grandeurs associées, notion de référentiel.

#### **2. L'Univers tel qu'on l'a conçu.**

Définition de la notion de modèle en physique.

Les premiers modèles cosmologiques grecs. Influences de la pensée de Pythagore et de celle de Platon sur la conception de l'Univers. Les sphères homocentriques d'Eudoxe tentent de "sauver les apparences".

**La physique d'Aristote:** Composition de la matière. Ordre et hiérarchie du monde. Les mouvements naturels et violents. Le principe mécanique (lien entre force motrice et vitesse). Le mouvement comme phénomène transitoire vers un repos ordonné. Les dogmes de base et méthode d'approche des phénomènes. Cohérence et globalité de la théorie. Difficultés et erreurs. Conséquences: incompatibilité de cette mécanique avec le mouvement de la Terre. Le dogme de l'immobilité de la Terre assure le succès du géocentrisme. Amélioration et complexification du modèle d'Eudoxe.

**Le modèle de Ptolémée:** Introduction des épicycles par Hipparque, systématisation de leur emploi par Ptolémée. La relative précision et la cohérence de ce modèle lui assurent sa pérennité.

Autres modèles antiques, héliocentrisme avec Aristarque de Samos et problème des parallaxes invisibles.

Mesures des dimensions relatives dans le système solaire.

Reprise et synthèse du problème du mouvement de la Terre.

Contenu physique: relation théorie-observation, mécanique aristotélicienne, mouvements circulaires et combinaisons.

### 3. L'Univers tel qu'on le conçoit.

**Le modèle de Copernic:** héliocentrisme mais conservation des mouvements circulaires.

La démarche originale de **Tycho Brahé** et ses extraordinaires mesures.

**Képler** et ses trois lois: abandon du dogme des mouvements circulaires uniformes; recherches vaines des causes des mouvements orbitaux. **Galilée:** une démarche nouvelle. Ses observations et découvertes astronomiques donnent des arguments au modèle de Copernic. Ses recherches expérimentales préparent l'arrivée de la mécanique Newtonienne. **Newton:** sa mécanique et la loi de la gravitation expliquent les mouvements.

Aperçu de cosmologie contemporaine.

Contenu physique: Mesures et incertitudes, mouvement de chute, mouvement balistique, dynamique de Newton, gravitation, limites de la physique classique.

### 4. Expériences et exemples.

#### Expériences surprenantes:

Au départ, la confusion de vocabulaire des élèves est étonnante (mélanges planètes, étoiles, galaxies), comme leur ignorance de faits particulièrement simples (ex.: causes des saisons, compréhension des phases de la Lune).

On remarque aussi leur manque quasi-total de curiosité d'observation.

#### Exemples d'exercices particuliers:

Calcul du rayon terrestre (Ératosthène).

Calculs de dimensions dans le système solaire (Hipparque).

Détermination de la hauteur de montagnes lunaires (Galilée).

Exercices "chorégraphiques" pour la compréhension du mouvement rétrograde des planètes et des mouvements orbitaux et diurnes de Mercure et Vénus.

Propositions d'observations de la Lune: heures de lever ou de coucher selon les phases.

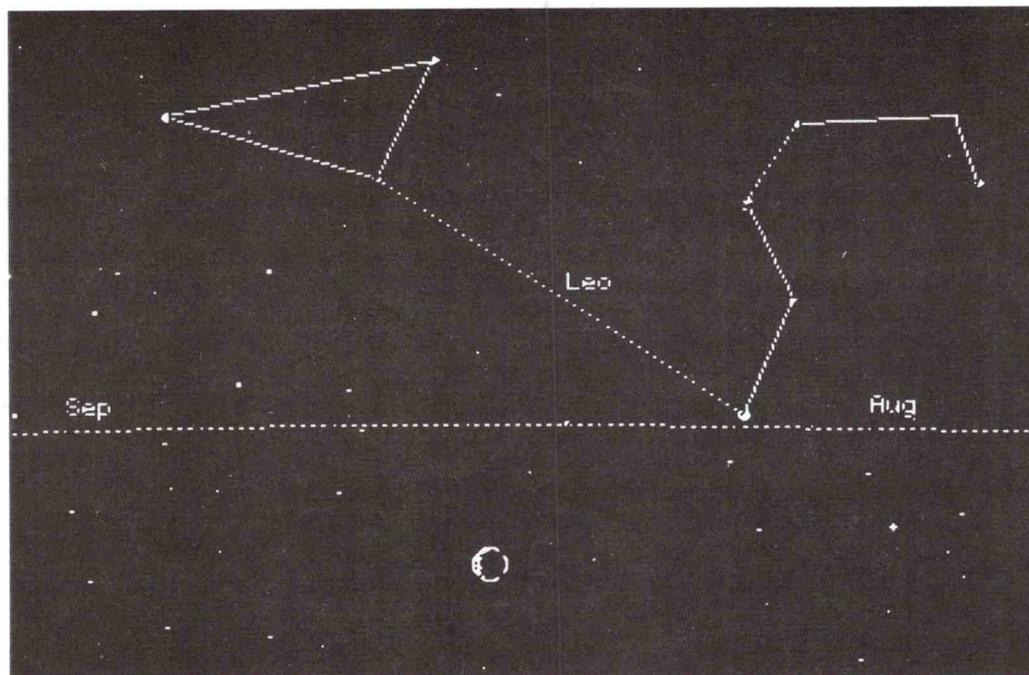
Jeux de rôles sur la base de textes de Galilée.

#### Quelques exemples d'utilisation du didacticiel "VOYAGER":

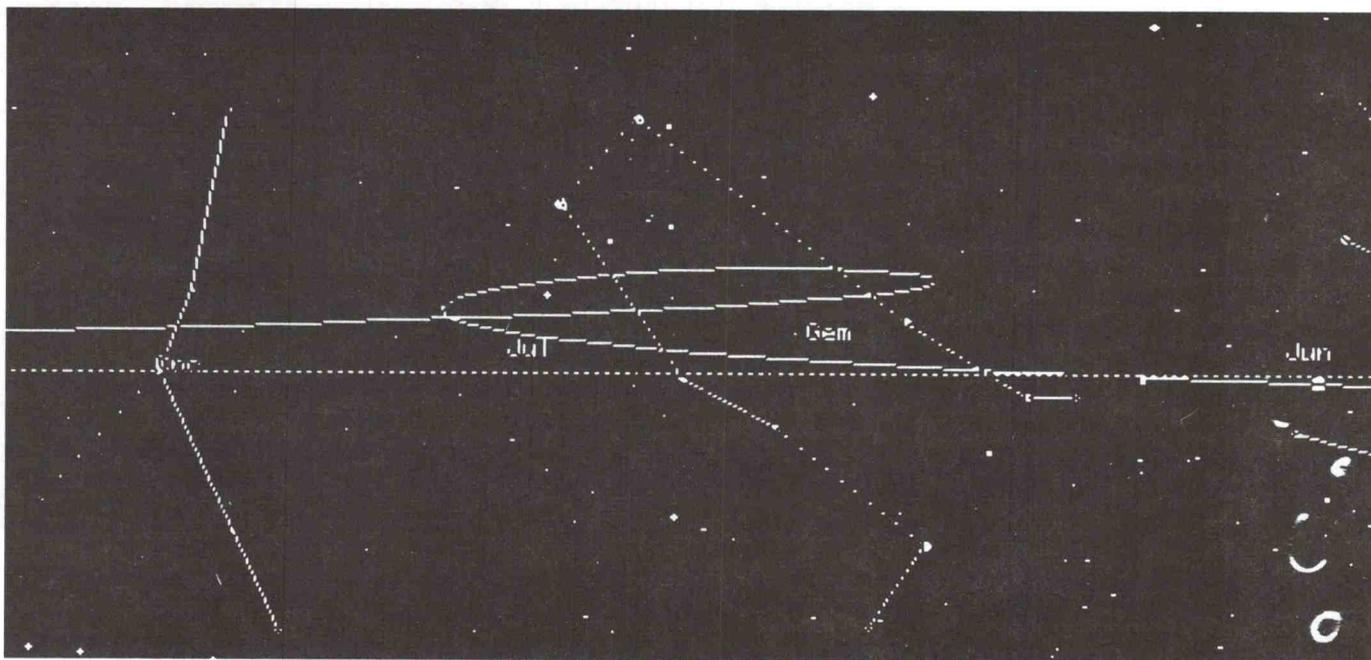
##### 1) Simulation du mouvement de la Lune dans les constellations:

Position de la Lune:  
22/10/92 à 03h00 HEC

Le logiciel permet de donner ses positions ultérieures par pas de une heure par exemple. On voit alors sur l'écran la Lune se déplacer pas à pas dans la constellation.



## 2) Simulation du mouvement rétrograde de Mars:



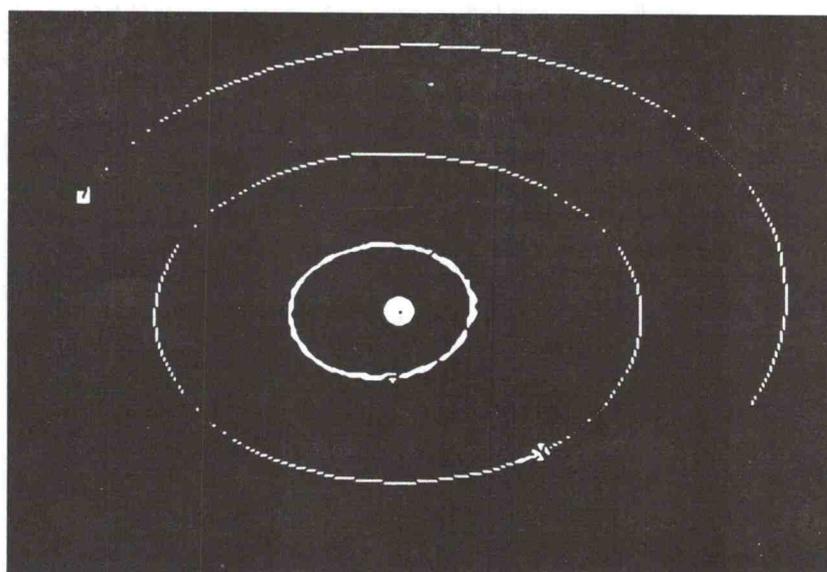
Mouvement de Mars dans la constellation des Gémeaux pour la période de l'hiver 1992-93. Lors de la simulation, Mars avance devant les étoiles par pas successifs de une semaine et l'on voit défiler ses positions aux diverses dates.

## 3) Influence du référentiel sur l'apparence de la trajectoire:

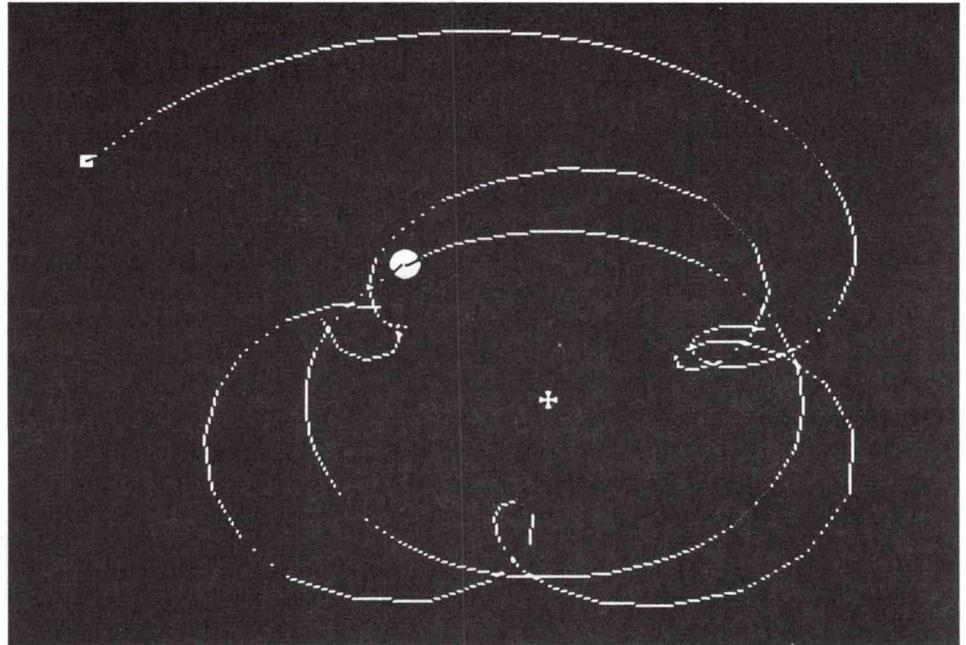
On se place en un point d'observation hors du plan de l'écliptique, à 25 UA du Soleil, par  $45^\circ$  de latitude et  $0^\circ$  de longitudes écliptiques et l'on observe les positions du Soleil, de Mercure, de la Terre et de Mars à la date choisie (ici le 21/10/92).

On peut alors simuler les mouvements en choisissant son référentiel.

En choisissant un référentiel lié au Soleil, on fait démarrer l'animation montrant les mouvements orbitaux des trois planètes. On perçoit bien les différentes vitesses et périodes orbitales et l'on peut stopper le mouvement après un an pour obtenir l'image ci-contre:



En choisissant un référentiel lié à la Terre, l'animation permet de voir le mouvement apparent du Soleil et les mouvements rétrogrades se dessiner peu à peu. Après une année de simulation on obtient l'image ci-contre:

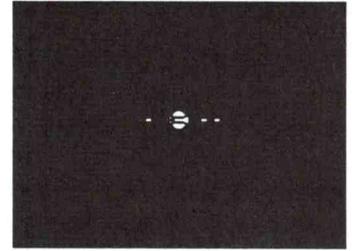


#### 4) Simulation de la découverte des satellites de Jupiter par Galilée:

On demande au logiciel de se situer à Padoue en date du 7 janvier 1609 à 19 heures (Galilée a écrit qu'il avait fait cette observation *dans la première heure de la nuit*). On "pointe" ensuite sur Jupiter que l'on voit non loin de l'écliptique:

Location	
011° 24' E	
45° 09' N	
Local Time	
07/01/1609	
19:00	
Sid. Time	
01h 54.8 m	
Univ. Time	
07/01/1609	
18:00	
RA and Dec	
02h 13.2 m	
- 11° 05'	
Zoom in	Zoom out
Night	60

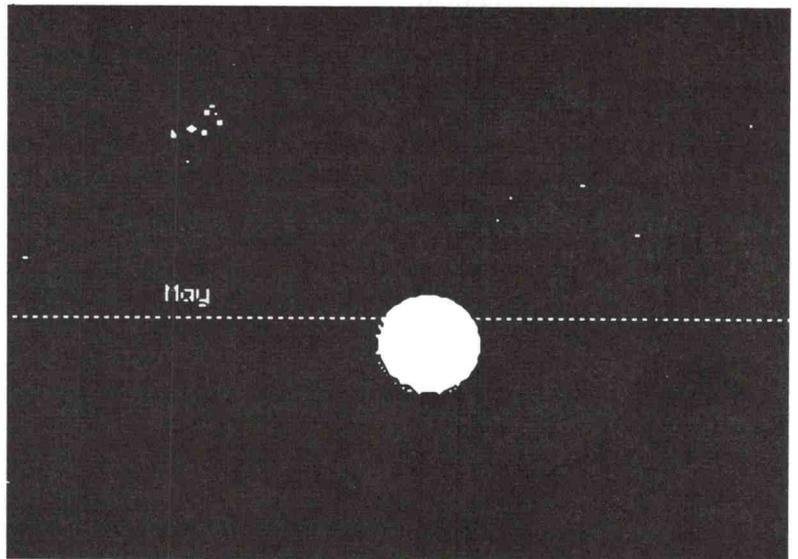
Pour simuler l'observation avec la lunette, on "zoome" et l'on obtient l'image de Jupiter avec 3 de ses satellites dans des positions conformes aux dessins qu'en a fait Galilée dans son "Siderus Nuncius". On peut ensuite simuler les observations effectuées les jours suivants et comparer les positions des satellites avec les dessins de Galilée.



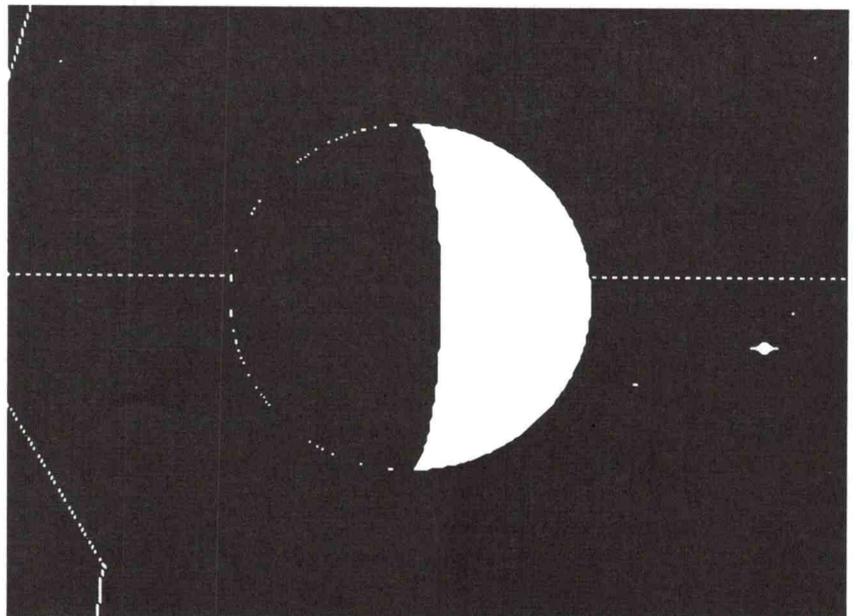
### 5) Les phases de Vénus telles que les a vues par Galilée:

Voyager permet d'agrandir Vénus par rapport au reste du ciel afin de percevoir ses phases:

Aspect de Vénus le 10 mai 1610 à 22h00 dans le ciel de Padoue:



Vénus le 1er janvier 1611 (élongation maximum) avec le même agrandissement que dans la figure précédente:



On rappellera l'importance de cette observation de Galilée dans son argumentation en faveur du système de Copernic; en effet, dans le modèle de Ptolémée, le Soleil ne pouvant jamais se trouver entre la planète et la Terre, les phases très pleines comme celle de la première figure sont impossibles.

## **5. Evaluation.**

Bien que l'expérience ne soit pas encore vraiment achevée je peux risquer une évaluation relativement sûre.

### **Réactions des élèves:**

Par leur attitude et leurs réactions, on peut affirmer qu'elle semble très positive, car le sujet est attrayant et "observable".

Ils ont fait preuve d'une curiosité aiguisée et parfois leurs questions montrent un désir d'en savoir encore plus (surtout dans les classes de langues anciennes).

Leur étonnement exprimé face à la pluridisciplinarité du sujet, (corrélations avec des thèmes traités dans d'autres cours: philosophie, histoire, géographie) fait penser que tombent enfin quelques cloisonnements entre disciplines.

### **Avantages de la démarche:**

La combinaison et l'interaction d'éléments scientifiques et d'éléments de l'histoire intellectuelle est très bénéfique à une conception plus humaniste de la culture.

L'approche des lois du mouvement, souvent sèche et abstraite dans une démarche plus orthodoxe, devient beaucoup plus attrayante et accessible.

La compréhension des lois de Newton est facilitée par le fait qu'elles succèdent à une description de la mécanique d'Aristote et la contredisent fondamentalement.

### **Inconvénients:**

La pratique des exercices classiques de cinématique et de dynamique est plus restreinte que dans un cours traditionnel, d'où un acquis de formalisme et de capacité opératoire plus faible. Mais si les idées générales sont bien acquises, la compréhension d'applications plus particulières devrait en être facilitée lors d'un éventuellement prolongement de physique dans le premier cycle universitaire (en médecine ou en d'autres facultés accessibles à ces élèves).

## **Bibliographie succincte:**

### **Pour illustrer la démarche du cours et les exercices:**

B. M. CASPER and R. J. NOER, **Revolutions in Physics**, Ed. W. W. Norton & Company, New-York, 1972.

Collectif, **HAVARD PROJECT PHYSICS (HPP)**, Ed. IRP/Vuibert, Montréal, 1979.  
vol 1: **Les concepts du mouvement.**  
vol 2: **Les mouvements célestes.**

A. Meessen, **Gravitation**, Ed. De Boeck Wesmael, Bruxelles, 1989.

L. Gouguenheim, **Méthodes de l'astrophysique, comment connaître et comprendre l'Univers**, Ed. Hachette, Paris, 1981.

**The Physics Teacher**, périodique de l'American Association of Physics Teachers. AAPT, 5112 Berwyn Road, College Park, MD 20740-4100, USA.  
Nombreuses suggestions de travaux pratiques et d'exercices originaux dans la rubrique astronomique mensuelle.

**VOYAGER The Interactive Desktop Planetarium**, Carina Software, 830 Williams Street, San Leonardo, California 94577, USA, Phone: (415) 352-7358

### **Pour les textes originaux:**

Françoise BALIBAR, **Galilée, Newton lus par Einstein**, Ed. PUF, Paris, 1984.

Galilée, **Le messenger des étoiles (Siderus Nuncius)**, Ed. Seuil, Paris, 1992.

Galilée, **Dialogue sur les deux grands systèmes du monde**, Ed. Seuil, Paris, 1992.

Galilée, **Discours concernant deux sciences nouvelles**, Ed. Armand Colin, Paris, 1970.

Isaac Newton, **Principia Mathematica**, Ed. Christian Bourgois, Paris, 1985.

### **Pour l'histoire de l'astronomie:**

J.L.E. DREYER, **A History of Astronomy from Thales to Kepler**, Ed. Dover, New-York, 1953.

Thomas Kuhn, **La révolution copernicienne**, Livre de Poche/biblio/Essais no. 4146, Paris, 1992.

A. Koestler, **Les somnambules, Essai sur l'histoire des conceptions de l'Univers**, Livre de Poche, Paris, 1960.

J.-P. Verdet, **Une histoire de l'astronomie**, Ed. Seuil, Paris, 1990.

J. R. Roy, **L'astronomie et son histoire**, Ed. Masson, Paris, 1982.

# LA MYTHOLOGIE

## AU SERVICE DE L'ASTRONOMIE

Coecilia Iwaniszewska

Institute Astronomy

Torün (Pologne)

(suite et fin)

### 7. Calendriers en pierres, calendriers mouvants

Pour nous orienter dans le futur sur la position des planètes et du Soleil à certaines dates et sur la visibilité des étoiles les plus brillantes, nous disposons aujourd'hui des positions précises calculées à l'avance, ce sont les éphémérides ou les calendriers astronomiques. Tout est publié, imprimé ; on peut facilement en avoir une copie. Mais comment faisait-on avant l'invention de l'imprimerie, et avant même l'invention du papier comme support des manuscrits ?

Eh bien, le matériel qu'on pouvait utiliser dans ce cas, c'était la pierre. On connaît le fameux **El Caracol** (le colimaçon) du Chichen Itza au Yukatan, qui, comme on le dit, servait d'observatoire aux Mayas, mais qui, en réalité, peut être considéré comme un calendrier en pierre. Le bâtiment rond (avec des couloirs en spirale à l'intérieur) surmontait des terrasses orientées d'une manière spécifique. Le schéma (fig.5) montre quelles étaient les directions des escaliers, des angles de la terrasse, etc, en relation avec les positions du Soleil, de Vénus et des étoiles brillantes.

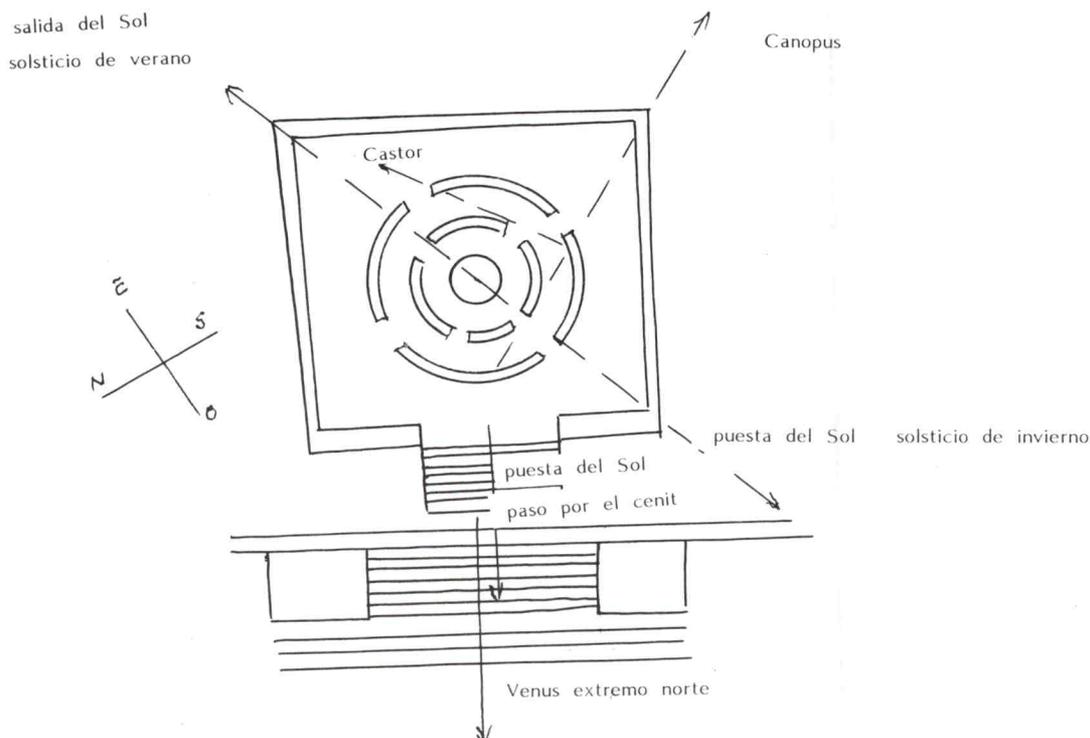


fig 5 - Plan simplifié des principaux alignements astronomiques

Regardons encore un autre plan, celui de Teotihuacan, une ville qu'on a commencé à exhumer des couches de terre et de végétation il y a cent ans... Dans ces lieux qui sont maintenant à une trentaine de kilomètres de la capitale du Mexique, il y avait un puissant Etat (était-ce un royaume ? je ne sais s'il y avait un roi) au premier millénaire de notre ère, de 200-300 après J-C aux environs de 900. Les principales constructions étaient des pyramides, celle du Soleil, celle de la Lune et d'autres plus petites. Elles étaient alignées le long d'une allée nommée "rue des Morts". L'emplacement des bâtiments avait été choisi en fonction de la direction des montagnes voisines. Les dimensions des escaliers de la pyramide du Soleil étaient liées avec la longueur de l'année et des cycles planétaires. (A.Wiercinski, 1977)

L'orientation des bâtiments était, en principe, liée aux directions des points cardinaux et plus particulièrement aux directions du lever et du coucher du Soleil aux solstices d'hiver et d'été. (J.Broda, 1982)

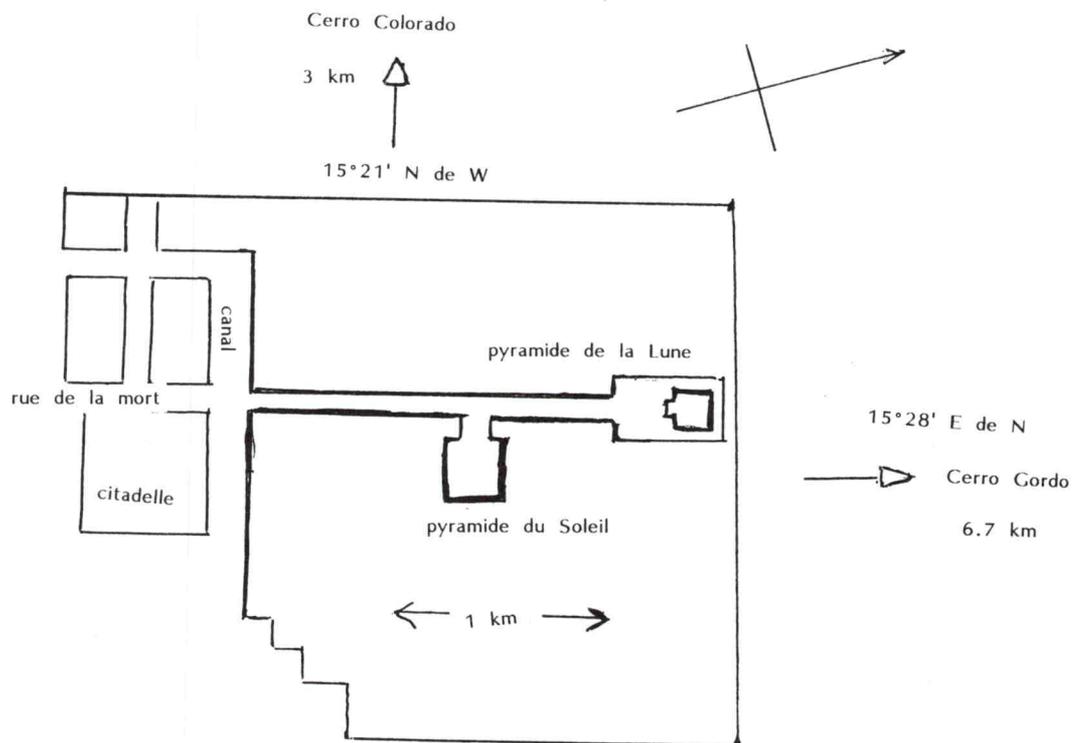


fig 6 plan simplifié de Teotihuacan

Dans une autre région du monde, en Chine, des villes entières furent construite selon l'orientation cardinale. L'axe principal des processions allait du Sud au Nord avec le palais de l'Empereur situé à la place de l'Etoile Polaire. C'est l'Empereur lui-même qui aurait désigné les points cardinaux à l'horizon et leur aurait attribué les banlieues. Tout ceci en accord avec

**Confucius** qui avait dit : *"Celui qui exerce son pouvoir par le moyen de la force morale peut être comparé à l'Etoile Polaire, qui tient sa position (centrale) pendant que toutes les autres étoiles lui payent hommage"* (c'est à dire tournent autour d'elle) (P.Wheatley, 1971).

Il semble que le palais de l'Empereur de Chine était l'équivalent de la zone circumpolaire, l'Empereur lui-même représentant le centre du monde. A Beijing ( nom anglais de Pékin), durant l'année, l'Empereur visitait les temples cosmiques qui étaient autour de son palais (gig.7). Il faisait ce mouvement dans le sens des aiguilles d'une montre, reliant de ce fait l'espace et le temps (E.C.Krupp, 1989). En visitant les différents temples, il annonçait le commencement de l'année et des saisons. C'était donc une sorte de calendrier mouvant.

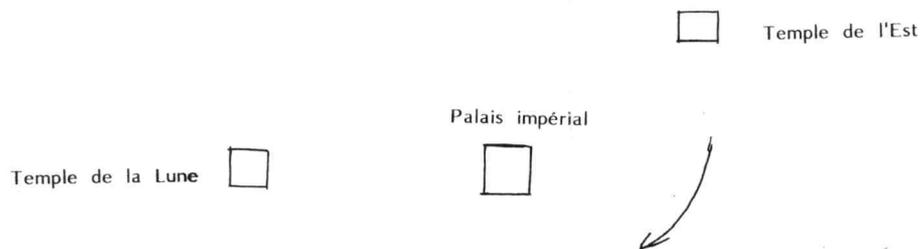


fig 7

## 8. Un peu de Shakespeare

Il y a quelques années, un linguiste de l'Université de Varsovie fit une étude sur la similitude des mythes de la littérature européenne du XVI ème siècle (P.Sadowski, 1987). En partant de **Hamlet**, le célèbre drame de Shakespeare, il raconte que la source principale de ce drame provient d'une chronique danoise racontant l'histoire de Amleth, fils de Honvedi qui gouvernait le Jutland. Au retour d'un voyage en Bretagne, le jeune homme apprend que son père est mort et que sa place a été prise par un usurpateur, le nouveau mari de sa mère, Teng. Amleth décide de venger son père et de tuer Teng.

En Islande, il y a une légende sur Ambales au thème similaire. Dans toutes les histoires de ce type, le héros, en revenant à la maison paternelle, veut détruire le palais hostile, acte de vengeance longtemps attendue. Ensuite, la vengeance assouvie, une autre époque

commence, avec de nouveaux souverains, c'est le bonheur pour le peuple et pour le pays. La destruction de l'ancien palais et le renversement du tyran correspondent au mythe de la fin du monde. On peut dire que l'histoire de Hamlet marque un tournant entre deux époques du monde : la vieille période sans lois et l'âge d'or qui a suivi.

Dans le drame de Shakespeare, c'est Hamlet qui meurt, mais dans les légendes scandinaves, celui qui s'est vengé vit heureux dans la suite des temps. De semblables thèmes de destruction du vieux cosmos pour en construire un nouveau se retrouvent dans d'autres pays, par exemple dans les mythes des Indiens Quiche au Guatemala pré-colombien. Mais il y a une différence : là, les ennemis tués par le héros salvateur sont transportés au ciel pour former le groupe des Pléiades. Voilà une autre légende attachée à ce groupe tellement populaire d'étoiles.

Au temps où William Shakespeare écrivit son drame, à la fin de la Renaissance, le public de son théâtre comprenait sans doute mieux que nous la signification de ces mythes ; on était plus accoutumé que nous ne le sommes aujourd'hui, à penser par mythes...

## **9. Un peu d'éducation**

Peut-on avoir recours aux mythes dans l'éducation ? Je pense naturellement en particulier à ceux qui ont un lien avec l'astronomie. On peut alors chercher si la représentation des événements astronomiques donnée par tel mythe est correcte ou ne l'est pas. Je crois qu'on trouve des exemples dans les mythes de tous les pays.

Lors du colloque 105 de l'UAI à Williamstown (USA, 1988) - dont j'ai parlé à l'assemblée générale du CLEA de novembre 1988 - Madame Marlan Othman, de Malaisie, nous entretint de ses expériences. Dans le groupe où elle enseignait, il y avait des étudiants venant de Malaisie et d'autres de Chine. Elle leur avait raconté une légende dans laquelle il était question de la Lune et du Soleil ainsi que de leurs distances à la Terre. Elle leur demandait de répondre sur quels points la légende donnait des distances correctes. Elle constata que 24% des Chinois et 80% des Malais n'avaient pas vu une incorrection du récit légendaire. La raison de cette différence de réaction était que certains Chinois n'avaient pas très bien compris le récit alors que les Malais avaient en général de fausses notions sur la gravitation, sur la structure de l'Univers sur les couches de l'atmosphère, etc. Marlan Othman en déduisait qu'il est très important de connaître "l'arrière-plan" du raisonnement de ses étudiants. Les mêmes faits physiques présentés à des groupes d'étudiants aux mentalités différentes, imprégnés d'idées a priori peut-être fausses, donnent des résultats très inégaux. Ceci s'apparente aux idées développées par Joseph Nussbaum dans une série d'articles publiés récemment par les **Cahiers Clairaut**.

## 10. Comparer divers domaines de l'esprit humain

Les légendes et les mythes mêlent à la culture générale de la société. Mais d'où vient cette culture ? D'ordinaire, nous ne nous préoccupons pas beaucoup de ce qui se passe dans les domaines de la culture autres que ceux directement liés avec la science.

Notre Collègue astronome du Paraguay, le professeur Alexis Troche Boggino (A.T.B. 1991) a conçu un diagramme qui met en parallèle ce qui se passait dans le domaine de la science et de la technologie et dans d'autres domaines, philosophie, littérature, beaux-arts. Il a choisi une période de trois cents ans qu'on peut naturellement élargir vers un passé plus lointain ou vers une période plus récente. Je crois que le diagramme du professeur Troche (fig 8) est extrêmement utile, qu'on peut en déduire beaucoup de choses pour enrichir nos connaissances et notre enseignement.

Mentionnons aussi les liens entre mythes et culture. Problème d'éthique : les hommes n'ont-ils pas voulu présenter leurs défaillances ou leurs péchés comme le résultat de l'action des dieux ?

Pour finir, voici une citation d'un écrivain mexicain, **Alfonso Reyes** (1889-1959) extraite de son oeuvre Vision de Analmac :

*"Quelle que soit la doctrine historique que nous professons, nous sommes tous liés à nos aïeux (...) par nos efforts communs pour conquérir notre féroce et indomptable nature, l'effort qui est le fondement de l'Histoire. Mais nous sommes unis aussi par un élément bien plus profond ; l'émotion quotidienne en face des mêmes phénomènes de la nature. Et ce choc à notre sensibilité en présence de l'Univers forme et engendre une communauté des âmes."*  
(J.L. Vallarta Marron, 1991)

### REFERENCES

N.B. Toutes les citations données dans cet article ont été traduites en français par l'Auteur.

1. **Broda, J.** (1982) : Arqueoastronomia y desarrollo de las ciencias en el México prehispánico, en Simposio de Historia de la Astronomía en México ; éd.M.A.Moreno Corral (México, pp.69-117).
2. **Dicks, D.E.** (1970) : Early Greek Astronomy to Aristotle, (New York).
3. **Iwaniszewska, S** (1982) : Mitología y Arqueoastronomia en Simposio de Historia de la Astronomía en México ; éd M.A.Moreno Corral (pp.119-149).
4. **Krupp, E.C.** (1989) : The cosmic Temples of Beijing, in World Archeoastronomy ; éd A.Aveni, Cambridge University Press, (pp. 65-75)
- 4a. **Léon-Portilla M.**(1961), Los Antiguos Mexicanos a través de sus crónicas y cantares, Fondo de Cultura Económica, México..
5. **Leon Portilla, M** (1982) : Astronomía y cultura en Mesoamérica en Simposio de Historia de la Astronomía en México (pp 1-8).
6. **Markowska, W** (1965) : Mitygreckie (mythes grecs), Warszawa.
7. **Maupomé, L** (1982) : Reseña de las Evidencias de la Actividad astronómica en la América antigua , en simposio de México. (pp 9-68)

8. **Mc Nally, D** (1990) : The IAU and global change, Science International-ICSU Newsletter n°41 (pp.11-12)
9. **Menon. M.G.K.** (1990) : Coping with global environmental change, the role of science and technology ; Science International-ICSU Newsletter n°41 (pp.51-55)
10. **Mickiewicz, A** (1823) : Crazyna, éd de 1957, Warszawa.
11. **Mickiewicz, A** (1834) : Pan Tadeusz (Monsieur Theddé) éd de 1955, Warszawa
12. **Othman, M** (1990) : Influence of culture on understanding astronomical concepts ; Proceedings of the 105 th colloquium of the IAU, éd J.M.Passachoff, J.R.Percy, Cambridge University Press (pp 239-242)
13. **Raghavan, N** (1989) : Kumbh Mela, the super festival ; Krittika-Nehru Planetarium, Newsletter I, 1, New Delhi (pp.1-3)
14. **Sadowski, P.** (1987) : The "Cosmic caesura" in Hamlet story ; A study in comparative Mythology, History of Religions, XXIII, 3 (pp.225-308)
15. **Suchochi, J.** (1987) : Costouce nobinoca (que fait le Soleil pendant la nuit) ; Ethnografia Polska, XXXI, 1 (pp.139-159)
16. **Troche-Boggino, A.** (1991) : Hacia una Astronomia a la cultura a nivel superior, en la cultura astronomica en la sociedad moderna ; éd G.Vicino, Montevideo.
17. **Vallarta Marron, J.L.** (1991) : Introduccion en Sztuka Major - Katalog (L'art des Mayas - le catalogue de l'exposition) ; Paustwowe Muzeum Aecheologierne, Warszawa (pp.4-5)
18. **Wheatley, P.** (1971) : The pivot of the four quarters ; Chicago.
19. **Wiercinski, A.** (1977) : Time and Space in the sun pyramid from teotihuacan ; Polish contributions in the New World Archeology, Polska Akademia Neeulk, Krakow I (pp.87-103)
20. **Wiercinski, A.** (1981) : Anthropogenesis - the evolution of civilization ; Warszawa (P.31)

#### LISEZ LE PAF !

Beaucoup de stages de formation parus aux PAF dans les Académies font référence à l'astronomie : elle apparaît en effet dans les nouveaux programmes de Sciences de la Terre et dans ceux de Physique, en particulier dans les options de 1ère S. Elle reste présente dans les programmes de sciences physiques du collège (4ème) et dans ceux de mathématiques du lycée (TA2).

Le CLEA envisage de publier rapidement de nouvelles fiches pédagogiques concernant ces enseignements. Nous vous en parlerons à la rentrée...

## PETITE HISTOIRE D'UN GRAND PROJET

*ou comment, avec de petits moyens et une grande équipe, le Collège George SAND s'est doté d'un planétarium moyen de 35 places...*

35 places, 6 mètres de diamètre : une taille avant tout pédagogique ! conçu pour une classe, il permet de visualiser le ciel sous toutes les latitudes et à n'importe quelle époque de l'année ( 800 étoiles, les 5 planètes visibles, Soleil et Lune, le minimum nécessaire pour une infinité de séances ). Un circuit vidéo permet de diffuser des images au cours des séances.

### **Un outil pédagogique...**

C'est dans cet esprit avant tout que cet outil a été pensé : plusieurs salles complètent les possibilités du planétarium ( n'oublions pas que cet outil reproduit le ciel "moyenâgeux" en présentant la "sphère des fixes" sans pouvoir donner une idée copernicienne ou einsteinienne de l'Univers! ). En complément, une salle d'expérimentations ( planétaires, cartes du ciel synoptiques, pendule de Foucault... ) et une salle d'informatique permettent aux jeunes de consolider leurs connaissances et, surtout, de pousser leur réflexion afin d'engager une discussion avec l'animateur.

### **Une palette variée...**

Ainsi de nombreuses séquences sont possibles " à la demande": le ciel ce soir, les planètes, le Soleil, les phases de la Lune, les galaxies...Chacune de ces séquences, adaptée au public homogène d'une classe, visualise les objets célestes, propose une matérialisation en salle d'expérimentations, dégage des questions essentielles et incite les jeunes élèves à donner leur représentation de l'Univers.

### **Une longue gestation...**

C'est l'aboutissement d'une réflexion mettant un terme à 4 années de construction : une idée de plafond " céleste" dans une salle de Sciences amorcée par le club "Ciel & Espace" a permis de déposer un projet ambitieux : un **Planétarium** dans un Collège...Le plan "imaginatif" proposé par le Conseil général de la Vienne, avait retenu cette idée : le financement permettait l'infrastructure en parpaings ( réalisation S.E.S du Collège ) et l'édification de la coupole ( faite par le L.E.P Réaumur de Poitiers ). Une deuxième tranche de financement à laquelle se joindra le Ministère de la Recherche et de la Technologie et la Ville de Châtellerault permettra l'achèvement du projet : le mobilier ( S.E.S ), peinture et agencement ( des agents ), et, le planétaire ( seule réalisation hors éducation nationale, 50% du coût du projet ).

### Des innovations technologiques...

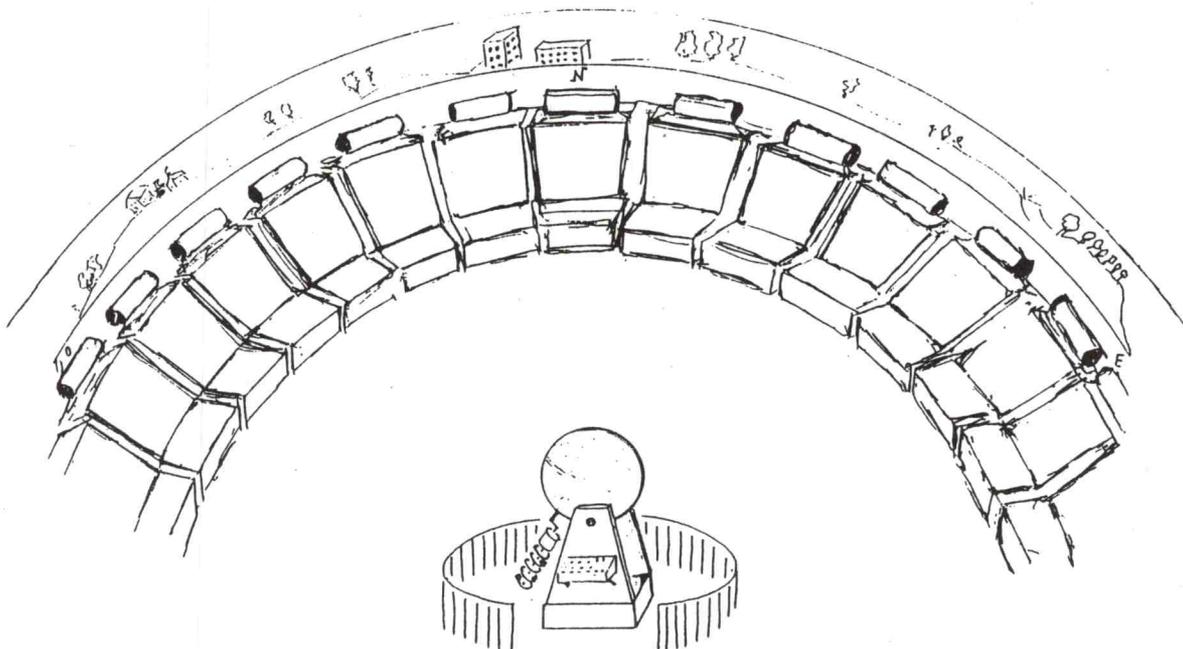
Une coupole en tôle d'acier perforée et galbée identique aux structures des grands Planétarium ( La Villette, Poitiers...). Les fauteuils de la rangée périphérique disposent de sièges relevables et d'appuie-têtes. Ceux-ci sont d'une très grande simplicité, d'une excellente robustesse : réalisé à partir de panneaux de contreplaqués recouvert de mousse et tissu ignifugés, il ont été facilement réalisables par les adolescents de la Section spécialisée. La rangée centrale et le pupitre de commande du planétaire a été dessiné et réalisé par des agents d'entretien. Dernière idée originale : le circuit vidéo et sonorisation comporte des téléviseurs situés à l'extérieur de la coupole : l'image est vue à travers le tamis de la coupole. ( L'ANVAR avait suivi notre projet et elle a participé financièrement ).

### 50 % du projet à finir : l'animation...

L'inauguration a eu lieu le 26 juin 1992 en présence de M. le Ministre et Président du Conseil général de la Vienne, Mme le Premier Ministre et maire de Châtellerauld, M. le Recteur, M. l'Inspecteur d'Académie...A la rentrée scolaire de septembre, un jeune militaire du contingent est nommé pour assurer l'animation : c'est un physicien de formation. En quelques semaines, il a acquis les techniques de manipulation du planétaire et un minimum de connaissances en astronomie permettant d'assurer toutes les séances de base. Ajoutons que ses qualités en animation lui permettent déjà de drainer les élèves du club 2 séances par semaine.

### Un projet tourné vers le futur...

L'espace Astronomie attend maintenant les classes de la maternelle au Lycée ; préfigurant l'entrée dans le XXI<sup>ème</sup> siècle, cet espace offre deux garanties : maintenir l'intérêt des jeunes pour le Cosmos et offrir une transdisciplinarité avec les Sciences de la Terre et de l'Univers inscrites dans les programmes scolaires. Tout cela conçu dans un esprit didactique montrant la Science en action.



## OBSERVER LES ETOILES VARIABLES A L'ECOLE

L'étude des *Etoiles Variables* est une des branches les plus fécondes de l'Astrophysique stellaire. C'est aussi un des derniers domaines dans lequel un amateur modestement équipé peut encore espérer apporter une contribution utile (et appréciée) aux travaux des astronomes professionnels. On trouvera une étude plus précise des causes de leurs changements d'éclat dans Verdenet (1981). Disons pour résumer que la cause de ces variations peut être intrinsèque (il s'agit généralement d'étoiles pulsantes) ou purement géométrique (une étoile moins brillante vient périodiquement occulter une étoile plus brillante). Dans le premier cas, on cherche à observer l'ensemble de la variation et principalement les *maximums* d'éclat alors que dans le second, on s'intéresse plutôt aux *minimums*.

Faire de la photométrie visuelle à l'école semble être de prime abord un programme ambitieux, voire irréalisable. Un tel projet exige en effet une grande habitude et beaucoup de patience. Les étoiles à grande amplitude de variation ont des cycles de plusieurs dizaines, voire quelques centaines de jours. Tout cela ne paraît guère convenir à un projet scolaire qui au mieux ne peut se dérouler que sur quelques semaines et dont la mise en oeuvre doit rester aussi simple que possible. Néanmoins, quelques auteurs ont étudié la possibilité et l'intérêt de l'observation des étoiles variables dans le cadre de la classe. Sauf Ros-Ferré (1991), il n'existe à notre connaissance aucune littérature en français sur ce problème et il a paru nécessaire de faire une synthèse des études antérieures en prenant en compte les conditions propres à notre système éducatif. Les techniques d'observation et de réduction des mesures ne seront toutefois pas abordées (voir à ce propos Verdenet, 1981 et Ros-Ferré, 1991).

### POURQUOI OBSERVER LES ETOILES VARIABLES

L'observation par des élèves des variations de l'éclat de certaines étoiles est une activité dont l'intérêt pédagogique n'est pas négligeable. Levy (1987), qui s'intéresse surtout à ce qui correspond chez nous au cycle terminal de l'Ecole Élémentaire et aux premières années du Collège (7 à 12 ans), remarque que le caractère magique de leurs changements d'éclat ("*the magic of variable stars*") fait de ces étoiles une introduction idéale à l'Astronomie ("*a key to introducing children to astronomy*"). Gaskell (1991) montre comment leur observation aide les élèves à établir un lien entre ce qu'on leur apprend de l'astronomie et leur expérience personnelle du ciel.

A la réserve près que cette observation est peut-être difficile (mais pas impossible) à pratiquer avec de jeunes enfants, ces remarques sont tout à fait justifiées. Le ciel de nos élèves (celui des adultes aussi...) est un ciel "médiéval": une sphère où sont accrochées les étoiles, elles mêmes souvent associées à des concepts totalement étrangers. Combien d'entre eux par exemple associent les étoiles à un décor pour ciel de vacances... Il y a un décalage évident entre les concepts abstraits présentés par le maître (énergie, lumière ou rayonnement, par exemple) et l'expérience personnelle de nos élèves. Leur montrer que les étoiles sont aussi

des objets physiques en évolution perpétuelle, leur donner l'occasion d'observer un phénomène inhabituel, fascinant et intrigant aiderait probablement à réduire ce décalage.

Une telle observation devrait donc finalement conduire à mieux percevoir "le ciel", ce théâtre grandiose où il se passe toujours quelque chose. En outre, comme on ne peut pas observer n'importe quoi n'importe quand, un tel projet oblige les élèves à planifier leur activité (parfois sur une période de temps assez longue), à assurer la conservation de leurs résultats pour traitement ultérieur, à critiquer ces résultats, à faire des hypothèses sur ce qui se passe là-haut. Enfin, la régularité du phénomène se prête admirablement à de nombreuses activités: rechercher une période, faire des hypothèses sur la cause de la variation, prédire ce qui va se passer. Les élèves sont ainsi tout naturellement conduits à pratiquer une démarche authentiquement scientifique.

#### QUELLES ETOILES OBSERVER?

La réalisation d'un tel projet en milieu scolaire impose un certain nombre de contraintes dont certaines sont incontournables, ce qui limite singulièrement le nombre des étoiles observables. Gaskell (1991) définit un certain nombre de critères de choix parmi lesquels on peut retenir les suivants:

- \* l'étoile doit être observable sur toute sa courbe de lumière,
- \* on doit pouvoir disposer d'une séquence de comparaison commode,
- \* sa période de variation doit être de l'ordre de la soixantaine de jours (ou moins) sous peine de voir les élèves se décourager,
- \* elle doit être visible le soir pendant toute la période d'observation.

Nous pensons que ces contraintes sont en fait encore plus sévères. Ainsi, l'éclat de l'étoile doit toujours être plus brillant que la magnitude limite d'au moins une magnitude, sous peine de voir l'oeil "photométrique" cesser d'être fiable. Mais la plus grande partie de nos élèves résident maintenant en environnement urbain (magnitude limite de l'ordre de  $m=4$ ). Il en résulte que non seulement l'étoile doit être très brillante ( $m < 4$ ) mais encore que sa déclinaison doit être suffisamment élevée pour qu'elle soit commodément observable pendant la majeure partie de la période d'observation.

Les critères retenus par Gaskell (1991), aggravés par la nécessité de tenir compte des contraintes imposées par l'observation en site urbain, éliminent immédiatement les étoiles variables irrégulières et semi-régulières dont les changements d'éclat sont peu spectaculaires, les *Mirae* dont les variations s'étalent généralement sur des périodes trop longues et dont les minimums sont inaccessibles et les Céphéides de faible amplitude ou trop peu brillantes.

Ceci étant posé, La littérature disponible sur l'observation visuelle des étoiles variables en environnement scolaire n'insiste généralement pas sur un aspect essentiel. On peut en effet se fixer deux objectifs différents: soit (a) se borner à constater une variation d'éclat, soit (b) étudier cette variation et sa périodicité. L'objectif (a) est bien adapté à l'Ecole Elémentaire; l'objectif (b) convient plutôt au Collège ou au Lycée parce qu'il

suppose la mise en oeuvre de concepts non directement liés à la photométrie (calendrier, congruence, etc.).

En définitive, quatre étoiles seulement peuvent être retenues. Elles apparaissent avec leurs caractéristiques dans le tableau I ci-dessous,  $\alpha$  Cygni constituant un cas un peu particulier

Etoile	Type	magnitude	Période	Objectifs
$\beta$ Persei	E	2.4 à 3.2	2,67 j.	a,b
$\beta$ Lyrae	E	3.3 à 4.2	12.91 j.	b
$\delta$ Céphée	Cep	3.9 à 5.1	5.37 j.	b
$\alpha$ Cygni	Mira	3.3 (max.)	400j.	a

Tableau I: Quelques étoiles variables observables à l'oeil nu (E: binaire à éclipses; Cep: Céphéide). Source: AAVSO *Atlas of Variable Stars*

La figure 1 montre des cartes simplifiées pour chacune de ces étoiles avec les étoiles de comparaison recommandées. Des éphémérides donnant les phases de ces étoiles sont en général publiées dans les revues astronomiques d'amateur. Pour les méthodes d'estimation d'éclat et de traitement des observations, voir Ros-Ferré (1991).

#### DIFFICULTES PROPRES A L'OBSERVATION VISUELLE

Il existe un autre spect du problème. Certaines étoiles (les éclipsantes comme  $\beta$  Persei) supposent que l'on observe à une date précise pendant quelques heures. On rappelle à ce propos qu'une éclipse d'Algol dure une dizaine d'heures (4 heures pour la chute d'éclat, ou sa remontée, et une vingtaine de minutes pour le minimum), ce qui oblige à observer au moins deux soirées si on veut la couvrir totalement. Pour d'autres étoiles (Céphéides et Mirae), il est nécessaire de faire une observation chaque soir pendant quelques jours ou quelques semaines et le programme risque de durer trop longtemps. Il y a là un risque car nos élèves ont l'impatience de leur âge et se démotivent très vite (Ros-Ferré, 1992).

En théorie, on peut étudier une éclipse d'Algol en deux soirées. Mais les éclipses favorables (minimum survenant dans la première partie de la nuit) se reproduisent assez rarement. Ainsi, entre le 1 octobre et le 31 décembre 1992, Algol a connu 32 minimums, dont 7 seulement survenant dans la première partie de la nuit. 3 d'entre eux se produisaient alors que la Lune dans une phase avancée était au dessus de l'horizon. Deux seulement ont finalement pu être observés à La Rochelle pendant cette période. De même, les stagiaires de l'Université d'Eté de Gap 1992 ont eu la chance de tirer quelques résultats intéressants sur Algol (fig.2).

L'observation d'une Céphéide est moins sensible aux aléas de la météo car la variation affecte toute la courbe de lumière. De plus, ce type d'étoile se prête bien à l'observation individuelle "à la maison". Toutefois, il faut recueillir un certain nombre d'estimations à diverses phases pour avoir des chances de résultats

et il vaut mieux choisir une étoile dont le cycle de variation est assez court. En mettant les choses au mieux, il faut observer pendant trois à quatre semaines pour construire une bonne courbe de lumière sur une Céphéide comme  $\delta$  Cephei (période: 5.37 j.).

On notera enfin que les maximums de  $\alpha$  Cygni (variable à longue période du type Mira) ne sont pas toujours commodément observables à l'oeil nu. De plus, comme la période est de 400 jours environ, ils se décalent d'année en année et les créneaux favorables (maximum se produisant au cours de l'intervalle où l'étoile est visible dans la première partie de la nuit) sont assez rares. Ainsi, les prochains maximums favorables de  $\alpha$  Cygni auront lieu en juillet 1995, août 1996 et octobre 1997. Seul le dernier pourra être observé facilement par des scolaires, sans avoir à attendre trop longtemps que la nuit soit enfin tombée.

#### OBSERVER...EN RESTANT DANS LA SALLE DE CLASSE

Il découle de ce qui précède que la construction d'une courbe de lumière à partir d'une série d'observations visuelles n'est pas une affaire simple et que le risque d'échec est loin d'être négligeable. Le manque d'expérience, de mauvaises conditions météo viennent trop facilement gâcher le projet le mieux préparé... et une nouvelle occasion ne se présente parfois que très longtemps après. Faut-il alors abandonner tout espoir de faire un travail sérieux avec une classe?

Gaskell (1991) et Ros-Ferré (1991) conseillent à juste titre de faire construire une courbe de lumière en salle, à partir de photos. Les estimations d'éclat sont même souvent de meilleure qualité et le risque de voir la soirée d'observation ruinée par les nuages (avec celui de voir les élèves se décourager) est ainsi supprimé. Le travail en atelier se fait à une heure "scolaire", à tête reposée, sans l'angoisse "de rater la manipe". L'observation collective nocturne n'est plus exclusivement consacrée à la photométrie, quitte à faire faire quelques estimations d'éclat au besoin sur des étoiles variables, par exemple au cours d'une séance de découverte des constellations. Enfin, tout un cycle de variation se déroulant normalement sur plusieurs jours (cas d'une Céphéide) peut être "ramassé" sur une ou deux heures.

Contrairement à l'opinion généralement admise, il est tout à fait possible de se constituer une banque de diapositives pour l'étude des variables. On peut même confier cette tâche à des élèves motivés même s'ils résident en plein centre ville. L'auteur a pu réaliser des images d'Algol avec un simple boîtier 24x36 monté sur un pied photo installé dans un jardin situé pratiquement en plein centre ville et entouré de façade généreusement éclairées (Ekta 200 ISO, 1 minute à f/1,8). Un autre avantage est qu'un plus grand nombre d'étoiles à grande amplitude mais trop faibles deviennent accessibles, par exemple:  $\xi$  Geminorum (à peine visible à l'oeil nu en ville), W Geminorum, RR Lyrae ou RZ Cassiopeia...

A ceux qui objecteraient que l'observation en milieu scolaire consiste avant tout à faire sortir les élèves dehors et à leur faire lever les yeux (objection tout à fait justifiée), on pourrait répondre qu'après tout c'est en étudiant des plaques photographiques

qu'Henrietta Leavitt découvrit à Harvard la relation Période-Luminosité des Céphéides, cruciale pour la solution du problème des distances. C'est également en étudiant des clichés du ciel que l'on découvre, presque chaque jour et souvent par hasard, de nouvelles variables. On suggérera quand même aux élèves de pratiquer aussi l'observation visuelle, sans nécessairement chercher à construire une courbe de lumière.

La construction de la courbe de lumière d'une Céphéide est une activité aux multiples prolongements et qui conduit tout naturellement à l'Histoire de l'Astronomie. Levy (1987) remarque que la vie exceptionnelle de Goodricke, le presque légendaire "berger sourd-muet" qui découvrit la périodicité d'Algol, est suffisamment passionnante pour intéresser de jeunes élèves. On peut aussi exploiter les mesures pour rechercher une période (voir: Acker & Jaschek, 1981). A un niveau plus avancé, on peut montrer comment les Céphéides ont permis de comprendre la nature extragalactique de certaines "nébuleuses". Les étoiles variables recouvrent un immense champ cognitif: elles offrent la possibilité "d'enseigner autrement" un certain nombre de concepts et surtout de pratiquer une démarche intellectuelle (établir un protocole d'observation, collecter des estimations, les traiter, modéliser, confronter à l'observation, etc.). Pratiquer les étoiles variables à l'école est une activité idéale pour les fameux ateliers de pratique qui commencent à apparaître dans nos Lycées et nos Collèges.

#### CONCLUSION

En définitive, il est parfaitement possible d'aborder l'étude des étoiles variables à l'Ecole, tout au moins au Lycée, voire au Collège. Même si le nombre en est assez restreint, quelques étoiles sont tout à fait à la portée de nos élèves et les chances de succès seront grandement améliorées si on travaille à partir de documents photographiques ou mieux de diapositives. Cette activité est même tout à fait adaptée aux ateliers de pratique à vocation scientifique. Si tout va bien, une série de diapositives sur le sujet devrait prochainement voir le jour...

Jacques VIALLE

#### REFERENCES

- ACKER (A.), JASCHEK (C.), 1981: *Astronomie: méthodes et calculs*, Masson  
VERDENET (M.), 1981: Des observations passionnantes et utiles: Observons les étoiles variables, *Cahiers Clairaut*, 15,3  
LEVY (D.H.), 1987: Can Variable Stars be introduced to Children?, *J. Amer. Assoc.Var. Star Obs.*, 15,282  
GASKELL (C.M.), 1991: Variable Star Observations in an Introductory Astronomy Course, *J. Amer. Assoc.Var. Star Obs.*, 20, 41  
ROS-FERRE (R.M.), 1991: Une étude d'étoiles variables, *Cahiers Clairaut*, 56, 10  
ROS-FERRE (R.M.), 1992: Algol, Changing Spirit, *Newsletter: Commission 46 of the International Astronomical Union*, 27

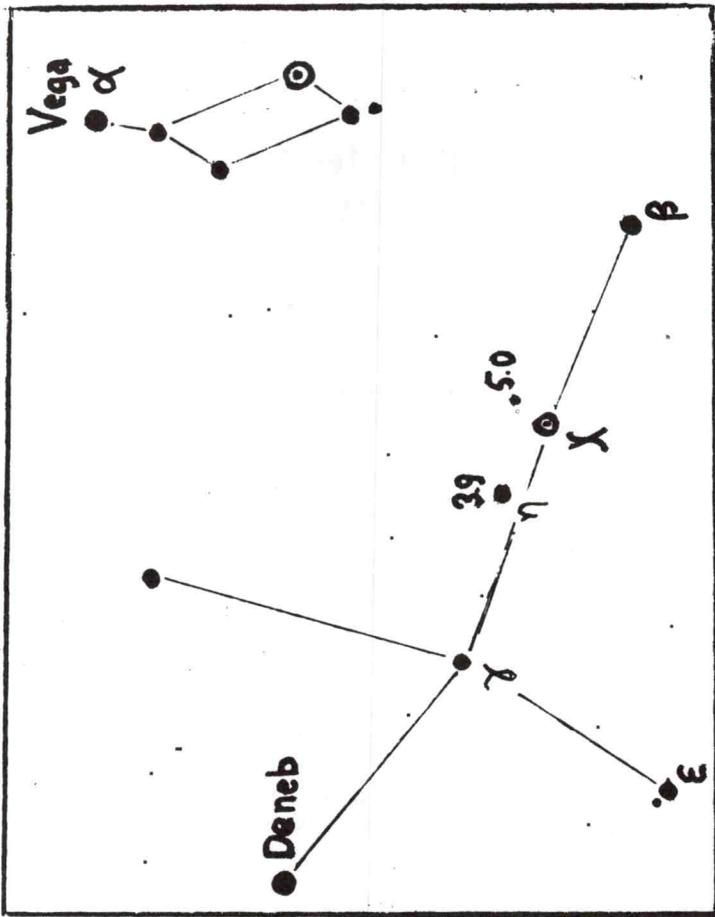


Fig.1 (ci-dessus, de gauche à droite): Cartes de champ simplifiées des variables  $\beta$  Persei (Algol),  $\delta$  Cephei, Lyrae et  $\chi$  Oynni

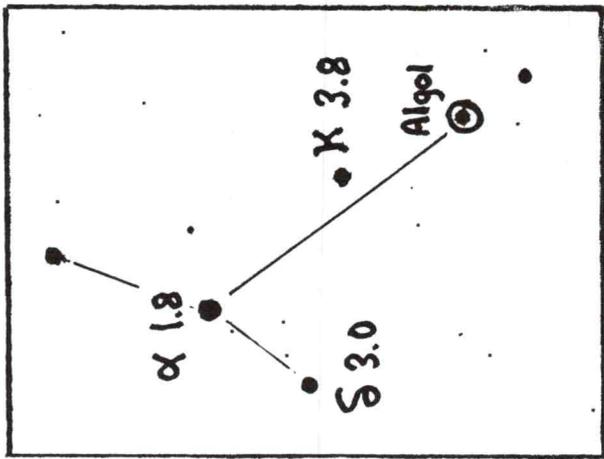
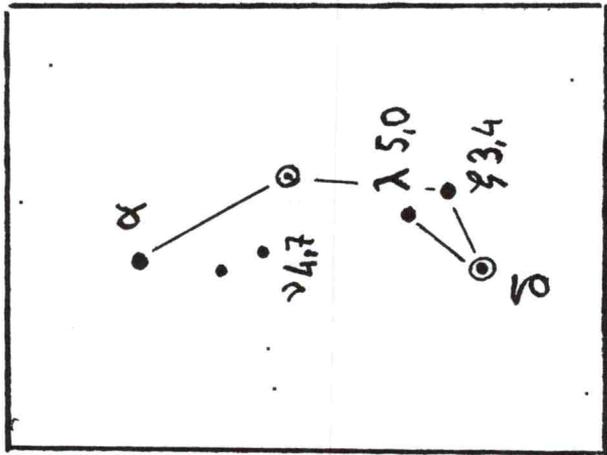
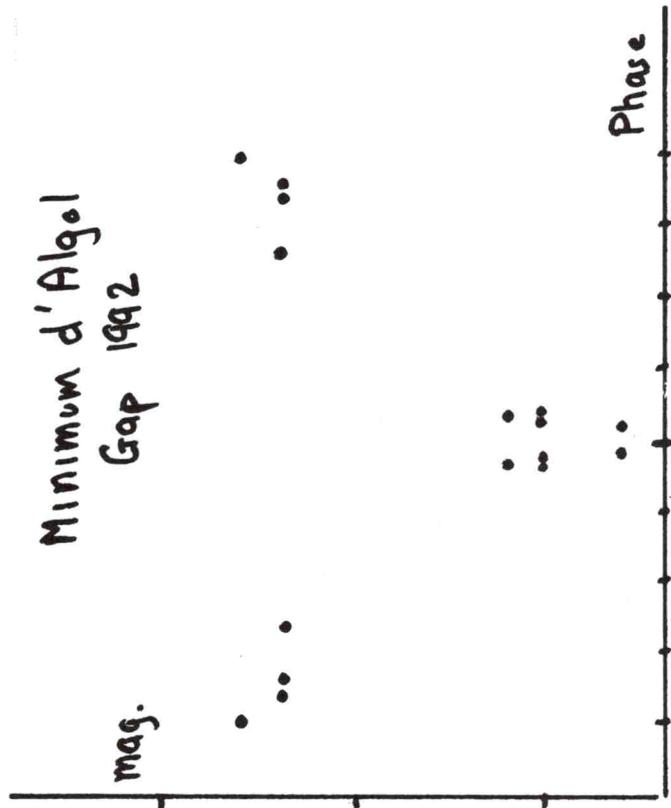


Fig.2 (ci-contre): Observations du minimum d'Algol (Gap 1992). Compositage de 10 estimations visuelles.



## Chronique du CLEA - Courrier des lecteurs

**Notre couverture** . Chaque année, - c'est devenu une bonne habitude -, notre Ami Daniel Bardin nous propose un nouveau dessin pour la couverture des quatre numéros à venir des **Cahiers Clairaut**. Cette année, il avait placé son inspiration sous le double signe de Copernic (450<sup>ème</sup> anniversaire du **De Revolutionibus**) et de l'Europe. Avec ses commentaires, p.39 du Cahier 61.

Dès réception du numéro, un lecteur d'Alès, Rémy Blanc nous a écrit : "*Si Philéas Fogg refaisait son tour du monde, il perdrait son pari à en juger par la numérotation des méridiens... à moins que le printemps ne tombe le Premier Avril !*"

Daniel aussitôt alerté se défend, il a numéroté les méridiens comme des ascensions droites, donc dans le sens direct. D'ailleurs la ligne marquée 0h n'est pas le méridien de Greenwich, il a choisi de le faire passer près de Maubeuge, de Bergères-les-Vertus et de Dizy-le-Gros qui sont des lieux chers à notre ami alors qu'à Greenwich il n'a jamais mis les pieds. Y voir donc une illustration du célèbre adage "Chacun voit minuit à sa porte".

D'ailleurs observez bien, en haut et à gauche, Copernic regarde le dessin en amorçant un sourire, ce qui était rare chez cet homme austère.

**Réponse à K.Mizar** . Michel Etienne (de Toulouse) nous écrit à propos de la question sur l'observation des habitants de la Lune par John Herschel lors de son séjour à Ste Hélène. K.Mizar n'était pas fier de colporter cette légende. "*Il semble qu'une réponse soit donnée par Lucian Boia dans **L'exploration imaginaire de l'espace** (éd La Découverte 1987, p.36) ; il s'agirait d'une mystification, d'une fausse nouvelle lancée par le journaliste américain Richard A.Locke en 1835.*"

K.Mizar remercie Michel de cette référence et de cette explication. La juste renommée de John Herschel est intacte.

**Des stages** . A Angers, un stage organisé par l'Association Astronomique d'Angers (AAA) a réuni 35 participants ; il avait fallu refuser 20 candidatures. Lettre de Georges Heulin.

Au planétarium de Poitiers, nos amis de l'équipe de La Rochelle ont été rejoints par Liliane Sarrazin et Jean Ripert pour un stage académique qui a été un franc succès, y compris pour le trésorier du CLEA qui a enregistré les ventes de matériel à cette occasion.

**Le carnet du professeur Bigibus...** qui est ainsi nommé parce qu'il a deux chapeaux, un galure d'aspect géométrique et un bonnet semé d'étoiles ; deux chapeaux mais pas tant de tête que ça. Sur son carnet, il note, au hasard de ses lectures, des citations remarquables ou des réflexions personnelles.

- Une énigme non résolue : identifier l'auteur de la citation donnée dans le Cahier 60, p.30 ; "*Une autre utilité plus grande encore qu'on peut tirer des pendules, c'est que, si l'on y regardait bien, à chaque chose qu'on fait ou qu'on dit, on verrait qu'il n'est presque jamais l'heure de dire ce qu'on dit ni de faire ce qu'on fait.*" L'auteur est Maupertuis dans sa **Lettre d'un horloger anglais à un astronome de Pékin**

- Dans **L'ouvert** (n°70, mars 93), le journal de l'IREM de Strasbourg, un passionnant article de Jean Lefort sur l'horloge astronomique de la cathédrale. Avec pour finir cette sage remarque : une bonne commande informatique réglerait de façon plus précise cette horloge archaïque. Mais l'ordinateur est une boîte noire alors que les engrenages fournissent un modèle imagé... et proposent au mathématicien de délicieux problèmes arithmétiques.

**Encore pour K.Mizar**. Gérard de Vaucouleurs, de l'Université du Texas, lui signale que l'histoire du "Great Moon Hoax" a été racontée par D.Evans dans **Sky & Telescope** de septembre et octobre 1981 complétée par M.Crowe en novembre 1981. D'autre part, page 24 du même **Cahier Clairaut 61**, l'observatoire de Huggins fut établi en 1856 (pas 1956, visiblement une faute de frappe). K.Mizar remercie G.de Vaucouleurs pour cette lecture attentive et regrette moins cette faute de frappe qui lui donne l'occasion, de très loin, de le saluer amicalement.

# Pour une histoire de la Galaxie

## (5)

Dans les quatre premières parties de ce feuilleton, j'ai prétendu traiter de l'histoire de la Galaxie mais il n'y a jamais été question que de la Voie Lactée : son exploration, des essais de dénombrement de ses étoiles et plus généralement de ses richesses. Le concept de galaxie restait à naître et ce sera le sujet de cette cinquième partie : comment un fameux GRAND DEBAT, le 26 avril 1920, marqua la difficile parturition du concept qui se résume dans la formule **la Galaxie dans le royaume des galaxies**.

### ETAT DES LIEUX

Pour bien comprendre la signification et la portée du grand débat, il me paraît utile de dresser un tableau rapide mais si possible complet de l'état des lieux, c'est à dire ce que la communauté des astronomes, à ce moment, pense sur les sujets suivants : dénombrements d'étoiles, mouvements stellaires, classification spectrale des étoiles, classification des nébuleuses, mesure des distances. Sur chacun de ces sujets, un grand nombre d'astronomes surtout européens et américains mais aux orientations et aux spécialités très diverses ont accumulé des données qui vont être à la base des échanges du grand débat et par suite à la base de la nouvelle architecture de l'Univers qui va en résulter.

**Les dénombrements d'étoiles** prolongent et perfectionnent les données de Herschel. Le méticuleux catalogue dressé par Argelander donne les positions de 324 000 étoiles de magnitude inférieure à 9.5 (Bonner Durchmusterung, 1852-59). Il est étendu à l'hémisphère sud par un astronome argentin, Juan Thomé. Dans ce domaine, Pickering perfectionne les mesures photométriques et Jacobus C. Kapteyn (1851-1922) - qui va jouer un rôle important dans notre feuilleton - intervient déjà ici en exploitant de façon méthodique et précise les ressources de la photographie. Pour donner une idée des dénombrements de Kapteyn, citons ce résultat : densité d'étoiles à peu près constante autour du Soleil jusqu'à la distance de 100 parsecs (1 parsec = 1 pc = 3.26 années de lumière) ; cette densité décroît de façon continue et rapide dans la direction des pôles galactiques, lentement dans le plan de la Voie Lactée. Cela reste très schématique mais cela suffit pourtant à la définition d'un repérage spécifique à la Voie Lactée, les longitudes et latitudes galactiques (on repère les longitudes dans le sens direct à partir de l'intersection du plan moyen de la Voie Lactée avec l'équateur céleste dans la constellation de l'Aigle, les latitudes à partir du plan moyen de la Galaxie, en notant latitude galactique Nord celles qui sont du même côté du plan galactique que le pôle céleste Nord). Dans ces conditions, la région la plus brillante de la Voie Lactée, dans le Sagittaire a une longitude galactique de 330° avec deux autres maxima relatifs dans le Cygne (40°) et le Navire (260°) alors que dans Persée, la Voie Lactée est une lueur à peine visible.

Insistons, en passant, sur le rôle de la photographie dans les découvertes de l'époque. On fut tout de suite attiré, les astronomes aussi bien que le public, par les belles images de quelques très beaux objets, la photo de Messier 13 obtenue par Ritchey au télescope du Mont Wilson. Un véritable engouement pour les belles images célestes, surtout les images de galaxies, j'en garde le souvenir dans les années 1935, alors que Jean Giono publiait des commentaires enthousiastes en face des photos réalisées près de Forcalquier là où allait s'installer le futur Observatoire de Haute Provence (St Michel).

**Les Mouvements stellaires** ont été une constante préoccupation de Kapteyn dont on a vu, à propos des dénombrements, comment il devient familier des techniques statistiques. En précisant la direction de l'apex et la vitesse avec laquelle le Soleil se déplace dans cette direction (soit environ 20 km.s<sup>-1</sup>), Kapteyn en déduit qu'en un siècle le déplacement parallactique d'une étoile sera 420 fois plus grand que son déplacement parallactique annuel (faites le calcul pour vérifier). Il comprend quel parti on pourra en tirer pour améliorer les

mesures de distances stellaires. Mais, de plus, il découvre des mouvements d'ensemble dans la Voie Lactée, ouvrant la voie aux futurs travaux de Oort.

**La classification spectrale des étoiles** a été l'oeuvre de l'Observatoire de Harvard. Le catalogue de Henry Draper, publié en 1897, révisé en 1918 et 1924, comprend 265 000 étoiles réparties, selon la classification de Annie J. Cannon, en dix types notés O B A F G K M R N S et caractérisés par des températures de surface décroissantes. Quand un autre astronome, Antonia C. Maury, - on a depuis longtemps noté combien ce domaine fondamental de l'astrophysique doit au travail patient et précis de plusieurs dames - perfectionne la classification selon la largeur des raies spectrales, la voie est ouverte à la construction du fameux diagramme HR (pour Hertzsprung et Russell).

**La classification des nébuleuses**, commencée par William Herschel, poursuivie par son fils John, est complétée par J.L.E. Dreyer qui publie en 1888 le **New General Catalogue** (NGC) de treize mille objets. On y distingue une majorité de "nébuleuses" en conservant ce mot dont la signification sera peu à peu précisée (qui s'étonnera que le mot nébuleuse n'ait pas eu tout de suite un sens précis ?), une centaine d'amas globulaires et des amas ouverts.

Les nébuleuses de première catégorie, qui sont les plus nombreuses dans le catalogue, donnent un spectre continu, ne paraissent pas résolubles en étoiles, sont souvent d'aspect spiralé et sont particulièrement nombreuses en dehors du plan de la Voie Lactée, en particulier dans Coma. Les amas globulaires sont résolubles en étoiles ; leur aspect est régulier et fait penser à la symétrie sphérique (voir la photo de M 13 déjà citée) ; curieusement ils sont situés dans une moitié du ciel, du côté du Sagittaire, là où la concentration d'étoiles de la Voie Lactée est la plus importante. Enfin, les amas ouverts, du type des Pléiades, sont des groupements d'étoiles de formes irrégulières ; ils paraissent plus proches que les spirales. Quant aux Nuages de Magellan, à l'époque, ils paraissent n'être rien d'autre que des morceaux de la Voie Lactée.

On comprend qu'à ce stade du développement des connaissances, le mot "nébuleuse" commence seulement à prendre un sens plus précis. Kapteyn en premier, puis Trumpler à l'Observatoire Lick, sont amenés à soupçonner une certaine absorption de la lumière dans la Voie Lactée. Opinion renforcée par la découverte des nuages sombres dont Barnard publie en 1919 un catalogue de 352 nébuleuses sombres - dont le fameux "sac à charbon" dans la constellation de la Croix du Sud. Après les avoir interprétés comme des régions vides d'étoiles, on pense aussi à des masses de gaz et de poussières.

**La mesure des distances** va jouer un rôle essentiel dans le déroulement et le dénouement du grand débat. Je crois utile, pour la compréhension de la suite, d'en résumer très schématiquement, le principe. A la base, la mesure de la parallaxe annuelle d'une étoile est la méthode géométrique la plus fiable fondée sur le mouvement orbital de la Terre donc la connaissance précise de la distance moyenne du Soleil à la Terre, l'**unité astronomique** soit  $A = 1,495\,978\,70 \cdot 10^{11}$  m (ce qui donne pour le "temps de lumière pour l'unité de distance"  $\tau_A = 499,004\,782$  s). Ainsi Bessel a-t-il mesuré en 1838 la parallaxe de 61 Cygni, soit 0.348" ce qui situe l'étoile de 2.87 parsecs ou 9.4 années de lumière. La méthode est fiable à 10% pour 700 étoiles de parallaxes supérieures à 0.05 " donc situées à moins de 20 pc du Soleil. Pour aller plus loin, on a vu que la connaissance du mouvement du Soleil rend possible de définir la parallaxe séculaire environ 400 fois plus grande que la parallaxe annuelle. La méthode, malgré ses difficultés propres, est utilisée pour calibrer des luminosités d'étoiles en fonction de leurs distances (si ce résumé schématique ne vous satisfait pas, cela me paraîtra normal et je vous engagerai à relire le chapitre "distances" dans **Méthodes de l'Astrophysique** par Lucienne Gouguenheim). Pratiquement, toutes ces méthodes plus ou moins directement géométriques ne peuvent dépasser la portée de 1000 pc = 1 kpc.

Pour aller encore plus loin, on a recours aux critères photométriques ou spectrographiques. Insistons sur cette dernière méthode : le spectre de l'étoile permet de situer le point qui la représente sur le diagramme HR ce qui nous donne sa magnitude absolue

M ; l'observation donne la magnitude apparente m qui est liée à la magnitude absolue par la formule

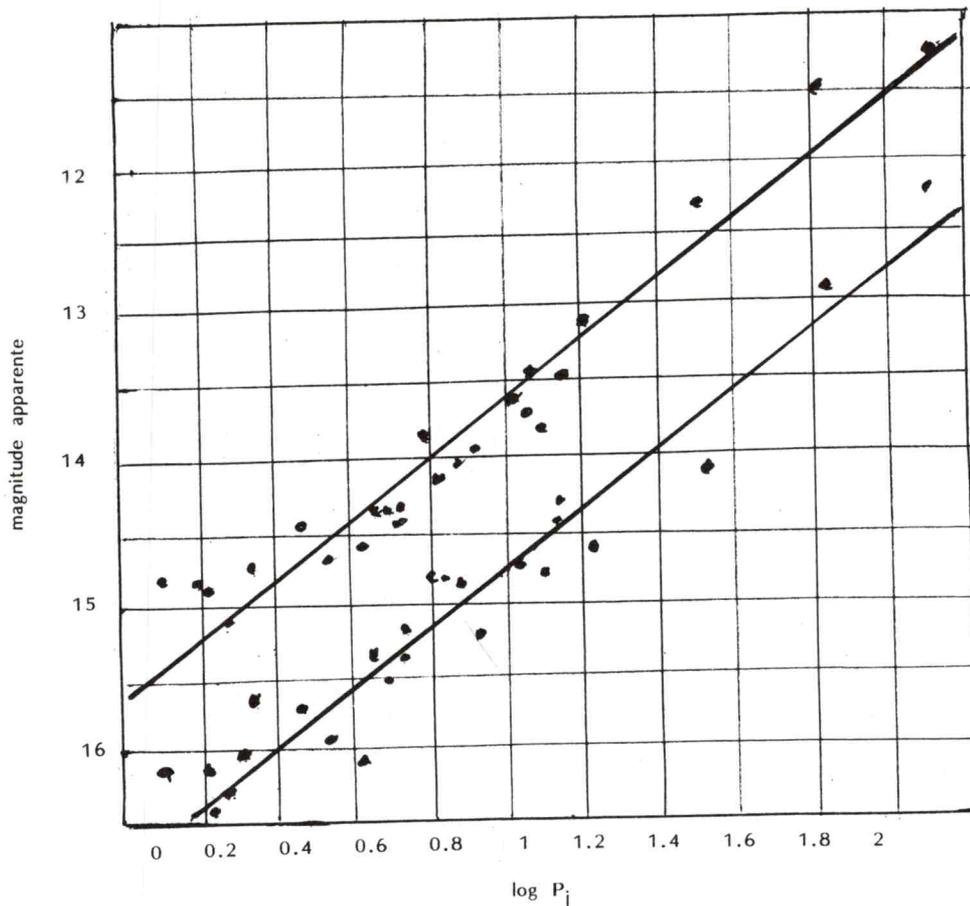
$$m - M = 5 \log d - 5$$

le logarithme étant décimal et la distance d de l'étoile étant exprimée en parsecs. La mesure de m est une mesure photométrique, la détermination de M résulte d'une bonne lecture du diagramme HR donc d'une observation du spectre de l'étoile. La formule donne la distance d ce qui suppose que la formule a été testée pour des étoiles assez proches pour que leur distance ait pu être mesurée selon les critères géométriques et dynamiques rappelés plus haut.

Tel est donc, schématiquement, l'état des lieux, c'est à dire des connaissances aux environs de 1910. Une période s'ouvre qui va empêcher maints Européens - pour cause de massacre collectif - de participer utilement à de nouvelles recherches. Heureusement, le relais est pris en Amérique.

### UNE NOUVELLE CLEF DES DISTANCES

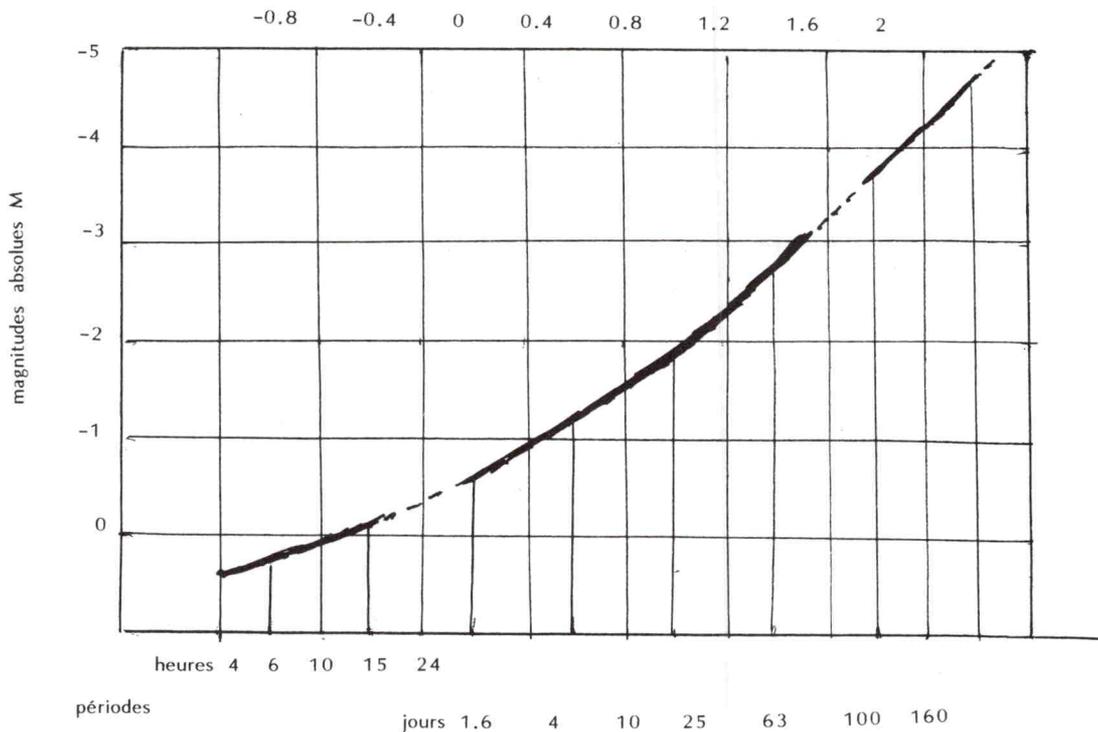
En 1912, Miss Henrietta Leavitt, qui travaillait avec Pickering, détecte un millier de Céphéides dans le Petit Nuage de Magellan (PNM). On sait qu'une céphéide est une étoile variable dont la variation d'éclat est remarquablement périodique. Miss Leavitt eut l'idée de



Le diagramme de Miss Leavitt pour 25 céphéides du Petit Nuage de Magellan (d'après l'article de L. Bottinelli dans *Astronomie Flammarion*, p.986)

représenter le résultat de ses observations dans un diagramme : en abscisse le logarithme de la période P<sub>j</sub> et en ordonnée la magnitude apparente au maximum d'éclat (première série de

mesures) puis au minimum d'éclat (deuxième série de mesures). A sa grande surprise, les points représentatifs s'alignaient pour chaque série de mesures. Il y a donc une relation entre période et magnitude apparente maximale. Toutes les étoiles du PNM pouvant être considérée comme à la même distance du Soleil ou de la Terre, la relation découverte est une relation entre période et magnitude absolue maximale de la céphéide. Ce que traduit le deuxième graphique tel qu'il était donné par Paul Couderc dans *L'expansion de l'Univers* d'après un graphique de Shapley publié en 1948 : en abscisse la période, en heures ou en jours, ou en haut selon une échelle logarithmique ; en ordonnée, la magnitude absolue M.



Autrement dit, en mesurant la période d'une céphéide on détermine sa magnitude absolue maximale, et comme on peut en même temps mesurer sa magnitude relative on en déduit son module de distance, la différence  $m - M$ , qui donne  $d$  par la formule rappelée plus haut. "Une céphéide est une montre qui sert de mètre" (dixit Paul Couderc).

Shapley comprit très vite que la clef du monde sidéral était trouvée, pour reprendre encore une expression de Paul Couderc. Disons presque trouvée car le diagramme de Miss Leavitt devra être corrigé (Baade, en 1950, distingue deux populations d'étoiles, I et II, ce qui compliquera un peu le diagramme précédent. Et puis le grand problème demeure sur la nature de la Voie Lactée : tout ou seulement une partie de l'Univers ?

### LA CONFRONTATION DE 1920

Depuis nombre d'années, on en discute parmi les astronomes sans que puisse apparaître l'amorce d'un accord général. Des thèses s'affrontent. L'Académie Nationale des Sciences américaine organise le 26 avril 1920 une séance qui permettra à Curtis et à Shapley de confronter les thèses en présence.

Heber D. Curtis reprend l'idée déjà présentée par Kapteyn qui attribuait à la Voie Lactée un diamètre de 10 kpc pour une épaisseur de 2 kpc, le Soleil étant proche du centre et qui voyait la Voie Lactée comme un exemplaire entre beaucoup d'autres univers-îles. Curtis voit une confirmation de cette thèse en évaluant à au moins 150 kpc, voire 1 Mpc les distances de certaines spirales extérieures à la Voie Lactée, pour lui c'est une évidence. Il s'appuie aussi

sur l'éclat des novae observées dans les spirales comparé avec celui des novae de la Voie Lactée.

**Harlow Shapley** a entrepris, depuis 1914, une étude systématique des amas globulaires. Il note que leur distribution en latitude galactique est symétrique - il y a autant d'amas globulaires d'un côté du plan moyen de la Voie Lactée que de l'autre - alors qu'au contraire il y a une forte concentration d'amas globulaires en longitude galactique dans la direction du Sagittaire (longitude  $330^\circ$ ). Et les distances de ces amas sont très grandes ; il donne 30 kpc pour M.13. Il en déduit que la Voie Lactée est beaucoup plus grande que ne la voie Curtis, il propose 100 kpc pour son diamètre, les amas globulaires étant répartis autour selon une symétrie sphérique, le Soleil étant loin du centre pour expliquer cette distribution apparente des amas globulaires. Mais, pour lui Shapley, la Voie Lactée est tout l'Univers. **Adrian van Maanen** rejoint Shapley dans son refus des univers-îles car il croit avoir décelé des mouvements de rotation dans les spirales qui ne pourraient donc pas être à l'extérieur de la Voie Lactée.

Telles auraient donc été les thèses en présence lors du GRAND DEBAT, si débat il y avait vraiment eu. En fait ce fut seulement une confrontation, Curtis et Shapley restant chacun sur leurs positions. Chacun avait de bonnes raisons de s'y tenir et des raisons qu'il trouvait aussi bonnes de ne pas accepter les thèses adverses. A la lumière de ce que nous savons aujourd'hui, chaque thèse avait ses mérites et ses faiblesses. Les conclusions de van Maanen qui paraissaient venir en renfort à la thèse Shapley résultaient de mesures effectuées à la limite des possibilités observationnelles ; elles furent bientôt infirmées tant par les observations de Slipher que par les objections théoriques de Jeans et les mesures de Lundmark.

D'autre part, Oort et Lindblad découvrent la rotation d'ensemble de la Voie Lactée : ils ont repris et complété les données recueillies par Kapteyn pour trouver cette rotation d'ensemble dans laquelle la Voie Lactée se décompose en sous-systèmes tournant à des vitesses angulaires différentes.

La suite de l'histoire va montrer que Curtis avait raison de situer les spirales en dehors de la Voie Lactée, et que Shapley avait donc tort de limiter l'Univers à cette seule Voie Lactée, même entourée d'une banlieue peuplée d'amas globulaires. Par contre, Shapley avait raison de concevoir la Voie Lactée comme un ensemble aplati de très grand diamètre, le Soleil étant loin du centre de cet Univers et Curtis avait donc tort d'imaginer aussi petit le diamètre de notre univers-île. On conçoit que dans ces conditions le GRAND DEBAT soit resté sans véritable conclusion, les divergences résultaient des incertitudes dans les mesures de distances.

### LE TEST HUBBLE

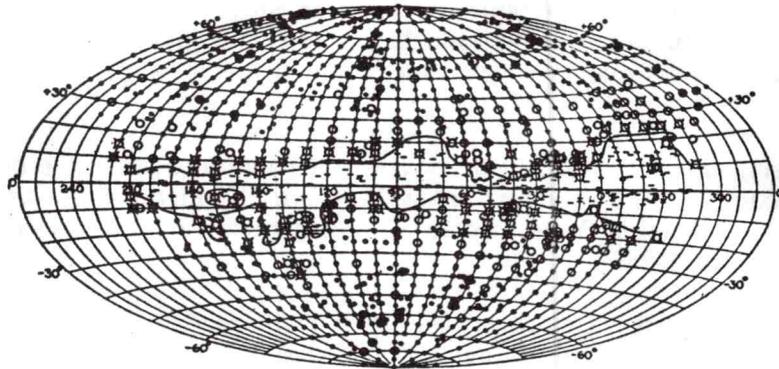
En 1924, Edwin Hubble utilise le 100 inch-télescope du Mont Wilson, le plus puissant instrument de l'époque. Il découvre des céphéides dans les bras de la spirale d'Andromède (M.31). Le diagramme de Miss Leavitt montre que cette spirale est à plus de 230 kpc donc certainement extérieure à la Voie Lactée.

Test décisif. D'autant que la spirale d'Andromède apparaît comme une soeur de notre Voie Lactée. Plus n'est besoin d'un grand débat ou d'une confrontation qui n'a plus d'objet, la conclusion s'impose : la Voie Lactée comme la spirale d'Andromède sont des spécimens de **galaxies** et la Voie Lactée, dans cette conception, va devoir changer de nom, être appelée **la Galaxie** avec majuscule. On peut dire qu'à partir de 1924, la nouvelle structure de l'Univers apparaît clairement, l'Univers pourra être considéré comme un fluide dont les molécules constituantes sont les galaxies. Une nouvelle branche de l'astronomie est née, celle des objets extragalactiques. En 1928, Hubble et Humason publieront leur mémoire sur l'expansion...

### En guise de conclusion

K.Mizar demande à ses lecteurs encore quelques minutes de patience. Il sait qu'il abuse, il leur en a demandé déjà beaucoup, de la patience. Mais pour terminer ces notes "pour une histoire de la Galaxie, il ne peut s'empêcher de rappeler quelques souvenirs personnels. En 1954 paraissait *L'Astronomie au jour le jour* ; c'était un recueil de trente-sept causeries radiophoniques par Paul Couderc, Jean-Claude Pecker et Evry Schatzman (éd Gauthier-Villars) qui contenait aussi 22 photographies hors-texte. La dernière de ces photos représentait Edwin Hubble réglant le grand télescope Schmidt du Mont Palomar. Photo qui, à l'époque me fit beaucoup rêver. J'échafaudais un projet ; j'en parlais à Paul Couderc qui m'encouragea à le réaliser. Il s'agissait de réunir des documents depuis les premiers dessins de Galilée sur les Pléiades, puis ceux de Messier, ceux de Herschel et jusqu'à la naissance de la Galaxie. Encore faudrait-il trouver un éditeur et à l'époque le CLEA n'existait pas. Le projet resta projet dans la petite tête de K.Mizar.

Alors, aujourd'hui, pour clore ce feuilleton, faute de pouvoir reprendre la photo de Hubble, je reproduis un dessin de son livre *The realm of nebulae* qui avait été édité en 1936 alors que dans ma bibliothèque je n'ai que la réédition Dover qui date de 1958 :



**FIG. 3. Apparent Distribution of Nebulae, Showing Effects of Galactic Obscuration.**

Positions of samples are plotted in galactic coördinates. The horizontal line,  $0^{\circ}-0^{\circ}$ , represents the central plane of the Milky Way. The north galactic pole is at the top. Small dots indicate normal numbers of nebulae per sample; large disks and circles, excesses and deficiencies, respectively; dashes, samples in which no nebulae were found.

The zone of avoidance along the Milky Way (regions where dashes predominate) is bordered by partial obscuration (fringes of open circles), beyond which the distribution is approximately uniform.

The blank spaces at the extreme right and left of the diagram represent the southern skies which cannot be observed from the station at which the survey was made.

L'histoire de la Galaxie n'est évidemment pas achevée, mais elle va se poursuivre dans un autre "climat" : étudier la Galaxie, c'est étudier "de près", "de dedans" une galaxie comme une autre. Est-elle typique ? Est-elle particulière ? Elle a certes cette particularité de contenir notre brave petit système solaire (avec nous dedans). De plus nous avons acquis cette certitude, ni nous ni la Galaxie ne sommes le centre du monde.

K.Mizar

P.-S. - Parmi mes histoires de l'astronomie, j'ai surtout utilisé celle de A.Pannekoek mais pour ce cinquième épisode, je dois beaucoup à l'étude de Denis Priou et Florence Durret publiée dans *L'Astronomie* revue de la SAF (mars et avril 1993).

## LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

### UN GRAND TELESCOPE A MIROIR LIQUIDE

L'idée d'utiliser comme miroir de télescope, la surface parabolique d'un liquide réfléchissant qui se réalise naturellement lorsque l'on fait tourner autour d'un axe vertical le récipient contenant le liquide, date d'une centaine d'années. Le premier grand télescope utilisant ce principe est entré en action depuis la fin de 1992 au Canada, sur un site proche de Vancouver ; il a été réalisé dans le cadre d'une collaboration de plusieurs années entre l'Université Laval du Québec et l'Université de la Colombie Britannique. Le miroir en mercure liquide, a un diamètre de 2,7 m et une distance focale de 5m. Ce télescope fait partie des 20 plus grands télescopes optiques du monde et son coût est particulièrement faible (environ 1 million de francs) par comparaison avec les télescopes classiques à miroir solide (environ 100 fois plus chers).

Une limitation de ce genre de télescope est qu'il ne peut viser que la partie du ciel qui passe à la verticale du lieu ; cela signifie que les régions visées sont celles dont la déclinaison est voisine de la latitude du lieu. Dans le cas du télescope de Vancouver, la portion du ciel observable est une bande de largeur 1/3 de degré centrée sur la déclinaison 49°04', qui passe au zénith de l'observatoire au cours du mouvement diurne. Le télescope est équipé d'une lentille de correction de la coma près du foyer et d'un détecteur CCD de 2048 x 2048 pixels. A noter que l'observation s'effectue ici au foyer principal, là où l'image est de qualité optimale ; le fonctionnement au foyer Cassegrain nécessitant un trou au centre du miroir ne serait pas aisée avec un miroir liquide!... Cependant la réalisation de ce foyer Cassegrain pose également de difficiles problèmes avec les très grands miroirs optiques classiques (de diamètre 8 m ou plus) actuellement en réalisation, qui sont parfois cassés en cours de percement. Dans le domaine des longueurs d'onde radio, la plus grande surface collectrice est celle du radiotélescope d'Arecibo (latitude = 18° N) dans l'île de Porto-Rico; le miroir est une parabole métallique fixe de 300m de diamètre qui épouse une cuvette naturelle du terrain et dont l'axe est vertical. Ce télescope a un système focal mobile sur des rails qui lui permet de viser un domaine limité de déclinaisons autour de 18° (de 0° à 38° environ).

La difficulté principale avec un miroir liquide est d'éviter les rides de la surface produites par différentes causes : vibrations, nivellement imparfait, vitesse de rotation non uniforme. La réalisation du miroir de Vancouver a fait appel à des techniques et matériaux courants dans l'industrie spatiale ; la cuvette support du miroir en mercure liquide est une surface concave placée sur coussins d'air et entraînée par un moteur synchrone à la vitesse nécessaire pour réaliser la distance focale souhaitée. Cette distance focale  $f$  est donnée par :  $f = g / (2 \omega^2)$  où  $g$  est l'accélération locale de la pesanteur et  $\omega$  la vitesse angulaire de rotation du miroir (en radians par seconde). En prenant :  $g = 980,6 \text{ cm s}^{-2}$  et  $f = 5 \text{ m}$ , on trouve  $\omega = 0,99 \text{ rd s}^{-1}$  soit 9,5 tours à la minute. Ceci correspond à une vitesse linéaire au bord du miroir de  $4,8 \text{ km h}^{-1}$ . Le volume de mercure utilisé ici n'est que de 10 litres et il se répartit sur une couche uniforme de 2 mm d'épaisseur ; une fine couche d'huile recouvre le mercure pour empêcher les rides et les émanations toxiques du mercure. Le pouvoir réflecteur de cette surface est excellent (de 80% à 90% , de l'ultraviolet à l'infrarouge respectivement) et ne se détériore pas au cours du temps comme cela est le cas pour les miroirs classiques.

L'un des objectifs scientifiques du télescope de Vancouver est de sonder l'univers de manière complète, dans la direction visée, en analysant une population estimée à quelque 100 000 galaxies et 2000 quasars jusqu'à une magnitude visuelle aussi faible que 21; de nouvelles moissons en perspective pour la cosmologie...

## Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

Le grand escalier, des quarks aux galaxies, par Paul Couteau, 270 pages, éditions Flammarion 1992 (115 F).

Ce bel ouvrage de vulgarisation nous fait gravir allègrement les marches du réel connaissable depuis les abords du champ quantique à  $10^{-35}$  mètre jusqu'à l'horizon cosmologique à  $10^{26}$  mètres. Une telle excursion a déjà été décrite ailleurs, mais ici ce n'est pas seulement un vertige de chiffres, chemin faisant, c'est peu ou prou toute la physique que nous visitons en bonne compagnie.

Le texte écrit dans un langage simple présente des explications facilement accessibles, sans calculs ni formules qui sont remplacées par d'abondantes comparaisons originales et des images particulièrement évocatrices, mais sans extrapolations hasardeuses et avec une constante rigueur.

Le fil conducteur de l'escalier est souvent très fort, il nous fait découvrir combien la taille des "objets" conditionne leur structure, mais il arrive aussi qu'une accumulation de digressions nécessaires à l'explication des phénomènes rende ce fil plus ténu. En fait, cet ouvrage contient au moins trois livres : un traité de physique quantique et un traité de cosmologie qui s'articulent parfaitement, mais aussi un long traité d'astronomie classique, ce qui nuit un peu à l'unité de l'ensemble. Cependant on ne peut vraiment en faire grief à l'Auteur tant la passion qui l'anime est communicative. Passion pour l'observation concrète des astres qui ravira les astronomes amateurs, passion pour la réflexion en profondeur aux limites extrêmes du connaissable, là où la science suggère des possibilités entre lesquelles elle ne peut trancher.

Ce livre foisonnant apportera beaucoup aux néophytes et aux autres, aux pragmatiques et aux rêveurs, toujours avec une parfaite rigueur.

Annie Laval

### LA COSMOLOGIE A NOTRE PORTEE

Initiation à la cosmologie par Marc Lachièze-Rey ; collection "De caelo", 140 pages ; éd Masson 1992 (155 F)

L'Univers sous le regard du temps, la cosmologie théorique moderne et ses racines par Henri Andriolat ; collection "De caelo", 240 pages ; éd Masson 1992 (220 F)

La science et l'Univers, de l'expérience au mythe par René Hakim ; 288 pages ; éd Syros 1992 (130 F)

*"Le problème de l'origine du monde a de tout temps préoccupé tous les hommes qui réfléchissent"* écrivait Henri Poincaré en tête de ses **Leçons sur les hypothèses cosmogoniques** (1911) et le savant mathématicien se demandait quand cette réflexion sortirait de l'âge des hypothèses et de l'imagination pour devenir *"une science expérimentale, ou tout au moins une science d'observation"*.

On peut dire que Poincaré est mort trop tôt (1912). Depuis, il y a eu Einstein et la Relativité Générale, le grand débat sur les structures extragalactiques, Hubble et l'expansion de l'Univers, la découverte du rayonnement fossile du fond du ciel... La physique nucléaire et quantique branchée sur l'ultramicroscopique tend aujourd'hui la main à l'astrophysique du gigantesque. Il a fallu préciser le vocabulaire : l'usage est venu de réserver **cosmogonie** à l'étude de la genèse des structures (exemple : cosmogonie du système solaire), tandis que **cosmographie** définitivement considéré comme désuet était réservé à une simple (voire simpliste) description des objets du cosmos. **Cosmologie** est devenu un mot à la mode (exemple, "la cosmologie du big bang", sans rapport aucun, faut-il le préciser, avec l'usage politique de l'expression) ; le mot **COSMOLOGIE** désigne un discours sur l'Univers pris dans son intégralité.

Discours qui s'efforce d'être rationnel, la cosmologie ne peut encore tout à fait être

considérée comme une science d'observation au sens où l'entendait Poincaré. Elle est fondée sur un PETIT nombre de faits d'observation et sur des théories physiques MOUVANTES. Les faits d'observation sur lesquels on s'appuie sont importants mais leur nombre est petit, très petit, devant l'abondance des données que l'observation de l'Univers dans son ensemble et dans ses structures permet d'accumuler. Comment être certain de ne pas avoir négligé des données ou des faits significatifs ? Exemple historique, avant 1964 l'existence d'un rayonnement fossile du fond du ciel était une hypothèse, depuis 1964, c'est un fait d'observation.

Les théories physiques sur lesquelles on s'appuie sont mouvantes parce que vivantes. Elles donnent des faits observés des interprétations cohérentes dans la limite de leur applicabilité, ce qui est une sérieuse restriction. Exemple à retenir : tous les modèles cosmologiques sont fondés sur la Relativité Générale qui est pleinement vérifiée à l'échelle du système solaire ; les modèles cosmologiques ont recours à la R.G. bien au delà de notre tout petit système solaire : postulat inévitable mais faiblesse congénitale du ou des systèmes qui s'ensuivent, il faut en être conscient. C'est pourquoi l'expression "modèle cosmologique" me paraîtrait en général plus indiquée que "théorie cosmologique" ou "cosmologie".

En tout cas, l'attrait du sujet est tel que nombreux sont les astronomes ou scientifiques éminents à écrire des livres toujours passionnants qui sont des succès de librairie. Citons, dans l'ordre chronologique de parution **Les trois premières minutes de l'Univers** par Steven Weinberg (1973-78), **L'Odyssée cosmique** par Jean Heidmann (1986), **Une brève histoire du temps** par Stephen Hawking (1989). Voici maintenant trois livres d'un ton plus didactique qui, parus tous trois en 1992, nous permettent de faire le point sur la question.

Ton plus didactique, dis-je en m'en réjouissant. Parce que le sujet prête le flanc à l'imagination, aux fantasmes, le recours au style plus froid d'un cours d'université peut être une garantie contre les emportements. Les trois auteurs ont d'ailleurs des responsabilités d'enseignement. Le livre de Lachièze-Rey, chercheur au CNRS, se veut modeste initiation ; son texte est court et précis, c'est très commode pour retrouver vite une référence ; pour qui ignore tout du sujet, l'abord du livre est peut-être un peu abrupt. Henri Andriolat, qui enseigne à l'Université de Montpellier, fait une large place dans son exposé à l'histoire de l'astronomie qui peut être considérée comme la phéhistoire de la cosmologie moderne ; notre compréhension des questions qui restent ouvertes y gagne sûrement. A la lecture, c'est dans le livre de René Hakim, qui enseigne à l'Université Paris VII, que je me suis, senti le plus à l'aise. Il est évident qu'il vise un public plus large que celui de ses étudiants, il n'hésite pas à prendre le lecteur par la main à chaque passage difficile

Voilà donc nos guides pour aujourd'hui. Entrons dans le vif du sujet. En commençant par une sorte d'inventaire : en gros, l'Univers qu'est-ce que c'est ? Réponse provisoire, des galaxies à foison, des galaxies du genre de notre Galaxie, certaines plus grandes certaines plus petites avec une certaine variété de formes et de composition, autant ou plus d'étoiles à l'intérieur, autant ou plus de nébuleuses gazeuses à l'intérieur. Mais en première vision, retenons **l'Univers = des galaxies**. Ce qui implique cette remarque importante : nous, dans cet Univers, nous sommes quelque part, pas au centre, dans une galaxie qui n'a qu'une particularité, être la nôtre, et qui n'est certainement pas au centre de l'Univers.

Question suivante : ces galaxies sont dans l'espace. L'espace, attention, concept trop simple, trop familier ; notre expérience quotidienne, depuis nos premiers pas de bébé, toute notre éducation ensuite au cours de laquelle Thalès et Pythagore ont été nos meilleurs guides nous ont familiarisés avec un espace qui est euclidien. Quant au temps, nous vaquons à nos activités ordinaires en suivant des horloges réglées sur l'horloge parlante de l'Observatoire de Paris et en étant plus ou moins intimement persuadés que ce temps là est le temps absolu qui figure sous la lettre *t* dans les équations de la mécanique newtonienne. Pourtant, même sans Einstein, l'observation du monde des galaxies nous aurait contraints à réviser cette confiance aveugle en ce temps absolu : il suffit d'observer la galaxie d'Andromède située à plus de deux millions d'années de lumière de nous (que signifie son présent dont nous n'aurons connaissance que dans deux millions d'années ? Question subsidiaire, que signifie le "nous" de la phrase précédente?) Nous devons bien

nous habituer à penser dans un espace-temps à quatre dimensions qui n'est euclidien que très localement.

En 1928, Hubble découvre un phénomène capital, **l'expansion de l'Univers** : les galaxies s'éloignent les unes des autres, s'éloignent donc de notre Galaxie, d'autant plus vite qu'elles sont plus éloignées. Une mesure directe sur le spectre de leur lumière donne la vitesse de fuite de chaque galaxie. Pour les galaxies dont on a pu évaluer la distance  $d$ , Hubble trouve une relation simple de proportionnalité avec la vitesse  $v$  mesurée, il formule la loi qui porte son nom  $v = H * d$ . D'où cette formidable ressource pour évaluer les plus grandes distances, mesurer les vitesses de fuite et en déduire les distances, problème de calibrage, de détermination de la constante  $H$  de Hubble à partir de mesures de vitesses et de distances plus petites par une autre méthode.

Conclusion provisoire (il n'y en aura jamais d'autre en cosmologie), on ose énoncer **le principe cosmologique** : à tout instant et en tout point, l'Univers est homogène et isotrope. Autrement dit, il n'a pas de centre, les modèles d'Univers qu'on pourra concevoir s'apparenteront à un fluide de galaxies, chaque galaxie avec sa centaines de milliards d'étoiles et autres nébuleuses nids d'étoiles nouvelles ou cimetières d'étoiles explosées, chaque galaxie donc pouvant être considérée comme une molécule de ce fluide.

Les modèles cosmologiques de Friedmann-Lemaître datent de 1927-29, l'énoncé du principe cosmologique de 1933 (Milne). Déjà on y envisage une **singularité initiale** avec la théorie de l'atome primitif bientôt popularisée sous l'appellation "Big Bang" ou "Grand Boum" (qui, paraît-il, sonne moins bien). On en découvre, bien plus tard, une étonnante confirmation avec la découverte, en 1964, du rayonnement fossile de fond du ciel; généralement appelé **rayonnement 3K** parce qu'il est interprété comme rayonnement d'un corps noir à la température de 3 Kelvin. Remarquable acquis dû à la radioastronomie et qui vient en renfort au principe cosmologique puisque ce rayonnement est "le même" (voir corrections plus loin) dans toutes les directions.

Ces quelques remarques écrites en lisant ces trois livres n'ont pas la prétention d'en être une analyse suffisante. Elles sont données pour inciter des lecteurs à s'intéresser à ce sujet passionnant. Au temps de Christophe Colomb, l'honnête homme était invité à s'intéresser à l'Amérique qu'il soit ou ne soit pas amateur d'exotisme. Au temps qui est le nôtre et qui est celui de la cosmologie scientifique, nous avons là un domaine de réflexion inépuisable sur des questions qui restent très ouvertes : expliquer les abondances relatives des divers corps simples constitutifs de la matière (voilà pour les passionnés de la physique des particules) ou construire des modèles de la cosmogonie des galaxies (car on a des idées assez élaborées sur la formation et l'évolution des étoiles, mais on est moins renseigné sur la formation des galaxies).

Les recherches sur la première question sont engagées dans le cadre obligé de la physique quantique. On retrouve le lien, pas si étonnant que cela, entre la microphysique et l'astronomie. Le domaine est périlleux car on y envisage des situations hors de la portée des expérimentations actuellement possibles. Ainsi, on considère l'Univers, immédiatement après l'explosion primordiale, comme une sorte d'océan de quarks et c'est seulement au cours d'une deuxième phase que ces quarks vont constituer des hadrons (neutrons, protons et autres baryons et mésons). Ces particules sont certes bien identifiées mais on n'a jamais pu jusqu'ici isoler un quark. Que signifie, dans ces conditions, la physique d'un océan de quarks ? On raisonne ici à la limite de validité des modèles imaginés. Hakim me paraît sage d'écrire : "*Affirmer que l'Univers résulte d'une gigantesque explosion qui se serait produite dans un passé fini (mettons, il y a vingt milliards d'années) est une affirmation à la fois prématurée et non scientifique si elle n'est pas assortie de nombreux conditionnels et de nombreuses explications.*"

Ces précautions prises, le modèle "explosion primordiale" reste le meilleur pour poursuivre les recherches et comprendre comment se sont constituées ces galaxies considérées comme molécules élémentaires du fluide-Univers. La parfaite isotropie du rayonnement 3K est-elle aussi parfaite qu'elle est d'abord apparue ? Une étude plus fine décèle de minimes fluctuations. Ne seraient-elles pas à l'origine des condensations de matière à l'origine de la constitution des amas de Galaxies puis, à l'intérieur de ces amas, des galaxies elles-mêmes ? Questions ouvertes à l'intérieur de questions ouvertes plus vastes...

Au terme de ces considérations, on est en droit de s'interroger sur les **merites**

comparés du mythe et des modèles scientifiques en cosmologie. Les scientifiques ont développé beaucoup de recherches savantes donc dépensé beaucoup de matière grise pour aboutir à des conclusions assaisonnées de nombreux conditionnels. Il faut reconnaître que n'importe quel mythe, dans sa simplicité ou dans son habillage souvent poétique peut sembler plus attrayant à beaucoup d'esprits. Mais il est évident que les esprits séduits par les mythes ne sont justement pas ceux qui aiment les modèles scientifiques même assaisonnés de conditionnels, et... réciproquement. Admettons une fois pour toutes qu'il faut que ces deux familles d'esprits s'arrangent pour vivre en paix.

En tout cas, à propos de mythes, je suis volontiers l'analyse que nous propose Hakim sur ce qu'on appelle le **principe anthropique** ; il distingue le "principe anthropique faible" selon lequel notre existence, en tant qu'observateurs, est conditionnée par l'environnement où nous nous trouvons et le "principe anthropique fort" selon lequel "l'Univers doit être tel qu'il admette la création d'observateurs en son sein à quelque stade de son évolution". Alors que le principe faible s'apparente à une constatation d'évidence, le principe fort ressemble beaucoup à un nouvel avatar du vieux principe des causes finales si bien défendu (!) par Bernardin de Saint-Pierre.

La cosmologie est une recherche qui ne peut progresser que lentement. Le modèle standard, celui de l'explosion primordiale, sert actuellement de référence, ce qui est commode. Mais on peut faire confiance à l'imagination humaine, d'autres modèles verront le jour pour le perfectionner. On a beaucoup travaillé depuis Eudoxe, on a beaucoup élargi le domaine de la cosmologie et on est heureusement assuré ne pas tout savoir.

G.W.

Contre la peur par Dominique Lecourt, suivi de "Critique de l'appel de Heidelberg", collection "Pluriel", 176 p. ; éd Hachette 1993 (44 F).

Ce livre, **Contre la peur**, avait paru en 1990. La réédition actuelle est augmentée d'une critique de l'appel de Heidelberg et du texte de cet appel. En sous-titre pour l'ensemble : "de la science à l'éthique, une aventure infinie".

L'Auteur, qui enseigne la philosophie à l'Université Paris VII, est le créateur de la Fondation Diderot (qui a publié, entre autres ouvrages, **Aux confins de l'Univers. Faut-il croire au Big Bang ?** un recueil d'études coordonné par Jean Schneider, déjà signalé ici). Il dirige aussi la collection "Questions de science" éditée conjointement par Hachette et la Cité des Sciences et de l'Industrie où il a publié des textes de vulgarisation de haute qualité.

Ce qui n'étonne pas d'un Auteur qui écrit dans ce petit livre **Contre la peur** que je recommande aux amateurs, cette évidence très fréquemment méconnue **la science pense**. Il est vrai que la pensée scientifique suscite généralement une sourde peur, tout au moins une crainte inavouée. Sans doute pour cette raison simple que c'est "*une pensée sans dogme toujours tournée vers l'avenir (...), une pensée qui ne progresse qu'en détruisant ses certitudes*". Quand la science pense effectivement, elle est nécessairement anticonformiste. Cela ne rassure pas toujours les honnêtes gens.

L'Appel de Heidelberg (AH) fut signé et publié par d'illustres savants dont beaucoup de prix Nobel à l'occasion de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Rio de Janeiro, 3-14 juin 1992). Ces savants voulaient réagir contre la peur de la science entretenue par des réflexes irrationnels et exploitée par des mouvements politiques dont les mobiles ne sont pas forcément clairs. AH insistait sur les vrais dangers qui résultent de l'ignorance et de l'oppression.

On peut avoir une idée sur la critique qu'en propose Lecourt par ces quelques remarques finales : "*Toute pensée est action. Le dévoiement positiviste et techniciste de la pensée des Lumières a façonné "notre" monde. Il fait corps avec des forces sociales puissantes à l'échelle planétaire. Il faudra donc plus que de la lucidité pour la mettre pratiquement en question : du courage*".

La science pense et ce philosophe invite à philosopher.

G.W.

Hipparcos, le satellite des étoiles par Jean-Pierre Penot (CNES) et divers collaborateurs, cahier 1045 des BT publication de l'Ecole Moderne Française, mouvement Freinet (parc de l'argile, voie E, 06370 Mouans-Sartoux).

L'exposé rappelle pour commencer le principe de la mesure des distances en astronomie : mesure d'une parallaxe d'étoile. Ensuite, il nous fournit une documentation très accessible sur le projet Hipparcos.

**Le procès des étoiles** par Florence Trystram, préface de Jacques Meunier ; petite bibliothèque Voyages, 413 p. ; éd Payot 1993 (64 F).

Réédition bienvenue du passionnant récit de l'expédition de Bouguer et La Condamine au Pérou pour la mesure d'un arc de méridien (1740).

**Newsletter** de la Commission 46 de l'UAI "The Teaching of Astronomy" ; n°36 (february 1993)

Notre amie Cecylia y rend compte avec enthousiasme de l'Université d'été du CLEA d'août 1992. Autres articles sur l'enseignement de l'astronomie au Paraguay et aux USA ainsi que l'éditorial de la Présidente de la Commission, Lucienne Gougouenheim. D'une étude sur des idées fausses relevées chez certains étudiants, je note cet exemple : "les raies spectrales peuvent être vues mobiles lorsque l'effet doppler est observé".

#### Dans les revues

**L'Astronomie** mars et avril 1993 : un article à ne pas manquer "Le grand débat de 1920 ; de la taille de la Galaxie à la distance des galaxies" par Denis Priou et Florence Durret.

**Gnomon** . Newsletter of the Association for Astronomy Education ; le n°3, vol 12, spring 1993 annonce la réunion annuelle de l'AAE à l'Université de Leicester, le 15 mai. Tous nos voeux à nos collègues britanniques.

**Pour la science** . Mars 93 : "La comète Swift-Tuttle"(Lucienne Gougouenheim) ; avril 93 "La Lune et l'origine de l'homme" (Jacques Laskar).

**La Recherche** . Mars 93 : "Le magnétisme de la couronne solaire" (Tahar Amari et Pascal Démoulin).

**Sciences et Avenir** . Avril-mai 93 : numéro hors série "L'Astronomie du futur".

**Le nain astronome** par Chet Raymo, roman traduit de l'américain par Hugues Leroy, 320 pages ; éd Presses de la Renaissance 1993 (129 F).

Le titre m'a tiré l'oeil et ayant lu sur la couverture que l'Auteur enseigne la physique et l'astronomie à Stonehill College (Massachusetts) j'ai eu envie de lire ce roman. Je ne le regrette pas, je me suis laissé prendre par un habile écrivain qui, par petites touches (123 chapitres courts, parfois très courts) sait raconter une histoire où l'astronomie joue son rôle. Les chapitres se suivent dans un ordre logique pour la clarté du récit mais ce n'est pas l'ordre chronologique. Le sympathique personnage principal, Franck Bois, qui est nain et passionné par l'observation du ciel, est sauvé de la noyade par le reflet d'Arcturus dans une mare boueuse. Je ne vous raconterai pas la fin qui est heureuse même si la mère de Franck, qui était vraiment belle et passionnée de littérature française, est amenée à se suicider...Tous les moments heureux de l'histoire sont marqués par la contemplation d'une constellation. N'oublions pas aussi que Franck est l'auteur d'un livre à succès, **Veilles**, qui le rend célèbre. Mais on ne sait jamais si c'est à cause des descriptions de constellations ou simplement par curiosité de ce que peut écrire un nain astronome.

G.W.

## CINQ REPONSES A UN AMATEUR D'ASTROLOGIE

---

---

Jean-Claude PECKER

Professeur au Collège de France

Il est fréquent que l'on demande aux astronomes des "bons" arguments, faciles à comprendre par "monsieur tout-le-monde, contre l'astrologie. Or récemment j'ai enregistré quelques textes pour Cinquante millions de consommateurs, destinés à passer sur France 2 ou 3, ou sur France-Inter. Peut-être ce style hypersimple peut-il aider des lecteurs vis à vis de leur environnement familial ou social.

On nous offre régulièrement des horoscopes... Pierre est Taureau, Paul est Scorpion... cela indiquerait des traits de caractère de l'un ou de l'autre, cela orienterait même son avenir... Or, qu'est-ce que cela veut dire : "Pierre est Taureau" ? Cela veut dire que, quand Pierre est né, le Soleil, qui parcourt le ciel constellé en une année, se trouvait dans la région du ciel qu'occupe le signe du Taureau. Le caractère de Pierre, selon l'horoscope, est calqué sur ceux qu'on prête à l'imaginaire mythique brodé autour de l'image de la constellation astronomique du Taureau... Or le Taureau, constellation, était dans le signe du Taureau il y a deux mille ans ; il n'y est plus maintenant... Maintenant, c'est le Bélier qui s'y trouve ! Cet horoscope simpliste est donc une mystification ! Que valent les horoscopes dans de telles conditions ?... Rien !

Les astrologues les plus savants en astronomie tiennent compte du glissement des constellations par rapport aux signes du zodiaque, un glissement qui se continue, depuis 2000 ans que l'on a défini l'astrologie sous sa forme actuelle. Mais tiennent-ils compte de ce qu'il y a TREIZE, et non DOUZE, constellations traversées par le Soleil en un an ? La treizième, entre Scorpion et Sagittaire, c'est Ophiucus, le Serpenteire... Savent-ils, ces savants astrologues, que le Soleil reste près de deux mois dans la constellation de la Vierge, à peine dix jours dans celle du Scorpion, et le reste à l'avenant ? Que veulent donc dire ces horoscopes qui classent les gens en tranches d'un mois, chaque mois en trois décans ? Rien... Encore une mystification ! L'horoscope, même celui qui tient compte du glissement des constellations, n'a aucun sens.

L'astrologie suppose une action des astres sur les hommes. ceci était raisonnable au moyen-âge, quand on croyait que les étoiles étaient des lampes fixées sur une voûte cristalline mobile. La hauteur de cette voûte était assez faible pour qu'on put loger les dieux au delà. Aujourd'hui, on sait que les distances son considérables. La lumière parcourt, en une seconde, 300 000 km ; le Soleil est à 150 millions de km de nous, - huit minutes de lumière ! Les plus proches des étoiles sont à des années de lumière, 10 000, 100 000 fois plus loin que le Soleil et les planètes. Le ciel constellé, loin de nous, est aussi profond. Les constellations

ne sont qu'apparences, effets de perspective. Deux étoiles du Taureau, par exemple, sont à des distances de nous très différentes bien qu'elles apparaissent proches sur le ciel. Les dessins qui ont donné leur nom aux constellations sont artificiels. Vues d'un autre point de l'Univers, aucune de ces représentations pittoresques ne se maintiendrait... Par ailleurs, les Chinois donnent d'autres noms aux constellations. Le destin des Chinois obéirait-il aux astres d'une façon différente des nôtres ?

On justifie souvent l'astrologie en invoquant les correspondances mystérieuses entre les signes du Zodiaque et les parties du corps humain... Le coeur serait gouverné par le Lion, le sexe par le Scorpion, les pieds par les Poissons... La médecine du moyen-âge a largement utilisé (à tort !) ces correspondances, - et elle ne soignait pas grand'chose. Cela avait un sens il y a mille ans. Ciel et Terre étaient complémentaires, mais essentiellement différents : le monde des hommes est périssable, fragile; il est dominé par le monde du ciel, éternel et puissant... Ce genre d'idées ne tient plus dès lors que nous savons que la nature physico-chimique des astres est la même que celle des êtres vivants : hydrogène, oxygène, carbone.. tout cela constitue la matière des étoiles, celle du Soleil, celle des hommes. Il n'y a pas de correspondance ou d'analogie mystérieuse. L'unité de la nature est profonde, réelle et non fantastique. Et cela élimine ces analogies sans justification, sous-jacentes portant à toute astrologie...

Les planètes jouent dans l'astrologie qui se dit "savante" un grand rôle. Mais quelles planètes ? Quand l'astrologie s'est codifiée, il y a plus de deux mille ans, on connaissait cinq planètes, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Uranus, Neptune ou Pluton n'avaient donc pas d'influence avant leur découverte récente ? Aujourd'hui, on connaît autour du Soleil huit grosses planètes, des milliers de petites, quelques satellites de même nature et de même taille que Mercure ou Vénus, et beaucoup de plus petits. Il y a dans le ciel des milliards de soleils comparables au nôtre, des milliards de planètes comparables aux nôtres. Et pensez que Mars, par exemple, est à une distance de nous qui varie d'un facteur 5 d'une année à l'autre ! Toutes ces planètes, à toutes ces distances de nous, ont-elles une influence ? Pourquoi pas, si l'on croit à l'influence de certaines d'entre elles ? La vérité est que l'astrologie planétaire n'a pas plus de valeur que l'astrologie zodiacale. Elle se nourrit de notre crédulité, et les calculs savants et prétentieux des astrologues ne sont que de la poudre aux yeux...



## ORGANISATION DE LA FORMATION

- - le CNED expédie l'ensemble des documents de travail après inscription à la formation
- le tutorat télématique est en place de mi-octobre à mi-mai (date de l'examen)
- trois devoirs sont à envoyer pour correction au cours de la formation
- deux journées de regroupements en observatoires sont organisées
  
- - les auditeurs libres reçoivent, sur demande au CNED à l'issue de la formation, une attestation de suivi de formation
- l'Université convoque à l'examen (contrôle final) les personnes qu'elle a inscrites et qui ont envoyé au moins 2 devoirs pour correction durant la formation
  - . première session : mi-mai
  - . session de rattrapage : deuxième quinzaine de juin

## INSCRIPTIONS

### A - Inscriptions au CNED de Vanves

Les inscriptions au CNED se font à partir du 15/6/93 - Dossiers à demander - par Tél. : (1)46.48.91.62

Elles concernent

- . les auditeurs libres qui ne passent pas les examens (public B)
- . les personnes qui souhaitent obtenir le diplôme (public A) : celles-ci doivent obligatoirement prendre une double inscription au CNED et à l'Université de Paris-Sud XI (par l'intermédiaire du CNED)

Les documents suivants dûment remplis sont à retourner obligatoirement au CNED

- la FICHE D'INSCRIPTION indiquant notamment l'intitulé et le code de la formation
  - . Formation de base en astronomie et astrophysique
  - . Code 328
- la FICHE DE RENSEIGNEMENTS : ne pas omettre de signaler votre choix : public A ou public B
- la FICHE DE REGROUPEMENTS : dans l'hypothèse où vous ne souhaitez pas y participer, le préciser
- le titre de paiement à l'ordre de l'agent-comptable du CNED (voir fiche «TARIFS»)

### B - Inscriptions à l'Université Paris-Sud

Cette inscription est obligatoire pour pouvoir se présenter à l'examen.

Pour cela, le CNED vous adresse, dès réception de la fiche de renseignements et selon les cas :

- \* le dossier d'inscription à l'Université de Paris-Sud, si vous êtes titulaire du baccalauréat français ou de l'ESEU.  
Ce dossier doit être retourné au CNED avant le 30 octobre 1993.
- \* une «demande de validation des études, acquis personnels et expériences professionnelles» si vous possédez un diplôme équivalent au baccalauréat ou si vous pouvez justifier d'acquis personnels ou professionnels.

Cette demande devra être retournée au CNED avant le 30 septembre 1993 pour étude par la commission de validation de l'Université.

L'inscription à ce diplôme d'Université est cumulable avec une autre inscription universitaire.

## INFORMATION

### ■ Renseignements complémentaires

- par courrier : CNED

Service de scolarité des Enseignements Supérieurs  
BP 400 92171 Vanves Cedex

- par téléphone

(1) 46 48 24 18 pour renseignements d'ordre administratif

(1) 46 48 24 12

ou

(1) 46 48 24 03

} pour renseignements d'ordre pédagogique

- par minitel 3614 code CNED

Tarifs 93 : . inscription à la formation à titre individuel  
. inscription prise en charge par un employeur ou un organisme

1 625 FF  
4 730 FF

# LES PUBLICATIONS DU C. L. E. A.

Le CLEA publie depuis quatorze ans son bulletin trimestriel de liaison, Les Cahiers Clairaut. On trouvera, page 4 de la couverture, les conditions d'abonnement et les conditions d'adhésion au CLEA.

Toutes les publications du CLEA sont conçues pour l'information des enseignants et pour les aider dans leur enseignement de l'astronomie.

## FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

1. L'observation des astres, le repérage dans l'espace et le temps (20F-25F)
2. Le mouvement des astres (25F-30F)
3. La lumière messagère des astres (25F-30F)
4. Naissance, vie et mort des étoiles (30F-35F)
5. Renseignements pratiques, bibliographie pour l'astronomie (25F-30F)
- 5bis. Complément au fascicule 5 (25F-30F)
6. Univers extragalactique et cosmologie (30F-35F)
7. Une étape de la physique, la Relativité restreinte (60F-68F)
8. Moments et problèmes dans l'histoire de l'astronomie (60F-68F)
9. Le système solaire (50F-58F)
10. La Lune (30F-35F)
11. La Terre et le Soleil (40F-48F)
12. Simulation en astronomie sur ordinateur (30F-35F)

## COURS POLYCOPIES D'ASTROPHYSIQUE (M3.C4 de l'Université Paris XI-Orsay)

- I. Astrophysique générale (30F-35F)
- II. Mécanisme de rayonnement en astrophysique (30F-35F)
- III. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire (30F-35F)
- IV. La structure interne des étoiles (30F-35F)
- V. Relativité et cosmologie (30F-35F)
- S. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil (30F-35F)

## LES FICHES PEDAGOGIQUES DU CLEA, numéros hors série des Cahiers Clairaut

- HS1. L'astronomie à l'école élémentaire (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)  
HS2. La Lune, niveau collègue 1 (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)  
HS3. Le temps, les constellations, niveau lycée (60F-68F) (40F-48F pour abonnés)

## TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

- T1. Le TranSoLuTe (les phases de la Lune et les éclipses) (50F-55F)
- T2. Les fuseaux horaires (50F-55F)
- T3. Les saisons (50F-55F)

## DIAPPOSITIVES (séries de 20 vues + livret de commentaires) chaque 50F-55F

- D1. Les phénomènes lumineux
- D2. Les phases de la Lune
- D3. Les astres se lèvent aussi
- D4. Initiation aux constellations
- D5. Rétrogradation de Mars
- D6. Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues, 30F - 35F)

## LE CINECIEL, une sphère armillaire à monter en kit (100 F)

## LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE

Grasse 1983 (58F-66F) ; Formiguères 1984 (65F-75F) ; Formiguères 1985 (100F-110F)  
Formiguères 1986 (100F-110F) ; Gap 1990 (100F-110F)

Pour chaque publication, le deuxième prix est celui qui comprend les frais d'expédition et concerne donc les commandes par la poste.

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire :

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD - Tél (1) 47 71 69 09

## LE C.L.E.A. et LES CAHIERS CLAIRAUT

### Conditions d'adhésion et d'abonnement pour 1993 :

Cotisation simple au CLEA pour 1993	25 F
Abonnement simple aux Cahiers n°61 à 64	100 F
Abonnement aux Cahiers (n°61 à 64) ET cotisation au CLEA pour 1993	120 F
Contribution de soutien (par an)	30 F
Le numéro des Cahiers Clairaut (port compris)	35 F

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

A L'INTENTION DES NOUVEAUX ABONNES, dix fascicules thématiques ont été éditées ; ils réunissent des articles publiés dans les Cahiers Clairaut. Tout nouvel abonné reçoit en témoignage de bienvenue un fascicule à choisir dans la liste suivante :

FA. L'astronomie à l'école élémentaire	FF. Les potins de la Voie Lactée
FB. L'astronomie au collège	FG. Astronomie et informatique
FC. Construction d'une maquette	FH. Articles de physique
FD. Construction d'un instrument	FJ. Articles d'astrophysique
FE. Réalisation d'une observation	FL. Interprétation d'un document d'observation

### COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

- C1. Collection complète du n°1 au n°60 (800F-860F)
- C88. C89. Collection 1988 ou 1989 (chaque 80F-90F)
- C90. C91. C92. Collection 1990 ou 1991 ou 1992 (chaque 90F-100F)

Adresser commandes et inscriptions au secrétaire du CLEA  
Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD  
en joignant à votre envoi le chèque correspondant à l'ordre du CLEA.

### PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

- SCPS1. Le système solaire, 10 cartes postales en couleurs (30 F)
- SCPS2. Les Merveilles de l'Univers", 10 cartes postales en couleurs présentant quelques-uns des plus beaux objets célestes (30F)
- LS0. Catalogue des étoiles les plus brillantes, toutes les données disponibles au Centre des Données Stellaires de l'Observatoire de Strasbourg concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75F)

Vos commandes sont à adresser au Service librairie, Planétarium de Strasbourg, rue de l'Observatoire, 67000 STRASBOURG.

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim  
Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff  
Dépot légal : 1<sup>er</sup> trimestre 1979  
Numéro d'inscription CPPAP : 61660