

**PUBLICATION**

de

**L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DE STRASBOURG**

**Série**

**"Astronomie & Sciences Humaines"**

**n° 9**

**1993**



*Editeur* : Gérard JASNIEWICZ - Observatoire astronomique de Strasbourg - 11, rue de l'Université - 67000 Strasbourg, France - *Télex* : 890506 Starobs F - *Télécopie* : (33) 88 25 01 60

*Directeur de Publication* : Michel CREZE - Observatoire astronomique de Strasbourg

Les volumes de la Série "*Astronomie et Sciences Humaines*" des **Publications de l'Observatoire de Strasbourg** sont disponibles par abonnement payable d'avance par chèque d'un montant de 100 FF (2 volumes par an), libellé à l'ordre de M. l'Agent Comptable de l'Université Louis Pasteur et envoyé à Mme Hamm M. - Observatoire astronomique de Strasbourg - 11, rue de l'Université - 67000 Strasbourg

# Table des Matières

## Editorial

JASNIEWICZ G. - ERNY P.

## 15<sup>e</sup> Réunion

|  |           |
|--|-----------|
| <b>L'arc en ciel : trois approches</b>                             | <b>1</b>  |
| SUAGHER F. - PARISOT J.P.  |           |
| <b>Des modèles mécaniques en astronomie : Théon de Smyrne</b>      | <b>21</b> |
| DELATTRE J.  |           |
| <b>Peut-on prévoir les éclipses par le calendrier de Coligny ?</b> | <b>37</b> |
| VERDIER P.   |           |
| <b>La lune et ses périodes</b>                                     | <b>49</b> |
| PARISOT J.P.   |           |
| <b>Le rapport entre le Yi King et l'astronomie</b>                 | <b>67</b> |
| AFONSO G.  |           |

## 14<sup>e</sup> Réunion

|   |            |
|---|------------|
| <b>L'astronomie de Marianus Capella</b>                                       | <b>79</b>  |
| LE BOEUFFLE A.  |            |
| <b>L'année de 364 jours dans les livres d'Hénoch et des Jubilés</b>           | <b>91</b>  |
| LÉVY M.L.   |            |
| <b>Le cas Galilée</b>   | <b>101</b> |
| LIOTTA R.   |            |
| <b>Le calendrier des Slaves et l'observatoire imaginaire de Ludwik Stomma</b> | <b>117</b> |
| LEBEUF A. - ZIOLKOWSKI M. - SADOWSKI R.M.                                     |            |
| <b>Quelsques aspects de la vision du temps chez les Mexica (Aztèques)</b>     | <b>143</b> |
| RAMIREZ DE ARELLANO M.E.  |            |

--

|              |            |
|--------------|------------|
| <b>INDEX</b> | <b>159</b> |
|--------------|------------|

## Editorial

Ce 9ème volume de la *Série Astronomie et Sciences Humaines* des **Publications de l'Observatoire de Strasbourg** contient le recueil des exposés faits lors des Réunions N° 14 (6 novembre 1992) et N° 15 (14 mai 1993).

Ces réunions ont été organisées conjointement par les Pr. P. Erny (Institut d'Ethnologie, Université des Sciences Humaines de Strasbourg) et C. Jaschek (Observatoire de Strasbourg, Université Louis Pasteur). Les frais d'organisation ont été couverts grâce à une aide financière de l'*Université de Strasbourg II* et de l'Association *Les Amis des Universités de l'Académie de Strasbourg*. La publication et l'édition de ce volume a été assurée par l'Observatoire de Strasbourg grâce à une subvention de l'Université Louis Pasteur et du Conseil général du Bas-Rhin, et aux cotisations des abonnés.

Nous remercions Mme Hamm pour la saisie de certains textes au scanner, pour la mise en page des articles et l'excellente présentation de ce volume, ainsi que l'imprimerie de l'Observatoire pour le tirage off-set.

Nous rendons hommage au Pr. C. Jaschek pour sa contribution essentielle au succès des Journées *Astronomie et Sciences Humaines*. Homme de culture autant que de sciences, il a inauguré un dialogue riche et nouveau entre deux Instituts universitaires strasbourgeois.

Le Pr Jaschek a en outre créé autour de ces Journées un rassemblement européen tout à fait inédit, puisque nous avons le plaisir d'accueillir régulièrement des collègues de disciplines et de pays divers : astronomes, ethnologues, archéologues, linguistes, historiens, philosophes venus d'Allemagne, de Bulgarie, de France, de Hollande, de Suisse, de Pologne, etc...

Très attaché à l'enseignement, le Pr Jaschek a également dispensé un cours d'astronomie tout à fait original aux étudiants de l'Institut d'ethnologie de Strasbourg, à la croisée de deux disciplines qu'il affectionne particulièrement, l'astronomie et l'ethnologie.

La richesse des bibliothèques de la prestigieuse Université de Salamanque, où il a choisi de vivre sa retraite avec Madame Jaschek, sera pour lui, sans nul doute, une source d'inspiration. Nous lui adressons tous nos vœux pour la réalisation de ses nombreux projets de recherche.

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

# **L'arc en Ciel**

Trois approches

**SUAGHER Françoise**  
Besançon

**PARISOT Jean Paul**  
Observatoire de Bordeaux

# L'ARC EN CIEL

## TROIS APPROCHES

Françoise SUAGHER - Jean Paul PARISOT

### INTRODUCTION

*L'arc en ciel exerce une fascination sur l'homme depuis la nuit des temps. Source d'inspiration pour les artistes, il est aussi un fabuleux test pour plusieurs théories optiques. C'est l'aspect historique des explications de l'arc en ciel qui est abordé ici.*

*Les bases de la théorie de l'arc en ciel ont été établies par Théodoric, Descartes, Newton, en s'appuyant sur l'optique géométrique, où la lumière est matérialisée par des rayons lumineux. La théorie de Descartes permet d'expliquer la majeure partie des phénomènes observés dans l'arc en ciel: existence de l'arc primaire, de l'arc secondaire, de la bande sombre d'Alexandre entre les deux arcs, position angulaire de ces éléments et spectre de dispersion de la lumière. Un phénomène pose néanmoins problème: les arcs surnuméraires. Ces arcs fugaces, fins, teintés de rose et de vert apparaissent sous l'arc primaire.*

*Il faudra attendre l'élaboration de l'optique ondulatoire et les travaux de Thomas Young pour en savoir un peu plus. Mais l'explication de Young échoue sur l'écueil de la bande sombre, l'intensité lumineuse théorique de cette zone étant beaucoup plus sombre que dans la réalité. Un effort était encore nécessaire pour améliorer l'explication.*

*La théorie de Georges Airy et l'intégrale de l'arc en ciel remporta de nombreux succès, en particulier elle permettait de rendre compte de l'assombrissement graduel au niveau de la bande d'Alexandre, mais elle n'était plus applicable quand on s'éloignait trop de l'arc.*

*Les méthodes de Mie et de Raileigh, basées sur la théorie électromagnétique de la lumière sont actuellement les outils les mieux adaptés pour l'étude des phénomènes lumineux du ciel, et des arcs en ciel en particulier.*

L'arc-en-ciel exerce depuis la nuit des temps une fascination sur l'homme. Source d'inspiration pour les artistes, pont de couleurs jeté dans l'azur au pied duquel gisait une marmite d'or pour les enfants, il fut aussi un fabuleux test pour plusieurs théories optiques. La première étude de ce phénomène fut menée par Aristote qui explique l'aspect circulaire et le fait que l'arc n'est pas un objet matériel à localisation déterminée. En 1266, Roger Bacon mesure le diamètre angulaire de l'arc :  $42^\circ$  pour l'arc primaire, environ  $50^\circ$  pour le secondaire.

Le rôle de la goutte de pluie dans la création de l'arc était découvert en 1304 par un moine allemand, Théodoric de Freiberg. Celui-ci réfute ainsi l'hypothèse avancée par Aristote de la réflexion sur le nuage. Il appuie ses conclusions sur une expérience reproduisant une goutte géante grâce à une sphère en verre remplie d'eau. 300 ans plus tard, cette théorie oubliée est reprise par René Descartes. Il interprète les expériences de Théodoric et fournit une explication complète sur la nature de l'arc-en-ciel. Il complète les travaux précédents au sujet de la bande sombre d'Alexandre. Celle-ci est située entre les deux arcs et fut décrite pour la première fois par le philosophe grec Alexandre d'Aphrodisias vers 200 av. J.C.

La coloration de l'arc est décrite par Isaac Newton en 1666. Suite à ses expériences sur les prismes, Newton calcule précisément la position angulaire de chaque arc. Ses observations concordaient avec les calculs obtenus. Théodoric, Descartes et Newton ont établi les bases de la théorie en s'appuyant sur l'optique géométrique.

## **1) L'arc en ciel et l'optique géométrique**

L'arc-en-ciel se forme grâce à un rideau de pluie, éclairé par le soleil, l'observateur faisant dos au Soleil. Nous ne considérerons ici que l'action séparée de chaque goutte. Ce phénomène a pour origine la réfraction et la réflexion de la lumière à travers la goutte.

### **1-1. Angle limite, Rayon de Descartes**

Considérons que la goutte d'eau est sphérique. La plus grande partie du rayonnement est ici supposée réfractée à l'intérieur de la goutte. Pour la formation de l'arc primaire, on observe une réflexion à l'intérieur de la goutte, puis le rayon est réfracté à l'extérieur. On peut calculer aisément l'angle entre la direction du rayon incident et celle du rayon émergent (voir figure 1).

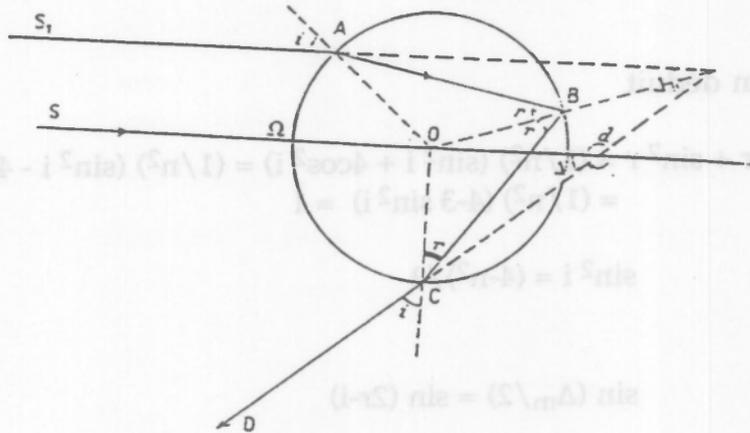


Figure 1

La déviation D est donnée par :

$$\Delta = \pi + 2i - 4r$$

On constate que cet angle varie en fonction de deux paramètres : l'angle d'incidence ( $i$ ) et l'indice des milieux ( $r$  est lié à  $i$  par la relation de Descartes  $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ ). L'angle D passe par un maximum. En différenciant la relation, on obtient :

$$d\Delta = -2di + 4dr$$

$$\text{Or : } n \sin r = \sin i \quad \Leftrightarrow \quad n \, dr \cos r = di \cos i$$

$$\Leftrightarrow \quad dr = di \cos i / n \cos r$$

Donc :

$$d\Delta = 2 \, di \left[ \frac{2 \cos i}{n \cos r} - 1 \right]$$

L'angle est maximum quand la dérivée s'annule, on a :

$$\cos I = 1/2 N \cos R$$

$$\text{Or : } \sin \Delta = -\sin (4r-2i) \quad \Leftrightarrow \quad \sin (\Delta/2) = -\sin (2r-i)$$

$$\text{avec } \sin (2r-i) = \frac{2 \sin i}{n} - \frac{2 \cos^2 i}{n} - \sin i \left[ 1 - 2 \frac{\sin^2 i}{n^2} \right]$$

$$= \sin i \left\{ \frac{4}{n^2} (1 - \sin^2 i) - 1 + 2 \left[ \frac{\sin^2 i}{n^2} \right] \right\}$$

On sait que :

$$(1/n) \sin i = \sin r$$

et que

$$(2/n) \cos i = \cos r$$

On en déduit

$$\begin{aligned} \cos^2 r + \sin^2 r &= (1/n^2) (\sin^2 i + 4\cos^2 i) = (1/n^2) (\sin^2 i - 4\sin^2 i + 4) \\ &= (1/n^2) (4 - 3\sin^2 i) = 1 \end{aligned}$$

D'où  $\sin^2 i = (4 - n^2)/3$

Or

$$\sin(\Delta_m/2) = \sin(2r - i)$$

ce qui entraîne

$$\sin(\Delta_m/2) = [(4 - n^2)/3]^{1/2} [(4 - n^2) / (3n^2)]$$

On obtient donc finalement :

$$\sin^2(\Delta_m/2) = [(4 - n^2)^3] / (27 n^4) \quad (1)$$

Pour l'eau on considère que  $n=1,33$  et  $\Delta_m \sim 42^\circ$

Ce calcul rend compte du diamètre angulaire de l'arc primaire. De plus, la relation (1) donne l'ordre des couleurs. En effet, l'indice de l'eau varie en fonction de la longueur d'onde du rayonnement qui la traverse. Ainsi, pour une température de  $20^\circ\text{C}$ , on a :

|                       |          |        |        |        |        |
|-----------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| lambda $\lambda$ (nm) | : 397    | 434    | 486    | 589    | 656    |
| indice n              | : 1,3435 | 1,3404 | 1,3372 | 1,3330 | 1,3312 |

En prenant, par exemple, les deux indices extrêmes, on obtient pour le violet (397nm)  $\Delta_b = 40^\circ 34,5'$  tandis que pour le rouge (656nm)  $\Delta_r = 42^\circ 20,5'$ . Le rayon le plus dévié est donc celui de la plus grande longueur d'onde : le rouge. De ce fait, la couleur rouge arrive avec un angle d'incidence plus élevé sur la pupille de l'observateur. Cette simple application numérique permet de justifier l'ordre des couleurs de l'arc-en-ciel primaire : le violet à l'intérieur et le rouge à l'extérieur.

En raisonnant sur l'ensemble des rayons qui parviennent à la goutte, on met en évidence le fait qu'au voisinage de la déviation maximale, les rayons d'angles d'incidence voisins sortent très serrés. Au voisinage de ce maximum l'intensité lumineuse est la plus grande. Cette intensité décroît rapidement au-delà.

Etudions maintenant la dispersion de la lumière par la goutte d'eau. On a vu précédemment que  $\Delta = \pi + 2(2r-i)$  Au maximum de déviation, on a :

$$\begin{aligned} 2 \cos I &= n \cos R \\ \text{et} \quad \sin I &= n \sin R \end{aligned}$$

Différentions :

$$\begin{aligned} dI &= (-2/3) (dn/n) (\text{tg } R + \text{cotg } R) \\ \text{et} \quad dR &= (-1/3) (dn/n) (4 \text{ tg } R + \text{cotg } R) \end{aligned}$$

d'où :

$$d\Delta = (dn/n) [(4-n^2) / (n^2-1)]^{1/2}$$

Pour l'eau, on considère qu'en moyenne  $n=1,33$  et donc  $d\Delta = -2,535 dn$ . A  $20^\circ\text{C}$ , entre le rouge et le violet,  $dn=0,0123$  et  $d\Delta = -0,0311805$  rd soit  $1^\circ 47'$ . En moyenne, en tenant compte des écarts de température qui influent sur l'indice, la largeur de l'arc primaire vaut  $1^\circ 45'$ .

Voilà donc toutes les informations que l'on peut tirer de la notion d'angle limite sous lequel entre le rayon de Descartes, responsable de l'arc primaire.

## 1-2 . Réflexions dans la goutte

Nous venons d'étudier le premier arc, le plus facile à observer. Nous avons vu que sa création résulte d'une réfraction, d'une réflexion et d'une autre réfraction. Examinons maintenant la partie du rayonnement qui subit deux, trois réflexions (ou plus) à l'intérieur de la goutte. Ces rayons sont à l'origine d'arcs secondaires (ou tertiaires qui ne peuvent pratiquement pas être observés). Leur étude par la théorie de Descartes relève de la même démarche que celle de l'arc primaire. Enonçons donc ici les principaux résultats.

$$\begin{aligned} \Delta &= \pi + 2i - 6r \\ \text{et à } \Delta_{\min} \quad \sin^2 i &= (9-n^2)/8 \end{aligned}$$

Pour l'eau ( $n=1,33$ ),  $\Delta = 51^\circ$ , largeur angulaire de l'arc secondaire. Pour des réflexions supplémentaires dans la goutte d'eau, les arcs créés ont une intensité lumineuse très faible. Ceux-ci sont rarement observables.

Ainsi, l'ordre de l'arc est celui du nombre de réflexions à l'intérieur de la goutte. Si nous reprenons notre tableau des indices de l'eau en fonction de la longueur d'onde du rayonnement dans le cas de l'arc secondaire, nous constatons que :

$$\Delta_b = 53^\circ 36,3' \quad \text{et que} \quad \Delta_r = 50^\circ 25'$$

Ainsi, l'ordre des arcs colorés de l'arc secondaire se trouve inversé par rapport à celui de l'arc primaire, l'arc rouge étant ici du côté intérieur de l'arc. Nous voyons aussi que l'arc secondaire est plus large  $\sim 3^{\circ}11'$ . Le second arc a une intensité inférieure, la dispersion de la lumière étant presque doublée ainsi que les pertes dues à la réflexion.

Le rayon cartésien de l'arc primaire vaut près de  $42^{\circ}$  et tous les rayons lumineux ayant subi une réflexion dans la goutte ressortent sous un angle moindre. Le rayon de Descartes vaut près de  $51^{\circ}$  dans le cas de l'arc secondaire et ici, les rayons lumineux ayant subi deux réflexions sortent sous un angle supérieur. Il en résulte que la bande comprise entre ces deux arcs présente un grand contraste avec le reste du ciel. C'est la fameuse bande d'Alexandre qui forme un arc sombre d'une dizaine de degrés entre les arcs primaires et secondaires.

### 1-3. Les défauts de la théorie géométrique

La théorie élaborée par Descartes permet d'expliquer la majeure partie des phénomènes observés dans un arc-en-ciel : existence de l'arc primaire, de l'arc secondaire, de la bande sombre d'Alexandre, la position angulaire de ces éléments et le spectre de dispersion de la lumière. Toutefois cette théorie bâtie sur les seules bases de l'optique géométrique, n'explique pas tout ... Un phénomène pose notamment problème : les arcs surnuméraires. Ces arcs fugaces, fins, teintés de rose et de vert, apparaissent sous l'arc primaire. Il faudra toutefois attendre l'élaboration de l'optique ondulatoire et les travaux de Thomas Young pour en savoir un peu plus ...

## 2) L'Arc en ciel et l'optique ondulatoire

### 2-1. Les arcs surnuméraires.

En 1803, Thomas Young découvre que la lumière peut interférer avec elle-même. Sa très célèbre expérience des fentes éclairées par une source lumineuse monochromatique unique, permet d'observer le phénomène d'interférences. Une succession de bandes sombres et lumineuses se projettent sur son écran : il s'agit de la figure d'interférences. Elle est créée par la superposition destructive ou constructive des ondes lumineuses issues des deux fentes de son montage expérimental. Young applique lui-même sa découverte à un phénomène lié à l'arc-en-ciel : les arcs surnuméraires. Il considère que deux rayons déviés dans une même direction (qui ne sont pas rentrés avec le même angle d'incidence dans la goutte) subissent le même phénomène que dans ses expériences ; le tour est joué ! Ainsi les rayons lumineux proches de l'angle de Descartes vont suivre un chemin optique très similaire. En sortant de la goutte ceux-ci ne seront pratiquement pas déphasés et leur interférence sera constructive. En revanche, si on s'écarte de l'angle de Descartes, on trouve des rayons dont la différence de chemin optique devient non négligeable devant la longueur d'onde (figure 2).

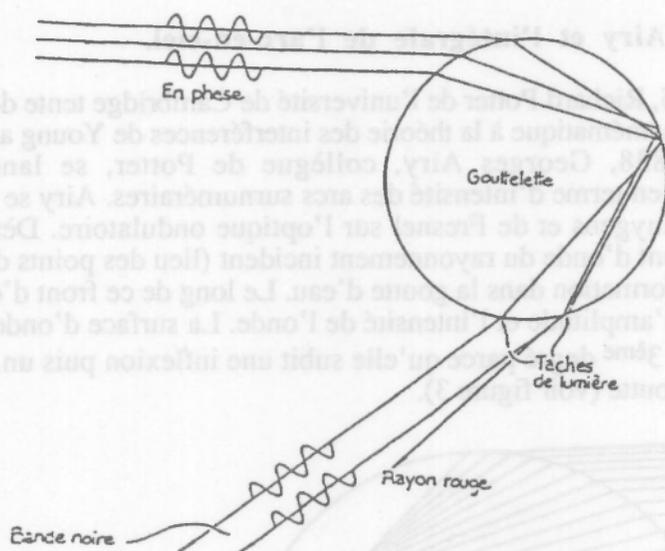


Figure 2

A une demi-longueur d'onde de différence, l'interférence est destructive ; à une longueur d'onde de différence l'interférence est à nouveau constructive et ainsi de suite, le phénomène étant périodique. Young explique ainsi les arcs surnuméraires. Ils se situent sous l'arc primaire pour les rayons lumineux qui se sont réfléchis une fois dans la goutte. Leur diamètre angulaire et leur position dépendent de la taille de la goutte qui leur donne naissance : plus la goutte est grande et plus rapidement la différence de chemin optique s'accroît ; ce qui explique que les " beaux arcs " formés par de grosses gouttes d'eau ne possèdent pas d'arcs surnuméraires. Dans la nature, le rayonnement qui éclaire notre goutte est le rayonnement polychromatique du Soleil. Chaque couleur crée sa propre figure d'interférences. Les figures colorées se chevauchent alors sous l'arc primaire. Ce mélange polychromatique est à l'origine des teintes diverses des arcs surnuméraires : rose et vert, blanc, ...

Young est à l'origine de la compréhension du phénomène mais l'étude quantitative allait être menée quelques années plus tard. En effet, l'explication de Young pour l'arc-en-ciel échoue sur l'écueil de la bande sombre d'Alexandre.

La théorie de Descartes et la théorie de Young prévoyaient l'existence d'un rayon limite. De ce fait, l'intensité lumineuse était maximale à l'angle de Descartes et nulle au-delà ; la fameuse bande d'Alexandre était alors théoriquement très sombre. Un effort était encore nécessaire pour améliorer la théorie.

## 2-2. George Airy et l'intégrale de l'arc-en-ciel.

En 1835, Richard Potter de l'université de Cambridge tente de donner un traitement mathématique à la théorie des interférences de Young appliquée à l'arc. En 1838, Georges Airy, collègue de Potter, se lance dans l'interprétation en terme d'intensité des arcs surnuméraires. Airy se base sur la théorie de Huygens et de Fresnel sur l'optique ondulatoire. Dès-lors, il considère le front d'onde du rayonnement incident (lieu des points de même phase) et sa déformation dans la goutte d'eau. Le long de ce front d'onde, on peut connaître l'amplitude et l'intensité de l'onde. La surface d'onde choisie par Airy est du 3<sup>eme</sup> degré parce qu'elle subit une inflexion puis un pliage à la sortie de la goutte (voir figure 3).

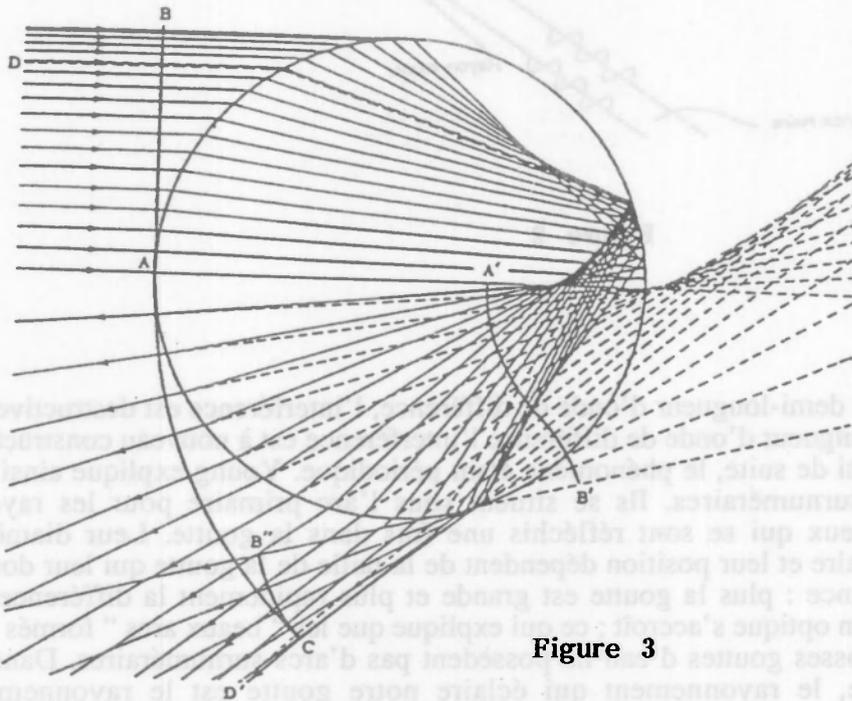


Figure 3

L'intensité est alors donnée par le carré de l'intégrale dite d'Airy :

$$f(z) = \int_0^{\infty} \cos \pi/2 (u^3 - zu) du$$

où

$$u^3 = (4b/\lambda) X^3 \text{ et } -zu = (4X\beta/\lambda)$$

avec  $\lambda$  longueur d'onde du rayonnement  
 $b$  lié à l'ordre, à la taille de la goutte et à l'indice  $b(p^3, a^{-2}, n^{-2})$   
 $X$  coordonnées de la fonction  $Y = bX^3$   
 $\beta$  angle selon lequel on examine l'amplitude lumineuse

La figure 4 présente à 3 dimensions la fonction  $\cos \pi/2 (u^3 - zu)$  pour  $u$  variant de 0 à 2 et  $z$  de 0 à 10. La figure a été tracée avec le logiciel Mathématica.

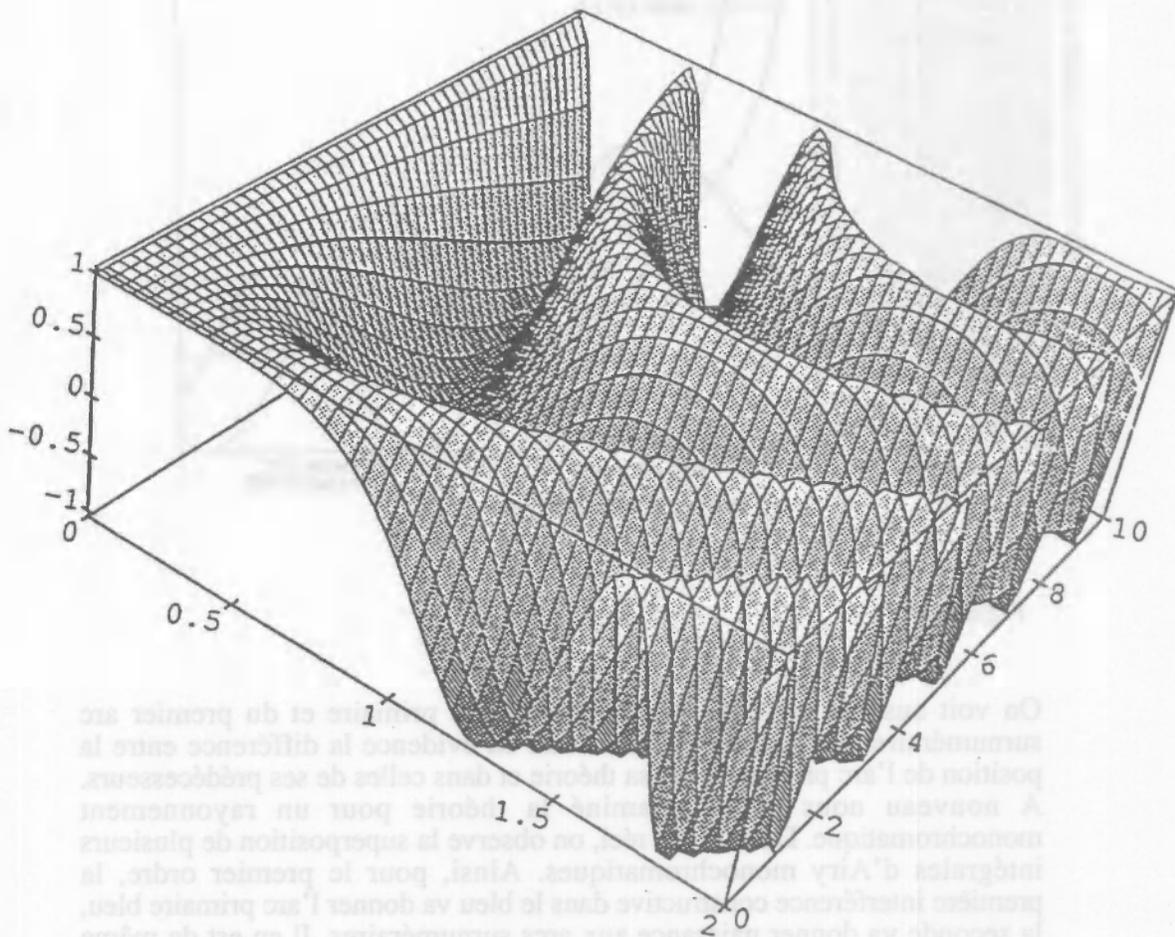


Figure 4

L'intégrale  $f(z)$  donne la répartition visible sur la figure 5. On peut voir sur ce schéma les différences entre les théories évoquées jusqu'à présent. Les calculs d'Airy permettent de rendre compte de l'assombrissement graduel au niveau de la bande d'Alexandre.

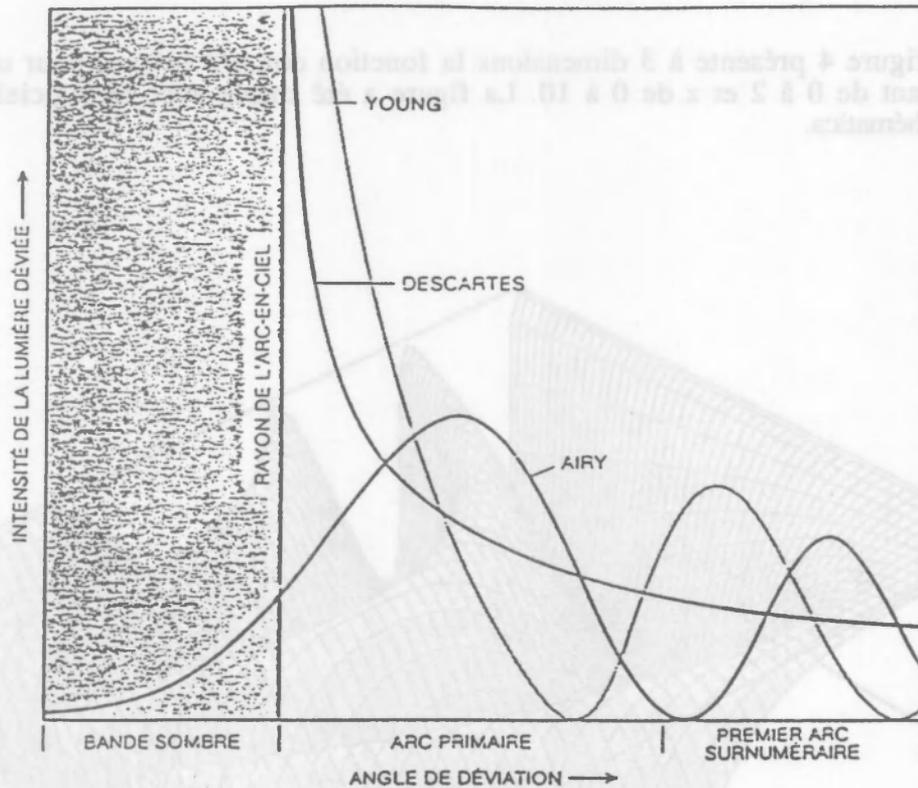


Figure 5

On voit aussi la zone de formation de l'arc primaire et du premier arc surnuméraire. Ses calculs mettent aussi en évidence la différence entre la position de l'arc primaire dans sa théorie et dans celles de ses prédécesseurs. A nouveau nous avons examiné la théorie pour un rayonnement monochromatique. Dans le cas réel, on observe la superposition de plusieurs intégrales d'Airy monochromatiques. Ainsi, pour le premier ordre, la première interférence constructive dans le bleu va donner l'arc primaire bleu, la seconde va donner naissance aux arcs surnuméraires. Il en est de même pour les autres couleurs. Nous avons vu que la position et la taille de la bande d'interférences dépend de la taille de la goutte d'eau. Aussi le phénomène de recouvrement des couleurs pour de petites gouttes est un facteur important pour notre compréhension de l'arc. De grosses gouttes semblables donneront des arcs brillants aux bandes bien contrastées (pour un diamètre de quelques millimètres).

Des gouttelettes de 0,01 millimètres donneront lieu à des phénomènes de "bavures" qui feront paraître un arc-en-ciel délavé, voir blanchi ! Cela explique notamment l'observation exceptionnelle d'un cercle blanc à travers des nuages ou des brouillards : le cercle d'Ulloa. Ces calculs permettent

aussi d'expliquer l'observation d'arcs d'un diamètre inférieur à  $42^\circ$  (observations d'arcs blancs de  $33,5^\circ$ ).

La théorie de l'arc-en-ciel d'Airy remporta de nombreux succès. Toutefois, un problème subsistait aux yeux des physiciens : il fallait supposer à priori la distribution d'amplitude dans le front d'onde déterminé par Airy. De plus, elle n'est pas applicable quand on s'éloigne trop de l'arc. C'est la raison pour laquelle, en 1908, Gustav Mie élabore une méthode basée sur la théorie électromagnétique de la lumière proposée par James Clerk Maxwell en 1873

### **3) L'arc en ciel et la théorie électromagnétique**

#### **3-1. Distribution en amplitude autour de la goutte - Théorie de Mie**

La théorie qu'élabore Mie en 1908, permet de traiter tous les phénomènes connus pour une sphère de composition et de dimension voulue: diffusion, réflexion, absorption, diffraction et réfraction. Une telle puissance d'explication se fait au détriment de la compréhensibilité. Mie, en intégrant les équations de Maxwell à travers les deux milieux ( intérieur de la goutte et extérieur ), put exprimer l'énergie diffusée suivant chaque direction grâce à une série infinie de termes (polynômes de Legendre et fonctions circulaires de Bessel). Il apparaît que calculer la diffusion par une goutte d'eau fait alors appel à de nombreux et volumineux calculs, en particulier quand la goutte est grosse. C'est la raison pour laquelle, l'ordinateur vient au secours du physicien. Ainsi la modélisation informatique de l'arc-en-ciel par la théorie de Mie permet des calculs d'arcs plus précis en fonction du diamètre de la goutte mais aussi des calculs d'intensité.

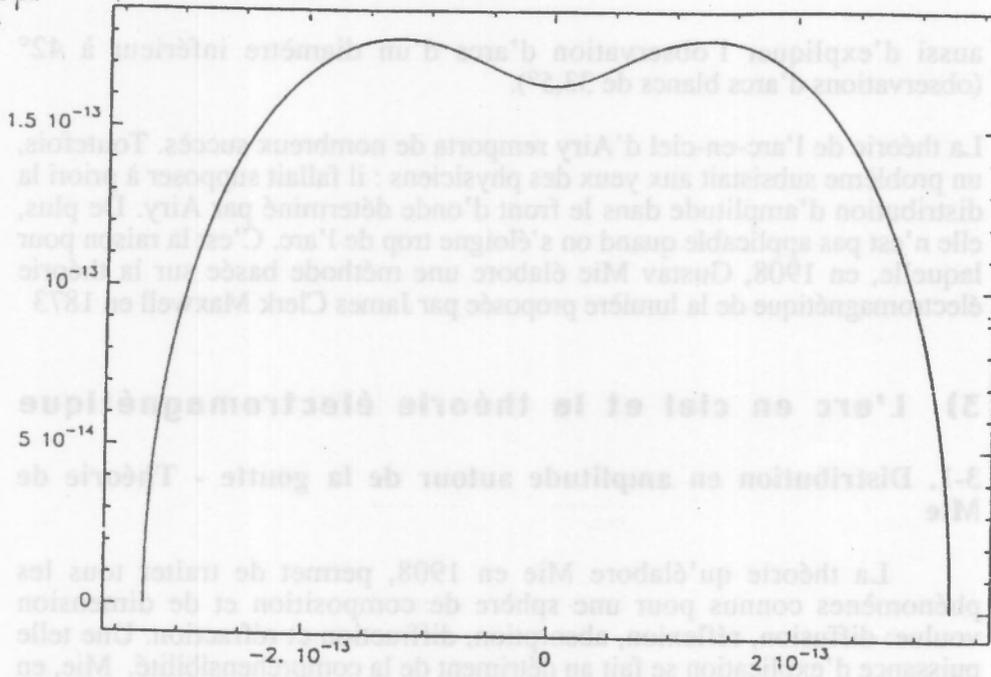
Les calculs sont assez rapides pour des petites gouttes ( $0,01\mu\text{m}$ ) où la diffusion de Mie se réduit à la diffusion dite de Rayleigh. (fig 6). En revanche les calculs se compliquent beaucoup pour des gouttes d'eau de taille raisonnable (diffusion de Mie). Dans le domaine des arcs-en-ciel, les simulations montrent tous ce que nous avons étudié auparavant : arcs primaires, secondaires, surnuméraires, bande sombre et les intensités relatives des bandes (figure 7). Toutefois, la théorie électromagnétique de la lumière est appropriée pour observer une autre caractéristique, invisible à l'oeil nu, de l'arc-en-ciel : sa polarisation.

#### **3 -2 Polarisation de l'arc-en-ciel.**

La lumière est une onde transverse : les variations des champs électrique  $\mathbb{E}$  et magnétique  $\mathbb{B}$  se font dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation. La projection instantanée de  $\mathbb{E}$  sur deux axes perpendiculaire et son évolution au cours du temps décrit l'état de polarisation de la lumière. La lumière solaire n'a pas de polarisation préférentielle, sa polarisation est aléatoire et sa lumière est dite non polarisée.

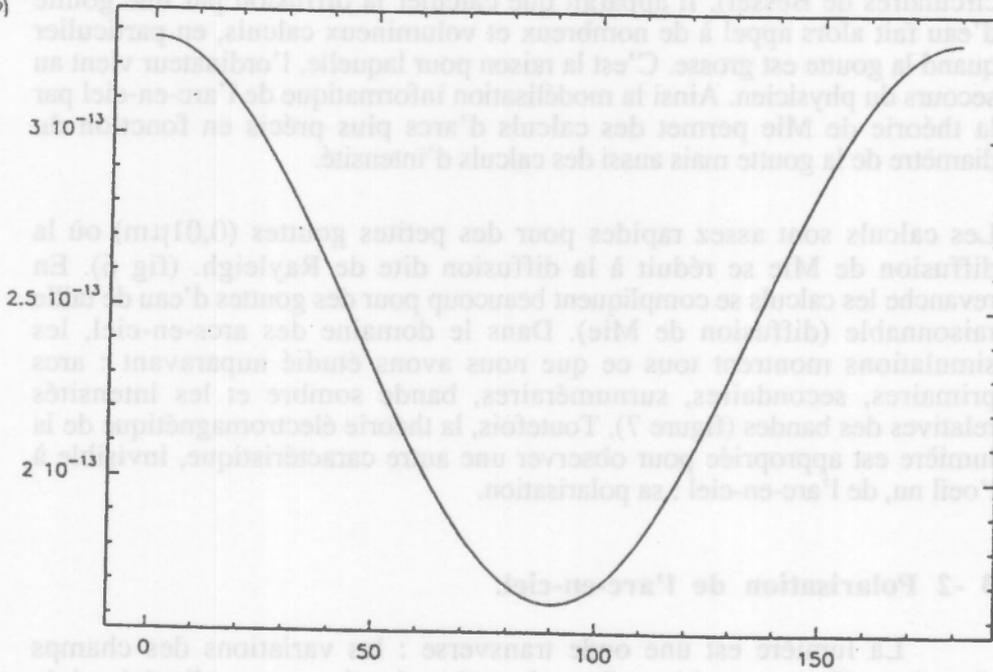
$\lambda = 0,5 \mu m$   
 $r = 0,04 \mu m$   
 $\tau = 0,04 \mu m$   
 $\tau_{\text{Lambé}}$

Projection Polaire



$\lambda = 0,5 \mu m$   
 $r = 0,04 \mu m$   
 $\tau = 0,04 \mu m$   
 $\tau(\theta)$

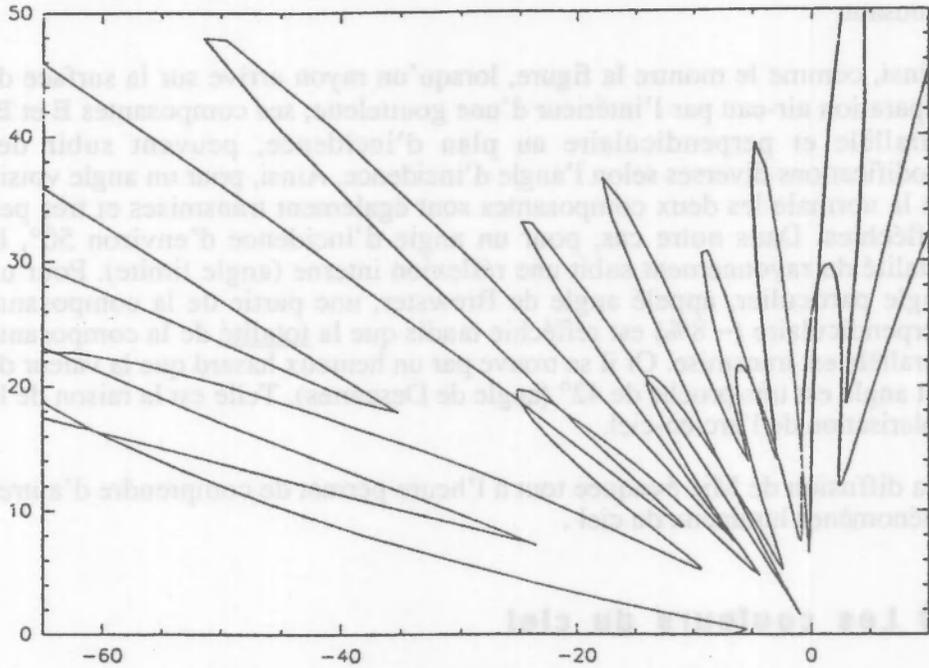
Projection  $I = f(\theta)$



**DIFFUSION DE RAYLEIGH**

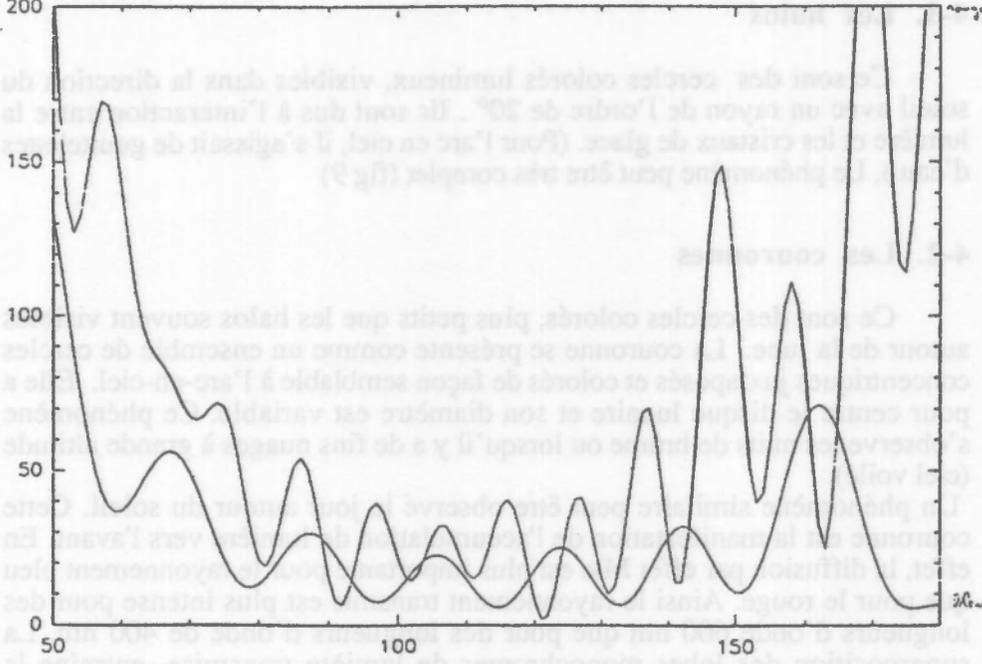
**Figure 6**

Projection Polaire



Mic 7-dat } 71277. vec  
 Mic 7 bit-dat }  
 $\lambda_1 = 0,66 \mu$   
 $\lambda_2 = 0,557 \mu$   
 $n = 1,5$   
 $I(\theta)$

Projection  $\bar{I} = f(\theta)$



DIFFUSION DE MIE

Figure 7

En revanche, l'arc-en-ciel observé au travers d'un filtre polarisant dénote une forte polarisation. Ce phénomène est dû à un concours de circonstances amusant.

Ainsi, comme le montre la figure, lorsqu'un rayon arrive sur la surface de séparation air-eau par l'intérieur d'une gouttelette, ses composantes  $E$  et  $B$ , parallèle et perpendiculaire au plan d'incidence, peuvent subir des modifications diverses selon l'angle d'incidence. Ainsi, pour un angle voisin de la normale les deux composantes sont également transmises et très peu réfléchies. Dans notre cas, pour un angle d'incidence d'environ  $50^\circ$ , la totalité du rayonnement subit une réflexion interne (angle limite). Pour un angle particulier, appelé angle de Brewster, une partie de la composante perpendiculaire ( $\sim 8\%$ ) est réfléchie tandis que la totalité de la composante parallèle est transmise. Or il se trouve par un heureux hasard que la valeur de cet angle est très proche de  $42^\circ$  (angle de Descartes). Telle est la raison de la polarisation de l'arc-en-ciel.

La diffusion de Mie évoquée tout à l'heure permet de comprendre d'autres phénomènes lumineux du ciel .

#### 4) Les couleurs du ciel

En plus des arcs en ciel, d'autres phénomènes lumineux colorés sont visibles dans le ciel: les halos, les couronnes de diffusion. De plus, il est intéressant de se poser la question : pourquoi le ciel est-il bleu?

##### 4-1. Les halos

Ce sont des cercles colorés lumineux, visibles dans la direction du soleil avec un rayon de l'ordre de  $20^\circ$  . Ils sont dus à l'interaction entre la lumière et les cristaux de glace. (Pour l'arc en ciel, il s'agissait de gouttelettes d'eau ). Le phénomène peut être très complet (fig 9)

##### 4-2. Les couronnes

Ce sont des cercles colorés, plus petits que les halos souvent visibles autour de la lune. La couronne se présente comme un ensemble de cercles concentriques juxtaposés et colorés de façon semblable à l'arc-en-ciel. Elle a pour centre le disque lunaire et son diamètre est variable. Ce phénomène s'observe les nuits de brume ou lorsqu'il y a de fins nuages à grande altitude (ciel voilé).

Un phénomène similaire peut être observé le jour autour du soleil. Cette couronne est la manifestation de l'accumulation de lumière vers l'avant. En effet, la diffusion par effet Mie est plus importante pour le rayonnement bleu que pour le rouge. Ainsi le rayonnement transmis est plus intense pour des longueurs d'onde 600 nm que pour des longueurs d'onde de 400 nm. La superposition des lobes monochromes de lumière transmise, entraîne la formation de l'irisation décrite plus haut. L'abord immédiat de la Lune est rougi, puis vient une région blanchâtre où se superposent différentes couleurs, et enfin l'anneau de plus grand diamètre, le bleu qui se détache par rapport aux autres. Le diamètre de ces anneaux et le contraste entre les couleurs est fonction du diamètre des gouttelettes composant le voile nuageux.

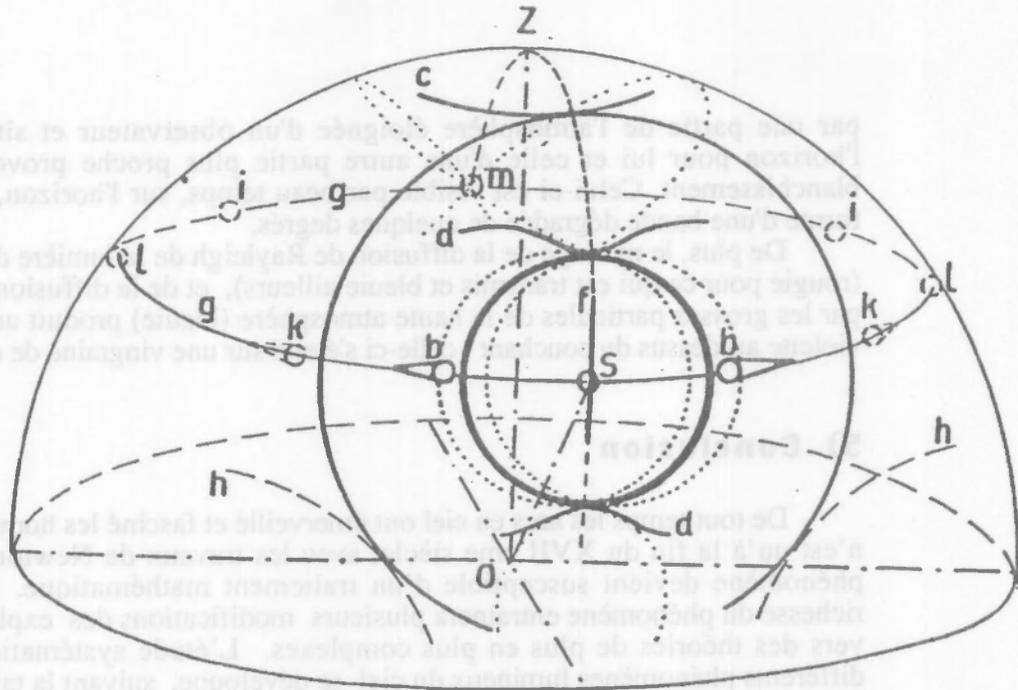


Fig. 9 — Aspects principaux des phénomènes de halo :

o : observateur — s : soleil au centre du halo principal de 22° et du grand halo de 46° — b : parhémie de 22° (environ) — c : arc circumzénital tangent au grand halo — d : arcs tangents supérieur et inférieur — f : colonne lumineuse et croix — g : cercle parhélique — h : arcs tangents infralatéraux — i : parhémies de 120° — k : parhémies de 46° (environ) — l : parhémies de 90° — m : anthémie.

En pointillé : aspects exceptionnels.

L'observateur regarde le soleil suivant la direction o-s.

N.B. — L'épaisseur des traits est fonction de la fréquence des phénomènes.

#### 4-3 Le bleu du ciel

Il s'explique également par la diffusion de Mie. Cette théorie rend compte également des magnifiques couleurs que peut prendre le ciel pour saluer le coucher du Soleil. En 1985, deux universitaires américains établissaient clairement que l'explication donnée par Rayleigh en 1899, sur la coloration bleue du ciel, était la bonne. La lumière est diffusée par les molécules de l'atmosphère. Rayleigh avait découvert que la lumière diffusée dans une direction est inversement proportionnelle à la puissance quatrième de la longueur d'onde.

Ainsi pour le rayonnement solaire dans le domaine visible le bleu sera plus diffusé par les molécules que le rouge. En revanche le rayonnement rouge est transmis en plus grande quantité. La lumière solaire traversant notre atmosphère est diffusée dans le bleu (8 fois plus que dans le rouge) et le ciel paraît bleu à un observateur. La lumière transmise (ici l'image du Soleil) s'enrichit pour sa part en rouge (du fait de la diffusion du bleu). On doit donc observer un rougissement du Soleil. Ce phénomène insensible quand le Soleil est très haut sur l'horizon et que la couche d'atmosphère traversée est minimale, devient visible peu de temps avant le coucher de celui-ci (rappelons ici que l'oeil est un détecteur logarithmique).

Grâce à une simulation ( la diffusion de Mie tend vers celle de Rayleigh pour des très petites sphères ), on peut se rendre compte que la lumière est peu diffusée à 90° du rayon incident. La combinaison de la diffusion de Rayleigh

par une partie de l'atmosphère éloignée d'un observateur et située sur l'horizon pour lui et celle d'une autre partie plus proche provoque un blanchissement. Celui-ci est visible par beau temps, sur l'horizon, sous la forme d'une bande dégradée de quelques degrés.

De plus, le mariage de la diffusion de Rayleigh de la lumière du Soleil (rougie pour ce qui est transmis et bleuie ailleurs), et de la diffusion de Mie par les grosses particules de la haute atmosphère (bleuie) produit une arche violette au-dessus du couchant : celle-ci s'étend sur une vingtaine de degrés

## 5) Conclusion

De tout temps les arcs en ciel ont émerveillé et fasciné les hommes. Ce n'est qu'à la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle, avec les travaux de Newton que le phénomène devient susceptible d'un traitement mathématique. Mais la richesse du phénomène entrainera plusieurs modifications des explications vers des théories de plus en plus complexes. L'étude systématique des différents phénomènes lumineux du ciel se développe, suivant la taille et la forme des cristaux ou des gouttes, et la compréhension des interactions lumière-matière devrait permettre, dans l'avenir de mieux connaître les atmosphères planétaires. En particulier l'étude de la diffusion de la lumière solaire dans l'atmosphère de Titan, lors de la mission Cassini devrait permettre de connaître sa composition.

## BIBLIOGRAPHIE

### Livres

- **Physique de l'atmosphère** de Vassy  
chez *Gauthier-Villard* Chapitre II 1962
- **Atmospheric science An introductory survey** de J.M. Wallace et  
P.V. Hobbs  
chez *Academic Press* 1977
- **Sunsets, twilights, and evening skies** de A. et M. Meinel  
chez *Cambridge University Press* 1983

### Revues

- **Pour la Science** N° spécial : Phénomènes naturels  
*La théorie de l'Arc-en-ciel* par M. Nussenzweig
- **Pour la Science**  
*Expériences d'amateurs : les arcs surnuméraires* par J. Walker

- Pour la Science N° 8 - Juin 1978  
*Les Halos atmosphériques* par D. Lynch p. 16 à 25
- Pour la Science N°137 - Mars 1989  
*Les couleurs du ciel* par J. Walker
- Journal of the optical society of America N° 47 -1957  
A propos de la diffusion de Mie par R.B. Penndorf p. 1010
- L'Astronomie Juillet-Août 1985  
Notes à propos de la théorie de Chalot
- L'Astronomie Octobre 1987  
Photos d'Arc-en-ciel
- L'Astronomie  
*L'Arc-en-ciel* par R. Chalot p. 541
- L'Astronomie Octobre 1988  
*Quelques phénomènes de l'optique atmosphérique* par J.M.Malherbe
- Sky and Telescope Mars 1989  
*A field guide to atmospheric optics* par F. Schaaf p. 254

\*

\*\*\*

## BIOGRAPHIE

Françoise SUAGHER fait ses études de mathématiques à la Faculté des Sciences de BESANCON. Après sa licence et son CAPES de mathématiques, elle obtient une maîtrise de mécanique, puis se lance dans l'étude de l'astronomie. Actuellement elle enseigne les mathématiques au lycée Jules Haag de Besançon, et s'occupe de la formation des maîtres en astronomie dans le cadre de la Mafpen et de l'Action Culturelle. Elle fait partie du bureau du CLEA (comité de liaison enseignants-astronomes) et participe aux travaux de la commission InterIrem d'astronomie. Dernièrement elle a publié aux éditions Cêtre à Besançon, avec deux collègues, un livre : "L'heure au soleil, cadrans solaires de Franche Comté". Actuellement ses travaux sont orientés sur l'étude des phénomènes lumineux du ciel et des calendriers en collaboration avec Jean Paul Parisot, de l'observatoire de Bordeaux.

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

**Des Modèles Mécaniques en  
Astronomie : Théon de Smyrne**

**DELATTRE J.**  
(Lille)

## DES MODELES MECANIQUES EN ASTRONOMIE :

## THEON DE SMYRNE

J. Delattre

- - -

Le traité de Théon de Smyrne : *Des connaissances mathématiques utiles à la lecture de Platon* (traduit à la fin du siècle dernier par J. DUPUIS) se compose de trois livres : De l'arithmétique, De la musique et De l'astronomie. Il est traditionnellement considéré comme un commentaire du *Timée* de Platon ; bien qu'il nous manque les deux livres sur la géométrie et sur la stéréométrie, on peut dire néanmoins que ce texte nous est parvenu dans un bon état de conservation, car il ne comporte que quelques lacunes, parmi lesquelles, fort malheureusement, les figures qui accompagnaient le dernier chapitre du livre sur l'astronomie, nous allons y revenir.

Nous avons entrepris depuis quelques années de relire très soigneusement le livre de Théon sur l'astronomie. On le divise habituellement en deux parties, considérant que dans la première, se trouve résumé un traité du péripatéticien Adraste (École d'Aristote) et que dans la seconde, un traité du platonicien Dercyllide est utilisé et cité. Nous croyons pouvoir dire que les choses sont loin d'être aussi simples : lorsque Théon de Smyrne cite ces deux auteurs, il emploie une troisième personne du singulier : "il dit", ou "selon lui" ; mais comme, dans d'autres passages, il lui arrive d'utiliser la première personne du singulier ou encore la première personne du pluriel, il nous semble que, à ces moments-là, il nous présente ses propres idées et réalisations. Au delà des incohérences et des contradictions que lui reproche O. NEUGEBAUER, et du dilettantisme mathématique que d'autres lui attribuent, nous essayons de montrer l'originalité et la richesse de cet auteur, dans le livre III De l'astronomie, tout particulièrement.

Son projet à la fois mécanique et pédagogique nous semble devoir être pris au sérieux. Il s'agit certes d'abord pour lui d'introduire clairement à la lecture de textes difficiles de Platon et en particulier à celle du mythe d'Er, dans le livre X de la *République*, et à celle des pages 36 à 40 du *Timée* où est contée la création de l'âme du monde par le démiurge. Mais l'interprétation de Théon ne s'égare pas dans les détours symboliques ; pas d'exégèse kabbalistique, pas de velléités astrologiques, il se situe d'emblée à un niveau

"scientifique" et "naturel" : *physikon*, nous dit-il plusieurs fois, ce qu'il faudrait peut-être traduire par "d'un point de vue mécanique". C'est P. DUHEM, dans le *Système du monde*, qui suggère de considérer Théon de Smyrne ainsi qu'Adraste son maître, comme des mécaniciens oeuvrant avec bois et métal pour construire leurs sphères armillaires.

Reprenant cette suggestion pour Théon (sinon pour Adraste), nous nous proposons de relire trois chapitres importants de son livre : le chapitre 26 sur la position des sept cercles pour rendre compte des mouvements du soleil, le chapitre 32 qui propose et commente la figure nécessaire pour réussir les sphéropées, et le chapitre 43 qui revient en conclusion du livre sur le mouvement hélicoïdal ou spiralaire des planètes. Notre hypothèse est en effet que le souci du mécanicien y est sensible et déterminant, et qu'il y constitue même le fil directeur d'une interprétation cohérente des textes de Platon.

### **Rendre compte géométriquement des mouvements du soleil**

Dans le chapitre 26, Théon propose une démonstration élégante de l'équivalence des trajectoires décrites par l'astre selon qu'on recourt à l'hypothèse de l'épicycle ou à celle de l'excentrique.

#### **Il s'agit bien d'une démonstration originale de Théon**

Voici précisément ce qu'on peut lire au troisième tiers du chapitre : "Or Adraste montre le premier comment, de l'hypothèse de l'épicycle s'ensuit "par coïncidence" l'hypothèse de l'excentrique; mais comme moi-même je le dis, [s'ensuit] aussi de l'hypothèse de l'excentrique celle de l'épicycle". L'insistance avec laquelle Théon attribue à Adraste la première correspondance pour s'arroger la réciproque qu'il va ensuite démontrer nous semble assez éloquente. Il s'agirait bien de sa propre contribution à l'avancée géométrique de la question.

#### **Proclus la présente comme un procédé différent de ceux de Ptolémée**

Or Proclus, dans les *Hypotyposes des hypothèses astronomiques*, explique son intention de recenser tous les procédés d'explication de la position et du mouvement des astres, conformément à l'exigence pythagoricienne de plus grande simplicité possible, **par des voies différentes de celles de Ptolémée**. Au cours de cette revue, il écrit ceci (ch. III, 73) : "La plus simple des deux hypothèses est celle de l'excentrique assurément. Mais on démontre à la fois que, si l'on formule cette hypothèse, ce qui est décrit "par coïncidence" c'est l'hypothèse de l'épicycle, et que, celle-ci étant à son tour posée, c'est l'hypothèse de l'excentrique qui se révèle décrite "par coïncidence" par l'astre. D'ailleurs ces jolis "petits théorèmes", tu les as justement exposés chez Hilarion d'Antioche..." On sait peu de choses de ce personnage cité par Proclus; sans doute est-il l'homme politique cultivé contemporain de Proclus (Ve siècle) connu pour avoir étudié la philosophie

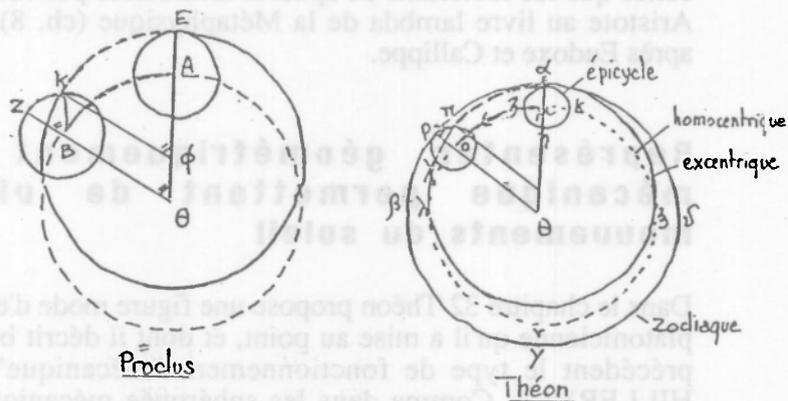
en Carie. Aurait-il de ce fait justement recueilli une tradition justement enseignée en Asie mineure dont Théon fut un des maillons importants ?

### La comparaison des deux textes montre clairement le souci mécanique de Théon

Mais Théon insiste plus que Proclus sur le sens du mouvement de l'astre sur l'épicycle ou sur l'excentrique, et sur le fait que la démonstration géométrique élimine finalement la considération du mouvement. Comparons les deux textes :

#### a) Proclus (III p. 84 éd.. MANITIUS)

"En sorte que dans un temps égal, le soleil **semble être** au point K de l'intersection entre l'épicycle et l'excentrique, et l'épicycle sur le concentrique [au point B], et il faudra autant de temps pour que le soleil **se meuve** sur [l'arc EK de] l'excentrique qu'il en aura mis pour décrire aussi l'arc ZK de l'épicycle, et que son propre épicycle **ait déplacé** son centre de A jusqu'à B." Il faut ici une lecture attentive du texte pour se rendre compte de la manière dont la formulation de cette conclusion transforme en constatation d'une "coïncidence" au point K, la double considération des deux mouvements.



#### b) Théon (III ch.26 p. 172 éd. HILLER)

##### b) Théon (III ch. 26 p. 172 Éd.. HILLER)

"Dans le temps donc où le soleil **est mû** sur l'arc ep de l'excentrique, dans ce temps aussi le centre m de l'épicycle **ayant parcouru** mo, l'épicycle ezê s'est déplacé en prk ; et le soleil ayant suivi l'arc ep sur l'excentrique en **commençant du point e**, c'est-à-dire du point r, a décrit l'arc semblable rp sur l'épicycle"... "Et de même, on démontrera qu'il le fait aussi **quel que soit** le mouvement en sorte que, en parcourant tout l'excentrique, le soleil décrit tout l'épicycle."

Au contraire ici, Théon est extrêmement soucieux de noter point de départ et d'arrivée des mouvements ainsi que leur sens, insistant sur l'effet de généralisation indépendamment du mouvement du procédé géométrique énoncé.

D'autre part, l'équivalence géométrique que Proclus trouve jolie, ou élégante, ne peut satisfaire Théon, parce qu'elle ne permet pas de comprendre ce qu'il

en est vraiment du mouvement de l'astre lui-même. Selon lui, il conviendra donc d'adopter un point de vue "physique" et de ne pas s'en tenir à des comparaisons géométriques qui éliminent le mouvement ou en font abstraction.

En fait, le problème physique essentiel, et qui hantera pendant des siècles toute l'histoire de l'astronomie, consiste à comprendre comment les corps célestes peuvent être transportés, véhicules, par des êtres géométriques abstraits comme des cercles épicycles et excentriques. "Cela nous entraîne bien au delà de la mise en accord entre elles des hypothèses et des solutions des mathématiciens", écrit Théon au ch. 30. Et il ajoute un peu plus loin (ch. 31) : "ce qui est en effet "naturel" [ou correct d'un point de vue physique ?] exclut que les astres eux-mêmes soient emportés dans le même sens par des lignes circulaires ou hélicoïdales et en sens contraire assurément de l'univers, et exclut que certains cercles eux-mêmes tourbillonnent autour de leur propre centre en emportant les astres fixés à eux, et les uns dans le même sens que l'univers, les autres dans le sens contraire. En effet, est-il possible justement que d'aussi grands corps soient attachés sur des cercles incorporels ?"

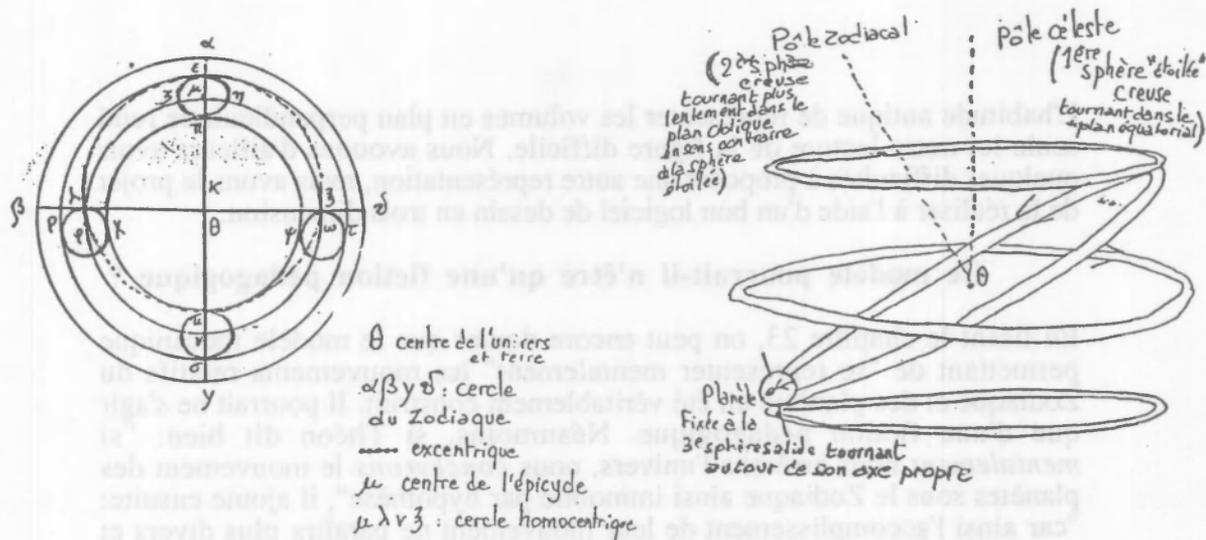
C'est une des raisons pour lesquelles s'est formulée l'hypothèse de sphères, supports physiques des astres, creuses ou solides, conçues par analogie avec celles que les fabricants de sphères armillaires pouvaient construire, et dont Aristote au livre lambda de la Métaphysique (ch. 8) développe la théorie après Eudoxe et Callippe.

### **Représenter géométriquement un modèle mécanique permettant de visualiser les mouvements du soleil**

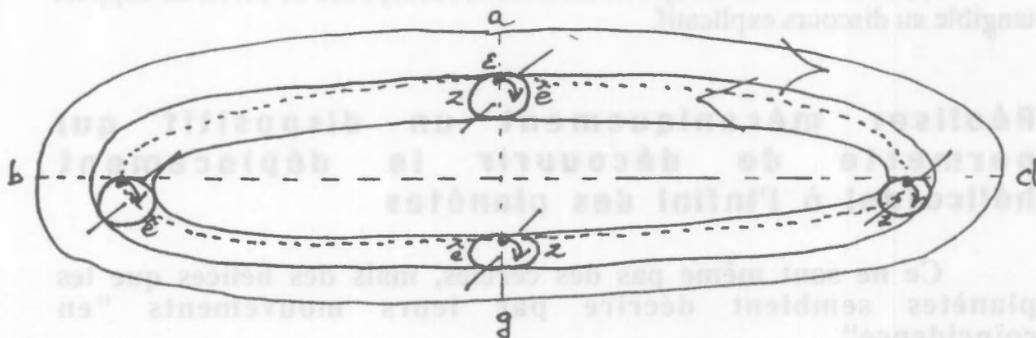
Dans le chapitre 32 Théon propose une figure mode d'emploi de la sphéropée platonicienne qu'il a mise au point, et dont il décrit brièvement au chapitre précédent le type de fonctionnement "mécanique" (ch. 31 p. 180 éd. HILLER) : "...Comme dans les sphéropée mécaniques, ce qu'on appelle "tambours", se mouvant d'un mouvement propre autour de leur centre par l'ajustement de leurs dents en sens contraire, meut et retarde ce qui est placé sous lui ou à son contact".

**La reprise détaillée du commentaire de cette figure conduit aux remarques suivantes.**

Soit **a** l'équinoxe de printemps, **b** le solstice d'été, **g** l'équinoxe d'automne et **d** le solstice d'hiver, on conviendra que **abgd** est un grand cercle de la sphère creuse des étoiles passant par le milieu des signes et tournant d'Orient en Occident;  
 que **erst** et **pxuh** est la sphère creuse d'une planète tournant en sens contraire et moins vite;  
 que, dans son épaisseur **ezpê**, est une sphère solide emportant l'astre errant et emportée elle-même par la sphère creuse.



Les point z et ê seront en *lambda* et en *ksi* (points de rencontre médians du concentrique de l'épicycle et de l'excentrique, c'est-à-dire que les points *phi* et *oméga* de "coïncidence" entre les deux trajectoires possibles pour l'astre apparaîtront à un observateur placé au point *thêta* "vus en b et en d". Nous avons tenté de représenter autrement la figure de Théon, mais cela ne la rend pas nécessairement plus claire.



**Une difficulté d'interprétation de la figure résulte de la place des épicycles sous le diamètre.**

On peut se demander pourquoi le diamètre *bd* ne traverse pas les épicycles de la même manière que le diamètre *ag*. Il nous semble qu'une explication de cette énigme pourrait bien être que Théon cherche à rendre compte d'un déplacement complexe dans l'espace et non simplement de la coïncidence géométrique de trajectoires. En effet, ce qu'il s'agit de comprendre et de représenter, c'est le mouvement de rotation de la petite sphère solide qui porte l'astre en *e*. Cela entraîne le basculement des points *z* et *ê* à l'aplomb du point *lambda*, et l'arrivée du point *e* en *phi*, vu du point *thêta* comme s'il était en *b* ; puis à nouveau le basculement des points *z* et *ê* pour amener le point *e* en *u*, vu du point *thêta* comme s'il était en *g*; et enfin, à l'aplomb du point *ksi* pour amener *e* au point *oméga*, vu du point *thêta* comme s'il était en *d*.

L'habitude antique de représenter les volumes en plan perpendiculaire rend seule ici notre lecture de la figure difficile. Nous avouons d'ailleurs avoir quelques difficultés à proposer une autre représentation, mais avons le projet de la réaliser à l'aide d'un bon logiciel de dessin en trois dimension.

### **Ce modèle pourrait-il n'être qu'une fiction pédagogique ?**

En lisant le chapitre 23, on peut encore douter que le modèle mécanique permettant de "se représenter mentalement" les mouvements relatifs du Zodiaque et des planètes ait été véritablement construit. Il pourrait ne s'agir que d'une fiction pédagogique. Néanmoins, si Théon dit bien: "si *mentalement* nous arrêtons l'univers, nous *concevrons* le mouvement des planètes sous le Zodiaque ainsi immobile par hypothèse", il ajoute ensuite: "car ainsi l'accomplissement de leur mouvement ne paraîtra plus divers et irrégulier, mais bien ordonné, *comme nous le montrons sur la sphéropée de Platon*". Cela signifie que la maquette existe bel et bien sur laquelle le professeur d'astronomie platonicienne peut faire comprendre à ses élèves que le mouvement "errant" du soleil, de la lune et des autres planètes est en fait simple et régulier.

D'ailleurs, le chapitre 32 laisse peu de doute sur l'existence d'un tel dispositif matériel, sans doute une maquette armillaire, susceptible de servir de support tangible au discours explicatif.

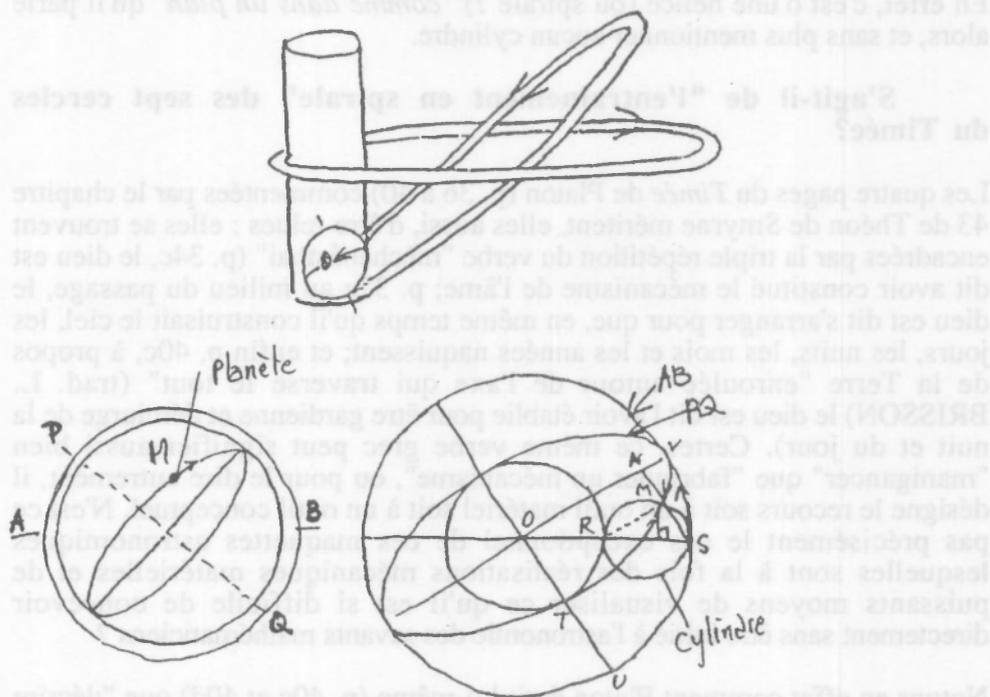
### **Réaliser mécaniquement un dispositif qui permette de découvrir le déplacement hélicoïdal à l'infini des planètes**

**Ce ne sont même pas des cercles, mais des hélices que les planètes semblent décrire par leurs mouvements "en coïncidence".**

L'affirmation du mouvement hélicoïdal des planètes se trouve énoncée à la fin du commentaire de la figure mode d'emploi (ch. 32). Et tout le problème, à la fois mécanique et pédagogique, est pour Théon de réussir à montrer, à visualiser l'hélice décrite par la planète. On peut imaginer un dispositif ingénieux comme un cylindre ou un tore épousant les mouvements de la troisième sphère solide de façon à ce que s'y inscrive la trajectoire de la planète.

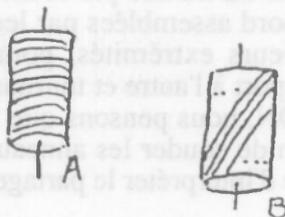
En effet, le chapitre 43 parle de spirales "comme enroulées autour d'un cylindre d'une extrémité à l'autre" pour décrire les trajectoires des planètes à travers le zodiaque d'un tropique à l'autre. On peut, à partir de la figure étudiée précédemment, concevoir un dispositif armillaire assez rudimentaire représentant la zone zodiacale par un tambour à l'intérieur duquel des sphères diversement inclinées sur leurs axes se meuvent de manière cyclique.

Supposons que la sphère solide accomplisse son déplacement d'un tropique à l'autre grâce à un cylindre perpendiculaire au plan équatorial de la sphère étoilée, et à l'intérieur duquel la trajectoire de la planète puisse s'inscrire à l'aide d'un stylet par exemple, du genre de ceux que Vitruve décrit pour les horloges anaphoriques (De Architectura IX 8). à condition de considérer la zone zodiacale elle-même comme un cylindre ou un tambour, voici les inscriptions que l'on pourra obtenir sur le cylindre en décomposant les mouvements un à un.



Figures de O. BECKER in *"Das Mathematische Denken der Antike"*, Göttingen 1966

Supposons, comme Théon de Smyrne nous y invite (ch. 23), qu'on fasse cesser le mouvement des deux sphères creuses pour que s'inscrive le résultat du seul mouvement de la planète entraînée par la sphère solide, on obtiendra ce que Théon compare un peu plus loin (ch. 43) aux vrilles de la vigne et aux lanières enroulées autour des scythes lacédémoniennes (messages secrets des chefs spartiates), c'est-à-dire une série plus ou moins régulière de spires d'une extrémité à l'autre du cylindre quand la planète va d'un tropique à l'autre (fig. A).



Supposons maintenant qu'on maintienne la sphère solide immobile sur son axe, et que seule se meuve la sphère creuse qui l'emporte d'un tropique à l'autre, dans le plan oblique du zodiaque, on obtiendra alors la représentation d'une autre hélice enroulée dans le sens vertical du cylindre, pour un grand nombre de tours de l'écliptique (fig. B). Mais est-ce de cette "autre hélice" là dont Théon veut parler à la fin du chapitre 43 ?

En effet, c'est d'une hélice (ou spirale ?) "*comme dans un plan*" qu'il parle alors, et sans plus mentionner aucun cylindre.

### **S'agit-il de "l'entraînement en spirale" des sept cercles du Timée?**

Les quatre pages du *Timée* de Platon (p. 36 à 40) commentées par le chapitre 43 de Théon de Smyrne méritent, elles aussi, d'être relues : elles se trouvent encadrées par la triple répétition du verbe "mèchanâsthai" (p. 34c, le dieu est dit avoir constitué le mécanisme de l'âme; p. 37e au milieu du passage, le dieu est dit s'arranger pour que, en même temps qu'il construisait le ciel, les jours, les nuits, les mois et les années naquissent; et enfin p. 40c, à propos de la Terre "enroulée autour de l'axe qui traverse le tout" (trad. L. BRISSON) le dieu est dit l'avoir établie pour être gardienne et démiurge de la nuit et du jour). Certes, ce même verbe grec peut signifier aussi bien "manigancer" que "fabriquer un mécanisme", ou pour le dire autrement, il désigne le recours soit à un outil matériel soit à un outil conceptuel. N'est ce pas précisément le cas exceptionnel de ces maquettes astronomiques lesquelles sont à la fois des réalisations mécaniques matérielles et de puissants moyens de visualiser ce qu'il est si difficile de concevoir directement sans être initié à l'astronomie des savants mathématiciens ?

Notons en effet comment Platon écrit lui-même (p. 40c et 40d) que "décrire les danses de ces mêmes corps célestes, leurs juxtapositions les unes avec les autres, déterminer les rétrogradations et les progressions de leurs courses circulaires les unes par rapport aux autres, dire quand elles se trouvent en conjonction, lesquelles se font l'une à l'autre écran et au bout de quel temps chacune se cache à nos yeux pour de nouveau reparaître, provoquant ainsi l'effroi et fournissant des présages sur les événements à venir aux gens qui ne sont point capables de les prévoir grâce au calcul, expliquer tout cela, ce serait peine perdue si on n'avait pas sous les yeux une représentation mécanique des mouvements considérés."(traduction nouvelle de L. BRISSON, éd.. GF)

Et sans aucun doute, le grand philosophe disposait d'un tel modèle qu'il pouvait nous décrire à loisir quand il nous conte, dans le *Timée*, la construction de l'âme du monde par la division du mélange démiurgique en deux branches, d'abord assemblées par leur milieu comme celle de la lettre chi (X), puis par leurs extrémités, pour former deux cercles solidaires inclinés l'un par rapport à l'autre et tournant en sens contraire l'un de l'autre. Comme L. BRISSON, nous pensons que Platon se réfère ici à la technique du forgeron en train de souder les anneaux d'une sphère armillaire. S'il est plus difficile ensuite d'interpréter le partage du cercle intérieur en sept cercles

tournant à des vitesses et en des sens différents, cela est dû au fait qu'il est décrit avec moins de précision; or ce sont précisément ces cercles multiples que le mouvement contrariant du cercle extérieur entraîne "en spirale" (ou en hélice, car le terme grec qui désigne les deux courbes est le même). Il est donc logique qu'un commentateur de Platon, cinq ou six cents ans plus tard fasse porter son effort d'interprétation sur un mouvement évoqué de manière si allusive.

Deux historiens de la philosophie avaient suggéré déjà au début de ce siècle, A. RIVAUD dans un article de 1928, et P. M. SCHUHL dans plusieurs articles des années 1932 À 36, l'intérêt non dissimulé de Platon pour les réalisations technologiques de ses contemporains. Ainsi, selon A. RIVAUD, le mythe d'Er dans le livre X de la *République* se référerait sans doute, avec ses pesons, son crochet d'acier, ses fuseaux tenus par des figurines mobiles, à une de ces horloges artistement décorées dont les Grecs raffolaient, semblait-il, et qu'ils ont su fabriquer bien avant que Ctésibios (IIe siècle av. n. è.) ne conçût la géniale horloge anaphorique dont Vitruve (Ier siècle) nous a conservé le souvenir. De même, selon P. M. SCHUHL, il existe un modèle technologique pour le petit axe (ou pied) sur lequel repose la sphère du monde, dans le mythe cosmologique du *Politique*, et qui lui permet, une fois lâchée par le démiurge, en conservant son élan, de continuer de se mouvoir dans l'autre sens, jusqu'à ce qu'une nouvelle impulsion du démiurge la relance dans le bon sens; sans doute s'agit-il du tour d'un potier, ou de quelque autre machine simple, maintenue en place par un ressort.

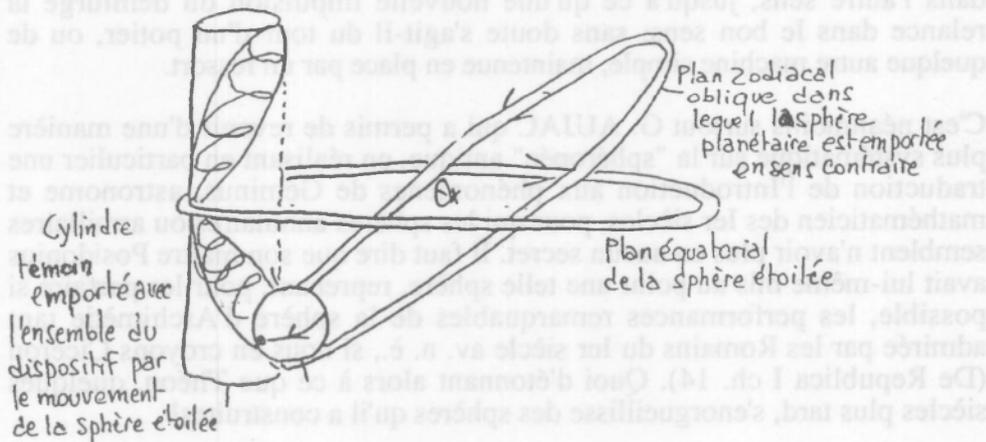
C'est néanmoins surtout G. AUJAC qui a permis de revenir d'une manière plus systématique sur la "sphéropée" antique, en réalisant en particulier une traduction de l'Introduction aux phénomènes de Géminus, astronome et mathématicien des Ier siècles, pour qui les sphères annulaires ou armillaires semblent n'avoir plus eu aucun secret. Il faut dire que son maître Posidonius avait lui-même mis au point une telle sphère, reprenant, pour les parfaire si possible, les performances remarquables de la sphère d'Archimède tant admirée par les Romains du Ier siècle av. n. è., si nous en croyons Cicéron (*De Republica* I ch. 14). Quoi d'étonnant alors à ce que Théon, quelques siècles plus tard, s'enorgueillisse des sphères qu'il a construites!

### **Peut-on résoudre l'énigme de l'"autre hélice" ?**

Il est évident que Théon de Smyrne devait connaître ces sphéropées célèbres; et la sienne ne devait pas manquer de s'en inspirer, tout en cherchant à s'accorder avec les textes platoniciens. Le cas le plus intéressant nous paraît être, de ce point de vue, celui de la double explication proposée par Théon pour le mouvement solidaire de Vénus et de Mercure autour du Soleil. Il nous décrit deux solutions mécaniques possibles pour réaliser cette solidarité du mouvement des trois astres, l'une restant géocentrique, l'autre correspondant à un héliocentrisme partiel, ce qui laisse entendre que les deux types de maquettes devaient coexister à son époque. Et Théon de prétendre, dans le même contexte, que Platon comme Hipparque "semble avoir préféré" les épicycles, ce que Proclus, trois siècles plus tard, dans son *Commentaire du Timée*, contestera avec véhémence en répétant que jamais Platon ne s'est

exprimé sur ce sujet. Doit-on soupçonner Théon d'utiliser des savoirs scientifiques postérieurs à Platon pour expliquer ses théories astronomiques, ou bien nos connaissances d'histoire des sciences sont-elles vraiment trop floues et incertaines pour nous permettre de trancher entre les deux commentateurs ? Ce qu'il importe en tout cas de noter, nous semble-t-il, c'est que déjà dès l'Antiquité, les textes difficiles de Platon étaient interprétables de manières très différentes, sinon contradictoires. Aussi voulons-nous conclure en revenant au modèle mécanique et pédagogique de Théon.

En effet, si au lieu de représenter les trajectoires en hélice en décomposant les mouvements comme nous l'avons tenté précédemment, on veut représenter la trajectoire de la planète en tenant compte de la sphéricité de la voûte céleste, c'est-à-dire justement dans le modèle réduit en quoi consiste la sphère armillaire, le dispositif cylindrique dont nous avons parlé plus haut sera plus complexe, car au lieu d'être tangent intérieurement au "tambour zodiacal", il coupera les deux sphères creuses selon une courbe complexe, appelée aujourd'hui *lemniscate*, et dont G. SCIAPARELLI, au siècle dernier, a étudié les propriétés géométriques, en l'identifiant à "*l'hippopède*" d'Eudoxe. A partir de la figure plane réalisée par O. BECKER, dans son étude sur la pensée mathématique des anciens, nous pensons pouvoir réaliser le schéma suivant, à titre tout à fait provisoire....



L'expérience de décomposition précédente ne sera alors plus nécessaire pour qu'on obtienne la double inscription du mouvement de la sphère solide autour de son axe, et de son déplacement d'un tropique à l'autre, combinés avec le mouvement contraire des deux sphères creuses. D'autre part, par un tel dispositif, il sera directement possible de contrôler la conformité avec les apparences observées, c'est-à-dire ce qui est visible du point thêta. La chose ne paraît pas impossible à réaliser avec des pièces de bois ou de métal, et sans doute est-ce d'une réalisation de ce genre dont Théon s'enorgueillit (ch. 23) en faisant allusion à la "sphéropée platonicienne" grâce à laquelle il a pu montrer et expliquer les phénomènes astronomiques qu'il fait étudier aux lecteurs de Platon. Un bon logiciel de dessin industriel, ici encore, devrait

permettre de réaliser le dispositif, et d'obtenir les trajectoires de sphères planétaires de tailles, vitesse et inclinaison différentes. Mais nous n'avons pas encore tenté l'aventure.

D'aucuns toutefois, en désaccord avec G. SCIAPARELLI, pensent que cette "autre hélice" dont parle Théon ou bien correspond au phénomène astronomique de la précession des équinoxes dont on attribue la découverte à Hipparque, et doit se développer dans le plan de la surface cylindrique déroulée "à l'infini", comme une sinusoïde entre les droites parallèles que sont ainsi devenus les cercles tropiques; ou bien plutôt elle nous renvoie à de très anciennes images poétiques, déjà pressenties chez Héraclite, comme l'image de la vis du pressoir, ou celle de la route montante et descendante, une et toujours la même. Il pourrait alors s'agir d'un enseignement initiatique archaïque, dont quelques traces de divulgation apparaissent aussi dans certains fragments de Démocrite ou chez le stoïcien Cléanthe, concernant la course spiralaire du soleil. Mais de telles hypothèses restent quasiment impossibles à vérifier. Il semble en tout cas tout à fait exclu, malgré la ressemblance apparente, que cette hélice ait un rapport avec le phénomène de l' "apex" qui a retenu l'attention de quelques astronomes modernes.

Comment conclure, après avoir ouvert tant de pistes non encore explorées ou désormais inexplorables, sinon en proposant de relire les dernières lignes du livre de Théon ?

*"C'est une hélice que décrivent les astres "par coïncidence" [géométrique ou par composition mécanique ?] à cause d'un double mouvement contraire [= parce que sont mus l'un par rapport à l'autre deux mouvements contraires]. En effet, selon leur mouvement propre, d'un tropique à l'autre ils sont portés et reviennent, de ce fait, lentement ils tournent; mais rapidement entraînés à tourner dans le sens contraire par la sphère fixe, ils avancent non pas en ligne droite d'un parallèle à l'autre, mais entraînés en tournant autour de la sphère fixe.*

*Pour précisément se déplacer en suivant le zodiaque d'un point a à un point b, leur transport ne se produisant pas seulement selon la ligne droite du zodiaque, mais aussi en cercle autour de la sphère fixe, ils décrivent une hélice dans le passage [ou la double route?] d'un parallèle à l'autre, semblable à la vrille de la vigne; comme si on enroule une lanière autour d'un cylindre d'une extrémité à l'autre, de la même manière que, autour des scyales lacédémoniennes, les éphores écrivaient leurs lettres en enroulant des lanières.*

*Cependant les astres décrivent encore une autre hélice, non seulement comme autour d'un cylindre, d'une extrémité à l'autre, mais aussi comme dans un plan. En effet, puisque éternellement ils se déplacent d'un parallèle à l'autre et à nouveau de celui-ci vers le même, et que cela se produit de leur fait, sans interruption et sans fin, nous concevons que les parallèles sont des droites tendues à l'infini, et les astres avançant entre eux dans le même sens, tantôt sur la route d'hiver, tantôt sur celle d'été, jusqu'à l'infini nous pourrions découvrir qu'ils décrivent une hélice.*

*Et étant donné le caractère sans fin et éternel de l'avance autour de la sphère entre les parallèles, la route qui est la leur est semblable à la route entre des droites tendues à l'infini, comme le montrent les figures [perdues!] ci-dessous. En sorte que ce sont deux hélices qu'ils décrivent "par composition" [de mouvements], l'une comme autour d'un cylindre, l'autre comme dans un plan." (traduction nouvelle et originale J. DELATTRE)*

Aucune figure n'accompagne malheureusement la fin du traité, et nous en sommes réduits aux reconstitutions hypothétiques. La difficulté nous semble ici consister dans le choix d'un plan de projection: la première solution est bien sûr la surface cylindrique développée de la zone zodiacale, mais il ne faudrait pas éliminer trop vite d'autres solutions comme le plan équatorial de l'une ou l'autre des sphères, ou encore la base d'un cône régulier (cône visuel de l'observateur sur terre!) de sommet *thêta*... Il convient de ne pas oublier que Théon professe au second siècle, quelques décennies avant les recherches systématiques de Ptolémée sur les représentations en projection, et que ces recherches se sont appuyées sans aucun doute sur des données et des procédés déjà en usage.

Nous avons voulu, par cette communication, montrer que Théon de Smyrne n'était pas un auteur négligeable, et que beaucoup de questions et de champs d'investigation étaient même ouverts par la relecture de son oeuvre.

#### SELECTION BIBLIOGRAPHIQUE

**AUJAC G.** : "*La sphéropée ou la mécanique au service de la découverte du monde*", in *Revue d'histoire des sciences*, XXIII (1970).

**BECKER O.** : "*Das Mathematische Denken der Antike*" -Göttingen (1966).

**DEREK DE SOLLA PRICE** : "*Gears from the Greeks*" - American Philosophical Society, vol. 64 part 7 (1974).

**DUHEM P.** : "*Le Système du monde*" - tomes I et II, Paris (1914, 1974).

**ERHARDT R. von - ERHARDT-SIEBOLD E. von** : "*The helix in Plato's astronomy*", *Isis* 94 (1942/3)

**GILLE B.** : "*Les Mécaniciens grecs*". La naissance de la technologie, Paris (1980).

**HANSON N.R.** : "*On Counting Aristoteles'spheres*", in *Scientia* 98 (1963).

**NEUGEBAUER O.** : "*A History of Ancient Mathematical Astronomy*" - Berlin, Heidelberg, New York (1975)

**RIVAUD A.**: "*Études platoniciennes, I*" in *Revue d'histoire de la philosophie*, II 1, 1928.

**SCHIAPARELLI G.** : "Le Sfere omocentriche di Eudosso, di Callippo e di Aristotele" -Milano (1975).

**SCHUHL P.M.** : "*Platon et la technologie*", in *Questions platoniciennes* (reprise d'articles antérieurs à 1935); voir aussi in *La Fabulation platonicienne*, "Le fuseau d'Anankä" et "Le mythe du Politique".

\*

\*\*\*

**Peut-on prévoir les éclipses par le  
calendrier de Coligny ?**

**VERDIER P.**  
(Cenevières par Cabrerets)

## PEUT-ON PRÉVOIR LES ÉCLIPSES PAR LE CALENDRIER DE COLIGNY ?

**P. Verdier**

—

Voilà déjà plusieurs fois que je prends la parole ici à propos d'un fonctionnement possible du Calendrier de Coligny. Je voudrais aujourd'hui proposer une sorte de synthèse des précédentes interventions. Je vais donc d'abord m'y référer en les résumant.

Nous sommes partis de la constatation que la plaque de Coligny (apparemment faite de 62 "mois"), quel que soit le nombre de jours que nous pouvons y lire, met en évidence une première difficulté d'importance, celle de ne pas repartir à sa fin sur le quantième qu'on a pris pour origine, lorsqu'on la remplit de la suite naturelle des jours d'un calendrier, quelle que soit l'initiale aléatoire qu'on retient.

Pour comprendre le fonctionnement du système, il faut d'abord donner une solution à ce point essentiel, puisqu'un calendrier n'est qu'un décompte possible de cycles successifs qui composent le temps et qu'un cycle ne s'achève qu'avec le début du suivant, à la même initiale. La seule façon rationnelle de voir est donc de dire qu'à la fin d'une plaque de Coligny, on n'est pas arrivé au bout d'un cycle.

Pour avoir un calendrier complet, il faudra donc d'abord juxtaposer les plaques les unes aux autres jusqu'au moment où on retrouvera celle qui contient la même initiale que celle qu'on a prise pour origine.

Ensuite, l'explication d'une telle situation ne se fera que par le double comptage du temps : un calendrier conçu selon ce principe est connu sous le nom de "luni-solaire" et son principe est relativement simple : au lieu de ne se servir que d'un seul astre mesureur de temps, on corrige les erreurs d'inscription selon cet astre par l'utilisation d'une seconde mesure, selon un autre. Une seule précaution est alors à prendre (mais elle est capitale), il faut faire partir la double mesure d'un même point de départ, judicieusement choisi.

Nous affirmons ainsi plusieurs exigences :

- une plaque de quelque calendrier que ce soit est une "structure vide" que l'on peut moduler à volonté ;
- cette modulation ne se conçoit que sous certaines conditions de fonctionnement, mais elle devra d'abord tenir compte de la réalité astronomique observée.

C'est pourquoi, dans l'histoire des calendriers, on voit cohabiter des "années" (c'est-à-dire aussi des structures vides") par excès ou par défaut, de 365 et 366 j., de 354 ou 355 j. et une plaque de Coligny qui a, pour nous, 1838 j. Cette dernière formule, seulement celtique peut-être, a été introduite au cours d'une réforme et n'est pour nous que l'aboutissement le plus achevé d'un calendrier dont Coligny nous laisse supposer une autre forme, de 1095 j.

. Le choix du nombre de jours possibles dans une plaque est donc soumis à l'idée préalable de ce qu'on veut faire du calendrier : deux grandes séries d'usage sont possibles, civil ou religieux...

. Le choix dépend évidemment aussi des corrections indispensables pour restaurer l'exactitude du temps calendaire.

. La différence entre calendriers civil et religieux tient au degré d'exactitude de la mesure du temps, le plus précis devant être le religieux, puisque le temps est conçu comme le coeur de la nature divine, ainsi que nous l'apprennent Platon et les pré socratiques avant lui: mesurer le temps et inscrire cette mesure dans un calendrier est donc l'acte essentiel pour toute théologie.

. Une fois fait le choix de la structure, la nécessité s'impose de retenir une date de départ du calendrier qui sera aussi celle de toute chronologie de la société, donc de son Histoire.

Sans date initiale de décompte, il ne saurait y avoir de réel calendrier, au sens où celui-ci est fait pour installer et vérifier constamment une chronologie dans un temps social. Une telle date première est une convention dont la nature est d'ordre religieux, mais s'appuie toujours sur des données astronomiques nécessaires à sa justification ; on peut rencontrer deux types d'initiales du temps,

- une initiale absolue, à partir de quoi toute mesure se fait: cette date est généralement mentionnée par allusions dans les Genèses religieuses; elle est toujours liée à la notion de cycle temporel, donc d'Éternel Retour, fondamentale pour l'idée même de la nature divine et de la religion. Normalement, elle n'est pas le moment de la naissance du monde mais celui où le Dieu suprême trie les éléments naturels préexistants pour faire apparaître la Création. L'initiale absolue pour l'ensemble du Bassin méditerranéen semble être le moment où le soleil levant des équinoxes franchit victorieusement la Voie Lactée. On en a plusieurs traces dans des mythes et dans les oeuvres d'art, et certaines monnaies celtiques peuvent encore en être un exemple.

- une initiale relative peut aussi prendre le relais de cette date mythique et elle devient mémorial d'un événement majeur (création de Rome,

naissance du Christ, etc.). Une date relative inscrit le calendrier dans une sorte d'ère plus brève que la précédente.

L'initiale absolue retenue dans toutes les civilisations européennes est liée à l'observation astronomique précise du "passage" et elle a engendré deux types de mesures temporelles, puisque le soleil levant de chaque équinoxe franchit de manière identique la Voie Lactée ; on eut ainsi,

- . soit une "année d'automne",
- . soit une "année de printemps",

selon la référence astronomique que l'on prenait.

L'année d'automne aurait été historiquement choisie la première, alors que l'unité calendaire était encore une année analogique lunaire par excès ou par défaut.

C'est donc lors d'un début d'année lunaire, également premier jour d'un mois, qu'on compara la course de la lune à celle du soleil pris à son tour comme référence temporelle.

\* \*

Pour bien définir un tel jour, rappelons-en les caractéristiques :

- . un début de mois est, conventionnellement, à une NL + 1 j. c'est la néoménie, jour où la plus petite faucille du 1Q est observable dans le ciel ;
- . le premier jour du double comptage aura donc cette caractéristique lunaire ;

. puisqu'on est à un équinoxe d'automne, c'est que soleil et lune sont chacun à une "phase remarquable" de leurs décours annuels.

. S'il n'est pas nécessaire d'avoir une vraie mesure absolue, objective et scientifiquement exacte, pour reconnaître la néoménie parce qu'elle est simple à déterminer par l'observation, par contre, il la faut pour définir la place exacte de l'équinoxe.

. La seule manière de procéder est d'observer dans le ciel une telle position ; ce sera possible avec la définition du zodiaque, ceinture d'étoiles-repères sur la sphère des fixes, tandis que le soleil et la lune sont des astres errants voyageant sur l'écliptique.

Le zodiaque est donc par excellence l'outil de comparaison nécessaire entre la sphère des fixes et les voyageurs de l'écliptique : c'est un outil de mesure scientifique du double comptage. Puisqu'il est sur une sphère, le zodiaque est circulaire et divisible en autant d'arcs qu'il y a d'initiales mensuelles observées dans une "année lunaire analogique". Car, c'est désormais par les levers séléniques d'étoiles de constellations zodiacales qu'on définit chaque mois astronomique et il en va ainsi aussi pour les années du soleil.

- Le début du jour d'équinoxe se définit donc, en double comptage, à partir d'un site d'observation terrestre où l'on dispose d'un système de visées simples (Piquetage par bâtons ou pierres plantées, par exemple...),
  - a) par le lever héliaque d'une étoile sur la sphère des fixes et
  - b) par le lever sélénique d'une autre, voisine d'environ 5° de la précédente.

- La détermination d'une initiale absolue est alors plus simple si on la prend à un point remarquable du ciel observable aisément depuis la terre : ce pourrait être, entre autres, la rive de la Voie Lactée. On aurait même une trace possible d'un tel choix dans le nom même des constellations alors présentes ; avant d'aller plus loin, il faut encore observer quelques points.

- Lors de ce premier jour mythique, puisque soleil et Nouvelle Lune sont au même rendez-vous, il se peut que l'on ait eu une éclipse de soleil. La seule condition à remplir pour cela serait la présence d'un noeud draconitique à ce moment de la course des astres.

- On peut ajouter par conséquent une condition supplémentaire à la définition du Premier Jour mythique de l'observation du ciel :
  - s'il est point de départ des courses synodiques des deux astres,
  - il peut être aussi celui des courses draconitiques.

- Le mois draconitique, évidemment lunaire, est la durée, comme son nom grec l'indique, d'une course serpentiforme, et vaut 27,2122 j ; le cycle draconitique solaire sera l'année draconitique de 346,62 j.

Chaque nouvelle unité a un sous-multiple essentiel à sa moitié,

- . 13,6061 j. pour la lune,
- . 173,31 j. pour le soleil,

moments où, au lieu d'être à des noeuds, les courses astrales sont à des noeuds descendants. Le mythe considère également l'année draconitique comme serpentiforme et c'est sous la forme d'un serpent à tête de dragon qu'elle est représentée dans le ciel.

En effet, lorsque le soleil levant de l'équinoxe d'automne vient d'effectuer le "Passage" de la Voie Lactée, il se lève dans la constellation d'Ophiucus, le Géant qui maîtrise un Serpent dont la Queue est la plus proche de la Voie Lactée. Chez les Grecs, Héraklès enfant étouffe ce même serpent dans son berceau et le bâton de Moïse passeur de la Mer à la sortie d'Égypte se transforme magiquement en cet animal au moment de la première aventure des dix plaies d'Égypte qui précèdent et justifient la création divine de la Pâque ou Passage...

Admettons donc que nous ayons ici le moyen de nous remémorer par le mythe la date de l'initiale du décompte du temps, quelle en serait la signification ?

1. Essentiellement qu'un tel point de repère ne se définit que par référence à la précession des équinoxes observée depuis un site terrestre et, pour cette raison, on peut déterminer à quelle date eut lieu le phénomène du Passage céleste ; ce serait vers -4500, donc au début de l'Ere astronomique dite du Taureau.

Il semble que les Celtes ont suivi aussi ce cheminement scientifique et mythique et qu'ils donnaient à la fête religieuse la définition globale suivante :

*Une fête religieuse celtique c'est, le jour calendaire et astronomique de la conjonction du soleil et de la lune, chacun à une des quatre "phases" de leur décours. en un "noeud" ou un "ventre" draconitique. Il n'y aura donc fête qu'à une même date calendaire des solstices et équinoxes lunaires et solaires, moment mémorial d'une théophanie, au moment d'une éclipse... Le quantième en est évidemment bloqué dans le calendrier puisqu'il s'agit d'en garder le souvenir dans la mémoire collective...*

2. Bien entendu, la connotation de tels événements est, comme ailleurs, religieuse et c'est par ce que nous connaissons de leurs arts de la sculpture que nous croyons retrouver les traces de ce passé mythique :

. le chaudron de Gundestrup montrerait le passage de l'année d'automne à l'année de printemps, de l'équivalent d'Héraklès à celui d'Orion...

. les diverses représentations de l'Anguipède et du cavalier (monuments de Seltz ou de Merten, hauts reliefs des églises de Saintes ou de Melle) pourraient bien être la représentation du Passage céleste du soleil victorieux et de la maîtrise mystérieuse par le dieu suprême du système draconitique en astronomie...

. Sur certaines monnaies celtes enfin,  
- la constellation du Petit Cheval, surmontée de celle de l'Aigle, arriverait au-dessus du Scorpion (pour l'équinoxe d'automne);  
- celle du Grand Chien avec son étoile Sirius, dévorant le soleil et la lune, un aigle et un serpent en-dessous, (pour l'équinoxe de printemps supplantant celui d'automne dans le comptage humain), marqueraient l'utilisation successive de l'un et de l'autre équinoxes dans la mesure du temps de chacune des années dont l'existence est historiquement avérée...

3. L'observation de la précession des équinoxes ne pouvait pas être d'une difficulté majeure, dans l'Antiquité celtique, comme pour les Chaldéens; il n'est pas nécessaire d'utiliser un matériel spécialement complexe pour être précis : un piquetage au sol dans un site dégagé suffit, si on l'utilise pendant quelques centaines d'années de manière continue ; et l'archéologie nous donne des traces de tels lieux d'observation, en Gaule notamment.

**4.** Puisqu'il s'agit d'observations astronomiques précises nécessaires au recalage d'un calendrier, ces notions sont encore utilisables de nos jours; autrement dit, toute conjonction contemporaine d'une "phase solaire" et d'une phase lunaire, accompagnée d'une éclipse, donnerait la définition astronomiquement exacte de ce que fut une "fête religieuse" celtique. Avancer ceci, c'est donc affirmer la possibilité d'une continuité chronologique totale entre plusieurs calendriers différents. C'est également affirmer la parenté de pensée scientifique, au moins à propos du temps, entre des peuples qui ont tous en commun leur appartenance au monde méditerranéen. C'est du reste en testant cette hypothèse que nous sommes tombés sur la réalité toujours actuelle du calendrier de Coligny. En effet, puisqu'il ne peut fonctionner que de manière perpétuelle, on pouvait donc l'appliquer de nos jours ; j'ai déjà rappelé précédemment comment on inscrivit l'éclipse de soleil du 23 septembre 1987 dans le calendrier de Coligny au premier jour d'une plaque, dans la Séquence de ses initiales de cycles, rétablissant par là même une continuité chronologique qu'on aurait pu penser abohe...

\*\*

Le résumé de ce que nous avons tenté de faire, nous l'avons transformé en logiciel informatique pour en faciliter l'exploitation expérimentale et les résultats sont à la hauteur de nos espérances :

- a) le calendrier de Coligny est bien, pour nous, un calendrier perpétuel à référence exclusivement astronomique ;
- b) on peut donc toujours l'utiliser de nos jours et notre logiciel le fait fonctionner ;
- c) une telle pratique n'est possible qu'à partir du moment où on a défini un point de départ de la mesure temporelle parfaitement conventionnel ;
- d) la constante référence à l'observation astronomique justifie les diverses corrections nécessaires au système, notamment celles dont parle Pline à propos du "siècle celtique qui dure trente ans" ;
- e) évidemment, puisque le Premier Jour du Temps est défini et qu'on peut y avoir recours comme référence à tous moments par l'observation, c'est par lui que débutent tous les cycles astronomiques possibles, et notamment, ceux qui concernent les éclipses. Celles-ci seraient donc prévisibles à travers la structure de Coligny et les druides ne se sont certainement pas privés d'utiliser cette méthode.

Par la confrontation des résultats des diverses composantes du logiciel,

- astronomiques et calendaires,
- concernant les courses synodiques et draconitiques des astres en double comptage, et du texte celtique qui nous est parvenu,

on peut retrouver la trace des éclipses dans le système gaulois.

\* \*

Il faudra au moins deux types de dénominations pour les éclipses, l'une pour celles de lune, l'autre pour celles de soleil; il n'est pas du tout à exclure, de plus, qu'il y ait deux autres dénominations de ces phénomènes, selon leur position par rapport à la Réforme calendaire : on eut des éclipses sacralsatrices de fêtes bien avant que l'on utilise le cycle de 1838 j. et certaines devaient peut-être même être conservées dans la mémoire des hommes, notamment celle qui définit le "Passage" de la Voie Lactée...

Deux types d'expressions reviennent avec insistance sans guère de variantes :

- "N Inis R" d'une part;
- "Prini lag" ou "prini loud", de l'autre.

Nous suggérons d'y voir les noms possibles des deux types d'éclipses,

- de soleil pour la première ("NL, île du Roi") ;
- de lune pour la seconde ("Première nuit", "Nuit primordiale")...

Où se situent donc les dénominations mentionnées dans le texte ?

1. Puisqu'une fête majeure est

- . soit à l'initiale
- . soit à ATENOUX
- . soit à la fin,

(dans les trois premiers jours) de l'un ou de l'autre intercalaires, il n'est évidemment pas besoin de mentionner qu'alors il y a fatalement une éclipse à cet endroit, puisque cela coule de source. On en déduira cependant que le système draconitique devrait y être normalement à un noeud.

2. Par contre, toutes les autres éclipses devront être mentionnées à leurs places dans la plaque calendaire correspondante, soit tous les 173 j. après la date de la fête... Et, dans la durée d'une plaque de Coligny de 1838 j., chaque position d'éclipse portera le signe de reconnaissance, donc "le nom" de la fête qui s'y trouve.

3. Puisqu'il y a possibilité de dénommer les fêtes par la position des "solstices de référence" dans chacun des mois, ainsi que je l'avais exposé précédemment, la dénomination des éclipses suivra ce principe.

a) Si l'une d'elles tombe, par exemple, au 5e j. de qutios de la 1e année et si elle "appartient" au cycle de la fête de Qutios, on ne trouvera dans le texte que la seule mention de l'éclipse (de soleil ou de lune) ; c'est le nom du mois dans lequel se trouve la mention qui donne l'indication de la fête à laquelle elle appartient. Et l'annotation qu'on lira dans le texte gaulois sera

1ère année    MOIS DE QUTIOS    5e jour : "N inis R"

b) Si, par contre, une éclipse de même sorte tombe dans un mois qui n'entre pas dans la définition de la fête, l'annotation celtique comportera, en plus de la mention de l'éclipse, celle de la fête, abrégée ou non, au nominatif

ou déclinée selon les cas. C'est ainsi que je lirais, par exemple l'annotation suivante :

1ère année MOIS DE SAMON 7e jour : "N Duman inis R"

ou encore dans cette même année et ce mois de samon, 24e jour : "N dumani in R"

Il n'existerait ainsi aucun moyen de se tromper sur l'attribution à donner à l'éclipse en question. Rechercher alors le sens à donner serait un simple jeu de patience, puisque l'on peut connaître,

- le cycle dans lequel s'inscrit la fête;
- la position de celui-ci dans la Séquence des plaques de 1838 j.composant un cycle ;
- la phase de lune présente à ce moment,
- la "phase solaire" qui est en conjonction avec la lune ;
- enfin la position du noeud draconitique le plus proche.

\*\*

Une telle démarche n'est donc pas, pour nous, une véritable traduction du texte gaulois ; elle est seulement possible à partir d'une reconstitution minutieuse et exigeante du fonctionnement précis du calendrier. C'est là qu'est, à nos yeux, absolument indispensable l'usage du logiciel informatique, puisque un tel calendrier n'a d'absolue précision sur la très longue durée de la précession des équinoxes que parce qu'il est constamment confronté à la réalité de l'observation astronomique: c'est de cette confrontation aussi qu'il tire la nécessité et la justification des diverses corrections qui doivent lui être apportées et qu'on peut également lire dans le texte de Coligny qui nous est parvenu.

\*

\*\*\*

## BIOGRAPHIE

Paul, Emile, André VERDIER, né le 23 juillet 1936 à Poitiers ; Licence d'allemand et de lettres ; CAPES de lettres et Université de Berlin et Göttingen ; Doctorat d'Etat, 1971, Grenoble "Structure et Imaginaire dans le conte togolais" ; Directeur de l'Ecole des lettres de Lomé (Togo) ; Maître Assistant à Madagascar puis à Paris XIII ; Conseiller culturel ; Inspecteur d'Académie ; Recteur de l'Académie de Nice ; actuellement Directeur de recherches associé au CNRS.



Dans cette représentation du revers d'une monnaie d'or des Ucelli du Cotentin, datée du début du II<sup>e</sup> siècle avant J. C. et qui se trouve au Cabinet des Médailles de la Bibliothèque Nationale, on pourrait lire deux types de renseignements, selon nous :

1. Tout d'abord, l'image, qui pourrait représenter le Passage de la Voie Lactée par le soleil levant de l'équinoxe d'automne ; ainsi,

- la constellation du Petit Cheval, située juste au-dessus de l'Équateur céleste, est une position de l'équinoxe d'automne à une certaine date : lorsque cette constellation est en lever héliaque ;

- ce même équinoxe se retrouve quelque temps plus tard "dans l'Aigle" (quand cette constellation est alors en lever héliaque), au milieu de la Voie Lactée, et également sur l'équateur céleste. La représentation de cette constellation peut être tout à fait réaliste, puisque la queue du rapace montrerait les trois étoiles principales de la constellation, dont Altaïr. Sous le bec de l'animal, représentée sous la forme d'une "perle", ce pourrait être l'étoile de la Queue du Serpent, point de départ du décompte draconitique.

- la constellation du Scorpion, sous les pattes du Cheval de l'équinoxe, donne la position la plus intéressante temporellement : l'équinoxe d'automne ici représenté est celui d'après le "Passage" de la Voie Lactée, quand le Scorpion est en lever héliaque de l'équinoxe...

2. La seconde information intéressante devrait être la légende écrite, donnée sous forme d'une abréviation "EX C" qu'on peut alors rapprocher du terme celtique qu'on trouve dans le calendrier de Coligny "EX" ou "EXOIU" ; la signification en serait-elle "le Passage", "la Pâque", évidemment, en année d'automne ?

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

# **La Lune et ses périodes**

**PARISOT Jean Paul**  
Observatoire de Bordeaux

## LA LUNE ET SES PERIODES

PARISOT J.P.

- - -

Les calendriers et les études de chronologie ont pour préoccupation principale d'établir des concordances et des prévisions à partir de phénomènes astronomiques qui présentent des périodes qui n'ont aucun rapport entre elles. Que ce soit dans le domaine des calendriers ou dans celui de l'étude des éclipses, les mécanismes mis en jeu (mouvement de la terre autour du soleil, mouvement de la lune, ..) reposent sur 3 périodes fondamentales (année, lunaison et rotation du noeud lunaire) qui combinées entre elles donnent naissance aux fameux cycles découverts et utilisés depuis la plus haute antiquité comme le cycle du Saros et le cycle de Meton.

La mise en évidence des ces différents cycles relève très souvent de développements mathématiques complexes. Parfois même dans les ouvrages traitant de ces problèmes, les formules ne sont pas justifiées. En arithmétique, il existe des méthodes classiques qui permettent de résoudre les problèmes de recherche de cycles posés en astronomie. Parmi ces méthodes, la technique des fractions continues est un outil puissant qui va nous permettre d'élucider de nombreux problèmes liés en particulier à la durée de la lunaison.

Après une rapide présentation de la méthode (nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spécialisés de mathématiques pour une théorie et des démonstrations plus détaillées) nous l'appliquerons à quelques problèmes : les différents modèles de calendriers luni-solaires, le cycle des éclipses, le cycle du Saros et le calendrier musulman. Avant d'aborder le problème mathématique, il convient de préciser les différentes périodes mises en jeu :

- La lune effectue une révolution synodique autour de la terre durant une lunaison dont la valeur moyenne est de :

$$L = 29.5306 \text{ jours}$$

(dans la révolution synodique, on prend en compte le mouvement relatif de la lune par rapport au soleil, c'est-à-dire que cette période correspond au cycle des phases. Dans le cas contraire, on définit la révolution sidérale qui s'effectue en 27.3217 jours)

- L'année sidérale d'une durée

$$S = 365.2564 \text{ jours}$$

exprime la durée d'une rotation sidérale apparente du soleil autour de la terre. Ce mouvement est défini par rapport aux étoiles et il s'effectue avec une durée légèrement différente de l'année tropique (ou année de saison)

$$A = 365.2422 \text{ jours}$$

L'écart entre les 2 quantités est provoqué en partie par la précession des équinoxes qui tend à avancer la date des saisons par rapport à la rotation sidérale.

- Le plan de l'orbite de la lune autour de la terre est animé d'un mouvement de précession : les noeuds parcourent l'écliptique en une durée moyenne égale à

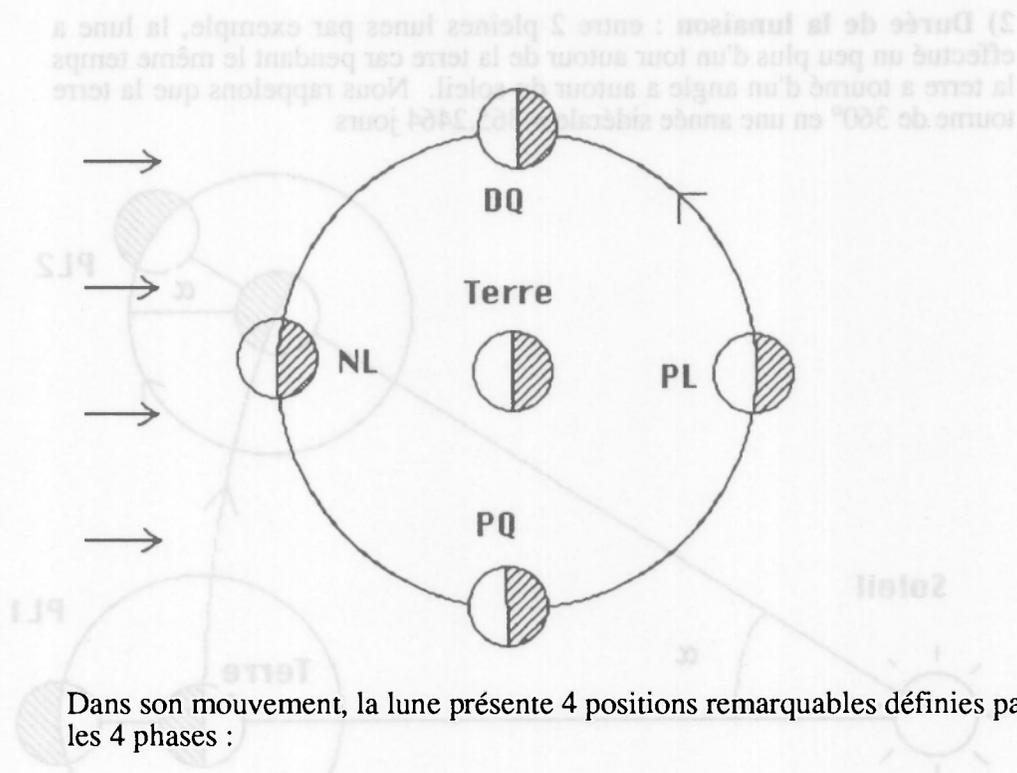
$$N = 18.61 \text{ ans}$$

dans le sens rétrograde (sens des aiguilles d'une montre)

**1) Mouvement de la lune** : en première approximation, on peut réduire le mouvement de la lune à un mouvement sur une ellipse avec une distance moyenne à la terre égale à 384 000 km. La lune effectue un peu plus de 12 tours par an et en conséquences, elle se déplace dans le zodiaque beaucoup plus rapidement que le soleil. L'intervalle de temps qui sépare le passage de la lune dans la même zone du ciel étoilé qu'on appelle période sidérale vaut :

|  |
|--|
| Période sidérale de la lune : 27.3217 jours = 27 j 7 h 43 mn 11.42 s |
|--|

Le découpage du zodiaque chinois en 27 ou 28 sections est étroitement lié à cette période. C'est l'un des rares exemples où la période sidérale de la lune a été utilisée car le phénomène le plus facilement observable est celui des phases. La période qui est associée aux phases qu'on appelle la lunaison est en réalité la période synodique de la lune car elle combine les mouvements relatifs dans le système terre-lune-soleil.



Dans son mouvement, la lune présente 4 positions remarquables définies par les 4 phases :

- 1- Nouvelle lune (NL)
- 2- Premier quartier (PQ)
- 3- Pleine lune (PL)
- 4- Dernier quartier (DQ)

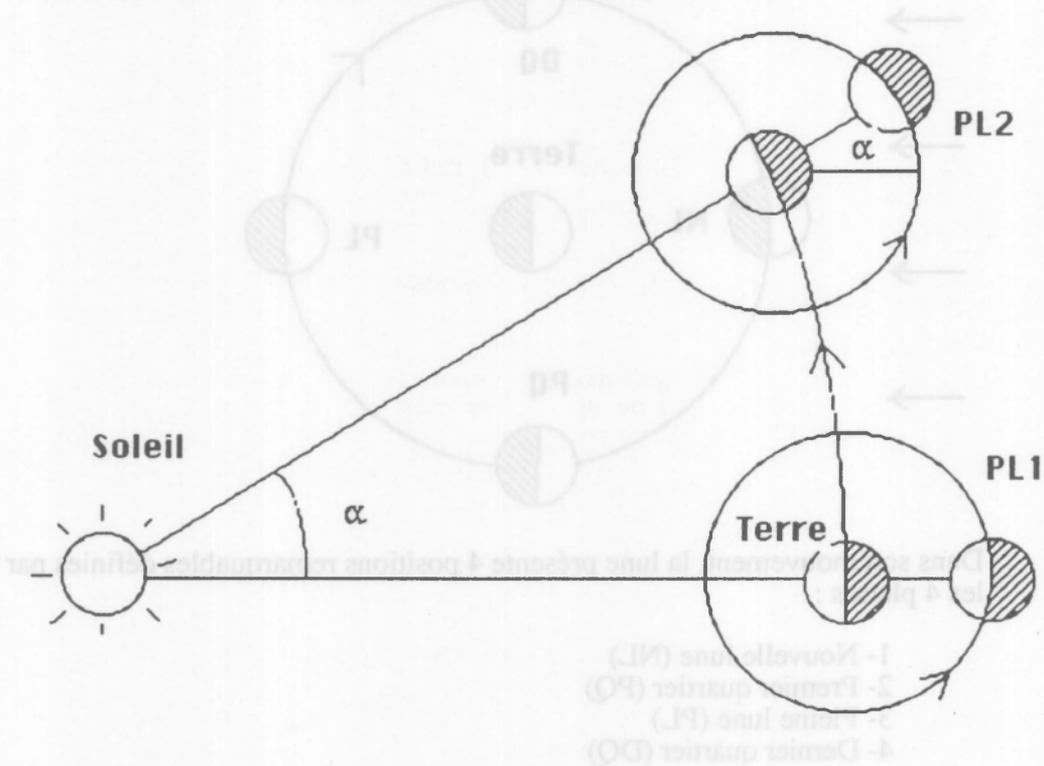
On regroupe les 4 phases sous 2 appellations :

syzygies : (du grec "sous le même joug") nouvelle lune (conjonction) et pleine lune (opposition).

quadratures : premier et dernier quartier.

On doit attacher une attention particulière à la nouvelle lune car c'est elle qui repère traditionnellement le début du mois (sauf chez les Celtes qui commençaient le mois et les années avec le premier quartier). Par définition, la nouvelle lune est inobservable car seule sa face dans l'ombre est tournée vers la terre. Il faut attendre 1 à 2 jours pour que le mince croissant devienne visible le soir juste après le coucher du soleil. La difficulté de la visibilité de ce croissant est à l'origine de la reconstitution hasardeuse que l'on peut faire des calendriers mésopotamiens, indiens, hébreux,... Pour distinguer la visibilité du croissant, de la nouvelle lune, on préfère le terme de néoménie (nouveau mois, nouvelle lune) pour définir ce phénomène car c'est lui qui est réellement l'origine physique du mois lunaire. La fête des néoménies se pratiquait chez tous les peuples du monde : égyptiens, hébreux, grecs, romains,..

2) **Durée de la lunaison** : entre 2 pleines lunes par exemple, la lune a effectué un peu plus d'un tour autour de la terre car pendant le même temps la terre a tourné d'un angle  $\alpha$  autour du soleil. Nous rappelons que la terre tourne de  $360^\circ$  en une année sidérale = 365.2564 jours



Si  $T$  est la durée de la lunaison (retour des mêmes phases) on a la relation simple :

$$\alpha = 1 \frac{360^\circ}{365.2564}$$

Entre 2 pleines lunes, la lune a tourné d'un angle  $360^\circ + \alpha$ . Sachant qu'elle effectue un tour en 27.3217 jours nous avons :

$$T = (360^\circ + \alpha) \frac{27.3217}{360^\circ}$$

En remplaçant  $\alpha$  par l'expression précédente on obtient :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{27.3217} - \frac{1}{365.2564} \Rightarrow T = 29.5306 \text{ jours}$$

$$\boxed{1 \text{ lunaison} = 29 \text{ j } 12 \text{ h } 44 \text{ mn } 2 \text{ s}}$$

Si le mouvement de la lune autour de la terre était circulaire et uniforme, l'intervalle de temps entre deux phases serait de un quart de lunaison soit de 7 j 9 h 11 mn. Si on examine les intervalles lus dans les calendriers, on trouve par exemple pour les phases de décembre 1982 les durées suivantes :

|    |             |    |              |
|----|-------------|----|--------------|
| NL | 8j 4h 6mn   | PQ | 7j 4h 15mn   |
| PL | 6j 15h 33mn | DQ | 7j 17h 24 mn |

On constate que les intervalles varient de 6j 15h à 8j 4h. Cette variation de près de 2 jours s'explique par le mouvement elliptique de la lune autour de la terre. En raison de la 2ème loi de Kepler, le périhélie (distance minimale) a lieu durant "la semaine lunaire" la plus courte et l'apogée dans la plus longue.

**3) Décalage journalier :** après un tour complet de la terre sur elle-même, l'observateur retrouve à peu près les mêmes étoiles au méridien (pour être précis, il faudrait parler de 24 heures sidérales). Puisque la lune tourne autour de la terre en environ 30 jours, en 24 h elle se décale de  $1/30$  ème de tour. L'observateur ne voit plus la lune au même endroit et son passage au méridien ainsi que ses levers et couchers se décalent de jours en jours en moyenne de  $(1/30) \times 24 \text{ h} = 48 \text{ minutes}$ . Ce décalage a de nombreuses conséquences :

- 2 levers sont séparés en moyenne de 24 h 48 mn. Si un jour la lune se lève peu avant minuit, elle se lèvera à nouveau un peu plus de 24 heures plus tard c'est-à-dire vers 1 heure du matin le 2ème jour. Il y a donc des jours où la lune ne se lève pas ou ne se couche pas. De la même façon, il y a des jours où elle ne se couche pas.

- Dans le phénomène des marées, l'effet de la lune est prépondérant : chaque jour, l'horaire de pleine mer retarde d'environ 50 minutes.

- Les heures de lever et coucher obéissent à une loi qui ne vérifie la loi des 50 minutes qu'en moyenne. Cet écart n'avait pas échappé aux anciens qui avaient repéré ces lunes particulières. A l'époque de l'équinoxe d'automne, la lune des moissons se lève plusieurs jours de suite à la même heure relayant le soleil couchant. On le constate facilement dans le tableau suivant établi pour 1982 :

| Date          | Coucher du soleil | Lever de la lune |
|---------------|-------------------|------------------|
| 1er septembre | 18 h 32 mn        | 18 h 06 mn       |
| 2 "           | 18 h 30 mn        | 18 h 35 mn       |
| 3 "           | 18 h 28 mn        | 18 h 59 mn       |
| 4 "           | 18 h 26 mn        | 19 h 22 mn       |
| 5 "           | 18 h 24 mn        | 19 h 43 mn       |

Sur 4 jours, le retard du lever est en moyenne de 24 minutes au lieu de 48 minutes. Inversement en mars, la lune des chasseurs se lève avec un retard nettement supérieur à 50 minutes d'où un temps d'obscurité croissant très vite après la PL entre le crépuscule et le lever de la lune.

**4) Les fractions continues :** le but de cette décomposition est d'obtenir une approximation d'un nombre réel sous forme d'un rapport de 2 nombres entiers. De nombreux mathématiciens (Choquet, Wallis, Huygens, Euler, Lagrange,...) ont contribué à développer ce mode de représentation en fractions continues dont les prémices existaient déjà chez Euclide. C'est dans les travaux de Brouckner (1620-1684) que la représentation classique apparaît. Soit  $q$  le réel à décomposer; on partage  $q$  en 2 parties : la partie entière  $q_0$  et la partie décimale  $u_1$

$$q = q_0 + u_1 \quad (u_1 < 1)$$

$u_1$  étant inférieur à 1, on prend son inverse et on procède comme précédemment en itérant avec les restes successifs :

$$\begin{aligned} 1/u_1 &= q_1 + u_2 \\ \dots\dots 1/u_n &= q_n + u_{n+1} \quad (u_{n+1} < 1) \end{aligned}$$

Finalement, en remplaçant les  $u_i$  par leurs expressions, on obtient une représentation du nombre  $q$  sous la forme de fractions emboîtées qui composent une fraction continue :

$$q = q_0 + \cfrac{1}{q_1 + \cfrac{1}{q_2 + \cfrac{1}{q_3 + \cfrac{1}{q_4 + \dots}}}}$$

que l'on écrit symboliquement sous la forme :

$$q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, \dots\}$$

On obtient des approximations successives de  $q$  au moyen de rapports d'entiers en tronquant le développement à des ordres plus ou moins élevés que l'on appelle les réduites d'ordre  $n$  :

$$P_n/Q_n = \{ q_0, q_1, q_2, \dots, q_n \}$$

On peut montrer facilement la loi de récurrence utile pour effectuer des calculs numériques :

$$P_{n+1}/Q_{n+1} = \frac{q_{n+1} P_n + P_{n-1}}{q_{n+1} Q_n + Q_{n-1}}$$

Les réduites successives convergent vers  $q$  en encadrant à chaque fois la solution, c'est-à-dire que les réduites d'ordre pair sont inférieures à  $q$  et les réduites impaires supérieures. Ainsi, on est assuré d'aboutir à une solution de plus en plus proche de la réalité à mesure que le degré de la réduite augmente. C'est cette technique que nous allons appliquer à la synchronisation des rythmes du soleil et de la lune. Pour illustrer cette méthode, nous allons développer  $p$  pour en obtenir des approximations exprimées en rapports de nombres entiers.

$$y/x = 3.1415926.. = 3 + 0.1415926... = 3 + \frac{1}{7.06251}$$

$$y/x = 3 + \frac{1}{7 + \frac{1}{15.996}} = 3 + \frac{1}{7 + \frac{1}{15 + \frac{1}{1.0034}}}$$

En tronquant la fraction on obtient des "réduites" qui sont d'autant plus précises que le nombre de termes est élevé :

$$R_1 = 3 \quad R_2 = 3 + 1/7 = 22/7 \quad R_3 = 333/106, \dots$$

On retrouve en particulier l'approximation classique  $22/7$

## 5) Un calendrier lunaire : le calendrier musulman

La subdivision de nos années en mois dérive visiblement de la lunaison bien qu'actuellement les mois de notre calendrier grégorien n'aient pas de rapport avec le mois lunaire. L'étymologie atteste le parallélisme entre les mots "mois" et "lune" dans différentes langues : Grec (neomenia signifie nouvelle lune et le premier jour du mois); Allemand (der Mond = der Monat) et en Anglais (the moon = the month). A part quelques exceptions (Mayas, Egyptiens), tous les peuples de l'antiquité ont utilisé au départ un comptage lunaire basé

uniquement sur l'observation du retour de la même phase de lune (premier quartier chez les Celtes, Nouvelle lune chez la plupart des autres peuples). Plus tardivement, les sociétés (Grecs, Hébreux, Celtes,...) qui avaient choisi une année lunaire de 12 lunaisons ont été amenées à harmoniser cette année trop courte de 10 à 11 jours sur le rythme des saisons en procédant à des retouches plus ou moins complexes qui ont donné naissances aux intercalations et aux calendriers luni-solaires.

Même si le mouvement de la lune est perturbé par de nombreuses inégalités, le retour des phases (la lunaison L) peut être connu en valeur moyenne avec une bonne précision au terme d'observations suivies. Cette durée n'est pas un nombre entier de jours mais la partie décimale vaut à peu près une demi-journée et en alternant des mois de 29 et 30 jours on reproduit l'apparition des différentes phases avec une excellente précision. En effet, l'année lunaire de

$$12 L = 354.3670 \text{ jours} = 354j \ 8h \ 48mn \ 34s$$

est à comparer avec l'année calendaire lunaire de 354 jours. Au terme de 3 ans, la lune (réelle) retarde de près d'une journée ( $3 * .3670 = 1.101$  jours) et l'intercalation de 1 jour supplémentaire rétablit partiellement l'avance du calendrier. Tous les calendriers lunaires anciens ont dû fonctionner sur un principe identique et c'est sur ce modèle que sont définis les seuls calendriers lunaires encore utilisés de nos jours : les calendriers musulmans. C'est leur méthode de correction que nous allons essayer de reconstituer et de comprendre en utilisant les fractions continues.

Le problème de l'intercalation en vue du rattrapage lunaire se pose de la manière suivante : le calendrier lunaire de base possède 354 jours et tous les cycles de x années lunaires, on intercale y jours pour rétablir la concordance avec la lune.

Les 2 entiers x et y vérifient l'équation :

$$\begin{aligned} 354x + y &= 12 * 29.5306x \\ y/x &= .36696 \end{aligned}$$

C'est ce rapport que l'on décompose en fraction continue. On obtient les quotients :

$$y/x = \{0, 2, 1, 2, 1, 1, 1, 3, \dots\}$$

et les réduites successives

$$y/x = 1/2, 1/3, 3/8, 4/11, 7/19, \mathbf{11/30}, 40/109, \dots$$

La solution retenue par les musulmans est la 6ème (11/30). La raison du choix de la période de correction de 30 années nous est totalement

inconnue, mais on peut noter que c'est la première réduite qui approche l'année lunaire à moins d'une minute. Le calendrier musulman fonctionne sur un cycle de 30 années parmi lesquelles 19 années possèdent 354 jours et les 11 autres 355 jours. La correction effective est de :

$$11/30 \text{ jour} = 8\text{h } 48\text{mn.}$$

Les phases de lune sont suivies avec une grande précision puisque la lune ne retarde que de 34s en 30 années. Avec un cycle de 109 années, la précision tomberait à 1s. Dans ce calendrier, les saisons dérivent à raison de 11 jours par an; c'est la raison pour laquelle, Ramadan le 9ème mois du calendrier musulman ne se fête pas à date fixe dans notre calendrier. Il y a coïncidence entre le début de notre année par exemple et le mois du Ramadan à l'issue de y années musulmanes et de x années grégoriennes telles que :

$$354.3672 y = 365.2422 x$$

$$y/x = 1.03068 = \{1, 32, 1, 1, 2, \dots\}$$

Les réduites successives sont :

$$y/x = 33/32, 34/33, 67/65, \dots$$

En moyenne, il y a coïncidence à l'issue de 32 années grégoriennes et de 33 années musulmanes. Un musulman de 33 ans n'a en réalité que 32 ans dans notre calendrier !

**6) Les corrections luni-solaires :** malheureusement, si un très bon calendrier lunaire est de mise en place aisée, le cycle des phases de lune ne joue pas un rôle direct dans le rythme de notre vie qui est imposé par les saisons (sauf dans quelques régions du globe où les saisons sont peu marquées). Les calendriers lunaires tels que les calendriers Celte, Grec, Hébreux,... basés sur le mouvement de la lune s'efforcent tant bien que mal de suivre les saisons et les années. L'astronomie définit une grande variété d'années (sidérale, tropique, draconitique,...) et celle qui intéresse le calendrier est l'année des saisons ou "année tropique". Elle commence quand le centre du soleil apparent traverse le point g. Par observation du retour d'un grand nombre d'années consécutives, la valeur moyenne de cette année a pu être définie ainsi que ses variations séculaires.

$$A = 365.24219878 - 0.00000616 T$$

où T est le nombre de siècles écoulés depuis le premier janvier 1900. Cette année tropique moyenne contient 12 lunaisons plus une dizaine de jours :

$$365.2422 = 12 \times 29.5306 + 10.88$$

Le passage du calendrier lunaire au calendrier solaire (ou luni-solaire) ne se fait pas sans difficultés car les périodes mises en jeu ne sont pas dans

un rapport mathématique facile à reproduire par des intercalations de mois entiers. C'est en partie cette difficulté qui explique la grande diversité des calendriers mis en oeuvre par l'homme. Dans les calendriers luni-solaires, la révolution de la lune marque les mois alors que celle du soleil permet de compter les années. Pour aborder ce problème des calendriers luni-solaires, nous allons utiliser une technique faisant appel aux fractions continues. Avant de l'appliquer, nous allons en rappeler les principales caractéristiques.

La nécessité de mettre en place un calendrier combinant de manière plus ou moins heureuse toutes ces durées n'ayant pas de relations simples entre elles a constitué une part importante de l'astronomie ancienne. Si de nos jours un calendrier unique est indispensable, l'homme s'est appliqué au cours de l'histoire à construire une centaine de calendriers différents. Les sociétés primitives ont utilisé un comptage basé uniquement sur la lune.

| LUNAIRES | LUNI-SOLAIRES   | SOLAIRES                           | CHRONOLOGIQUES   |
|----------|---|------------------------------------|------------------|
| Musulman | Grec<br>Chinois<br>Hébreux<br>Celte<br>Ecclésiastique | Julien<br>Grégorien<br>Républicain | Egyptien<br>Maya |

Liste de quelques calendriers historiques classés suivant leur base chronologique.

- Lunaire : le calendrier fonctionne uniquement avec des mois lunaires sans rapport avec les saisons.
- Luni-solaire : les mois sont lunaires mais l'année est régulièrement rallongée afin de rattraper le cours des saisons. (Le calendrier ecclésiastique est la superposition d'un calendrier civil solaire et d'un calendrier religieux lunaire). La correction luni-solaire est effectuée sur des cycles variés : 3, 5, 8 et 19 ans.
- Solaire : l'année est proche de 365.25 jours et la division en mois n'est plus qu'un lointain souvenir des lunaisons.
- Chronologique : les rythmes de base de ces calendriers n'ont pas de rapport avec l'astronomie. Maya : 365 et 260 jours. Egyptien : 365 jours.

Le problème de l'intercalation luni-solaire se pose simplement : le comptage de base est lunaire avec une période (mensuelle) égale à la lunaison  $L = 29.5306$  jours et on recherche la coïncidence qui se produit toutes les  $y$  années solaires  $A$ , ce cycle contenant un nombre entier  $x$  de lunaisons.

Les entiers  $x$  et  $y$  vérifient l'équation

$$\begin{aligned} 29.5306 x &= 365.2422 \\ y/x &= 12.36827 \end{aligned}$$

Ce rapport décomposé en fraction continue s'écrit

$$y/x = \{12, 2, 1, 2, 1, 1, 17, \dots\}$$

En arrêtant la fraction à ses premiers termes, on obtient les intercalations les plus simples qui transforment un calendrier lunaire en calendrier luni-solaire.

#### Intercalations luni-solaires les plus simples

| Réduite | y   | x  | y/x      | Période  | Erreur( j) | Exemple       |
|---------|-----|----|----------|----------|------------|---------------|
| 0       | 12  | 1  | 12       | 354 j    | -11        |               |
| 1       | 25  | 2  | 12.5     | 2a 8j    | 4          | Grec, Romain  |
| 2       | 37  | 3  | 12.3333  | 2a 362 j | -1         | Grec, Romain  |
| 3       | 99  | 8  | 12.3750  | 8a       | 0.2        | Grec          |
| 4       | 136 | 11 | 12.3636  | 11a      | -0.13      |               |
| 5       | 235 | 19 | 12.36842 | 19a      | 0.005      | Chaldée, Juif |
| (1+2)   | 62  | 5  | 12.4     | 5a 5j    | 0.93       | Celtes        |

Colonne 1 : ordre où la fraction est tronquée

Colonne y : nombre de lunaisons dans le cycle

Colonne x : nombre d'années dans le cycle

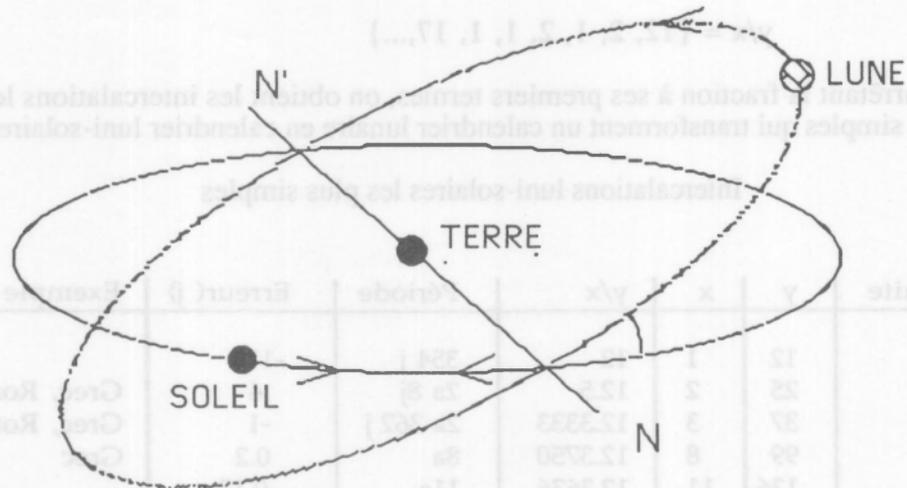
Colonne y/x : intercalation luni-solaire

Période : Période du cycle comptée en lunaisons :  $y * L$

Erreur : écart annuel entre l'année solaire moyenne ( $yL/x$ ) et l'année tropique  $A = 365.2422$

Le Tableau précédent met en évidence les solutions dont la plupart ont été en usage dans l'histoire : les intercalations  $1/2$  (1 mois intercalaire tous les 2 ans) et  $1/3$  (1 mois intercalaire tous les 3 ans) ont été utilisées par les Grecs qui finalement ont adopté l'octaétéride basée sur 8 années (3 mois intercalaires). Si personne n'a utilisé le cycle de 11 ans, le cycle de Meton (7 mois intercalaires tous les 19 ans) a été universellement reconnu (Chine, Mésopotamie, Juifs, Grecs,..). La solution (1+2) fonctionnant sur un cycle de 5 ans est la solution originale utilisée par les Celtes. Elle superpose les 2 intercalations les plus simples  $1/2$  (1 mois tous les 2 ans) et  $1/3$  (1 mois tous les 3 ans) pour aboutir à 2 mois intercalaires toutes les 5 années lunaires. On ne doit pas perdre de vue que toutes ces solutions sont aussi "imparfaites" les unes que les autres dès lors que l'on prétend harmoniser le rythme des saisons avec la lune : seules l'utilité du calendrier et sa simplicité peuvent justifier telle ou telle solution.

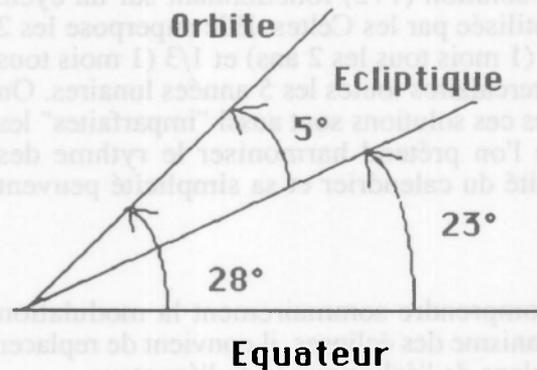
**7) Le cycle des éclipses** : pour comprendre sommairement la modulation du mouvement de la lune et le mécanisme des éclipses, il convient de replacer l'orbite de la lune par rapport aux plans de l'écliptique et de l'équateur.



Le plan de l'orbite de la lune est incliné de  $5^{\circ} 9'$  sur le plan de l'écliptique. Les 2 points d'intersection s'appellent les noeuds. Quand la lune et le soleil se trouvent tous les 2 à proximité des noeuds, il y a éclipse de lune ou éclipse de soleil. Avant d'examiner en détails le cycle des éclipses, il faut donner une information importante : le plan de l'orbite de la lune est animé d'un mouvement de précession et les noeuds parcourent l'écliptique dans le sens des aiguilles d'un montre avec une période égale à :

Précession des noeuds lunaires = 18.61 ans

C'est l'une des périodes fondamentales du cycle de la lune. Au cours de ce cycle, les 3 plans occupent une situation particulière qui confère à la lune la position la plus haute au-dessus de l'équateur. La figure suivante présente la position relative des 3 plans.



Cette déclinaison maximale est égale à  
 $27^{\circ} 27' + 5^{\circ} 9' = 28^{\circ} 36'$

c'est cette situation qui correspond aux solstices solaires ; on l'appelle lunistic. De la même manière que l'on se recalcule dans l'année solaire grâce aux solstices, on peut facilement se placer dans le cycle de 18.6 ans par la détermination des lunistics. La lune étant dans sa position la plus haute, il suffit de pointer les positions (à l'horizon) des levers ou des couchers extrêmes de la lune. Ce sont ces positions particulières de la lune que les "astronomes de Stonehenge" auraient utilisées pour se recalculer dans le cycle de 18 ans.

Pour calculer la position du lever à l'horizon (azimut A), on utilise la formule classique :

$$\cos A = -\sin \delta / \cos \phi$$

où  $\phi$  est la latitude du lieu géographique et  $\delta$  la déclinaison de la Lune. Par exemple à Bordeaux ( $\phi = 44^\circ 50'$ ), le jour du lunistic ( $\delta \approx 28^\circ$ ) :  $\cos 44.83^\circ = 0.709$  ;  $\cos A = -1.41 \sin (28^\circ) = .66$  ;  $A = 131^\circ$ . La lune se lève à  $131^\circ$  du sud.

Une éclipse (de soleil par exemple) se produit lorsque vus depuis la terre, le soleil S et la lune L se trouvent à proximité d'un noeud de l'orbite lunaire. Il faut ainsi réaliser 2 conditions que l'on peut exprimer de la manière suivante : le soleil se situe à proximité du noeud N ou du noeud N' et la lune est au voisinage du même noeud en période d'éclipse de soleil ou à proximité du noeud opposé en période d'éclipse de lune. Nous allons rechercher la période T du mouvement relatif du soleil et du noeud (N par exemple) qui caractérise le retour d'une configuration correspondant à la première condition. D'après les définitions des périodes ( $N = 18.6$  ans;  $S = 365.2564$  jours) :

$$\begin{aligned} 1/T &= 1/N + 1/S \\ T &= 346.6196 \text{ jours} = 365.25 - 18.64 \text{ jours} \end{aligned}$$

Le soleil revient donc à chaque noeud tous les ans avec 19 jours d'avance. Si une éclipse se produit à une certaine date, elle se reproduirait l'année suivante 19 jours plus tôt si la lune était à nouveau à proximité de ce noeud. Cette 2ème condition n'est sûrement pas réalisée en raison de l'inclinaison de l'orbite de la lune qui se trouvera ainsi en-dessus ou en-dessous de l'écliptique. A l'issue d'un nombre plus ou moins important de retours du soleil au noeud, on aura tôt ou tard une nouvelle coïncidence avec le retour d'une nouvelle lune. Entre ces 2 époques, qui définissent un cycle possible des éclipses, le soleil est passé x fois au noeud et la lune a connu y lunaisons. Les 2 entiers x et y vérifient l'égalité :

$$\begin{aligned} x T &= y L \\ y/x &= T/L = 11.7376 \end{aligned}$$

Décomposé en fraction continue le rapport  $y/x$  devient :

$$y/x = \{11, 1, 2, 1, 4, 3, 4, \dots\}$$

Les développements tronqués à différents ordres fournissent les solutions décrites dans le tableau suivant :

| Réduite | y   | x  | y/x     | Période         | Erreur (j) |
|---------|-----|----|---------|-----------------|------------|
| 0       | 11  | 1  | 11      | 325 j           | -22        |
| 1       | 12  | 1  | 12      | 354 j           | 8          |
| 2       | 35  | 3  | 11.6666 | 2a 303 j        | -2         |
| 3       | 47  | 4  | 11.7500 | 3a 292 j        | 0.37       |
| 4       | 223 | 19 | 11.7368 | <b>18a 11 j</b> | -0.02      |
| 5       | 716 | 61 | 11.7377 | 57a 325 j       | 0.002      |

Colonne 1 : ordre où la fraction est tronquée

Colonne y : nombre de lunaisons dans le cycle

Colonne x : nombre d'années dans le cycle

Colonne y/x : intercalation luni-solaire

Période : Période du cycle comptée en lunaisons :  $y * L$

Erreur : écart annuel entre l'année solaire moyenne ( $yL/x$ )  
et l'année tropique  $A = 365.2422$

La colonne y donne le nombre de lunaisons et la colonne x le nombre de passages du soleil au noeud considéré. Parmi toutes les solutions possibles, on voit apparaître la fameuse période de 18 ans et 11 jours (223 lunaisons) appelée le cycle du Saros connu par les Grecs depuis la plus haute antiquité et peut-être soupçonnée par les Chaldéens. Ainsi que le montre le tableau, ce cycle n'est qu'une solution parmi d'autres plus ou moins précises. Par exemple, le cycle du Saros prédit le retour moyen des éclipses avec une erreur moyenne de 0.02 jours/tour de soleil soit de 0.38 jours (9h) par cycle alors que le cycle d'ordre supérieur (proche de 3 Saros) est précis à 3h près. On ne doit pas perdre de vue que cette précision est illusoire car les inégalités du mouvement de la lune sur son orbite n'ont pas une période de 18a 11j. Donc, d'un cycle à l'autre, les conditions ne sont pas tout à fait les mêmes et les éclipses sont différentes (ou même inexistantes) : la lune et le soleil peuvent se trouver éloignés de plus de 7 degrés quand on ne considère que les mouvements moyens qui supposent les 2 astres en conjonction !

Localement, à l'issue d'un Saros, on ne retrouve pas le même calendrier d'éclipses car elles sont décalées géographiquement d'environ  $120^\circ$  de longitude vers l'ouest. En effet, 223 lunaisons constituent

$$223 L = 6585.33718 \text{ jours} = 6585 \text{ jours } 8\text{h } 5\text{mn}$$

et les éclipses se produisent dans la journée prévue avec un retard de 8h. Ce n'est qu'à l'issue de 3 Saros ou plus exactement de 716 lunaisons = 21143 jours 23h que l'on retrouve les mêmes éclipses au même lieu géographique (aux différences près signalées précédemment) car le nombre de jours du cycle est à peu près entier.

\* \* \*

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér; "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

# **Le rapport entre le Yi King et l'Astronomie**

**AFONSO Germano**  
(Curitiba, Brésil)

## LE RAPPORT ENTRE LE YI KING ET L'ASTRONOMIE

**Germano AFONSO**

Dans ce travail on veut montrer le rapport entre les signes du *Yi King* et le mouvement apparent du Soleil, les points cardinaux et les saisons de l'année. On veut montrer, aussi, le rapport entre les hexagrammes du *Yi King* et le code binaire utilisé dans les ordinateurs.

### **Introduction**

Le *Yi King*, le *Livre des Transformations*, a été écrit en observant la nature et le comportement des êtres humains, depuis des millénaires. Il nous montre que tous les phénomènes de l'Univers sont en mutation constante et se renouvellent, périodiquement, comme les mouvements des astres.

Les origines du *Yi King* remontent à une antiquité mythique et pour cela il nous arrive chargé d'expérience. Il a été la base des deux branches de la philosophie chinoise, le confucianisme et le taoïsme, qui se sont développées à partir du VI siècle avant J.C.

Les quatre principaux savants qui ont composée le *Yi King* sont, par ordre chronologique Fo Hi, le roi Wen, le duc de Tchéou et Confucius :

- Fo Hi est une figure légendaire qui aurait vécu il y a plus de cinq mille ans et que les chinois regardent comme le fondateur de leur empire et de leurs sciences. Il est considéré comme l'inventeur des trigrammes et des hexagrammes du *Yi King*.

- Le roi Wen, ancêtre de la dynastie Tchéou, a vécu il y a plus de 3000 ans. Il a modifié l'ordre des trigrammes et hexagrammes de Fo Hi et les a dotés de brefs jugements.

- Le duc de Tchéou, fils du roi Wen, a ajouté les textes relatifs aux différentes places des lignes dans chaque hexagramme.

- Confucius (551 av. J.C. - 479 av. J.C.) a écrit les commentaires du *Yi King*. Il a passé une grande partie de sa vie à l'étudier. Le *Livre des Transformations* publié et commenté par Confucius est celui qui est parvenu à notre époque.

L'univers de pensée tout entier de Lao-Tseu, le père du Taoïsme, est imprégné de l'enseignement de ce livre.

Dans le *Yi King* tous les points cardinaux et toutes les saisons de l'année peuvent être représentés avec des signes qui utilisent seulement un trait plein ——— (Yang) et un trait brisé — — — (Yin). Toutes les situations humaines peuvent aussi être décrites avec ces deux traits. Le Yang est en relation, par exemple, avec l'été, le sud, le ciel, le soleil, le jour, la surface, le masculin, le rationnel. Le Yin, par contre, est en relation avec l'hiver, le nord, la terre, la lune, la nuit, l'intérieur, le féminin, l'intuitif. C'est l'équilibre de ces deux forces qui donne l'harmonie.

Dès la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, l'Europe avait commencée à connaître le *Yi King* par les rapports des jésuites résidant à la cour de Pékin. Ces travaux avaient retenu l'attention de G. Leibnitz (1646 - 1716), le philosophe de l'harmonie. Une correspondance s'était engagée entre lui et le père R.P. Bouvet et ils ont vite trouvé dans les signes du *Yi King* une conception parallèle à celle du système binaire de Leibnitz fondée sur l'usage exclusif de deux chiffres : le 1 et le 0. Leibnitz a présenté leurs résultats dans une communication faite à l'Académie des Sciences de Paris en 1703.

Pour C. Jung, le *Yi King* était une méthode d'exploitation de l'autoconnaissance. Il l'a beaucoup utilisé dans ses travaux de psychiatrie.

L'ordre des 64 hexagrammes du *Yi King* le plus utilisé en Occident est celui du roi Wen, mais dans ce travail on discute principalement l'ordre original des hexagrammes attribué à Fo Hi. On cherche à montrer le rapport entre les signes du *Yi King* et le mouvement apparent du Soleil, les points cardinaux et les saisons de l'année. On veut montrer, aussi, le rapport entre les hexagrammes du *Yi King* et le code binaire utilisé dans les ordinateurs. Celui-ci apparaît ainsi être beaucoup plus vieux qu'on pouvait le croire...

### **Les Observations Astronomiques**

Le philosophe Fo Hi a dû observer qu'il y avait des variations de température et que les animaux, les fleurs et les fruits venaient selon les différentes saisons de l'année. Ainsi, il a commencé à enregistrer les phénomènes célestes, surtout les mouvements apparents du Soleil.

Il a pu déterminer les points cardinaux et les saisons de l'année au moyen d'un gnomon vertical (style vertical projetant son ombre sur un terrain horizontal).

Le Soleil est le plus pur représentant de l'énergie Yang. Ainsi, pour recevoir de l'énergie Yang il faut regarder vers le Sud. Le Nord, par contre, est le représentant de l'énergie Yin.

Fo Hi a représenté le Sud (l'été, la chaleur, le Yang) par un trait plein

\_\_\_\_\_

et le Nord (l'hiver, le froid, le Yin) par un trait brisé

\_\_\_\_\_

Pour représenter les autres points cardinaux et les autres saisons de l'année il a mis un trait sur l'autre.

Le trait au-dessous est le trait le plus important et représente l'énergie dominante. Le trait au-dessus est le trait représentant l'énergie qui commence à disparaître au profit de l'énergie du trait au-dessous.

Le printemps (Est) :

\_\_\_\_\_

est représenté par un trait Yang au-dessous et un trait Yin au-dessus. Ainsi l'énergie Yang a tendance à dominer et l'énergie Yin a tendance à disparaître.

L'été (Sud) :

\_\_\_\_\_

est formé par deux traits Yang.

L'automne (Ouest) :

\_\_\_\_\_

est formé par un trait Yin au-dessous et un trait Yang au-dessus. La représentation montre que l'énergie Yang a tendance à disparaître et que l'énergie Yin a tendance à dominer.

L'hiver (Nord) :

\_\_\_\_\_

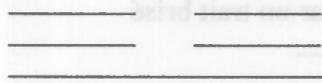
est formé seulement de traits Yin en opposition à l'été.

Et après tout recommence...

Il faut remarquer la périodicité et les transformations de ces mouvements. Ainsi, quand il y a que des traits Yang il commence à apparaître des traits Yin et vice-versa.

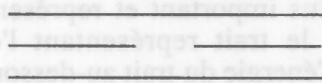
Fo Hi a encore amélioré ces représentations et elles sont à l'origine des trigrammes et des hexagrammes.

◆ Le trigramme qui représente le début du printemps et le Nord-Est



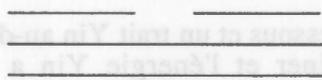
est formé par un trait Yang au dessous et deux traits Yin au-dessus.

◆ Le trigramme qui représente le printemps et l'Est



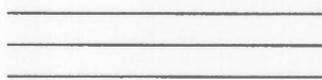
est formé par deux traits Yang avec un trait Yin au centre.

◆ Le trigramme qui représente le début de l'été et le Sud-Est



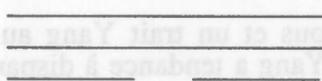
est formé par deux traits Yang au-dessous et un trait Yin au-dessus.

◆ Le trigramme qui représente l'été et le Sud



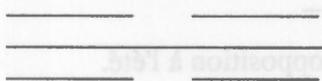
a trois traits Yang.

◆ Le trigramme du début de l'automne et du Sud-Ouest



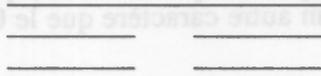
est formé par un trait Yin au-dessous et deux traits Yang au-dessus.

◆ Le trigramme d'automne et de l'Ouest



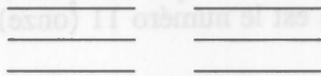
est formé par un trait Yang entre deux traits Yin.

◆ Le trigramme du début de l'hiver et du Nord-Ouest



est formé par deux traits Yin au-dessous d'un trait Yang.

◆ Le trigramme d'hiver et du Nord



a trois traits Yin.

Ces trigrammes représentent, aussi, dans l'ordre : le tonnerre, le feu, le lac, le ciel, le vent, l'eau, la montagne, la terre, parmi d'autres.

La figure 1 montre la disposition des trigrammes de Fo Hi. Ils sont mis de façon que les trigrammes opposés soient placés de manière symétrique. Ainsi, par exemple, le trigramme qui représente l'été, le sud et le ciel est opposé à celui qui représente l'hiver, le nord et la terre.

Cette disposition est, en général, représentée en englobant le symbole du T'ai ki "la poudre faîtière" : un cercle divisé en deux avec les couleurs noire et blanche. La partie blanche représente le Yang et la partie noire représente le Yin. Le petit cercle noir dans la représentation du Yang et le petit cercle blanc dans la représentation du Yin servent à rappeler la transformation continue du Yang et du Yin.

La figure 2 montre les dispositions des trigrammes modifiés par le roi Wen quelques milliers d'années après.

Les 64 hexagrammes du Yi King sont formés par la combinaison des huit trigrammes deux à deux ( $8 \times 8 = 64$ ). Le premier trigramme reste en-dessous et le second en-dessus.

Dans le calcul des hexagrammes du Yi King, en utilisant les 50 tiges d'achillée (*achillea millefolium*), on compte les tiges de façon à représenter les quatre saisons et le nombre de jours de l'année.

L'ordre de ces hexagrammes a été rangé suivant les époques de plusieurs façons. La Table 1 montre la disposition des hexagrammes de Fo Hi et la Table 2 celle du Roi Wen.

## Le Système Binaire

Au lieu de la progression de dix en dix, du calcul ordinaire d'arithmétique, Leibnitz a employé la progression la plus simple de toutes, qui va de deux en deux. Ainsi il n'y a employé aucun autre caractère que le 0 et le 1 pour représenter tous les nombres.

La valeur du système binaire peut être transformé en valeur du système décimal en multipliant le 0 (zéro) ou le 1 (un) écrit en binaire par le nombre 2 (deux) élevé à une puissance qui commence par 0, suivie de 1, 2, 3, ... de la droite à la gauche et en additionnant les valeurs trouvées. Ainsi, les valeurs les plus élevées sont celles qui sont plus à gauche. Par exemple, le numéro 1011 en binaire est le numéro 11 (onze) en décimal, puisque :

$$1011 = 1 \times (2^3) + 0 \times (2^2) + 1 \times (2^1) + 1 \times (2^0) = 11$$

On remarque que :

$$2^0 = 1, 2^1 = 2, 2^2 = 4, 2^3 = 8, 2^4 = 16, 2^5 = 32 ; \dots$$

Le premier trait des trigrammes et des hexagrammes du *Yi King* est le trait au-dessous. Alors comme c'est le trait le plus important il doit rester à gauche si l'on dispose les traits à l'horizontale.

Si l'on donne la valeur 0 (zéro) au trait plein (Yang) et la valeur 1 (un) au trait brisé (Yin) on peut calculer la valeur en système décimal (vd) de chaque trigramme, en utilisant l'équation :

$$vd = 4 \times l_1 + 2 \times l_2 + l_3$$

où  $l_1$ ,  $l_2$  et  $l_3$  sont les valeurs 0 ou 1 comptées de gauche à droite, respectivement. Ainsi, on a :

$$\begin{array}{r} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array}$$

$$000 = 4 \times 0 + 2 \times 0 + 0 = 0$$

$$\begin{array}{r} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \begin{array}{l} 1 \\ 0 \\ 0 \end{array}$$

$$001 = 4 \times 0 + 2 \times 0 + 1 = 1$$

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 0 |
|  |  | 1 |
|  |  | 0 |

$$010 = 4 \times 0 + 2 \times 1 + 0 = 2$$

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 1 |
|  |  | 1 |
|  |  | 0 |

$$011 = 4 \times 0 + 2 \times 1 + 1 = 3$$

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 0 |
|  |  | 0 |
|  |  | 1 |

$$100 = 4 \times 1 + 2 \times 0 + 0 = 4$$

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 1 |
|  |  | 0 |
|  |  | 1 |

$$101 = 4 \times 1 + 2 \times 0 + 1 = 5$$

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 0 |
|  |  | 1 |
|  |  | 1 |

$$110 = 4 \times 1 + 2 \times 1 + 0 = 6$$

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 1 |
|  |  | 1 |
|  |  | 1 |

$$111 = 4 \times 1 + 2 \times 1 + 1 = 7$$

La figure 1 montre que les deux trigrammes opposés ont toujours trois traits pleins (Yang) et trois traits brisés (Yin) et que leurs additions donnent toujours la valeur 7.

On peut transformer les valeurs du système binaire des hexagrammes du *Yi King* en système décimal (SD) avec l'équation :

$$SD = 32 \times L_1 + 16 \times L_2 + 8 \times L_3 + 4 \times L_4 + 2 \times L_5 + L_6$$

où  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$ , et  $L_6$  sont les valeurs 0 ou 1 comptées de gauche à droite, respectivement. Ainsi, par exemple, la valeur binaire de l'hexagramme :

|       |   |
|-------|---|
| _____ | 0 |
| _____ | 0 |
| _____ | 1 |
| _____ | 0 |
| _____ | 1 |
| _____ | 0 |

est 010100 et sa valeur en décimal est

$$SD = 32 \times 0 + 16 \times 1 + 8 \times 0 + 4 \times 1 + 2 \times 0 + 0 = 20$$

puisque  $L_1 = 0, L_2 = 1, L_3 = 0, L_4 = 1, L_5 = 0$ , et  $L_6 = 0$ .

La *Table 3* montre comment on écrit en binaire les 64 hexagrammes de Fo Hi (*Table 1*) et les valeurs correspondantes en décimal allant de 0 à 63, en suivant l'ordre de leurs placements. En certaines publications l'ordre des 64 hexagrammes de Fo Hi est inversé par rapport à celui de la *Table 1*. Dans ce cas si l'on utilise la valeur 1 pour le Yang et la valeur 0 pour le Yin on continue à avoir la même séquence binaire.

Cette même séquence ne se trouve pas dans l'ordre des hexagrammes du roi Wen (*Table 2*) dont les valeurs en décimal, selon leurs placements, sont données dans la *Table 4*.

## Conclusion

Les modifications dans l'ordre des trigrammes et hexagrammes originaux de Fo Hi, faites par le roi Wen, ont fini par cacher le rapport entre le *Yi King* et l'Astronomie. En plus, il a fallu le génie de Leibnitz pour montrer le sens mathématique de ces figures qui sont peut-être le plus ancien monument des Sciences qui soit au monde. Ainsi, la restauration d'une partie du travail de Fo Hi, après plus de cinq mille ans, lui rend un juste hommage.

Le philosophe Fo Hi est aussi considéré comme l'auteur des premiers caractères de l'écriture chinoise qui se sont fort altérés par la suite des temps et on croit qu'il a eu égard aux nombres en l'établissant. Son Arithmétique Binaire présentée dans le *Yi King* permet de juger qu'il

pourrait bien s'y trouver quelque chose de considérable par rapport aux nombres et aux idées, si l'on pouvait déterrer le fondement de l'écriture chinoise.

Si l'on pouvait prouver qu'il a plus de cinq mille ans Fo Hi essayait d'établir une écriture mathématique binaire en observant le rythme de la Nature on aurait un des plus importants moyens d'élever l'esprit humain.

Si nous arrivons un jour à communiquer avec des êtres d'autres planètes ce serait probablement dans le langage binaire parce qu'il est simple et complet comme le Yang et le Yin.

### **Bibliographie**

**Afonso G.**, 1990 : *"A Logica do I Ching"* - Editora Ler e Saber, Curitiba

**Leibnitz M.**, 1703 : *"Explication de l'Arithmétique Binaire"* - Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Paris

**Wilhelm R. - Perrot E.**, 1973 : *"Yi King le Livre des Transformations"* - Librairie de Médicis, Paris

--

### **Biographie**

Germano AFONSO est professeur à l'Université Fédérale du Paraná, Brésil, où il enseigne l'astronomie et la physique.

Actuellement, il fait des recherches sur les forces non-gravitationnelles agissant sur des satellites artificiels, à l'Observatoire de la Côte d'Azur (CERGA), Grasse.

\*

\*\*\*

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

# **L'Astronomie de Martianus Capelia**

**LE BOEUFFLE A.**  
(Amiens)

## L'ASTRONOMIE DE MARTIANUS CAPELLA

### A. Le Boeuffle

*Martianus Cappella's astronomical theory in Book 8 of his **Nuptiae Philologiae et Mercurii** resumes the traditional themes to be found in the ancient works on Astronomy, together with some more unusual details ; it rectifies some mistakes or inaccuracies of his predecessors ; it also evinces a mainly platonic inspiration. Yet, the most original contribution is the theory of the heliocentric revolution of the planets Mercury and Venus. Martianus thereby reveals himself as a forerunner of Copernicus, as the latter acknowledged it.*

Le **De Astronomia** occupe le huitième livre (sur neuf) du grand ouvrage de Martianus Capella au titre curieux, "Les Noces de Philologie et de Mercure" ; composé dans la seconde moitié du Vème siècle de notre ère, il annonce déjà le Moyen Age par son affabulation allégorique servant de cadre à une encyclopédie des sept arts libéraux, qui comprenaient le **triuium** (grammaire, logique, rhétorique) et le **quadriuum** (géométrie, arithmétique, astronomie et musique). Cet ordre ascendant n'est donc pas fortuit et il place l'astronomie juste avant la musique, aboutissement suprême de toute culture harmonieuse. Nous pressentons déjà dans ce seul plan une influence de la philosophie pythagorico - platonicienne, même si Martianus n'est pas un néoplatonicien orthodoxe, mais a subi d'autres influences variées. De plus, dès le livre 2, il avait consacré un développement à la musique des sphères (§§ 169 - 199), ce qui attestait aussi une inspiration pythagoricienne. Pour nous limiter au livre 8, il comprend d'abord un prologue (§§ 803 - 813) qui le rattache ingénieusement à l'intrigue formant la trame de tout l'ouvrage. Astronomie, une des demoiselles d'honneur de cette noce, apparaît avec des ailes brillantes, une chevelure chatoyante, le corps parsemé de perles ; elle porte dans une main un livre, symbole de sagesse, dans l'autre un instrument qui

doit être une dioptré<sup>1</sup>. Le personnage sera souvent représenté dans l'art médiéval : voir les cathédrales de Chartres, Laon, Soissons, Sens, Auxerre, etc... ; ce ne doit pas être une simple coïncidence si plusieurs de ces villes correspondent à des lieux où vivaient des commentateurs de Martianus Capella, tels Martin de Laon, Remi d'Auxerre, etc...

Donc *Astronomie* va expliquer aux convives le cours des astres ; cela constitue l'élément central du livre 8, qui peut se diviser en deux grandes parties de dimensions sensiblement égales : la première (§§ 814 - 849) expose des questions générales de cosmographie ; la seconde (§§ 850 - 887) concerne plus particulièrement les planètes (y compris soleil et lune, selon la conception antique). A l'intérieur de la première partie, une progression habile conduit d'une vision générale de la sphère céleste à un examen plus approfondi de la zone zodiacale où évoluent les planètes, le soleil et la lune, qui feront l'objet de la seconde partie.

Ce plan n'a de correspondant exact dans aucune oeuvre conservée de la littérature astronomique des Romains. C'est avant tout un travail de vulgarisation et d'initiation qui a pour but d'enseigner aux lettrés et en particulier à la jeunesse les notions fondamentales de l'astronomie antique. Ce caractère élémentaire de l'ouvrage rend malaisée la recherche de ses sources : l'auteur invoque l'autorité de prédécesseurs plus ou moins lointains, Pythagore, Platon, Eratosthène, Hipparque, Ptolémée. Mais un usage fréquent chez les compilateurs anciens consiste à prodiguer les références explicites aux sources indirectes et prestigieuses, tout en restant muet sur les ouvrages effectivement consultés. Des points de ressemblance avec des oeuvres antérieures n'impliquent pas des emprunts directs à celles-ci, mais peut-être à des sources communes ou à des manuels intermédiaires. Ces réserves faites, on peut admettre une influence de Varron et surtout de Plin l'Ancien, qui tous deux, par leurs goûts encyclopédiques, apparaissent comme des précurseurs de Martianus Capella ; celui-ci a dû lire encore Cicéron, Virgile, Vitruve, Hygin, Apulée, Aviénus, le plus récent adaptateur du poème grec d'Aratos, les **Phénomènes**, et quelques autres écrivains latins. Il ne faut pas non plus négliger des traces d'idées empruntées à l'hermétisme égypto-hellénique, ce qui ne saurait surprendre dans un ouvrage mettant en scène Mercure, c'est-à-dire Toth ou Hermès Trismégiste (trois fois grand).

Ainsi l'auteur nous enseigne par la bouche d'*Astronomie* (§§ 814 - 816) que le monde, constitué des quatre éléments, est sphérique et qu'en son centre le globe de la terre est immobile. Dans l'éther circulent les astres, c'est-à-dire les sept planètes et la sphère des étoiles, elle-même enveloppée d'une neuvième sphère sans astres, **anastros**, qui assure la cohésion de l'univers, selon une théorie pythagoricienne déjà évoquée par Cicéron (**Nat. Deor.** 2, 54 sq.) et Virgile (**Buc.** 5, 56 sq.).

Puis (§§ 817 - 837) Martianus décrit l'armature de cet univers qui consiste en dix cercles : les deux cercles polaires, les deux tropiques et l'équateur

<sup>1</sup> Cf notre *Lexique latin d'Astronomie et d'Astrologie* (L.A.A.A.), N° 430, p. 121

qui forment les cinq parallèles, puis les deux collures dont les plans contiennent l'axe des pôles et passent, l'un par les deux points équinoxiaux, l'autre par les deux points solsticiaux (ces cercles plus techniques étaient moins souvent nommés) ; ensuite le cercle zodiacal (dont l'obliquité est arrondie à vingt degrés) et la Voie Lactée (ce qui trahit ici une conception archaïque, encore éloignée de la notion mathématique de cercle linéaire sans épaisseur). Martianus ajoute un dixième cercle, l'horizon, qui varie suivant le lieu d'observation, alors que curieusement il néglige un autre cercle, propre aussi à la sphère locale, le méridien.

Après quoi, l'auteur énumère rapidement les 35 constellations ; mais à la différence de la plupart des cosmographes antiques (voir, par exemple, le livre 3 de l'**Astronomie** d'Hygin), il ne prend guère la peine de situer les étoiles sur les éléments de ces figures, qualifiant ces procédés d' "aussi désagréables qu'ennuyeux" (§ 840). Déjà cette imagerie céleste n'avait eu droit qu'au mépris de Varron (**Sat. Men.**, 280, "ils ne sont pas des astronomes ceux qui ont barbouillé le ciel de dessins") : l'idée provient de Platon (**Rep.** 7, 529 b) qui opposait la description du ciel conçu comme un plafond orné à la véritable astronomie fondée sur le raisonnement mathématique. Ainsi Martianus donne de l'importance à deux sujets, les cercles célestes et les mouvements planétaires : à la différence de la tradition qui dépendait d'Aratos, il renvoie non à un globe plein illustré, mais à une sphère armillaire ou même à un planétaire du genre de la sphère d'Archimède, dont il chantait les louanges au livre 6 § 585 (après Cicéron, **Rep.** 1, 22)<sup>2</sup> et ici au § 815 il évoque une sphère de bronze "formée d'anneaux" (cricotè).

C'est encore sous l'influence du platonisme qu'il ne présente pas un calendrier de levers et couchers d'étoiles (comme l'avaient fait Ovide dans les **Fastes** et Pline au livre 18 de son **Histoire Naturelle**)<sup>3</sup>, il ne veut pas ressembler à Glaucos dont se moque Socrate (Platon, **Rep.** 7, 527 d), ni faire de l'astronomie "à la façon d'Hésiode", selon l'expression ironique de l'**Epinomis** (990 a).

Martianus ne s'attarde pas davantage à raconter les légendes dont poètes et mythographes (tel Hygin au livre 2 de son **Astronomie**) ont paré les constellations, "récits imaginaires", dit-il au § 817 ; il substitue l'allégorie à la mythologie. On trouve la même attitude chez Fulgence, Isidore de Séville, Bède, Thierry de Chartres ; doit-on y voir une trace de christianisme ? Certes l'Église d'Afrique était très brillante depuis Tertullien, Cyprien et Augustin ; mais nous ne connaissons presque rien de la biographie de Martianus, dont nous savons tout au plus qu'il était un jurisconsulte carthaginois.

On trouve ensuite (§§ 841 - 843) un développement traditionnel dans l'astronomie antique<sup>4</sup> : l'indication des étoiles qui se lèvent ou se

<sup>2</sup> Cf *Notre Ciel des Romains* (= C.d.R.), p. 34

<sup>3</sup> Cf *C.d.R.*, pp 14 -23 et 147 - 151

<sup>4</sup> Cf *L.L.A.A.*, pp 102 - 104

couchent en même temps que se lève tel signe zodiacal ; ces données sont délaissées par la science moderne, car elles ne sont valables que pour une époque et un lieu précis. De même pour la durée d'ascension et de déclin de chaque signe zodiacal (§§ 844 sq.) ; ce problème des ascensions obliques, résolu par la trigonométrie, avait longtemps tourmenté les savants anciens, sous l'influence des astrologues qui voulaient déterminer le degré ascendant d'un signe au moment d'une naissance (c'était là le sens premier du mot **horoscopus**)<sup>5</sup>

La première partie de ce livre s'achève sur la question de l'inégalité des jours au cours de l'année : l'auteur enseigne que le soleil se déplace sur un cercle excentrique plus bas que la sphère des étoiles ; il en résulte que les signes égaux du zodiaque sont traversés par lui en des temps inégaux : 32 jours pour les Gémeaux, 28 pour le Sagittaire (§§§ 846 - 849). Mais Martianus, déjà comme Pline (N.H. 2, 81 et 188), se trompe en croyant que les jours sont les plus longs quand le soleil traverse les signes les plus lents à se lever ; la cause réelle est la plus grande déclinaison de ces signes.

Dans la seconde partie de l'ouvrage, l'auteur revient d'abord (§ 872) sur la révolution annuelle du soleil évaluée à 365 jours 1/4, notion connue en Grèce depuis le VI<sup>e</sup> siècle et introduite dans le calendrier romain par César en 46 avant notre ère. Ensuite il évoque (§ 873) l'inégalité des saisons selon les données d'Hipparque<sup>6</sup>, puis (§ 874) la place des points solsticiaux et équinoxiaux dans le zodiaque (Cancer et Capricorne, Bélier et Balance) et l'inégalité des jours selon les latitudes terrestres, ce qui le conduit à exposer (§§ 875 - 879) la théorie des **climata**, qu'il fixe à huit ; si, pour nous modernes, la latitude d'un lieu se définit avant tout par la hauteur du pôle en ce lieu, les Anciens la caractérisaient aussi par la durée du jour solsticial ; cette inclinaison (**clima** en grec) de l'axe polaire était considérée dans ses effets de température et de conditions météorologiques ; d'où le sens moderne du mot **climat**. Et l'on distinguait un certain nombre de zones terrestres (de 7 à 15), enfermant chacune le parallèle caractérisé par telle durée du jour solsticial <sup>7</sup>

Après le soleil, Martianus traite de la lune (§§ 858 sq.) et il se lance dans le calcul de ses dimensions en adoptant un mode de raisonnement qui semble antérieur à l'époque d'Archimède et qui a recours à l'emploi d'une clepsydre : le diamètre apparent de la lune serait la 600<sup>e</sup>me partie de son orbite (soit 36 minutes, chiffre un peu supérieur à la réalité) et cette orbite serait cent fois plus grande que la circonférence de la terre ; donc la lune serait le sixième de la terre ; Hipparque l'avait évaluée au tiers (en fait, 5/18, soit 0,27). Du moins, la donnée de Martianus a-t-elle le mérite d'être moins absurde que celle de Pline (N.H. 2, 49) pour qui la lune serait plus grosse que la terre !

<sup>5</sup> Cf notre *C.d.R.* p. 13

<sup>6</sup> Cf notre *L.L.A.A.* p. 258

<sup>7</sup> Cf notre *L.L.A.A.* p. 92

Pour la révolution de la lune (§§ 862 - 868), Martianus sait distinguer les trois révolutions : sidérale, synodique (§ 865) et dracontique (§ 869) ; il connaît l'inclinaison de son orbite sur l'écliptique et l'anomalie qui a pour résultat que la Pleine Lune n'est pas toujours au milieu exact de la lunaison en raison de l'excentricité de l'orbite. Il ne se contente pas des quatre phases populaires, mais mentionne les étapes intermédiaires pour aboutir au chiffre de sept phases : nouvel exemple de l'influence pythagoricienne où la mystique des nombres jouait un grand rôle ; sept était aussi le nombre des planètes. Deux autres chiffres sont chargés encore de signification symbolique : huit, chiffre de la perfection ; rappelons les huit **climata** ; les points équinoxiaux et solsticiaux sont situés aux huitièmes degrés des signes zodiacaux (§§ 824 et 828 à 830). Quant au nombre douze, il régit le zodiaque, tant pour sa longueur (12 signes) que pour sa largeur (12 degrés : § 834). Et au § 861, Martianus montre que les orbites planétaires sont multiples de douze : celle du soleil 12 fois plus grande que celle de la lune ; Mars 24 fois ; Jupiter, 144 fois ; Saturne, 336 fois.

Soleil et Lune conduisent l'auteur à parler de leurs éclipses, dont il explique les causes avec précision (§§ 869 - 871).

Mais le développement le plus important de cette partie concernant les cinq autres planètes. Martianus s'appuie sur deux postulats, dont le 1er est vrai : l'éloignement des planètes est d'autant plus grand que leurs révolutions sont plus longues. Leurs distances sont proportionnelles aux durées de leurs révolutions (leurs vitesses linéaires étant identiques). L'explication des mouvements planétaires avait bien embarrassé les Anciens. Nous savons que les planètes tournent autour du soleil, de même que la terre ; mais si l'on projette sur la voûte céleste le déplacement d'une planète tel qu'il est vu de la terre, le résultat est une ligne sinueuse, formant même des boucles : les planètes s'arrêtent, rétrogradent et après une nouvelle station reprennent leur marche directe. Les savants voulurent "sauver les apparences", concilier ces mouvements qui semblaient désordonnés avec l'idée que les corps célestes devaient avoir des courses régulières et parfaites, donc des orbites circulaires (postulat auquel même Copernic ne renoncera pas ; il faudra attendre Képler). Depuis Platon (*Lois* 7, 821 d), c'était un lieu commun de dénoncer l'inexactitude des termes qui définissent les planètes comme des "astres errants" et Martianus (§ 850) dit qu'il ne faut pas les appeler "errantes", mais "trompeuses" : **non planetas, sed planontas**. On savait que les planètes avaient un mouvement propres d'ouest en est, limité à la zone zodiacale, et qu'elles se répartissaient dans l'espace entre terre et les étoiles (§§ 851 - 854). Mais pour rendre compte plus précisément de leurs déplacements plusieurs tentatives d'explication furent successivement proposées : Eudoxe de Cnide avait établi une théorie des sphères planétaires homocentriques où la combinaison de mouvements circulaires de plusieurs sphères pour chaque planète prétendait justifier leur déplacement apparemment irrégulier ; le système avait été compliqué par Callippe de Cyzique et Aristote, au point d'en arriver à 56 sphères pour les sept planètes, mais sans réussir à rendre compte de certaines anomalies visibles de leurs révolutions, telles que leurs variations d'éclat. A la fin du

III<sup>e</sup> siècle avant notre ère, Apollonios de Pergé avait imaginé une hypothèse qu'adoptera et perfectionnera Hipparque et qui était destinée à mieux concilier les apparences avec le postulat des orbites circulaires : on admettait que la planète se déplaçait sur un petit cercle (épicycle) dont le centre parcourait la circonférence d'un cercle déférent qui avait pour centre un point théorique situé à quelque distance de la terre (excentrique).

Dans la littérature latine de Pline l'Ancien avait été le premier à exposer ces théories (N.H. 2), mais il l'avait fait avec une grande maladresse, faute de recourir à un vocabulaire précis : il semblait admettre le système des déférents et des épicycles sans pourtant les désigner par des termes explicites : le mot **apsis** avait chez lui un sens vague. Au contraire, Martianus utilise les termes **epicyclus** (§ 879), **eccentros** (cinq fois : §§ 849, 855, 873, 884, 885) et il emploie **absis** de manière plus stricte que Pline pour désigner l'apogée de l'épicycle, alors que pour l'apogée de l'excentrique il se sert d'**Altitudo**. Mais les deux écrivains mêlent les explications rationnelles et géométriques des mouvements planétaires à d'autres causes mystérieuses empruntées à l'astrologie orientale<sup>8</sup> : l'action attractive ou répulsive des rayons solaires sur les planètes qui s'exercerait spécialement en trine aspect (120°) et la théorie astrologique des "exaltations" selon laquelle les planètes atteindraient, chacune dans un signe précis, le sommet de leur puissance et de leur influence sur le monde terrestre (§§ 884 - 887).

Enfin le plus petit commun multiple de ces révolutions planétaires constituait la Grande Année, thème platonicien (Tim. 39 d) auquel Martianus fait allusion aussi (§ 868).

Mais l'intérêt principal de ce livre 8 réside dans le développement original sur les révolutions de Mercure et de Vénus. Ces deux planètes, nous dit clairement l'auteur (§§ 854, 857 et 879), tournent autour du soleil, tandis que celui-ci et les autres planètes tourneraient autour de la terre. C'est le système semi-héliocentrique, dont l'origine remonte au platonicien Héraclide Pontique (IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère). Il avait dû remarquer que les planètes inférieures Mercure et Vénus oscillent seulement de part et d'autre du soleil entre deux limites équidistantes (environ 28° pour Mercure et 48° pour Vénus), alors que les autres planètes peuvent se trouver à n'importe quelle distance angulaire de celui-ci et même en opposition à 180 degrés.

De toute manière, que l'on admette le géocentrisme ou l'héliocentrisme, Mars, Jupiter et Saturne englobent dans leurs orbites à la fois la terre et le soleil.

Pourtant l'hypothèse de l'héliocentrisme restreint à Mercure et Vénus n'avait guère eu de succès, pas plus que celle du pythagoricien Philolaos qui, un siècle plus tôt, avait imaginé un feu central autour duquel la terre et

<sup>8</sup> Cf Pline, N.H. 2, 59 sq. ; 65 ; 69 - 71. Voir notre L.L.A.A., articles N° 479, 488, 965

les planètes tournaient, ni que celle d'Aristarque de Samos qui, un siècle plus tard, proposa un héliocentrisme intégral. C'est le géocentrisme qui triompha pour longtemps, avec le système de Ptolémée exposé dans sa **Syntaxis mathematica**, appelée plus tard **Almageste**. Cela peut s'expliquer par des raisons à la fois scientifiques et philosophiques : selon la logique géométrique qui prévalait dans l'astronomie grecque l'héliocentrisme offrait peu d'intérêt ; on ne considérait que des points sur des cercles : peu importait que l'un fût le soleil, l'autre la terre, ou que ce fût l'inverse. Avec la terre fixée au centre d'un ensemble de mouvements circulaires les calculs paraissaient plus simples et donnaient des résultats qui "sauvaient les apparences" ; en particulier, Hipparque pensait que si la terre tournait autour du soleil, il devait y avoir une variation annuelle dans la position des étoiles (la parallaxe ; de fait, elle existait bien, mais elle est difficile à observer) ; comme il n'avait pu la constater, il en conclut que l'héliocentrisme était à rejeter. Quant à Ptolémée, il s'appuyait sur le fait que si la terre tournait, les corps lancés en l'air resteraient à la traîne derrière elle. Avouons que dans notre expérience quotidienne nous ne sentons pas la terre bouger ; combien de personnes savent que sa vitesse de translation est de 108.000 km à l'heure et sa vitesse de rotation de 1.650 km/h à l'équateur et d'environ 1.100 km/h sous nos latitudes françaises ? Chez les Anciens, puisque la pesanteur était conçue comme une attraction vers le centre de l'univers et que la terre était jugée comme le corps le plus lourd, il semblait logique de lui réserver cette place médiane, alors que les étoiles formées de l'élément le plus subtil et le plus mobile, le feu, tendaient logiquement vers la périphérie. L'exemple de la lune qui gravite vraiment autour de la terre incitait aussi en vertu du principe unitaire, à admettre qu'il en était de même pour tous les autres astres. Enfin on pensait que le postulat du mouvement régulier impliquait les notions d'incorruptibilité et d'âme divine : or la terre était le domaine de la corruption, donc incompatible avec ce principe.

Le géocentrisme était particulièrement défendu par les Stoïciens.

Cependant la doctrine héraclidienne n'était pas totalement oubliée. On en devine une trace à l'époque d'Auguste chez Vitruve (**Arch.** 9, 1, 6) : "Quant à Mercure et Vénus, autour des rayons du soleil qui leur sert de **centre** et qu'elles **couronnent** de leurs déplacements..." ; mais Vitruve ne semble pas avoir saisi l'originalité du système et plus loin (**ibid.** 15) il se contredit en comparant à la course de fourmis sur une roue de potier les sept orbites planétaires concentriques.

Au II<sup>e</sup> siècle de notre ère, Adraste d'Aphrodisias combina le système des épicycles et la théorie d'Héraclide en attribuant au soleil et aux planètes inférieures des épicycles concentriques. Nous connaissons cette opinion par plusieurs auteurs : le platonicien Théon de Smyrne (**Exp.** 33 sq.), Calcidius dans son commentaire du **Timée** de Platon (109 - 111) et Macrobie dans son commentaire du **Songe de Scipion** de Cicéron (1, 19, 6). Mais aucun ne s'exprime aussi nettement que Martianus, au point que certains critiques modernes ont refusé de reconnaître chez eux le système semi-héliocentrique. Et le témoignage le plus intéressant et le plus

convaincant est celui du plus célèbre théoricien de l'héliocentrisme intégral, Copernic, qui écrit : *"Il ne faut pas du tout mépriser, à mon avis, ce que Martianus Capella a écrit, pensant que Vénus et Mercure se déplacent autour du soleil qui est au centre"* (De Revol, Org. casl. 1, 10).

Ce qui devait conduire à adopter le système héliocentrique, c'était la situation privilégiée que les Anciens attribuaient déjà au soleil : sa position médiane au milieu des sept planètes dans l'ordre dit "chaldéen"<sup>9</sup> ; le fait que la durée de révolution du centre des épicycles sur leur déférent était égale à l'année solaire ; enfin le fait que le rayon de l'épicycle des planètes supérieures était toujours parallèle à la direction du soleil.

De nos jours, on a porté des jugements très divers sur cette théorie défendue par Martianus, en y voyant tantôt une géniale anticipation, tantôt une survivance attardée d'une hypothèse boiteuse, alors que le système de Ptolémée semblait plus cohérent, puisque les centres des épicycles et des déférents excentriques y étaient tous des points abstraits. On constate ici les dangers d'un dogmatisme trop rationnel : les phénomènes du cosmos se prêtent moins que ceux de la terre à l'expérimentation directe et ainsi échappent plus longtemps à l'alternative du vrai et du faux.

Pour conclure, il serait absurde de juger l'ensemble de ce traité astronomique en fonction de nos connaissances modernes dans ce domaine ; il est plus raisonnable de le faire par rapport aux autres recueils de la littérature latine qui développent le même sujet. Dans ces conditions, on peut dire que cet ouvrage constitue un maillon important, une étape décisive entre Platon et Copernic ; tout en contenant certaines indications inexactes, incomplètes, banales ou même archaïques, il représente un progrès réel si on le compare à la plupart de ses prédécesseurs latins : il donne des détails précis qui, sans être originaux, sont pourtant absents de beaucoup d'autres manuels antiques ; par exemple, les durées inégales du séjour solaire dans les signes zodiacaux, les anomalies de la révolution lunaire, l'aphélie et le périhélie de la terre (§ 873), alors que souvent les auteurs antiques croyaient que le soleil était plus éloigné de la terre pendant notre hiver qu'en été<sup>10</sup>, etc... D'une manière générale, une des principales qualités de l'oeuvre est la clarté de l'exposition, une plus grande rigueur dans la terminologie, un souci constant d'instruire sans ennuyer, un style qui ne manque pas d'humour. C'est cette valeur didactique qui explique le succès de ce livre 8, non seulement en tant qu'élément des *Noces*, mais à lui tout seul ; car ce livre avait été parfois publié isolément et même dépecé pour en faire des extraits joints à d'autres fragments d'astronomie antique. Ce que nous serions tentés de considérer comme un défaut, le caractère assez rudimentaire de l'exposé, semble avoir, au contraire, contribué à la diffusion du livre dans la période médiévale. Il influencera Jean Scot Erigène et Gerbert ; l'école de Chartres en fera grand cas ; Bernard Sylvestre de Tours le lira assidûment ; il sera cité aussi par Honoré d'Autun, Guillaume de Conches, Barthélémy l'Anglais, Baudouin

<sup>9</sup> Cf notre *L.L.A.A.*, p. 216, art. N° 965

<sup>10</sup> Cf Cicéron, *Nat. Deor.* 2, 49 ; Pline, *N.H.* 2, 52 et 18, 277

de Courtenay, etc... Il faut d'ailleurs tenir compte de l'éclipse passagère qu'a connue l'*Almageste* de Ptolémée : traduit en arabe en 827, il n'a été ensuite traduit de l'arabe en latin qu'au XII<sup>e</sup> siècle et le texte grec original n'a été retrouvé qu'au XV<sup>e</sup>. Cela peut expliquer, en partie, la renommée de Martianus Capella ; mais aussi parce que son oeuvre laisse pressentir, au delà de la compilation astronomique, un niveau symbolique et initiatique qui, par la connaissance des mécanismes célestes, veut mettre le lecteur en communication directe avec les mystères cosmiques.

### Bibliographie

**AUJAC G. et divers auteurs** : *"Avant, pendant et après Copernic : la représentation de l'univers et ses conséquences épistémologiques"* - XXXI<sup>e</sup> semaine de synthèse, 1-7 juin 1973 - Paris, Blanchard (1975)

**DUHEM P.** : *"Le système du monde"* - Paris, 1913 - 1954, t. 3, 46 - 152

**EASTWOOD B.S.** : *"Astronomy and Optics from Pliny to Descartes"* - Ashgate Publishing Group, Aldershot (1989)

**HADOT I.** : *"Arts libéraux et philosophie dans la pensée antique"* - Paris, Études Augustiniennes (1984)

**NEUGEBAUER O.** : *"A history of ancient mathematical astronomy"* - Springer Verlag - 3 volumes (1975)

**RUSSO F.** : *"L'explication des mouvements des planètes des Grecs à Klépler"* - Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences N° 30 - Paris (1990)

**STAHL W.H. - JOHNSON R.** : *"Martianus Capella and the seven liberal Arts"* - New York (1971)

**TANNERY P.** : *"Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne"* - Paris (1893) ; Hildesheim (1976)

**WILLIS J.** : *"De Nuptiis Philologiae et Mercurii"* - coll. Teubner, Leipzig (1983)

Nous avons déjà abordé le sujet, mais de manière plus succincte, dans un article de la *Revue d'Études Anciennes*, t. XC, 1988, 177-182.

Nous préparons une édition commentée de ce livre 8 pour la Collection des Universités de France (édition **Les Belles Lettres**)

--

## Biographie

André LE BOEUFFLE, né en 1924, est professeur émérite à la Faculté des Lettres de l'Université d'Amiens. Agrégé de grammaire. Titulaire d'une thèse de Doctorat d'État sur le Vocabulaire latin de l'Astronomie.

A publié :

Dans la Collection des Universités de France (les Belles Lettres, Paris)

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Germanicus</b>     | : <i>Phénomène d'Aratos</i>  |
| <b>Hygin</b>          | : <i>Astronomie</i>  |
| <b>Pline l'Ancien</b> | : <i>Histoire Naturelle - livre 18</i> (en collaboration avec H. Le Bonniec) |

Dans la Collection d'Études anciennes (Les Belles Lettres, Paris)  
*Les Noms Latins d'Astres et de Constellations*

Aux Éditions Picards (Paris)  
*Astronomie, Astrologie, Lexique Latin* (1987)

Aux Éditions de Boccard (Paris)  
*Le Ciel des Romains* (1989)

et de nombreux articles de revues sur l'astronomie romaine.

\*

\*\*\*

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

**L'année de 364 jours dans les  
livres d'Hénoch et des Jubilés**

**LEVY Michel Louis**  
INED - Paris

## L'ANNÉE DE 364 JOURS DANS LES LIVRES

### D'HÉNOCH ET DES JUBILÉS

Michel Louis LEVY

—

Dans une nouvelle publiée en 1990, j'avais imaginé que l'année de 364 jours avait été en usage chez les Esséniens au temps du Second Temple [1]. Cette hypothèse - développée par Annie Jaubert [2] et reprise dans l'édition de la Pléiade [3] qui parle systématiquement du "calendrier essénien" - est fondée sur la présence d'extraits des livres d'*Hénoch* et des *Jubilés* dans la grotte de Qumran où furent découverts les "manuscrits de la Mer Morte". Rappelons ce que sont ces livres et la place qu'ils donnent à l'année de 364 jours.

*Hénoch* et les *Jubilés*, classés dans les "Pseudépigraphes" de l'Ancien Testament, étaient principalement connus par leur version éthiopienne, l'Église éthiopienne étant la seule à les tenir pour canoniques. On en connaissait des extraits en grec, en syriaque, en copte. On a trouvé à Qumran des extraits d'une version araméenne de *Hénoch* et d'une version hébraïque des *Jubilés*, probablement l'original. Tous deux sont largement consacrés à des considérations astronomiques et calendaires : les éditeurs intitulent la troisième section de *Hénoch* (p. 552-572) "traité d'astronomie et de météorologie". Quant aux *Jubilés*, ils commencent par "*Ceci est le récit de la répartition des jours de loi et de témoignage, des événements des années en leurs semaines et en leurs jubilés, pour toutes les années du monde ...*" et se terminent par "*... comme il est prescrit par les tables qui furent remises en mes mains pour que j'écrive à ton intention les lois du temps et les temps selon leurs divisions. Ici s'achève le récit de la répartition des temps.*" (p. 635 et 810). Le titre des *Jubilés* en éthiopien est "livre de la répartition", et il consiste essentiellement en une chronologie biblique très précise, de la Création du monde à la sortie d'Égypte, où on apprend par exemple que "*le dix-septième jour du deuxième mois, le serpent vint auprès de la femme*" (III, 17) ou que "*la sixième semaine, la deuxième année, Rébecca donna à Isaac deux enfants, Jacob et Esau*" (XIX, 13). Dans ce livre des *Jubilés*, où sont ainsi datés les événements bibliques, le patriarche Hénoch est désigné comme "*le premier des humains nés sur la terre à apprendre l'écriture, la sagesse et la science, et à écrire*

*dans un livre les signes du ciel suivant l'ordre des mois, afin que les humains connaissent les saisons, en leur ordre, mois par mois" (IV, 17).*

### **Un Chronos biblique**

Or que dit la Bible de Hénoch ? Très peu de choses en vérité, mais apparemment d'une prodigieuse fécondité. *Genèse V, 23-24: "Hénoch a vécu en tout trois cent soixante cinq ans. Hénoch a marché avec Dieu et il n'a plus été là car Dieu l'a pris".* Hénoch est le seul personnage dont le Pentateuque ne dit pas explicitement qu'il est mort : il a disparu. Supposons une personne dont nul ne sait si elle est morte ou vivante. Quand doit-on en prendre le deuil et régler son héritage ? Que penser si, alors qu'elle a été déclarée morte, quelqu'un jure l'avoir vue ? Est-elle ressuscitée ? Bref, comment dater un décès sans témoignage ?

Le texte biblique, seule source de Vérité, témoigne qu'Hénoch a vécu 365 ans. Par association avec le cycle annuel de 365 jours, cela pose une autre question : les années meurent-elles ? Autrement dit, le mot "mort" peut-il être employé comme métaphore pour une durée et, par analogie, pour tout "mortel" qui ne soit pas un humain, comme une maison ou un animal ?

Ces deux questions associent déjà Hénoch et sa disparition au problème du temps, de la durée, et donc du calendrier. Mais ce n'est pas tout.

Dans la filiation des dix patriarches d'Adam à Noé (*Genèse V*), Hénoch est le septième, ce qui l'associe au cycle sabbatique. Quand il naît, 622 ans après la Création d'Adam, ses six ancêtres sont vivants et ils le seront encore lors de la naissance de son fils Mathusalem, en 687, et de son petit-fils Lamec en 874. A cette date, les neuf premières générations de patriarches sont donc simultanément vivantes, bien qu'elles ne communiquent en rien, ce qui est une marque importante d'animalité. Cette première Humanité, qui sera détruite au Déluge, atteint donc l'effectif de neuf pendant 56 ans, jusqu'à la mort d'Adam à l'âge de 930 ans. Mais elle n'atteint pas l'effectif de dix, celui qui sera requis sans succès pour sauver Sodome (*Genèse, XVIII, 32*) et qui fondera le quorum juif du "*miniane*", minimal pour constituer une communauté. La mort d'Adam fait retomber cet effectif à huit, et le second décès, précisément celui d'Hénoch, fort précoce par rapport aux autres qui surviennent autour de l'âge de 900 ans, la fait retomber à sept : la naissance d'Hénoch porte ainsi l'effectif des "Hommes nommés et vivants" de six à sept, et sa mort le ramène de huit à sept.

Hénoch, septième né, deuxième mort, premier et seul disparu, est donc tout désigné pour être un Chronos biblique, maître des secrets du Temps. La racine ENK (le E transcrit le *Het* hébreu, pour laisser le H transcrire le *Hé*) de Hénoch a pris le sens d' "inaugurer", comme dans le nom de la fête de *Hanoukah*, fête de l'inauguration (du Temple). Hénoch a d'ailleurs un homonyme, Hénoch, fils de Caïn, qui, lui, est lié à la nomination de l'Espace. On lit en *Genèse, IV, 17* : "*Caïn connut sa femme. Elle conçut et*

*enfanta Hénoch. Il bâtissait une ville et il donna à la ville le nom de son fils, Hénoch*" Inaugurer, c'est nommer, et ce pour ne pas confondre. Que deux hommes puissent porter le même nom, et que ce nom soit aussi celui d'une ville attire l'attention sur les risques de confusion entre deux Hommes, et entre un Homme et un lieu, comme le fabuliste quand il moque ceux qui "prennent le Pirée pour un Homme".

Quelques précisions guématriques sont utiles quand on essaye de comprendre la signification des textes bibliques de l'époque du Second Temple : la valeur guématrique des quatre lettres du nom d'Hénoch est 84 (8 + 50 + 6 + 20), soit 7 fois 12, sept jours de la semaine, douze mois de l'année ; cette valeur est aussi celle des trois lettres du mot "Yada" (10 + 4 + 70), traduit dans le verset précédent par "connut" : il y a similitude entre les secrets du calendrier et ceux de la procréation, ce qui est une banalité en hébreu où *Sod Ha'ibour* veut dire à la fois secret du calendrier et secret de la gestation. Les deux premières lettres de Hénoch, EN, sont celles de Noah, Noé, NE. Les deux dernières, WK, valent ensemble 26, comme le Tétragramme sacré. Hénoch-84 vaut donc 26 de plus que son arrière-petit-fils Noé-58, comme Adam-45 vaut 26 de plus que Eve-19. Nous retrouverons Noé plus loin.

Le mot *Yobel*, qui a donné "Jubilé", apparaît en *Lévitique* XXV, 11 : "*la cinquantième année sera pour vous le Jubilé*". Plusieurs prescriptions dans le même chapitre concernent "*l'année du Jubilé*", année de libération des dettes, où chacun retourne dans sa propriété. Est-ce que cela veut dire que le Jubilé revient tous les cinquante ans, sens conservé en français, ou tous les quarante-neuf ans, l'année du Jubilé étant la première année de la période jubilaire suivante ? Pour le livre des *Jubilés*, cette dernière interprétation est la bonne : "*le total des jours de sa vie (d'Israël-Jacob) est de trois jubilés, cent quarante-sept ans*" (XLV, 12)<sup>1</sup>. Mais il y a dû avoir controverse sur ce point, puisque le désaccord se retrouve dans le délai Pâques-Pentecôte des Juifs et des Chrétiens. Pour ceux-ci il y a sept semaines, du dimanche de Pâques au dimanche de Pentecôte, soit 49 jours. Pour les Juifs il y a cinquante jours du 15 Nisan (*Pessah'*) au 6 Sivan (*Chavouot*) : quand *Pessah'* tombe un mardi, *Chavouot* tombe un mercredi. Le piquant est que "Pentecôte" veut dire "cinquante" en grec, tandis que "*Chavouot*" veut dire "semaines" en hébreu ! L'usage est à l'inverse du langage.

Un autre sens de "*Yobel*" s'attache à la façon dont est annoncé le jubilé, quelque chose comme "sonnerie", une célèbre occurrence étant celle des trompettes de Jéricho. *Josué* VI, 5 : "*Et quand retentira la corne du Yobel (...) la muraille de la ville croulera sur place*". Beaucoup de traductions indiquent ici "corne de bélier", mais comme "bélier" s'écrit AYL, *Yobel* paraît désigner plutôt la fonction que l'origine de la corne. Il y a d'ailleurs

<sup>1</sup> L, 4 : "*Il y a quarante-neuf jubilés, une semaine (d'années) et deux ans depuis le temps d'Adam jusqu'à ce jour (celui de la Révélation)*" Avec des jubilés de 50 ans, la Révélation de la Loi au Sinaï est datée de l'an 2459 de la Création ; avec des jubilés de 49 ans, de l'an 2410. La tradition actuellement en vigueur [5] est de 2448.

coïncidence guématrique (valeur 48) avec le mot *Kokav*, "étoile" qui associe le *Yobel* à l'idée de simultanité ("quand brillera l'étoile"). Le Jubilé, qu'il revienne tous les quarante-neuf ans ou tous les demi-siècles, est annoncé par une sonnerie de corne .

### **L'année de 364 jours**

On trouve dans le livre des *Jubilés* nombre d'enseignements restés d'une parfaite orthodoxie juive, comme les sept commandements de Noé (lois noahides, VII, 20), comme l'épisode d'Abraham détruisant les idoles qu'adore son père Terakh (XII, 1-13), ou comme les travaux interdits le Chabbat (L 6-13). D'autres n'ont rien de choquant, comme cette idée - qui ramène au cas des personnes considérées comme décédées - que le Grand Pardon, *Yom Kippour*, est célébré à la date où Jacob apprit, à tort, la mort de son fils bien-aimé Joseph (XXXIV, 18-19). Mais à côté de ces enseignements recevables figure une idée non seulement hérétique, mais scientifiquement absurde, l'année dure 364 jours. Cette idée est centrale dans *Hénoch* et dans les *Jubilés*.

*Hénoch* - LXXII, 32 : "L'année est exactement de trois-cent-soixante-quatre jours" . LXXIV, 10 : "Chacune des années fait à plein trois-cent-soixante-quatre jours" . LXXXII, 6-7 : "L'année est complète en trois-cent-soixante-quatre jours. Cette parole est véridique et exact le chiffre indiqué" Et dans *Jubilés* - VI, 32 : "Et toi ordonne aux enfants d'Israël de garder ce nombre de trois cent soixante-quatre jours formant une année complète". Cette dernière citation est accompagnée de la principale vertu du nombre 364 : "le total des jours forme cinquante-deux semaines, chaque saison compte treize semaines". Les saisons de 91 jours, 13 semaines, sont formées de trois mois de 30, 30 et 31 jours, commençant respectivement un mercredi, un vendredi, un dimanche ([3], p. 571, note 14).

Dans ces conditions, le mois n'a plus de rapport avec la lune, qui est disqualifiée pour mesurer le temps : "Il y en aura qui observeront attentivement la lune, mais elle trouble les saisons, elle a dix jours d'avance sur chaque année" (VI, 36). Douze mois lunaires d'alternativement 29 et 30 jours font 6 fois 59 jours, soit 354 jours, dix de moins que 364. Ces dix jours d'écart se retrouvent dans le récit du Déluge qui dure - du début de la pluie à la terre sèche - du 17 du deuxième mois (*Genèse* VII, 11) au 27 du deuxième mois de l'année suivante (*Genèse* VIII, 14), mais que le livre des *Jubilés* fait aller du 17 au 17 (V, 31), ce qui est logique pour "traduire" dans un calendrier solaire une tradition selon laquelle cette durée - douze mois lunaires et dix jours - serait d'une année solaire. La Septante, elle, va du 27 au 27.

Dans une année de 364 jours, exactement 52 semaines, les Chabbats et les autres jours de la semaine tombent chaque année aux mêmes dates. Inversement chaque date, y compris celle des fêtes, tombe toujours le même jour de la semaine. Ces mois de trente et trente-et-un jours peuvent être nommés comme les mois juliens des Romains, en commençant par

mars et en terminant par février, ce qui rend les noms de septembre, octobre, novembre, décembre conformes à leur sens étymologique. L'année commence le mercredi 1er mars. La fête des Semaines (Pentecôte), qui commémore l'Alliance de Noé, celle de l'arc-en-ciel, tombe le dimanche 15 mai. La Pâque ne tombe plus à la Pleine Lune, mais reste fixée conformément à la Bible : sacrifice au soir du 14 du premier mois et consommation le lendemain (XLIX, 1). Annie Jaubert explique ainsi, par la superposition d'une Cène "essénienne" le mardi 14 mars et d'un Seder "pharisien" le vendredi 14 Nisan certaines contradictions apparentes du récit de la Passion dans les Évangiles. Quant au Grand Pardon, "au dixième jour du septième mois" (XXXIV, 18), il tomberait le vendredi 10 septembre. Un calendrier détaillé, instituant des fêtes bucoliques "tombant toutes un dimanche et séparées l'une de l'autre par un délai de sept semaines : *Élévation de la gerbe, Semaines (Pentecôte), Vin nouveau, Huile fraîche*" ([3], p. XLI) figure dans un document propre à Qumran, le "Rouleau du Temple" ([3], p. 62-132).

L'essentiel dans cette affaire paraît être qu'il n'y a plus à observer la lune pour fixer le début du mois et donc les célébrations, ni à observer la végétation pour fixer le cycle des saisons et décider éventuellement d'intercaler une treizième lune, approximativement tous les trois ans. Or ces deux prérogatives sont celles des prêtres du Temple de Jérusalem. Il ne s'agit pas seulement d'opposer un calendrier purement solaire au calendrier luni-solaire biblique, il s'agit donc de vider de toute substance le pouvoir du Temple. Les livres d'*Hénoch* et des *Jubilés* ne sont donc pas tant hérétiques que subversifs, comme le sera ultérieurement le *Coran*, qui supprimera l'intercalation et fera revenir le pèlerinage exactement toutes les douze lunes, mais lui retirera toute signification agricole, alors que le chapitre LXXXII d'*Hénoch* et le verset XXIX, 16 de *Jubilés* persistent à décrire les caractéristiques climatiques de chaque saison, sans se rendre compte de la contradiction avec une longueur fixe de 91 jours. Contrairement à la subversion samaritaine, qui cherche à opposer un temple, celui de Guerizim, à celui de Jérusalem, la subversion de Qumran cherche à supprimer toute nécessité au Temple : Jérusalem n'est pas nommée, les sacrifices prescrits pouvant avoir lieu partout ailleurs. Sauf erreur, il n'est d'ailleurs nullement question de pèlerinage.

Les appellations de secte essénienne, de calendrier essénien ont été proposées par André Dupont-Sommer à partir de descriptions de Pline l'Ancien et Flavius Josèphe ([3] p. XXXVI). Elles n'ont pas de justification interne aux textes trouvés à Qumran. Dans cette perspective, il nous semblerait mieux assuré de parler de doctrine et de calendrier "noahide" qui rendrait compte du rôle considérable de Noé dans *Hénoch* et dans les *Jubilés* qui font de Noé un dépositaire essentiel de la Parole divine, qu'aurait pervertie ensuite les enfants d'Israël, malgré les rappels des patriarches et prophètes ultérieurs, y compris Moïse. L'une de ces perversions consisterait à fonder le calendrier sur la lune, alors que l'arc-en-ciel reflète la seule lumière du soleil.

En donnant à l'un des rouleaux le nom d'*Écrit de Damas*, les inventeurs des manuscrits de Qumran suggèrent qu'on pourrait aussi parler de doctrine de Damas. Damas y symbolise en effet la "Nouvelle Alliance", comme pour la "conversion" de Paul "sur le chemin de Damas" : "*les convertis d'Israël sont sortis du pays de Juda et se sont exilés au pays de Damas*" (*Écrit de Damas*, VI, 5 [3], p. 154). Bernard Dubourg [6] fait remarquer que DMSQ, Damascus, est un anagramme qui subvertit, intervertit, MQDS, *Miqdach*, le Sanctuaire<sup>2</sup> : M pour l'origine, QDS, *Qadoch* pour la Sainteté MQDS, c'est " le lieu d'où vient la Sainteté"<sup>3</sup>. Damas-Eliezer (*Genèse*, XV,2, repris dans *Jubilés* XIV,2) fils adoptif d'Abraham, serait dans ce sens celui qui, si Abraham l'avait gardé pour héritier, aurait subverti à la fois la filiation naturelle d'Ismaël et la filiation spirituelle d'Isaac. Mais comme Damas n'est pas cité dans *Hénoch* ni dans les *Jubilés*, alors que Noé l'est dans l'*Écrit de Damas* (III,1 : *A cause de cela (leur obstination) s'égarèrent les fils de Noé et leurs familles, à cause de cela ils furent retranchés*), je préfère proposer l'appellation de doctrine et de calendrier "noahides".

Je ne sais si des traces de ce système calendaire subsistent dans l'Église éthiopienne. On ne peut guère imaginer qu'il ait été appliqué réellement plus d'une quarantaine d'années, puisque le décalage avec l'année solaire, d'un jour et quart par an, aurait alors dépassé deux mois, décalage intolérable, bien supérieur au décalage maximal dans le système luni-solaire. Mais si ces quarante ans se sont précisément achevés par la destruction du Temple de Jérusalem, il est bien possible que les tenants du système aient puisé dans l'événement une confirmation du caractère révélé de l'ensemble des livres qui le fondent, caractère révélé que contestaient certainement ceux que ce système menaçait, à savoir le pouvoir sacerdotal à Jérusalem. Autrement dit, il n'est pas impossible qu'une quarantaine d'années avant la chute du Temple, à l'époque où la tradition place la prédication de Jésus et sa Crucifixion, une secte de "*Sinaïens*" aient, dans le désert, effectivement appliqué le calendrier de *Hénoch* et des *Jubilés*. Qu'en pensent les historiens, juifs, chrétiens et autres ?

## REFERENCES

[1] LEVY Michel Louis : "*Ce qui s'est réellement passé à Jérusalem le 25 février de l'an 33 après Jésus-Christ*" *Alliage, Culture-Science-Technique*, n° 4, été 1990, p. 100-107.

[2] JAUBERT Annie : "*Le calendrier des Jubiles et de la secte de Qumran. Ses origines bibliques.*" *Vetus Testamntum* 3, 1953, p. 250-264.

<sup>2</sup> La valeur guématrique de DMSQ et MDDS est 444, soit 84 modulo 360. Il y a de la révolution là-dessous

<sup>3</sup> MDBR, Midbar, le Désert, c'est "le lieu d'où vient la Parole, DBR, Dabar", et MGD, Migdal, (d'où Magdeleine) la Tour, c'est "le lieu d'où vient la Grandeur, GDL, Gadol".

[3] *"La Bible. Écrits intertestamentaires"*. . Sous la direction d'**André DUPONT-SOMMER** et **Marc PHILONENKO**. Traduction, présentation et notes des livres d'Hénoch et des Jubilés par **André CAQUOT**, p. 465-810. Gallimard, La Pléiade, 1987, 1900 pages.

[4] **JAUBERT Annie** : *"La date de la Cène"* - Gabalda.

[5] **STIOUI Roger** : *"Le calendrier hébraïque"* - Colbo 1988

--

## **BIOGRAPHIE**

Michel Louis LEVY, né en 1939, statisticien et démographe, administrateur et chef du service de Diffusion de l'Institut National d'Etudes Démographiques, est rédacteur depuis 1977 du bulletin *Population et Sociétés*. Il est l'auteur d'ouvrages pédagogiques sur les statistiques sociales et d'articles sur la laïcité : *"Déchiffrer la démographie"* (Synes-Alternatives, 1990), *"Alfred Sauvy ; compagnon du siècle"* (La Manufacture, 1990).

\*

\*\*\*

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

## **Le cas Galilée**

**LIOTTA René**  
(Montigny les Metz)

## LE CAS GALILEE

René LIOTTA

### I - Le monde à la fin du moyen-âge

#### - Le mode de pensée

##### - *L'argument d'autorité* -

Frédéric II et Grégoire IX (Pape de 1227 à 1241, excommunié Frédéric II en 1227, puis paix de S. Germano en 1230, puis à nouveau excommunication en 1239)

##### - *L'hérésie*

##### - *Le schisme*

##### - *L'inquisition - Le secret du Saint-Office*

##### - *La réforme*

### 2 - Les temps modernes

#### - *Copernic 1538*

##### - *De Revolutionibus Orbium Coelestium*

La fin du moyen-âge,

Le début des temps modernes

#### - *L'évolution du savoir*

##### - Les Académies

Le Collège Romain

Accademia dei Lincei

### 3 - Galilée

- *La famille de Galilée*

- *Le professeur*

- *Travaux Techniques*

La balistique appliquée

Les fortifications

Après la découverte des satellites de Jupiter : une éphéméride, et une méthode pour faire le point en mer - 1612

- *L'homme de sciences*

L'étude du mouvement

Le vide

La correspondance avec Baliani, Mersenne, Descartes, Fermat, Kepler...

- *Sa pensée*

- Le chrétien

- Le polémiste, et l'écrivain scientifique

( Les opérations du compas militaire - 1606

Sidereus nuncijs (le messager céleste) - 1610

Discours sur les corps flottants - 1612

Lettres sur les taches solaires - 1613

Lettre à Christine de Lorraine, Gde Duchesse de Toscane - 1615

Le Saggiatore - 1623

Dialogue sur les deux systèmes du monde - 1632

Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles, relatives à la mécanique et aux mouvements locaux - 1638)

- *L'entourage intellectuel de Galilée*

Card. Maffeo Barberini, pape Urbain VIII

Christine de Lorraine

Card. Bellarmin

RR. PP. Clavius, Grassi, etc...

#### 4 - Le procès

- Galilée hérétique ?
- Un Pape contesté
- Un procès faux-semblant

#### 5 - Le sens de la démarche de Galilée.

## 1 - Le monde à la fin du moyen-âge.

### \* *L'argument d'autorité.*

Lorsque Frédéric II de Hauenstouffen, Empereur d'Allemagne, et roi des deux Sicile, publie son traité de fauconnerie (rappelons qu'il s'agit de la chasse réservée à la haute noblesse), il glisse dans le texte une phrase qui nous paraît aujourd'hui bien anodine : *"mon but est de faire connaître les choses qui sont, comme elles sont"*.

Pour l'homme du XX<sup>e</sup> S. quoi de plus normal ?

Pourtant Grégoire IX, fulmine contre lui un texte mémorable : *"Nous le disons et le répétons, nous sommes prêt à le prouver, ce roi de peste affirme ouvertement que l'homme ne doit croire que ce qui peut être démontré par l'expérience et la raison."*<sup>1</sup>

Ce choc, illustre parfaitement l'emprise que l'Église, et les philosophes aristotéliens, veulent maintenir sur la pensée.

Si les premiers Pères de l'Église s'étaient efforcés de dresser une séparation entre théologie et sciences, très rapidement celle-ci va s'amenuiser pour rendre la pensée scientifique complètement dépendante de la théologie. C'est ainsi que se trouvent posées les conditions de la réflexion scientifique pendant le haut moyen-âge .

Jusqu'à cette époque, tout l'enseignement scolastique, des monastères, comme des universités, s'appuie sur *"l'argument d'autorité"*

La Bible -principalement- un philosophe, un médecin réputé, un Père de l'Église, avaient-ils émis un avis reconnu par les autorités, celui-ci devait être accepté sans être remis en question.

Cette attitude intellectuelle sera une véritable entrave au développement de la pensée scientifique, et philosophique.

Les étudiants, sous la garde des recteurs des universités, et des professeurs, commentent les textes autorisés, mais il n'est pas question, sauf habiles détours, à entamer une controverse, voire une critique, d'un texte d'Aristote, ou de Galien.

---

<sup>1</sup> Frédéric II, né en 1196, mort en 1250 - Grégoire IX, Pape de 1227 à 1241, excommunie Frédéric II en 1227, puis paix de San Germano en 1230, puis à nouveau excommunication en 12309

**\* L'hérésie.**

Dans l'histoire du christianisme, l' "hérésie" tient une place capitale. Le mot est passé dans le langage courant pour désigner une tendance à la dissidence.

Dès les premiers siècles de son histoire, l'Église s'est attaché à limiter ces courants, et a cherché à exclure de tels mouvements, en les entachant d'apostasie, ou d'imposture.

**\* Le schisme.**

Forme dérivée de l'hérésie, le schisme rompt avec la tradition doctrinale de l'Église et sa hiérarchie, et constitue une entité séparée, souvent par opposition avec l'épiscopat ou le Pape régnant.

Le mouvement de réforme animé par Luther peut certainement être classé dans cette catégorie. Les protestants s'étant vu souvent appliquer le double vocable d'hérétiques et schismatiques.

**\* L'inquisition - Le secret du Saint-Office**

Très rapidement le Saint-Siège sent le besoin d'un instrument au service de la doctrine.

Jusqu'au XIII siècle, c'est l'Évêque du lieu, et le pouvoir civil, qui ont le devoir de chasser les hérétiques, et de les punir.

Grégoire IX, confronté aux hérésies cathare et vaudoise, crée cet instrument original dans sa conception et son fonctionnement. Il en confie l'administration aux frères prêcheurs, et aux frères franciscains (Grégoire IX était un ami personnel de St-François d'Assise, qu'il avait aidé à réformer son ordre).

Le Tribunal d'inquisition est administré par des juges indépendants de la hiérarchie. La pratique de la torture s'y développe, en principe en excluant formellement la mort du suspect. La condamnation étant prononcée, celui-ci était remis au pouvoir séculier, qui exécutait la sentence, la mort étant donnée par le bûcher.

Un aspect particulièrement intéressant de ce tribunal est le "*secret du Saint-Office*".

Le suspect traduit devant cette juridiction, ignore qui le dénonce, et le motif de la poursuite. Les juges, notaires, assistants divers, sont tenus au secret le plus absolu. La rupture de celui-ci étant assimilée à la trahison du secret de la confession et puni comme tel.

Les dénonciations à l'Inquisition sont faites généralement sous une forme indirecte. Le dénonciateur, nous le verrons pour Galilée, indique par exemple, qu'il a lu un livre pour lequel il se demande s'il n'a pas commis une faute.

Il pose la question aux juges inquisitoriaux, qui répondront au pénitent sur le plan doctrinal, mais pourront décider par exemple, de poursuivre l'auteur de l'ouvrage.

### **\* La réforme.**

A la différence des hérésies ou schismes habituels, la réforme se veut, à ses débuts en tout cas, un mouvement de réforme interne de l'Église, provoqué par les abus sans nom, dont elle était le siège.

Il faut se souvenir que les Papes les mieux disposés pour reprendre en main la moralité de ce corps trop humain, ne parvinrent à le faire qu'en parole, mais jamais dans les faits.

L'exemple de Maffeo Barberini, qui deviendra Pape Urbain VIII, certainement un très grand Pape, est symptomatique.

Malgré sa volonté maintes fois exprimée, il n'a pas réussi à supprimer la néfaste habitude du népotisme.

Son "*Cardinal Neveu*" ! Francesco Barberini, sans être un personnage dangereux ou immoral, a dû sans cesse être accompagné d'une sorte d'ambassadeur itinérant qui agissait à sa place !

La querelle des indulgences avait laissé également des traces profondes, et si l'on doit reconnaître au Concile de Trente, une volonté de remise en ordre doctrinale et morale indiscutable, il arrivait un peu tard pour donner aux réformes des motifs de retour à Rome.<sup>2</sup>

## **2 - Les temps modernes.**

### **\* Copernic (1473-1543).**

Médecin de formation, Copernic se découvre un attrait particulier pour les mathématiques. La liberté que lui laisse sa charge d'administrateur du

---

<sup>2</sup> Concile de Trente : 1542-1563, a connu une fréquentation très aléatoire des évêques, certaines séances se sont tenues devant 20 participants ! Néanmoins, ses travaux après vingt années d'efforts, se sont révélés importants. Il commence sous le règne de Paul III, le Pape régnant au moment de la publication du *De Revolutionibus*, et se termine sous celui de Pie IV, quelques années avant la bataille de Lépante (1571). La même année, 1542, l'Ordre des Jésuites est fondé.

Canoniat de l'Évêché de Warmie, lui permet d'approfondir les connaissances en astronomie acquises pendant ses études à Cracovie...

Il passe une grande partie de son existence à surmonter les incohérences du système de Ptolémée. Il entretient des relations amicales avec Rhéticus, professeur de mathématiques à Wittemberg, dont le recteur est Mélancton.

Rhéticus, interviendra pour faire publier son premier ouvrage important : la *Narratio Prima*, qui préfigure les thèses qui seront développées dans le "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*"

Vers 1542 l'ouvrage est prêt, mais sur l'insistance du Pasteur Osiander, l'impression en est différée, tant et si bien que la première édition parvient à Copernic au moment où il rend le dernier soupir.

L'ouvrage est précédé d'une belle dédicace au Pape Paul III, et d'une préface qui n'a cessé de surprendre ses lecteurs pendant plusieurs siècles.

En effet, la dédicace à Paul III, est nette, et présente l'ouvrage comme étant le fruit de longues observations, et de calculs sur lesquels l'auteur n'a aucun doute.

La préface au contraire, évoque la démarche de l'astronome, comme ayant abouti à des hypothèses, certes intéressantes, mais hypothèses tout de même.

Le ton en est tellement différent du reste de l'ouvrage, que beaucoup soupçonnèrent un plagiat. Ce n'est que depuis quelques années qu'un nom a été mis sur son auteur : le Pasteur Osiander !

On a beaucoup critiqué l'absence d'honnêteté intellectuelle avec laquelle il s'est crû autorisé à l'écrire. Pourtant je ne partage pas ce point de vue, tant, à la lueur des événements qui suivirent, on peut affirmer que si cette préface n'avait pas été écrite, le *De Revolutionibus* n'aurait pas obtenu le "*Nihil Obstat*" et l' "*Imprimatur*".<sup>3</sup> Nous aurions ainsi été privés, certainement pendant de nombreuses années, sinon siècles, de l'ouvrage qui a replacé le soleil à sa place.

Avec J.P. Verdet<sup>4</sup>, on ne sait si l'on doit dire de Copernic qu'il est le dernier astronome du moyen-âge, ou le premier des temps modernes. Pour ma part, plus que ses travaux proprement dits, je crois que c'est son attitude qui préfigure en effet l'ouverture aux temps modernes et à la forme de pensée qui va permettre l'émergence de la physique moderne.

<sup>3</sup> Pas d'obstacle... à l'impression

<sup>4</sup> J.P. Verdet, *Astronome à l'Observatoire de Paris : "Une histoire de l'astronomie"*, Ed. du Seuil

**\* L'évolution du savoir.**

**Les académies.**

Les académies sont connues en Grèce dès la plus haute antiquité. 100 ans avant J.C., elles disparaissent, et cette forme d'association intellectuelle n'est plus connue pendant tout le moyen-âge.

Les réunions provoquées pour tenter de mettre fin au grand schisme d'Orient, voient venir à Rome des envoyés Byzantins, détenteurs de précieux documents originaux en grec, des grands philosophes.

Platon, Aristote, Epicure, et d'autres encore, qui n'étaient connus qu'à travers leur traduction latine, et quelquefois de nombreuses retranscriptions, vont être redécouverts grâce à ces documents. Les intellectuels florentins se ménagèrent ainsi une connaissance renouvelée des auteurs grecs, en particulier de Platon.

En 1462, Marsile Ficin, Politien, Pic de la Mirandole jettent les bases d'une académie. En 1540, les Grands Ducs de Toscane fondent l'Académie Florentine.

1563, Academia del designo (dessin, et dessein)

1657, Academia del cimento (épreuve et risque)

Pendant le même temps, en France naissent sous l'impulsion du Roi :

1635, Académie Française, et les Académies de :

1648, peinture et sculpture,

1661, danse,

1663, inscriptions et belles lettres,

1666, des sciences,

1669, musique,

1671, architecture,

Mais en Italie une prolifération invraisemblable d'Académies prend naissance .

Au début du XVI<sup>e</sup> S. on en comptera près de 500, dont 70 à Bologne, 56 à Rome, 43 à Venise.

Elles sont spécialisées,

L'olimpici, le théâtre, à Vincenza,

La Filarmonia, à Vérona, la musique,

L'umidi, à Florence, la langue italienne,

La nolti, au Vatican, la théologie.

Léonard de Vinci, dira à propos des Académies : "*Studia prima la scientia, e poi seguita, la pratica natta de essa scientia.*" Étudie d'abord la science, puis ensuite, la pratique née de cette science.

Il faut se remémorer à ce propos, que Hiéron de Syracuse, avait poussé Archimède, qui n'en voyait manifestement pas la nécessité, à se tourner vers les réalisations pratiques découlant de ses recherches.

Or il faudra attendre Galilée, pour que les connaissances transmises en hydraulique par Archimède, soit reprises et menées à leur terme. Aristote, ne disait-il pas que la glace flottait en raison de sa forme ? Argument d'Autorité, qui ne pouvait être contredit !

Mais indiscutablement, c'est le Collège Romain, Académie créée par les Jésuites, et L'Accademia dei Lincei (des Lynx), qui apporteront le plus à la science dans tous les domaines, par la qualité des personnalités choisies. Galilée, faisait d'ailleurs partie des deux académies.

On verra que tous les ouvrages de Galilée, à partir de 1611, année de son admission aux Lincei, seront signés : "*Galileo Galilei, Linceo*"

### **3 - Galilée**

#### **\* La famille de Galilée.**

Galileo Galilei est né à Pise en 1564, dans une famille de musiciens. Son père Vincenzo, a la réputation d'un grand instrumentiste, mais également d'un chercheur qui veut approfondir la nature des sons.

L'un des premiers à le faire, il reliera la hauteur du son avec la fréquence, et les octaves avec l'harmonie double. Ouvrant la voie à J.S. Bach, qui déterminera :  $1/2 \text{ ton} = \sqrt[12]{12} \sim 1,06$

Galilée aura lui-même la réputation d'un excellent instrumentiste.

D'une liaison qui ne sera jamais concrétisée par un mariage, Galilée, aura deux filles et un fils .

#### **\* Le professeur.**

Après des études variées , il commence en effet par la médecine, pour se consacrer ensuite aux mathématiques, il sortira de l'Université sans avoir pris de grade, mais avec la réputation d'un mathématicien exceptionnel .

Il est nommé en 1589, professeur de mathématiques à l'Université de Pise.

En septembre 1610, il s'installe à Florence où il jouit de la protection du Grand Duc de Toscane, et surtout de la Grande Duchesse (Christine de Lorraine), brillante intellectuelle qui suivra avec intérêt ses travaux, et ses positions vis-à-vis des philosophes (tout en lui conseillant la prudence !).

**\* *Le chercheur et le praticien.***

A la différence de la plupart de ses collègues, Galilée, et c'est probablement sa principale originalité, cherche à réaliser des applications pratiques découlant de toutes ses découvertes.

Sur ce point déjà, on mesure ce qui le sépare d'Aristote, pour lequel, le Techne, n'est qu'un sous-produit méprisable de l'Epistème,

Une anecdote éclairera ce propos : Hiéron de Syracuse a incité Archimède, semble-t-il sans résultat probant, à concrétiser ses découvertes théoriques sur la poussée des fluides sur les corps flottants.

Il faudra attendre Galilée, pour que cette étude soit menée à son terme. Il réalisera une balance hydrostatique, basée sur le principe d'Archimède. Mais il lui faudra pour cela entretenir une polémique éprouvante sur la nature des causes qui font flotter la glace sur l'eau, car Aristote prétend que la glace flotte en raison de sa forme, sans aucun rapport avec les densités respectives du fluide porteur et du corps flottant !

Dans des domaines aussi variés que la balistique -il crée un compas avec tables de calcul pour les militaires- ou les fortifications, pour lesquelles il semble avoir été largement consulté, sa réputation devient internationale, lorsque la lunette lui permet de découvrir les satellites de Jupiter, qu'il nommera avec une certaine flagornerie, les satellites Médicéens !

Mais à leur propos, il conçoit immédiatement l'utilité qu'ils représentent, puisque, appliquant les théories de Képler, il établit une éphéméride, qui donne aux marins en mer une base horaire de grande précision. Sens pratique double, puisqu'il vend son invention aux Hollandais, après l'avoir proposée aux Portugais qui ne veulent pas la payer le prix demandé !

**\* *L'homme de sciences.***

Partageant en cela les préoccupations des chercheurs de son époque, G.G., va consacrer ses recherches, principalement, à l'étude du mouvement, à la mesure du temps, au vide .

Il entretiendra une correspondance suivie avec les savants européens, tels que Descartes, qui viendra le voir à Florence, Mersenne, un savant "minime" français (ordre qui a disparu), Balliani, notable Génois, passionné par l'étude du mouvement, dont la correspondance avec Galilée,

s'étendra sur trente années, avec une franchise réciproque exemplaire, ou Fermat.

Avec Képler les relations sont plus difficiles car le latin de Képler est semble-t-il difficile à décrypter ! Mais néanmoins, le problème des taches solaires, ou des phases de Vénus, feront l'objet d'un échange entre eux, Galilée envoyant à Képler une anagramme pour dater sa découverte.

*"Haec immatura a me jam frustra leguntur, o.y."* C'est-à-dire : "En vain ces choses sont lues par moi prématurément, o.y."

Ce qui deviendra le jour opportun : *"Cynthiae figuras aemulatur mater amorum"*, la mère des amours, imite les figures de Diane.

Autrement dit, Vénus a des phases comme la Lune.

#### \* *La pensée de Galilée*

##### **Le chrétien**

Avant tout, un point sur lequel on ne peut avoir aucun doute, c'est la foi de Galilée, et son respect pour l'Eglise Catholique.

A plusieurs reprises dans ses écrits, ou dans ses déclarations, il affirme sa fidélité, et si à la lumière de ses recherches il est amené à prendre des positions, qui le font s'éloigner des philosophes officiels, il répétera que son but est d'éviter à l'Eglise de se fourvoyer dans des domaines qui ne sont pas les siens, et où elle pourrait ultérieurement avoir à revenir sur une position erronée. (quelle prémonition !)

Il tirera d'une lettre que lui écrit le Cardinal Baronius, Préfet des archives du Saint-Siège, *"l'Eglise doit montrer comment on va au ciel, et non comment va le Ciel"*.

##### **Le polémiste et l'écrivain scientifique**

Sur ce point il est clair que G.G. a cultivé la polémique. Soit avec les philosophes aristotéliens, soit avec d'autres savants. Les astronomes Jésuites, spécialement, comme le Père Clavius (le réformateur du calendrier Julien), ou le Père Grassi<sup>5</sup>, tous deux esprits universels, mais au début tout au moins, tenants de l'astronomie de Ptolémée, ou de celle de Tycho-Brahé.

Galilée, qui écrit en langue italienne, dès le *"Discours sur les corps flottants"*, manie la controverse avec une vigueur peu commune.

---

<sup>5</sup> Dans une polémique restée célèbre, le R.P. Grassi, a écrit sous le nom de Sarsi, comme cela se pratiquait souvent à cette époque. On retrouve ce nom dans certaines correspondances.

Il dira par exemple : "qu'il s'agisse de polenta ou de quintessence" la physique se réfère à l'analyse des faits pour trouver la cause !.

Mais au moins il faut reconnaître, autant à Galilée, qu'à ses contradicteurs Jésuites, une grande honnêteté intellectuelle.

Après avoir nié les observations faites par G.G. sur les satellites de Jupiter, et sur les phases de Vénus, ces deux astronomes admirent officiellement que Galilée avait raison .

Parmi toutes les oeuvres de Galilée, la "lettre à Christine de Lorraine, Grande Duchesse de Toscane", est probablement une des plus révélatrice de son état d'esprit.

Il précise dans ce texte, sa position vis-à-vis du copernicainisme et surtout, s'efforce de convaincre son illustre correspondante, que cette position n'est pas en contradiction avec les dogmes de l'Église.

La réponse est nuancée, et incite Galilée à la plus extrême prudence !

#### **4 - Le procès.**

En février 1633, Galilée est traduit devant le Tribunal de l'Inquisition.

En réalité, les questions scientifiques, restent en dehors du sujet.

Lors du procès on ne lui posa aucune question d'ordre scientifique. L'accusation fut celle de "*forte suspition d'hérésie*", pour laquelle il était suffisant d'avoir enfreint un ordre officiel, qu'il y ait hérésie ou pas.<sup>6</sup>

A la lumière d'études récentes, il semble bien que ce procès ait été monté de toutes pièces, contre un ami d'Urbain VIII, pour dégager ce dernier du soupçon de laxisme, que le parti espagnol faisait peser sur lui, après l'avoir traîné devant une commission de contrôle !

Le déroulement du procès, -Galilée est incarcéré dans les appartements d'un Cardinal de Curie ; puis après le jugement, l'ambassade de Toscane lui sert d'assignation à résidence, en attendant que sa maison d'Arcetri soit en mesure de le recevoir !- donne à penser que le suspect bénéficiait à tout le moins d'un régime de faveur ! De plus, trois Cardinaux, dont le propre neveu du Pape, Francesco Barberini, pour l'honneur de l'Église, refusèrent de signer la condamnation !

---

<sup>6</sup> GALILÉE, par Stillman Drake

## **5 - Le sens de la démarche de Galilée**

Réconcilier science et foi, peut-être, mais surtout, mettre les deux domaines à leurs places respectives, c'est certainement ce qu'on peut admirer dans la démarche de Galilée.

\*

\*\*\*

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

**Le calendrier des Slaves et  
l'observatoire imaginaire de  
Ludwik Stomma**

**LEBEUF A.  
ZIOLKOWSKI M.  
SADOWSKI R.M.**  
Université de Varsovie - Pologne

LE CALENDRIER DES SLAVES ET  
L'OBSERVATOIRE IMAGINAIRE DE  
LUDWIK STOMMA\*

**A. Lebeuf - M. Ziólkowski - R.M. Sadowski**

--

*AU ROY*

*Sire, Je ne m'excuserai point à votre Majesté de la liberté que je prends de lui offrir ce recueil. Le goût qu'elle a fait paroître dès ses plus tendres années, l'utilité des observations que ce livre contient, le devoir et l'inclination de ceux qui les ont faites, ou qui me les envoient, tout me justifie sur cela, et exige même l'hommage que j'ai l'honneur de lui faire. Dans un âge où les autres scavent à peine s'il est un art de mesurer le mouvement des astres et de s'instruire des différentes parties de la terre et de ses habitants, Votre Majesté connoissoit déjà parfaitement le ciel et ses constellations et possédoit la géographie dans un détail et avec une exactitude qui surprenoit les plus grands maîtres.*

*Observations mathématiques et astronomiques, par le p. E. Souciet de la Compagnie de Jésus, Paris MDCCXXIX.*

On a depuis longtemps remarqué que la culture des peuples slaves avait conservé très tardivement nombre d'éléments rituels d'origine pré-chrétienne, notamment dans les cycles rituels annuels et ceci en raison de la christianisation relativement récente de ces groupes ethniques<sup>1</sup>. On considérait jusqu'à peu en Pologne, comme référence fondamentale dans ce domaine d'études, l'ouvrage de M. Ludwik Stomma, intitulé *Le Soleil*

---

\*Texte déjà publié dans "Readings in Archaeoastronomy, papers presented at the International Conference : Current Problems and Future of Archaeoastronomy" - ed. by Stanislaw Iwaniszewski, State Archaeological Museum, Warsaw University Cooperative Publication, Warsaw 1992, pages 135-152.

*le 13 décembre*<sup>2</sup> qui est la version de vulgarisation scientifique de sa thèse de doctorat. Après parution, le livre en question entra rapidement au programme des étudiants d'ethnographie et d'anthropologie et la lecture en fut recommandée aux étudiants d'archéologie et de bien d'autres sections des sciences humaines ; les idées énoncées dans cet ouvrage entrèrent dans le canon de l'enseignement de ces disciplines au delà même des frontières de la Pologne. L'arrivée de l'un d'entre nous (A.L.) à Varsovie en 1987 incita les deux autres (M.Z. et R.S.) à élargir le champs de leurs propres travaux archéoastronomiques, jusqu'alors orientés principalement sur la région andine, à l'étude comparative du matériel européen. Il fut donc tout naturel de consulter l'ouvrage susmentionné de M. Stomma, en espérant y trouver non seulement un compte-rendu de l'état actuel des recherches sur ce problème en ethnographie polonaise mais aussi probablement de précieuses indications pour nos propres études.

La thèse fondamentale de M. Stomma peut se résumer comme suit : Les principales fêtes qui s'inscrivent dans le cycle rituel annuel respecté et maintenu jusqu'à présent par les paysans polonais se situent aux moments remarquables du cycle solaire annuel, ce qui serait le vestige d'un calendrier rituel d'origine pré-chrétienne. Ceci prouverait en outre que cette tradition rituelle païenne était encore suffisamment forte parmi les ethnies slaves au moment de l'implantation de la réforme grégorienne du calendrier chrétien, fin XVIe - début du XVIIe siècle, pour influencer d'une façon décisive le choix des Saints patrons des fêtes catholiques. Par contre, chez les groupes de tradition orthodoxe, se serait conservé un cycle distinct de rituels solaires similaires, mais avec une série de Saints patrons correspondant à la réalité du calendrier julien non réformé, et donc progressivement de plus en plus décalée par rapport à la séquence des saints du calendrier catholique, soit de 13 jours au XIXe siècle (Stomma 1976 : 92-148, 1981 : 64 et ss. : 83 et ss.).

La démonstration de cette thèse (énoncée et étudiée dans bien d'autres traditions culturelles<sup>3</sup>) repose sur deux bases :

- la première constituée par un impressionnant corpus de données ethnographiques, historiques, hagiographiques et autres, compilées par M. Stomma dans le but de démontrer l'existence de relations symboliques entre les Saints du cycle rituel sus-mentionné et les astres, la division du temps, la durée des jours et des nuits, la lumière, etc... (Stomma 1976, Chap. II, II, V, 1981 : 45 et ss.).

- la seconde, constituée de données astronomiques qui prouveraient, selon l'Auteur, que les jours de ces Saints patrons correspondent aux moments critiques de la route annuelle du soleil, telle qu'on la perçoit sous la forme du mouvement des points des levers et couchers du Soleil à l'horizon entre les bornes solsticiales (celles du solstice du juin au Nord et celles du solstice de décembre au Sud) et du changement de la durée des jours et des nuits qui en découle (Stomma 1976 : 92-148, 1981 : 64-77, 102-103).

Etant donné notre penchant pour l'analyse de l'aspect fonctionnel des anciennes techniques d'observation astronomique nous avons repris attentivement la lecture de l'argumentation astronomique de M. Stomma. Ce domaine des sciences ne semblait pas étranger à notre collègue, du moins à en juger par l'impressionnant aplomb avec lequel il présentait son raisonnement ; et si certaines de ses constatations initiales, comme celle relative au fonctionnement du gnomon, nous firent ciller d'étonnement<sup>4</sup>, nous les attribuâmes à une simple mégarde, due à la précipitation de l'auteur, lassé sans doute d'exposer des choses aussi élémentaires aux non-initiés et impatient d'aborder le vif du sujet et de dévoiler ses arguments cardinaux. Ceux-ci reposent, comme nous l'avons déjà signalé, sur l'évidence absolument inattaquable que les points du lever et coucher du soleil se déplacent, au long de l'année, entre les bornes solsticiales, du Nord (juin) au Sud (décembre) et retour, ce qui peut être facilement suivi "*par tout observateur muni d'une acuité visuelle moyenne*" (Stomma 1981 : 69). Ce mouvement est bien évidemment associé au changement de la durée du jour. Mais M. Stomma semble y avoir trouvé d'autres particularités des plus étonnantes, surtout dans la période avoisinant le solstice d'hiver, considérée pour cette raison comme moment clef du cycle rituel analysé. Nous laissons la parole à l'auteur :

*"Pour le lever et le coucher du Soleil, nous considérons le moment où son bord supérieur touche l'horizon. Déterminer le lever et le coucher du Soleil consiste à donner les moments et l'azimut, c'est-à-dire le point de l'horizon où ce phénomène a lieu. Le temps de l'apparition ou de la disparition d'un corps céleste est obtenu selon la formule:*

$$\cos t = - \operatorname{tg} V \operatorname{tg} Y$$

*Pour l'azimut, on utilise la formule :*

$$\cos m = \frac{- \sin Y}{\cos V}$$

*La juxtaposition de ces deux formules montre clairement que le temps aussi bien que l'azimut des couchers et levers du Soleil pour un point d'observation donné sont fonction de la déclinaison et sont liés proportionnellement. Cette démonstration très compliquée traduite dans le langage de la pratique signifie simplement que l'on peut déterminer d'une façon empirique les jours des solstices en utilisant une règle extrêmement simple : à mesure que les points de lever et coucher avancent vers le Sud, le lever vient plus tard et le coucher plus tôt. Au contraire, à mesure que le Soleil apparaît plus au Nord, le lever est plus hâtif et le coucher plus tardif. Il est superflu de rappeler que le lever plus tôt et le coucher plus tard équivalent à un jour plus long et le lever plus tardif avec un coucher plus hâtif, à des jours plus courts. Plus les points des couchers et levers du Soleil avancent vers le Sud, plus les jours sont courts, d'où il s'ensuit que l'extrême limite Sud des*

points du lever et du coucher détermine le jour du solstice. Ouf. . . Il est pénible de penser que les païens slaves avaient probablement dus eux aussi suivre tout ce raisonnement afin d'être en mesure de sauter au bon moment leurs feux rituels.

Heureusement, l'application pratique de la méthode d'observation des points de lever et coucher, n'exige pas d'ingéniosité particulière. A condition bien sûr que le temps (météorologique) permette l'observation, que l'on ait choisi un lieu fixe déterminé avec un horizon suffisamment dégagé et que l'on soit doté d'une acuité visuelle suffisante. Il est souhaitable mais pas indispensable puisqu'on peut les construire, qu'il y ait à l'horizon des points de repère stables pour servir de référence. Ces points d'orientation, que l'on appelle points de mire dans l'artillerie, permettent de mémoriser les mesures angulaires et de mener les observations pluriannuelles indépendamment des conditions météorologiques.

Quant au problème de l'acuité visuelle, les exigences ne sont pas trop élevées. Chacun de nous en rendant visite à un opticien a pu prendre connaissance de la planche en haut de laquelle sont imprimées de grandes lettres dont la taille diminue à mesure que l'on descend, les rendant moins distinctes. Ces tables de Snellen, puisque c'est ainsi qu'on les nomme du nom de leur inventeur, servent à mesurer la réfraction de nos yeux, ou pour parler plus simplement, l'acuité de notre vue. Et voilà donc qu'en appliquant la connaissance des règles à partir desquelles ces tables ont été élaborées nous pouvons établir qu'un observateur doté d'une acuité visuelle moyenne peut discerner des changements d'azimut du Soleil de 20 à 30' ce qui correspond à une différence de plus ou moins une minute de temps de ces couchers ou ces levers. En résumé, la méthode de détermination des dates des solstices par l'observation des points de lever et coucher du soleil est basée sur un raisonnement extrêmement simple, elle ne demande aucun équipement spécial et elle est donc accessible à des groupes humains très différents dans des milieux topographiques variés.

Nous pouvons donc supposer qu'elle pouvait être largement et universellement utilisée. Largement et universellement.... Et pourquoi ne pourrions nous pas nous aussi l'essayer ? - Malheureusement, cher lecteur nous ne pouvons pas te convier à venir partager avec nous une telle observation sur place. Essayons donc de reconstituer en se basant sur la table des heures du lever et du coucher du Soleil les résultats qu'une telle observation donnerait nécessairement sur le terrain. Voyons par exemple les données pour la capitale Varsovie dans la période de décembre 1927 à janvier 1928 élaborées par l'observatoire astronomique de l'Université Jagellone (voir table 14.1 A ).

Et bien que les mêmes informations se trouvent dans la plupart des calendriers de poche, et bien qu'elles figurent dans chaque annuaire astronomique, il est difficile au premier coup d'oeil de ne pas succomber à un profond sentiment de stupéfaction. C'est que : L'histoire des levers du Soleil, son histoire annuelle que chacun de nous peut observer à l'horizon est radicalement différente de celle de ses couchers respectifs. Le point du

*coucher du Soleil se meut en direction du Sud jusqu'aux environs des 5-7 décembre, ensuite il ralentit, il s'arrête presque comme cela apparaît à un observateur doté d'une acuité visuelle moyenne, il avance encore comme mu par son mouvement d'inertie vers le Sud, pour enfin reprendre (vers le 12-13 Décembre) d'abord petit à petit, ensuite de plus en plus vite son chemin de retour vers le Nord. Pendant cette même période, et ceci jusqu'aux environs du 20 - 24 Décembre, le point de lever continue à progresser vers le Sud de manière conséquente et décidée, le 24 - 26, il freine et ce n'est que le 31 Décembre - 1 Janvier, tout doucement d'abord et à partir des environs du 6 Janvier d'une marche assurée qu'il s'en retourne vers le Nord. - EST-CE BIEN POSSIBLE ? - OUI, ET QUI PLUS EST, BIEN COMPRIS DES ASTRONOMES ET CONNU. (Stomma 1981 : 68-72)<sup>5</sup>.*

Pour mieux illustrer ce mouvement très particulier de l'astre, nous l'avons reproduit dans le schéma, Fig. 14.1, suivant à la lettre les surprenantes constatations de notre collègue.

A la lecture de ce morceau délicat mais plutôt consternant pour toute personne ayant quelques notions élémentaires d'astronomie, deux choses paraissent évidentes :

- la première c'est que, peut être par manque de temps dû à d'autres occupations impératives, M. Stomma n'a jamais trouvé l'occasion de réaliser sur le terrain la belle expérience à laquelle il regrette si gracieusement de ne pouvoir convier ses Lecteurs, c'est-à-dire de suivre la progression des points des levers et couchers du Soleil en période solsticiale. Il n'est pas nécessaire de se geler en décembre, on peut mener l'expérience en juin, il est vrai qu'il faut alors se lever à des heures immorales. Il aurait pu au moins visiter un quelconque planétarium, où il lui aurait été donné d'observer, en l'espace de quelques instants, une reconstitution très persuasive du phénomène en question.

- deuxièmement, nous constatons aussi avec regret que les belles formules astronomiques qu'il présente ne figurent dans son texte qu'à titre purement décoratif ou afin de produire un effet magique sur l'humble lecteur puisque tout le mouvement complexe qu'il décrit si minutieusement ne correspond, serait-ce de très loin, ni à une réalité perceptible par les sens, ni à quelque théorie astronomique connue, et que d'ailleurs il ne s'en sert jamais pour calculer quoi que ce soit (à une exception près -voir plus bas...) puisqu'il se contente de recopier des tables toutes faites sans les comprendre.

Expliquons-nous brièvement : On peut bien admettre la possibilité de faire une estimation de la progression des azimuts des levers et des couchers du Soleil à la base des changements de l'heure à laquelle ces phénomènes ont lieu. Mais pour cela, il faudrait se servir du temps solaire vrai, tandis que la table que nous présente triomphalement (voir table 14.1.A) M. Stomma est celle des heures des levers et des couchers du Soleil exprimées en temps solaire moyen, autrement dit en temps civil zonal, qui n'est qu'une convention abstraite, relativement peu illustratrice pour la question des vrais azimuts du Soleil en cette période. Pour passer au temps solaire vrai, lequel,

contrairement à ce qu'en pense M. Stomma, n'est pas celui de nos montres à bracelet, il faut effectuer une correction, qui consiste à ajouter ou soustraire aux heures civiles (pour simplifier les choses, mettons que ce soient bien celles de la table de M. Stomma) les valeurs de l'équation du temps correspondantes. Ces valeurs sont différentes pour chaque jour, et dans la période considérée elles passent de + 9 minutes 55 secondes le 6 décembre (St Nicolas) à + 1 minutes 51 secondes le 22 XII et à - 3 minutes 3 secondes le 1 janvier (voir Table 14.1.B et Fig. 14.2)

Si M. Stomma avait pris la peine d'effectuer cette correction, pourtant bien mentionnée dans les tables et manuels astronomiques auxquels il fait si abondamment référence, il se serait rendu compte que le jour le plus court correspond bien au solstice et que l'asymétrie qu'il nous fait observer dans sa table, disparaît tout simplement une fois que l'on passe du temps solaire moyen au temps solaire vrai (voir table 14.1.A et B et fig. 14.2). Mais dans son élan M. Stomma ne s'arrête pas si vite : il associe le temps moyen conventionnel aux positions azimutales de l'astre au lever et au coucher en période solsticiale. Or l'azimut du soleil est, comme le déclare bien Stomma lui-même, fonction de la déclinaison pour une latitude et un horizon donnés. Puisque jusqu'au solstice d'hiver, aussi bien le soir que le matin, la déclinaison diminue, l'azimut lui aussi se déplace vers le Sud jusqu'à ce qu'il atteigne son point d'arrêt qui est aussi son point de retour. Dire que l'azimut peut continuer à régresser le matin alors qu'il a déjà commencé à progresser depuis plus de deux semaines (depuis la Sainte Lucie, le 13 XII) le soir revient à dire que la courbe de la déclinaison du soleil est sinusoïdale en période solsticiale et que le soleil avance sur l'écliptique en effectuant une sorte de pas de danse ou de slalom, ce dont aucun astronome ne s'était encore aperçu jusqu'alors.

Ce n'est cependant pas tout ; une fois sur la piste M. Stomma continue avec une admirable persévérance et arrive à trouver, avec quelques difficultés, une situation symétrique pour la période avoisinant le solstice de juin, bien évidemment toujours à la base des tables des heures civiles des levers et couchers du Soleil. (Stomma 1976 : 104-113). Ceci prouve que les nombreuses références et remerciements que M. Stomma adresse à feu Monsieur le Professeur W. Zonn (qui aurait été son tuteur en matière d'astronomie) semblent ne vouloir jouer qu'un rôle protecteur au même titre que les savantes formules mathématiques citées plus haut<sup>6</sup>. L'auteur ne semble pas avoir beaucoup profité des conseils de l'illustre astronome puisque toute la partie astronomique de sa thèse tombe décidément à l'eau ? Du côté astronomique et conclusions, la thèse de M. Stomma est donc plutôt boîteuse. Voyons maintenant de quel métal est fait l'autre pied. Dans la partie ethnographique de son livre (et bien plus encore, de sa thèse) M. Stomma présente une quantité non négligeable de données relatives à la perception visuelle, au symbolisme du temps dans la culture populaire et aux croyances concernant le mouvement des astres ; la simple compilation de tout ce matériel est un monument de l'admirable érudition de l'auteur.

Mais ces références, quoiqu'intéressantes, ne peuvent cependant servir en soi de preuves décisives et inattaquables à l'appui de la thèse avancée.

L'argument définitif et final, qui aurait pu couronner toute l'analyse et faire pardonner ou du moins modérer les objections que nous venons d'exposer aurait été la découverte d'un système d'observation horizontale du soleil, fonctionnant encore de nos jours dans la culture populaire en Pologne. Invention plausible puisque de tels systèmes d'observation auraient encore été en usage vers la fin du XIX siècle dans les Carpates<sup>8</sup>, il était donc permis à l'Auteur de rêver de pouvoir faire lui-même une découverte de cette importance comme il l'avoue (Stomma 1981 : 93,96).

Sans se décourager M. Stomma poursuit donc ses recherches dans les régions les plus reculées du pays jusqu'à ce que finalement la chance lui sourit: *"La chance nous sourit finalement à Skordiów, un petit village au bord de la rivière marécageuse Udal. Un des agriculteurs habitant à la limite du village pouvait non seulement décrire correctement les principes des observations des levers et des couchers du Soleil mais, finalement, il trouva au milieu des herbes folles quatre piquets plantés d'avant la guerre. Trois qui avaient jadis servi à permettre l'observation (depuis la fenêtre de la chambre à coucher) des levers, tandis que le quatrième (que l'on observait de la fenêtre de la cuisine) servait au coucher du Soleil. Les piquets qui permettaient l'observation de l'azimut des levers du Soleil sont plantés sur une droite perpendiculaire à l'axe déterminée par le point O (le point d'observation) et la direction Est. Le segment O-Z (Z étant le point d'intersection de l'azimut Est avec la droite qui relie les piquets) mesure environ 41,10 m. Deux piquets (B et C) sont plantés du côté Nord du point Z, le troisième est du côté Sud. Le segment A-Z mesure environ 46,70 m. B-Z environ 1,65 m. et C-Z environ 14,60 m. On peut facilement calculer que si l'on regarde d'un point d'observation stable (O) du côté gauche de la fenêtre de la chambre à coucher, le piquet A déterminera le point d'apparition du bord supérieur du disque solaire au lever entre le 28 Décembre et le 2 Janvier. Le piquet B du 24 au 26 Mars tandis que C du 23 au 25 Avril. Ceci est tout à fait conforme aux déclarations de notre informateur qui nommait le piquet A- "du Nouvel An"; B- "du printemps" et C- "de (Saint) Georges".*

*Il affirmait aussi que jadis les piquets étaient plus nombreux et que tous avaient leur nom mais que malheureusement il n'était plus capable de se les rappeler - les années embrouillent la mémoire. - Ce manque a d'une certaine manière été comblé par d'autres informateurs de Ksawerów, Turka et Siedliszcze grâce auxquels on a pu déterminer avec certitude l'existence des piquets de la Saint Michel (29 Septembre), de la saint Jean (24 Juin) et de l'Assomption (15 Août)" (Stomma 1981 : 98,99 - traduction de A. Lebeuf. et M. Ziolkowski). Dans la thèse de doctorat nous retrouvons le même fragment avec les mêmes mesures mais avec en sus le nom de l'informateur principal, Monsieur Stefan Kostrzanowski, agriculteur résidant à Skordiów (Stomma 1976 : 136-137,148, note 82).*

Notre intérêt fut tout naturellement focalisé sur cette description, en dépit du regret de constater que l'Auteur n'ait pas daigné accompagner (ni dans le livre ni dans sa thèse) d'un plan ou d'une photographie un site apparemment si remarquable qui aurait témoigné, comme le suggère M. Stomma, de la survivance éventuelle d'une tradition astronomique séculaire (sinon

millénaire) dans la culture populaire au 20<sup>ème</sup> siècle et qui, comme nous venons de le démontrer, est l'argument clef de toute la thèse<sup>9</sup>.

Mais dès la première lecture nous avons été frappés par le manque d'exactitude dans la description du site. Retenons les incertitudes les plus manifestes :

1. L'Auteur précise que l'Observatoire était constitué par plusieurs piquets plantés dans un pré, dont il ne subsistait que quatre en mai 1975, au moment de l'enquête qu'il mena : trois à l'Est et un piquet à l'Ouest. (de ce piquet Ouest il ne sera plus fait mention par la suite<sup>10</sup>). Le poste d'observation était le côté gauche de la fenêtre de la chambre de l'informateur, Monsieur Stefan Kostrzanowski, lequel aurait dévoilé, avec détails, la signification et le fonctionnement du système à M. Stomma. Pour mesurer cet important vestige l'Auteur déclare avoir tracé une droite orientée à l'Est sans préciser toutefois de quel Est il s'agit ni comment il s'y était pris pour le déterminer, ce qui est en soi assez curieux, puisqu'en astronomie seul un Est géographique est acceptable, et pour orienter de tel sorte le plan, il aurait fallu se servir d'un théodolite, soit en prenant des mesures horaires du Soleil (c'est ce que nous avons fait en mars 1991), soit par triangulation à partir des repères géodésiques. Procédés auxquels M. Stomma ne fait aucune allusion.

2. Autre problème, M. Stomma écrivant que les trois piquets à l'Est étaient alignés, nous devons admettre une droite parfaite sans toutefois surestimer la perfection de cette rectitude sur le terrain. Il dit aussi que cette ligne de trois piquets était perpendiculaire à la droite Est-Ouest mais en l'absence de toute triangulation nous ne pouvons préjuger de l'exactitude de cette perpendicularité, ce qui constitue une autre source d'incertitude et nous ne pouvons que lui faire confiance au bénéfice du doute, mais nous aurions préféré avoir à notre disposition les mesures O-C ; O-B ; O-A et pourquoi pas aussi C-B ; B-A ; A-C, pour vérification par triangulation.

3. Nous n'avons aucune indication de la hauteur de l'horizon dans la direction des piquets, une donnée que M. Stomma devait pourtant bien avoir pris en considération puisqu'il fait référence à des calculs de vérification par lesquels il aurait confirmé les dates mentionnées par l'informateur (voir plus haut). Nous avons donc supposé un horizon plat théorique ce qui se révéla par la suite assez proche de la réalité.

Nous avons reconstruit le plan théorique du site en faisant abstraction de toutes ces incertitudes (voir plan Fig. 14. 3) et nous avons ensuite tenté toute une série de calculs croisés vérificatifs à partir des possibilités offertes par les données de Stomma, en tenant compte des informations de l'informateur local et des assertions et calculs de l'auteur, et cela en introduisant deux variables, soit avec un équinoxe grégorien, au 21 Mars, soit avec un équinoxe julien au 25 Mars. (les résultats de ces calculs figurent dans le tableau en annexe 3). Nous nous sommes ainsi aperçu que si pour O-C et O-B, les dates de la tradition populaire et les résultats de L. Stomma ne s'éloignent pas trop de nos propres calculs effectués à partir des mesures de terrain fournies par

l'auteur, par contre, pour l'azimut O-A, l'écart était de 11 degrés au Sud du point de lever extrême Sud possible du Soleil au solstice d'hiver. Cette différence en azimut représente sous les latitudes polonaises quelque 5 degrés en déclinaison, le piquet A correspondrait donc à une déclinaison de l'ordre de -28,5 degrés et non -23,5. Ceci signifie tout simplement que le lever du Soleil n'avait pu être observé dans la direction marquée par le piquet A à aucun moment de l'année, contrairement à ce qu'affirmait, toujours selon M. Stomma, son informateur local.

Afin de mieux nous rendre compte de la signification sur le terrain d'une erreur de cet ordre nous avons refait un autre calcul en sens inverse pour établir les distances auxquelles les piquets auraient du se trouver pour répondre aux dates proposées par l'auteur, et découvert que ces 5 degrés représentaient une erreur de 15 mètres dans les mesures du terrain.

Une telle distance était préoccupante, c'est le moins que l'on puisse dire. Stomma avait-il pu commettre une colossale erreur (de quinze mètres sur quelques quarante) au moment de prendre, noter ou recopier les mesures ou bien avait-il été victime d'une erreur d'interprétation de la part de l'informateur ? Et dans ce dernier cas, comment notre Collègue ne s'était-il pas rendu compte du décalage au moment de réaliser les simples calculs de vérification auxquels il fait allusion (voir plus haut), calculs évidents et indispensables dans toute critique de données empiriques<sup>11</sup> ? Si le curieux résultat de 28,5 degrés en déclinaison (soit environ 138 degrés en azimut) avait été astronomiquement indifférent nous en serions probablement restés là et aurions rangé le livre de Stomma au placard des documents trop peu fiables pour servir de base à l'étude des systèmes calendaires et astronomiques archaïques. Nous l'aurions relégué avec seulement une certaine amertume. Le livre de L. Stomma nous semblait l'exemple type d'une chance perdue dont la lecture nous attristait. Comment avait-on pu traiter avec si peu de sérieux, un site apparemment si prometteur pour l'ethnographie, l'archéologie, l'histoire des sciences ?

Telles ne devaient pas être pourtant nos conclusions ultimes. Malheureusement, ou heureusement, tout dépend du point de vue où l'on se place, le résultat de notre calcul pour la déclinaison d'un astre se levant sur le piquet A (-28,5 degrés) correspondait et cela avec une précision surprenante à la position extrême Sud de la lune dans son cycle de 18,61 années en lunistice majeur<sup>12</sup>. Si le piquet A avait vraiment servi à limiter l'azimut extrême Sud des levers lunaires, l'information était d'une telle importance qu'elle suscita en nous un regain d'attention. M. Stomma aurait-il par hasard découvert les vestiges d'une tradition astronomique bien plus sophistiquée qu'un simple observatoire solaire, une tradition dont l'origine aurait pu remonter, peut-être, au temps néolithiques<sup>13</sup> ? Devant une telle éventualité aux conséquences et implications absolument révolutionnaires pour notre discipline (et pour bien d'autres), nous décidâmes de retourner sur le terrain en espérant qu'il resterait quelques traces des piquets et qu'avec l'aide des informateurs cités par M. Stomma, nous serions en mesure de préciser les choses. S'agissait-il bien d'un vestige d'une tradition archaïque ou bien tout simplement des restes de l'activité d'un astronome-amateur local, éventualité

à laquelle notre collègue ne semblait pas avoir pensé.

Un premier voyage de reconnaissance fut donc entrepris à Skordiów le 25 Février 1989 (A. L.)<sup>14</sup>. Nous avons rencontré Monsieur Józef Zoruk, maire du village à l'époque, qui avait logé L. Stomma en 1975, il nous montra l'emplacement de la maison de Monsieur S. Kostrzanowski, maison dont il ne restait plus que des petites butes là où s'étaient trouvés les murs et une dépression à l'endroit de la cave, Monsieur Kostrzanowski avait vendu sa propriété juste avant son départ et les nouveaux propriétaires avaient presque aussitôt démolie la maison pour en récupérer les matériaux. Cependant une première approximation de l'orientation des lieux, rendait invraisemblables les descriptions de M. Stomma, même en prenant une large marge d'erreur en considération de l'état de ruine des vestiges de la maison. Il aurait fallu que les piquets se trouvaient chez le voisin, dans une commune différente et au milieu d'un champs labouré. Les voisins se seraient très certainement souvenus d'une disposition si incongrue et si mal pratique pour le labourage. Or, dans le voisinage nul ne se souvenait d'un système de piquets<sup>15</sup>. Dans un rapport de mission, et sans preuves plus décisives que l'absence de preuves, la réserve est de rigueur mais pour être bien franc, le voyage de retour Skordiów-Varsovie se fit dans la morosité et le désenchantement. Tout semblait vouloir montrer que non seulement l'auteur s'était trompé dans la théorie astronomique et les calculs mais que même les bases empiriques du terrain pouvaient relever de la pure et simple fantaisie. De retour à Varsovie nous avons cherché dans les archives de la Chaire d'ethnologie les documents des enquêtes de Stomma à Skordiów en 1975 mais sans succès, il n'en restait nulle trace. Nous devons apprendre par la suite que L. Stomma aurait récupéré avant son départ pour la France tous les documents, ce que semble confirmer par ailleurs les indications de sources dans sa thèse qui renvoient aux archives personnelles de l'auteur<sup>16</sup>.

Lors d'un séjour en France en 1989, l'un d'entre nous (M. Z.) prit contact avec M. Stomma afin de lui faire part de notre travail, de notre étonnement et de nos inquiétudes. Pouvait-il produire les documents de base de son travail de terrain ? Il déclara qu'ils devaient se trouver dans les archives à Varsovie ! Il nous était pénible de publier un article critique, ne pouvait-on arriver à un "gentlemen agreement" ? Puisque son livre était au programme des étudiants et qu'il devenait souhaitable de l'en retirer ou pour le moins d'en rectifier les erreurs les plus flagrantes, ne pouvait-il lui-même se charger de publier avec notre aide un article rectificatif des incohérences que nous avions relevées et dont nous lui fîmes part ? Notre éminent collègue nous fit savoir que nous étions libres de publier tout ce que nous voulions. À vrai dire, très perplexes, nous avons laissé l'affaire quelque temps, ne sachant trop que faire, que décider. Il faut ajouter à cela que Skordiów n'est pas des plus faciles d'accès. Ce n'est donc que le 15 Mars 1991, en considérations des interrogations grandissantes des étudiants et des collègues qui avaient eux aussi relevé certaines incohérences, que nous sommes retournés à Skordiów, (M. Z. et A. L.) avec cette fois-ci, carte d'état major, plan cadastral, théodolite, appareil photo, afin de régler si possible le problème des sources, décrire le site avec plus d'exactitude que ne l'avait fait M. Stomma, et refaire une enquête de terrain. (Nous présentons le relevé orienté des lieux en Figure

14.3). Les résultats de la première enquête furent malheureusement confirmés, le seul endroit où auraient pu se trouver lesdits piquets étaient d'une part au milieu des labours du voisin et de surcroît, au delà d'un fossé qui sépare la commune de Skordiów de celle de Michalówka<sup>17</sup> (voir Fig. 14.3). Décidément, le rapport de Stomma palissait aux limites de l'évanouissement.

Il ne nous restait plus pour en avoir le coeur net qu'à tenter de retrouver l'informateur et ancien propriétaire des lieux, M. Stefan Kostrzanowski.

Tout comme le célèbre capitaine Cap, le grand ami d'Alphonse Allais, qui avait quelque temps exercé au Québec les importantes fonctions de starter à l'observatoire (c'est lui qui donnait le départ aux étoiles filantes) et qui détestait qu'on se "paye sa fiole" nous aussi nous voulions nous rendre compte. Nous avons appris que Monsieur S. Kostrzanowski, fils de Wojciech, était né à Skordiów<sup>18</sup> le 25 décembre 1909 et qu'il avait quitté le village en juillet 1975, peu de temps après le passage de M. Stomma, pour se rendre tout à fait de l'autre côté de la Pologne passer ses vieux jours chez son fils dans la région de Nowogard (voïévodie de Szczecin) au Nord-Ouest du pays. Rien ne nous arrête, nous avons fait le voyage et à notre grand plaisir rencontré le 21 juin 1991 Monsieur S. Kostrzanowski, un homme charmant, vif d'esprit, portant allègrement ses 83 ans. Nous nous sommes d'abord assurés qu'il connaissait bien L. Stomma, que celui-ci l'avait bien contacté dans le cadre de ses enquêtes de terrain en ethnographie, que la maison en question était bien celle que nous avions visitée et qui figurait sur le plan cadastral. Monsieur Kostrzanowski et son fils Mieczyslaw reconnurent formellement les lieux d'après les photographies et les plans.

Pour finir nous lui avons lu les passages de la thèse et du livre où M. Stomma le cite comme son informateur pour le fameux calendrier de piquets de Skordiów (voir plus haut). Sa réaction fut immédiate, simple et précise : "*c'est la première fois de ma vie que j'entends parler de quelque chose comme cela*".

L'enregistrement sur bande magnétique de la conversation avec M. Kostrzanowski et autres membres de sa famille est archivé<sup>19</sup> nous en offrons une transcription et traduction partielle en annexe 1. Ludwik Stomma nous avait prévenu que "*l'appétit vient en mangeant*" (1981 : 93) et que "*Le travail de terrain est le pain quotidien de l'ethnographe*" (1981 : 96). Il en est certains qui ne doivent pas manger à leur faim tous les jours ! Quoiqu'il en soit, puisque nous refusons catégoriquement de croire à l'imposture, il ne nous reste plus qu'une solution : nous avons tous été victimes d'une hallucination collective. Nous serions infiniment reconnaissants que l'Auteur nous aide à recouvrer notre lucidité au plus vite en produisant les arguments et les informations solides sur lesquelles sont échafaudées les hypothèses contenues dans le travail qui lui valut le titre de docteur ès lettres et reprises dans le livre *Le Soleil naît le 13 Décembre*. Un jeu d'enfant, puisque comme il l'écrit lui-même dans son dernier ouvrage : "*Tout ce qu'inventent les professeurs de la Sorbonne est juste.*"

## Notes

1. Bien que la Pologne ait accepté le christianisme en 966, selon les estimations des historiens, la christianisation effective de la campagne ne remonte pas au delà du XVI s. postérieurement au Concile de Trente. Pour d'autres références aux survivances païennes en Pologne, voir par exemple les travaux de K. Moszynski, H. Lowmianski, A. Gieysztor (Bibliographie).

2. Voir Bibliographie : Stomma 1976, 1981.

3 La principale différence entre l'hypothèse de M. Stomma et celles de ses nombreux prédécesseurs ou contemporains (voir parmi tant d'autres les travaux de S. Mc Cluskey ; C. Gaignebet ; P. Saintyves ; P. Sébillot ; A. Van Genep ; P. Vilhjalmsson) réside dans le fait que si la plupart des auteurs se sont accordés pour placer cette assimilation des éléments pré chrétiens aux débuts de la christianisation, M. Stomma prétend pour sa part que ce phénomène aurait eu lieu en Pologne après la réforme grégorienne fin XVI s. (Stomma 1981).

4. On trouve par exemple (Stomma 1981 : 67, 1976 : 96) l'affirmation déroutante selon laquelle l'ombre d'un gnomon se raccourcit à mesure que l'on se rapproche des pôles. C'est évidemment tout le contraire de la vérité, puisque plus on se rapproche des pôles, plus le soleil est bas sur l'horizon et plus l'ombre portée est longue. Tous les enfants du monde se sont amusés à jouer avec la grandeur de leur ombre le soir au soleil couchant. Une telle observation est élémentaire et l'on ne s'attardera pas à de telles peccadilles, chaque observateur un peu curieux peut de lui même rétablir la proposition de Stomma en inversant simplement les termes (voir note 7).

5. Traduction en français de A. L. et M. Z. L'emphase sur le dernier fragment vient des traducteurs.

6. Toutes ces erreurs dans la démonstration de L. Stomma ne peuvent échapper à une lecture attentive de la part d'un astronome, on pourrait donc s'étonner à juste titre que sa thèse de doctorat n'ait pas été renvoyée pour corrections. Mais il faut tenir compte du fait que le candidat très brillant de l'avis général et doté d'un solide aplomb avait pris soin d'assurer son directeur de thèse et les membres du jury de la supervision de son travail par Monsieur le professeur Wlodzimerz Zonn, astronome qu'il remercie d'ailleurs d'avoir bien voulu l'aider dans ses recherches (il lui rend un hommage posthume dans une dédicace au début du chapitre IV de sa thèse). Au moment de la rédaction finale de la thèse de L. Stomma, Monsieur Zonn était très malade (il mourut le 28 février 1975) et les collègues de la Chaire d'ethnographie n'ont pas eu le coeur de l'importuner pour consultation. Bien évidemment, il n'était plus de ce monde pour assister à la soutenance de la thèse de M. Stomma, le 19 juin 1976. Par ailleurs, les membres du jury ont considéré qu'il aurait pu paraître discourtois de s'adresser à un autre astronome pour contrôler des résultats obtenus selon M. Stomma avec l'aide de cet éminent savant.

Remarquons l'intéressante évolution des termes dans lesquels M. Stomma mentionne la participation de M. Zonn pour la partie astronomique: en juin 1976, 16 mois après le décès du regretté M. Zonn, rappelons-le, M. Stomma introduit le chapitre IV de sa thèse de doctorat par les mots suivants : "*Je voudrais ici rendre hommage à la mémoire de feu Monsieur le professeur Wlodzimerz Zonn, qui eut la gentillesse de bien vouloir examiner l'esquisse préliminaire du chapitre suivant.*" (Stomma 1976 : 92). Quelques 5 ans plus tard la contribution posthume de M. Zonn avait sensiblement augmentée, si l'on en juge par la nouvelle formulation: "*Je voudrais ici rendre le plus profond hommage à la mémoire du Professeur Wlodzimerz Zonn, qui eut l'amabilité de m'offrir son aide en examinant la partie astronomique du présent travail.*" (Stomma 1981 : 64).

7. C'est-à-dire les Chapitres IV et V de la thèse (Stomma 1976 : 92-148). Bien entendu, nous n'avons cité que les erreurs les plus flagrantes, on laisse au lecteur le plaisir de fouiller le texte de Stomma pour y saisir dans le détail une abondance de petits monstres contrefaits des plus distrayants.

8. Le grand ethnographe et folkloriste K. Moszynski décrit un premier système où des bergers des Carpates plantaient des piquets en arrivant dans les estives et attendaient que le Soleil y retourne après le solstice d'été. Ils savaient alors qu'il était temps de rentrer les troupeaux. Le deuxième système décrit par K. Moszynski rapporte comment un paysan pouvait reconnaître chaque moment de l'année d'après l'endroit d'impact de la lumière du soleil dans sa cuisine. (Moszynski 1967,II : 161-162).

9. Etant donné ce que nous soulignons dans la note 3 il devient évident que M. Stomma avait besoin d'apporter au débat dans lequel il s'opposait aux auteurs antérieurs un élément décisif en faveur de ses propres hypothèses. Non seulement la découverte d'un observatoire populaire pouvait constituer un argument de poids, mais encore pour bien faire, cet observatoire devait être construit en accord avec les dates des jours patronaux dans un calendrier réformé grégorien.

10. Nous ne tiendrons pas compte du quatrième piquet à l'ouest puisqu'il n'est plus question de celui-ci dans la suite de l'ouvrage mais il est bon de remarquer que l'on ne comprend pas très bien étant donné que l'horizon Ouest est bouché par les bâtiments voisins proches, appartenant à la famille Hajduk.

11. voir la note suivante.

12. Nous nous étions bien sérieusement posé la question de l'éventuelle origine de cette curieuse erreur d'environ 15 mètres, dont les conséquences se révélèrent par la suite si néfastes pour l'ingénieuse construction de notre Collègue. L'explication pourrait être bien simple : dans ses laborieuses reconstructions géométriques, M. Stomma se serait trompé d'une lettre en écrivant "segment AZ" au lieu de "AC" En effet, la distance A-Z mesurée chez L. Stomma 46,7 m. Pour que le piquet A marque le lever solsticial, A-Z devrait mesurer 31,58 m. Puisque Stomma donne pour mesure C-Z, 14,60 m qui égale presque la différence, (46,7 m - 31,58 m = 15,12 m), on peut croire que troublé par l'importance de son invention il ait reporté la distance A-C en A-Z. Sans cette funeste erreur, le beau numéro de funambulisme aurait pu se terminer dans un flou artistique sous les applaudissements...

13. Voir les travaux de A. Thom et C. Ruggles sur les cycles lunaires dans la Bibliographie.

14. A. L., accompagné de Mlle Anna Dabrowska, étudiante d'ethnographie à l'Université de Varsovie.

15. Chose curieuse, M. Stomma ne cite aucun autre informateur, originaire de Skordiów, qui aurait su quelque chose au sujet des fameux piquets de Kostrzanowski, même pas l'immédiate voisine de ce dernier, Mme Anna Hajduk (1911-1985), âgée à l'époque (en 1975) de 64 ans. M. Józef Zoruk, autre originaire de Skordiów (né le 1. VI. 1918) et autrefois proche voisin de M. S. Kostrzanowski, qui se rappelle bien les diverses activités du groupe de recherche de M. Stomma, qu'il logeait en 1975, ne sait strictement rien au sujet de l'éventuelle existence dans les parages du système décrit par notre collègue, ni de la découverte que ce dernier y aurait faite (Rapport de Mission à Skordiów du 25 février 1989, par A. L. et Anna Dabrowska, manuscrit aux archives du Département d'Anthropologie Historique, référence I/2-67).

## Bibliographie

Allais Alphonse : *Le capitaine Cap*.

Aveni Anthony F. : 1981 - Archaeoastronomy. In : *Advances in Archaeological Method and Theory*, M. B. Schiffer (éd.), vol. 4, pp. 1-77, Academic Press, New York.

Gaignebet Claude : 1972 - *Le combat de Carnaval et Carême*. - Annales E.S. C.

Gaignebet Claude : 1974 - *Le Carnaval* - Payot, Paris.

Gaignebet Claude : 1985 - *Art profane et religion populaire au moyen âge*. - P.U.F, Paris.

Gieysztor Aleksander : 1962 - Mythologie slave. In : *Mythologie des peuples lointains ou barbares*: 82-97, Paris

Laurent Donatien : s. d. - *Le juste milieu, réflexion sur un rituel de circumambulaion, la "Troménie Locronan"*.(manuscrit)

Lebeuf Arnold : 1987 - Des évêques et des ourses.- *Ethnologia Polona* 13 : 257-274.

Lebeuf Arnold : 1989 - L'observatoire astronomique de la cathédrale Saint-Lizier de Couserans. - *Astronomie et Sciences Humaines* 3 : 39-77.

Lowmianski Henryk : 1979 - *Religia Slowian i jej upadek*. Panstwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.

McCluskey Stephen C. : 1989 - The Mid-Quarter Days and the historical survival of british folk astrnomy. - *Archaeoastronomy* (JHA) 13 : S1-S19

McCluskey Stephen C. : 1991 - *Astronomy and ritual in latin Christendom (A D 400-1100)* (manuscrit, preprint)

Moszynski Kazimierz : 1967 -*Kultura ludowa Slowian*. Ossolineum, Warszawa.

Ruggles Clive : 1984 Recumbant stone circles. *Archaeoastronomy* (JHA) 8 : S55-S79.

Ruggles Clive - Aubrey Burl : 1985 - Recumbant stone circles. *Archaeoastronomy* (JHA) 9 : S25-S60.

Sadowski Robert : 1979 - Possible Astronomical Orientations at an Ancient East-European "Sanctuary". *Archaeoastronomy* (BCA) 2,4 : 17-20.

Sadowski Robert - Mariusz Ziolkowski - Karol Piasecki : 1982 -

Stone circles of Northern Poland. In : *Archaeoastronomy in the Old World*, D. C. Heggie (ed.), pp. 215-224, Cambridge University Press, Cambridge.

**Saintyves Pierre** : 1907 - *Essais de mythologie chrétienne, Les Saints successeurs des dieux*. Nourry, Paris.

**Saintyves Pierre** : 1923 - *Les contes de Perrault et les récits parallèles (leurs origines)* - 1ère édition, Nourry.

**Saintyves Pierre** : 1930 - *En marge de la Légende Dorée. Songes, Miracles et Survivances*. 1ère édition, Nourry.

**Saintyves Pierre** : 1987 - *Les reliques et les images légendaires*, R. Laffont, Paris. 1ère édition Mercure de France de 1912.

**Sebillot Paul** : 1968 - *Le folklore de France*. Maisonneuve, Paris (réédition).

**Stomma Ludwik** : 1976 - *Struktura czasowa słowiańskich obrzędów przejścia cyklu dorocznego*, Rozprawa doktorska (Thèse de doctorat), Katedra Etnografii Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, (manuscrit).

**Stomma Ludwik** : 1981 - *Slonce rodzi sie 13 grudnia*. Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza, Warszawa.

**Souciet le P. E** : 1729 - *Observations mathématiques et astronomiques*. Paris.

**Thom Alexander** : 1967 - *Megalithic sites in Britain and Brittany*. Clarendon Press, Oxford.

**Thom Alexander** : 1971 - *Megalithic lunar observatories*. University Press, Oxford.

**Van Gennep Arnold** : 1946-1988 - *Manuel de folklore français contemporain*, Paris

**Vilhjálmsson Þorsteinn** : 1989 - Af surti og sól um tímatal um tímatal o. fl. á fyrstu öldum Íslands byggoar. *Tímsrit háskola Íslands* 4,1,4 : 87-97.

**Ziólkowski Mariusz** : 1989 - El calendario metropolitano inca. In : *Time and calendars in the Inca Empire*, M. S. Ziólkowski et R. M. Sadowski (éd.), pp. 129 -166 British Archaeological Reports, International Series 479, Oxford.

**ANNEXE 1**

Fragments de l'entretien avec M. Stefan Kostrzanowski habitant jusqu'au mois de juillet 1975 la commune de Skordiów, canton de Dorohusk, voïévodie de Chelm et nommé comme informateur principal pour la question de "l'Observatoire de Skordiów" par Monsieur Ludwik Stomma. L'entretien complet est enregistré sur bande magnétique, les copies en sont déposées au Département d'Anthropologie Historique de l'Institut d'Archéologie et à la Chaire d'Anthropologie Culturelle et d'Ethnologie de l'Université de Varsovie (adresse exacte voir plus haut note 19).

Personnes ayant pris part à l'enregistrement :

**S** - Stefan Kostrzanowski, fils de Wojciech, né à Skordiów le 25 XII 1909 ;  
**M** - Mieczyslaw Kostrzanowski, fils de Stefan, né le 27 VIII 1952 à Skordiów ;

**G** - Grazyna Kostrzanowska, née Denis le 20 X 1955 à Ostrów, canton de Dorohusk, femme de Mieczyslaw.

**A** - Enquêteurs: Mariusz Ziółkowski et Arnold Lebeuf du Département d'Anthropologie Historique, Université de Varsovie.

**Lieu de l'enquête** : Chez Monsieur S. Kostrzanowski, 7 Bieniczki commune de Nowogard, Voïévodie de Szczecin, le 21 VI 1991. Le texte est transcrit de la bande sans corrections stylistiques, les coupures sont notées (...) (Transcription Anna Dabrowska traduit du polonais par A. L. )- ( . . . . .  
 . . . )

**A** - Dans un instant je vais vous dire pourquoi nous posons ces questions et pour quelle raison cette cuisine nous intéresse tant.

**S** - Voilà ; Qui cela peut-il bien intéresser ?

**A** - C'est pour un travail scientifique, une recherche comparative. - Je vais vous lire un fragment du livre et vous expliquer pourquoi nous tenons tellement à ces informations : où se trouvait cette cuisine et comment étaient disposées ses fenêtres (...). Si la cuisine était dirigée au Sud-Est, n'y avait-il qu'une fenêtre côté Sud, où y en avait-il deux, une du côté Sud et une autre du côté Est ?

**S** - à l'Est et au Sud.

**A** - Et les bâtiments, étaient-ils seulement du côté Nord ou bien aussi du côté Sud ?

**S** - Du côté Sud aussi, voilà la porte, et là de ce côté il y avait la grange. (...)

**A** - Voilà justement le livre dont je vous ai parlé où il est question de reconnaître les dates de l'année à l'aide de piquets que l'on observait d'un certain endroit. Et lorsque le soleil se levait sur certain piquet, c'était le moment de la fête de quelque Saint. C'est du moins ce qu'écrit le Docteur Stomma, et plus loin : "*Dans la région de Chelm, on se servait souvent de piquets (... ) pour l'observation du lever et du coucher du Soleil.*" Et plus loin, "... à Skordiów, un petit village au bord de la rivière marécageuse Udal, un des agriculteurs habitant à la limite du village, - il s'agit de Vous - pouvait, non seulement, décrire correctement les principes des observations

*des levers et des couchers du Soleil mais, finalement, il trouva au milieu des herbes folles quatre piquets plantés d'avant la guerre. Trois qui avaient jadis servi à permettre l'observation (depuis la fenêtre de la chambre à coucher) des levers, tandis que le quatrième (que l'on observait de la fenêtre de la cuisine) servait au coucher du Soleil. Les piquets qui permettaient l'observation de l'azimut des levers du Soleil sont plantés sur une droite. (...).*

S - Moi, de ces piquets, je ne me rappelle pas, de tels piquets je n'ai jamais rencontrés. Ou alors il s'agit des bornes.

A - Mais vraiment ? Parce que l'on trouve encore écrit que l'un de ces piquets s'appelait "du nouvel an", un autre "du printemps", et le troisième "de Saint George". Est-ce que vous en savez quelque chose ?

S - Nous non, (...) Peut-être il y a longtemps.

A - Mais n'en était-il rien resté ? Nous ne savons pas d'où vient cette information, mais ici on donne votre nom.

S - C'est la première fois que j'en entends parler, pour autant que j'en sache, une chose pareille, avec ces noms, je ne l'ai jamais entendue (...) J'ai déjà vécu tant d'années et mon père qui a vécu lui aussi jusqu'à 86 ans ne m'en a jamais parlé. Moi, à ces piquets, je n'y comprends rien du tout, c'est la première fois que j'en entends parler. (...) De ces choses à la première fois. (...) Il n'y avait aucun piquet (...) Où ont-ils trouvé quelque chose comme ça ? Sur un plan probablement.

A - De cette carte ? Mais non, ici ils écrivent que c'est vous qui leur avez dit (...) Je vous lis le fragment du livre. (...) Voilà où l'on parle de vous de nouveau, de M. Kostrzanowski. (...)

S - C'est la première fois que j'entends quelque chose comme ça. Peut-être que c'est quelqu'un d'autre qui lui a expliqué.

A - Il est écrit ici que c'est vous.

S - Que c'est moi qui ait dit ça ?

A - Stefan Kostrzanowski.

S - Il n'y avait là-bas aucun autre Kostrzanowski.

A - Vraiment ?

S - Enfin, mon père. . .

A - "*Nous voulons ici examiner avec une attention particulière le calendrier de S. Kostrzanowski qui se composait de quatre piquets plantés avant la guerre...*" et plus loin ce que je vous ai déjà lu.

S - Mais je ne sais pas à quel endroit.

A - Est-ce que vous ne vous en souvenez pas ?

S - C'est la première fois aujourd'hui que j'entends parler de ces piquets. Il y avait bien . . .

A - ...Ceux de la limite.

S - Seulement ceux de la limite. Mais s'ils indiquaient le Nord, le Sud, ou l'Est ou l'Ouest, ça je ne m'en rappelle pas.

A - Et vous, messieurs-dames, vous n'en savez rien non plus ? Voyez vous nous sommes allés deux fois à Skordiów.

M - Moi aussi ça m'intéresse. (...)

A - Et vous n'avez jamais eu ce livre dans les mains ? Monsieur Stomma ne vous a jamais envoyé ce livre qu'il a publié ?

S - Non.

A - Voilà donc la raison principale de notre visite chez vous. (...) En tous

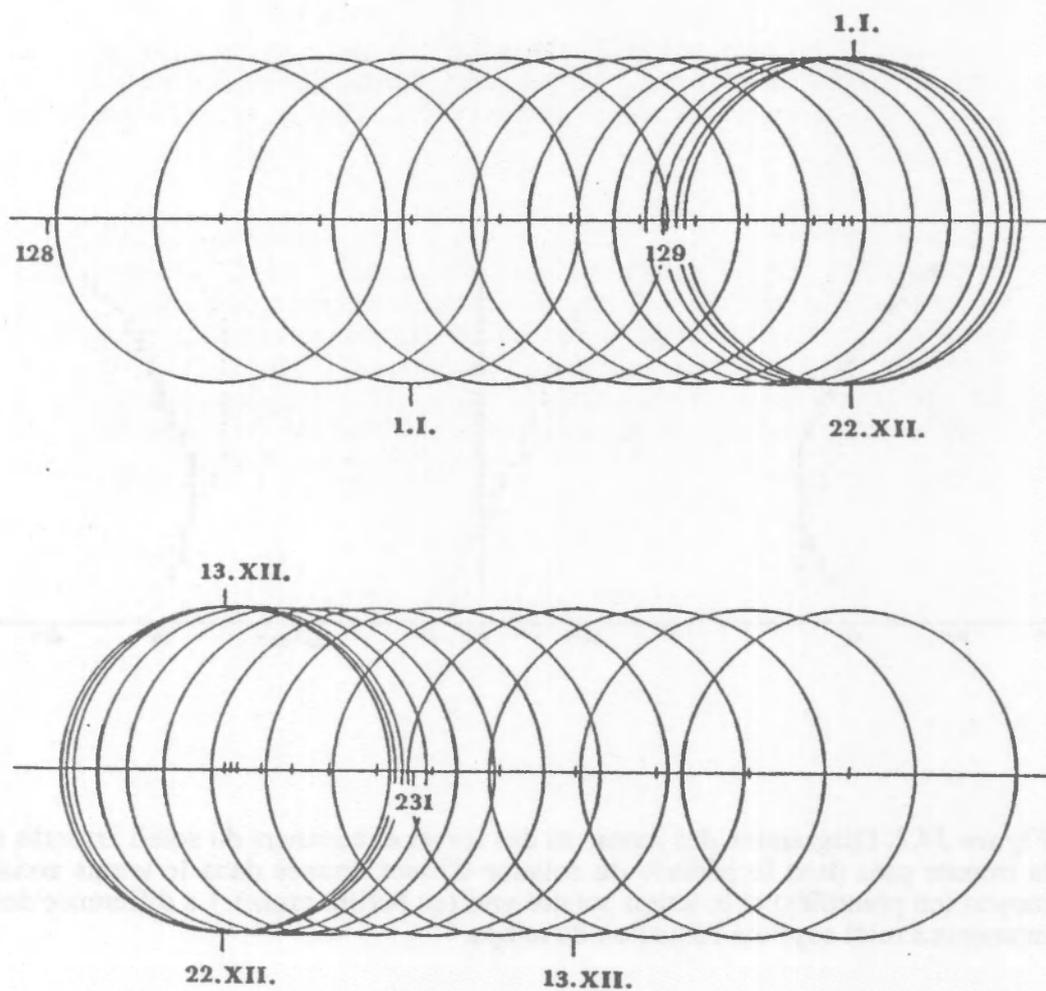
cas, vous vous rappelez bien de ces enquêtes ? Ils venaient...

S - Oui. Je sais qu'ils circulaient et qu'ils écrivaient quelque chose. Mais ce qu'ils écrivaient, je ne leur ai pas demandé, et ils ne m'en ont rien dit. (...)

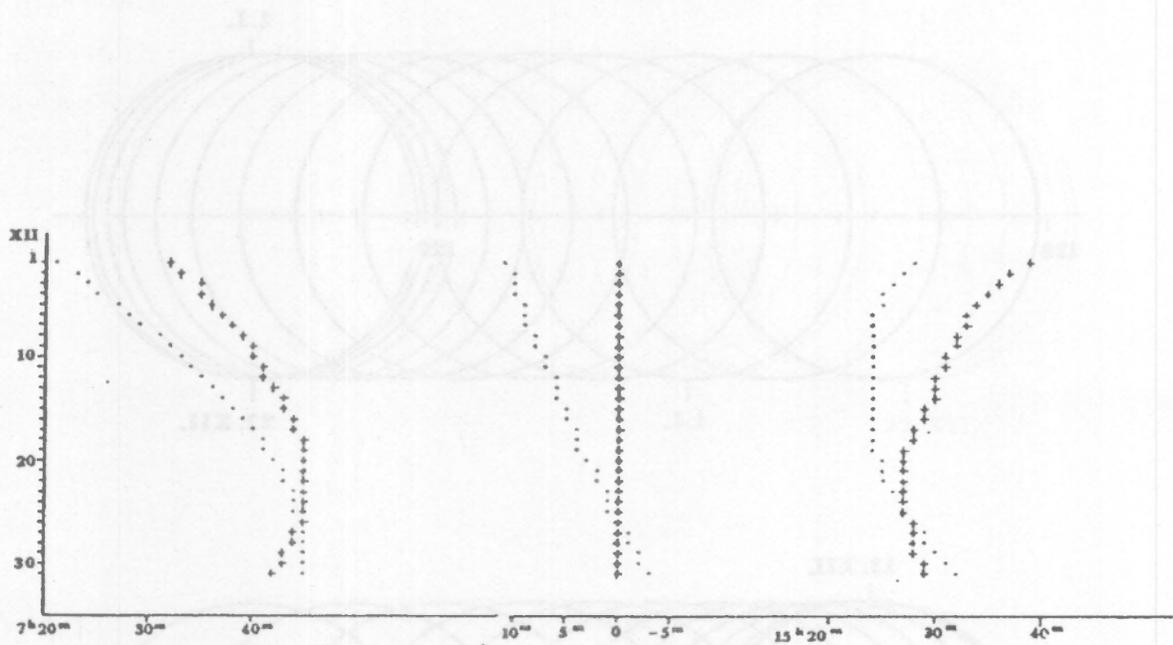
\* Dans le village de Skordiów il n'y avait aucune autre famille du nom de Kostrzanowski. Mais à la suite de notre insistance, M. Kostrzanowski a signalé un lointain cousinage dans la commune de Michalówka. Bien que M. Stomma ne parle pas de cette commune dans le contexte du calendrier, nous avons contacté l'autre M. Kostrzanowski afin de nous assurer qu'il n'y avait pas de confusion dans le lieu de l'enquête. Confirmation par écrit, M. Kostrzanowski (16, Michalówka) n'avait jamais été contacté par le groupe d'ethnographes de M. Stomma.

| A          | temps solaire zonal |         | B          | temps solaire vrai |         |
|------------|---------------------|---------|------------|--------------------|---------|
|            | lever               | coucher |            | lever              | coucher |
| 1927 XII 1 | 7:21                | 15:28   | 1927 XII 1 | 7:32               | 15:39   |
| 2          | :23                 | :27     | 2          | :33                | :37     |
| 3          | :24                 | :26     | 3          | :35                | :36     |
| 4          | :25                 | :25     | 4          | :35                | :35     |
| 5          | :27                 | :25     | 5          | :36                | :34     |
| 6          | :28                 | :24     | 6          | :37                | :33     |
| 7          | :29                 | :24     | 7          | :38                | :33     |
| 8          | :31                 | :24     | 8          | :39                | :32     |
| 9          | :32                 | :24     | 9          | :40                | :32     |
| 10         | :33                 | :24     | 10         | :40                | :31     |
| 11         | :34                 | :24     | 11         | :41                | :31     |
| 12         | :35                 | :24     | 12         | :41                | :30     |
| 13         | :36                 | :24*    | 13         | :42                | :30     |
| 14         | :37                 | :24     | 14         | :43                | :30     |
| 15         | :38                 | :24     | 15         | :43                | :29     |
| 16         | :39                 | :24     | 16         | :44                | :29     |
| 17         | :40                 | :24     | 17         | :44                | :28     |
| 18         | :41                 | :24     | 18         | :45                | :28     |
| 19         | :41                 | :24     | 19         | :45                | :27     |
| 20         | :42                 | :25     | 20         | :45                | :27     |
| 21         | :43                 | :25     | 21         | :45                | :27     |
| 22         | :43                 | :25     | 22         | :45*               | :27*    |
| 23         | :44                 | :26     | 23         | :45                | :27     |
| 24         | :44                 | :27     | 24         | :45                | :27     |
| 25         | :44                 | :27     | 25         | :45                | :27     |
| 26         | :45                 | :28     | 26         | :45                | :28     |
| 27         | :45                 | :29     | 27         | :44                | :28     |
| 28         | :45                 | :29     | 28         | :44                | :28     |
| 29         | :45                 | :30     | 29         | :43                | :28     |
| 30         | :45                 | :32     | 30         | :43                | :29     |
| 31         | :45*                | :31     | 31         | :42                | :29     |

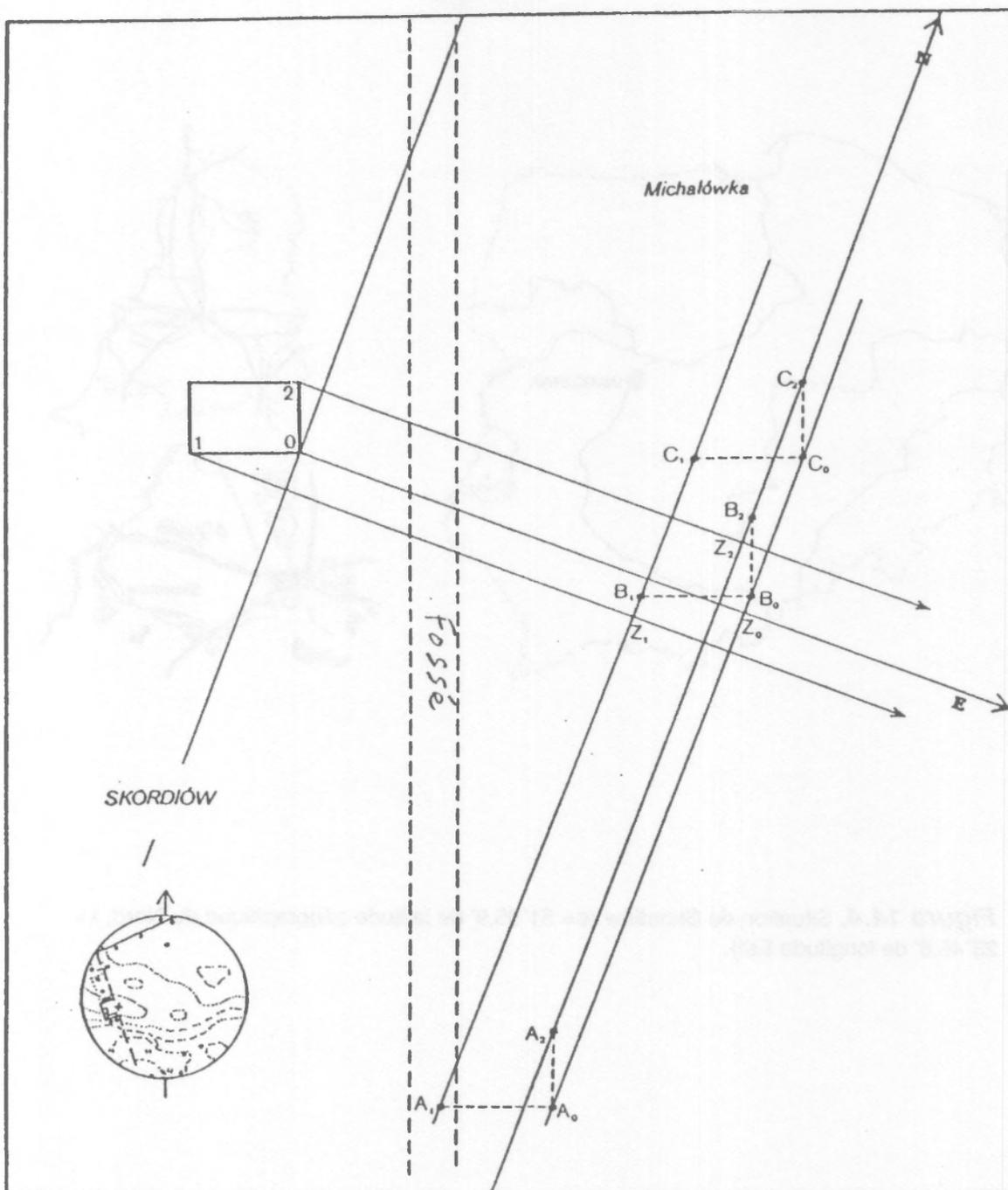
**Table 14.1.** Les différences entre le temps solaire vrai et le temps solaire zonal pour le lever et le coucher.



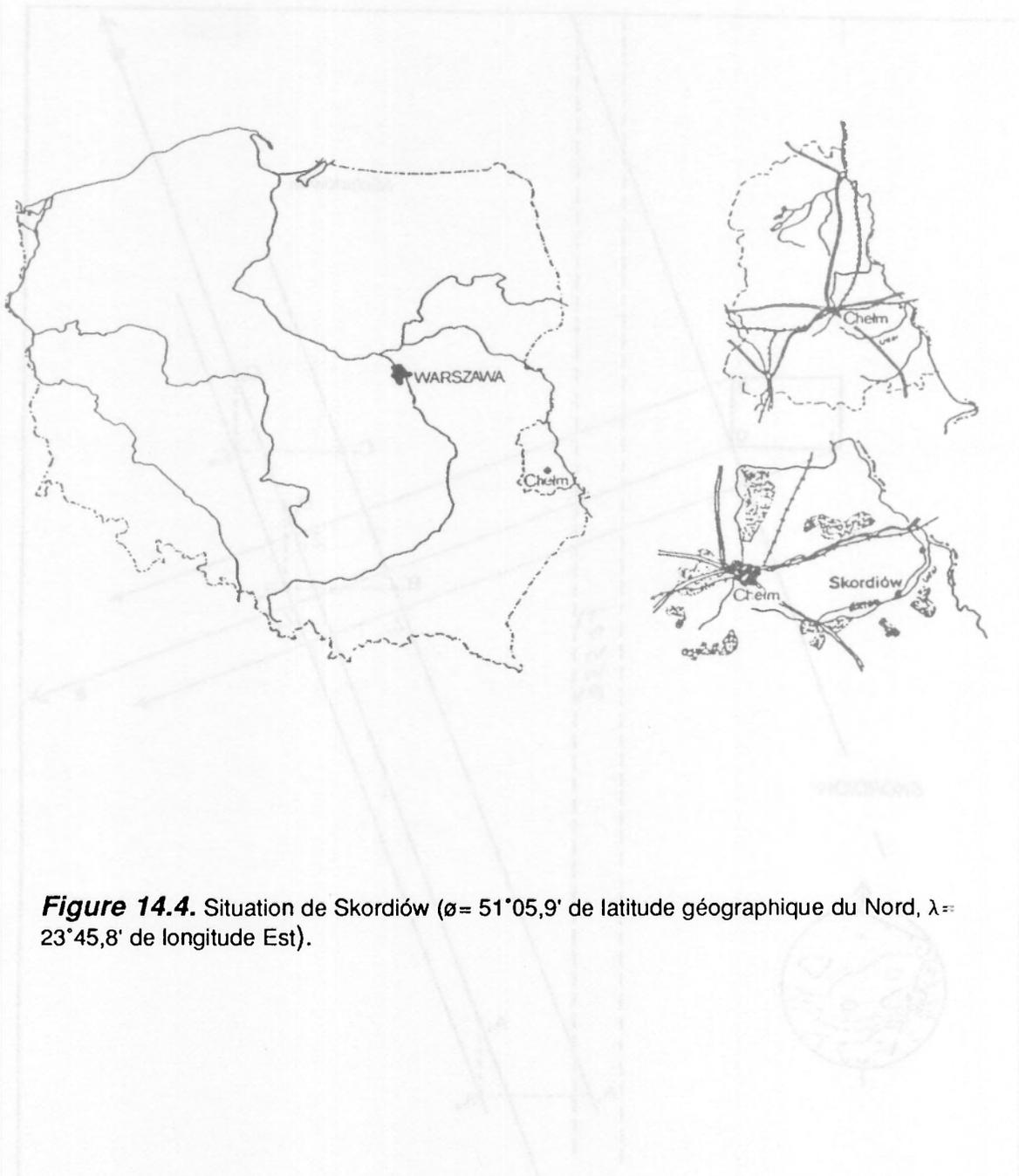
**Figure 14.1.** Positions du soleil sur l'horizon dans le période de 10 jours avant jusqu'à 10 jours après le solstice d'hiver à la latitude de Skordiów ( $\phi = 51^{\circ}05.9'$  Nord) selon la formule approximative de Stomma, c'est-à-dire sans tenir compte de la réfraction horizontale. Les dates inférieurs montrent la situation exacte et les dates supérieures marquent les positions retenues par L. Stomma. Sur les axes sont marqués les azimuts à partir du Nord.



**Figure 14.2.** Diagramme des moments des levers et couchers du soleil arrondis à la minute près dans le période du solstice d'hiver donnés dans le temps zonal moyen (en pointillés) et le temps solaire vrai (en petites croix). La différence des moments à midi exprime l'équation du temps.



**Figure 14.3.** Plan de reconstruction schématique de l' "Observatoire de Skordiów". Situation des lieux d'après nos mesures (A. L. et M. Z.) de la maison de M. Kostrzanowski (parcelle 253 du village de Skordiów selon le plan cadastral). Plan sur lequel nous avons reporté les limites extrêmes des positions possibles des piquets A, B et C d'après les données fournies dans l'ouvrage de M. Stomma (voir plus haut). Les numéros 0, 1, 2 marquent les angles des fondations de la maison de S. Kostrzanowski. Les observations n'auraient pu être effectuées qu'à partir de fenêtres situées dans les murs 1-0 et 0-2. On remarque que lesdits piquets ne pourraient se trouver que sur le territoire du village



**Figure 14.4.** Situation de Skordiów ( $\varphi = 51^{\circ}05,9'$  de latitude géographique du Nord,  $\lambda = 23^{\circ}45,8'$  de longitude Est).

Figure 14.4. Plan de reconnaissance géométrique de l'Observatoire de Skordiów. Situation des lieux d'après nos mesures (A. L. et M. X.) de la maison de M. Kozłowski (cartelle 253 du village de Skordiów selon le plan cadastral). Pour cet aspect nous avons reporté les limites extrêmes des positions possibles des points A, B et C d'après les données fournies dans l'ouvrage de M. Skordiów (voir plus haut). Les angles  $\beta$ ,  $\gamma$  marquent les angles des fondations de la maison de M. Kozłowski. Les observations furent faites au site choisi à la suite de quelques études dans les années 1940 et 1950. On remarque que les points ne pouvaient se trouver que sur le territoire du village.

Publ. Obs. Astron. Strasbourg  
Sér. "Astron. & Sc. Humaines" N° 9

**Quelques aspects de la vision du  
temps chez les Mexica  
(Aztèques)**

**RAMIREZ de ARELLANO M.E.**  
(Strasbourg)

## QUELQUES ASPECTS DE LA VISION DU TEMPS CHEZ LES MEXICA (AZTEQUES)

**M.E. Ramírez de Arellano**

### **Introduction.**

Le temps est une notion très difficile à définir, voire insaisissable, à tout point de vue. On peut cependant dire que, pour nous, il "coule" de façon linéaire et continue, nous entraînant irrémédiablement, nous mortels, vers notre fin pour s'accomplir lui, dans l'éternité<sup>1</sup>.

Mais pour les peuples Méso-américains, il en était autrement : ils avaient hérité des Olmèques<sup>2</sup> entre autres éléments culturels, la façon de compter le temps et surtout la vision cyclique de son écoulement. Quant à sa nature, la meilleure façon de le saisir a été de l'intégrer matériellement dans la propre existence et dans l'équilibre cosmique.

Pour les Mexica, nous pouvons voir cela tout d'abord dans la langue (le náhuatl) :

**Tonalli**, le mot pour "jour", signifie aussi vie, destin, chaleur, énergie<sup>3</sup>.

**Xihuitl**, le mot pour année (solaire), signifie aussi "précieux", "turquoise" (la pierre et la couleur).

Le temps s'use, se consomme comme une bougie, il perd graduellement son énergie, sa matière, pour arriver finalement à l'épuisement, point qui marque la fin d'un cycle temporel où l'alternative est, soit de mourir (et avec

---

1. Selon les croyances religieuses de la civilisation judéo-chrétienne

2 Civilisation très ancienne, qui a précédé toutes les autres qui, à l'arrivée des Espagnols, étaient distribuées entre le Mexique au nord, (à partir du parallèle 25 environ) et une partie de l'Amérique Centrale ; autrement dit, la zone connue comme "Mesoamérica" ou "Amérique moyenne"

3 Le nom du soleil : Tonatiuh exprime déjà sa nature énergétique. Plus qu'une divinité, il est une manifestation de l'équilibre, de l'harmonie du cosmos.

lui tout ce qui lui est lié, c'est-à-dire, le cosmos), soit de renaître avec le concours indispensable des hommes et la "bénédition" des dieux.

## Division mexica du temps.

Les Méso-américains connaissaient trois types d'années :

a) **RITUEL** ou divinatoire (*Tonalpohualli*) de 260 jours, constitué par la combinaison de vingt jours représentés soit par les quatre éléments naturels (terre, vent, feu, eau), soit par des objets variés ou des êtres vivants (fig. 1), et les chiffres de 1 à 13. Chaque combinaison chiffre-signes est différente : chaque jour a son individualité et, pendant la période de 260 jours, il ne peut pas y avoir deux binômes identiques. A la fin de ce compte, une nouvelle série recommence : 1 crocodile, 2 vent, etc... jusqu'à 13 fleurs, dernier chiffre de la dernière treizaine, associé au dernier symbole, qui complète le cycle.

b) **SOLAIRE** (*Xihuitl*) de 365 jours, constituée de 18 mois de 20 jours plus cinq jours "creux" ou néfastes (*Nemontemi*) :

Les jours du calendrier solaire sont désignés par leur nom dans le calendrier rituel. Chaque année solaire porte le nom de son premier jour (chiffre et signe), déterminé par le calendrier divinatoire.

L'année solaire astronomique comprend, en chiffres ronds, 365 jours. Divisés par 20 jours = 18 mois et restent 5 jours qui sont en surnombre et, en conséquence, considérés "indésirables" ; ils ne portent pas de nom propre et il ne fait pas bon naître un de ces jours-là.<sup>4</sup>

Chacun des 18 mois porte un nom en rapport avec un phénomène naturel ou une cérémonie religieuse.

Les cinq jours *nemontemi* n'ayant pas de nom, il s'opère un "dérapage", puisque le *Xihuitl* et le *Tonalpohualli* continuent de tourner -à l'instar de deux roues dentées-, et, dans chaque année solaire, il y a cinq binômes de perdus. Il reste  $20/5 = 4$  noms possibles pour le premier jour de l'année et donc pour "baptiser" les années solaires : ce sont les "porteurs" d'années (fig. 2) : **roseau, couteau, maison, lapin.**

Le même binôme chiffre - signe caractérisant une année, ne revient que tous les 52 ans ( $13 \times 4$ ).

Cette période de 52 ans représente le "siècle" mexica *Xiuhmolpilli* ou "lien d'années".

<sup>4</sup> En fait, les devins consultés lors de chaque naissance afin d'attribuer le nom au bébé, s'arrangent en général pour décaler la date de quelques jours, afin de lui éviter la malchance qui le guette si on reconnaît qu'il est né pendant l'un des cinq *nemontemi*

A chaque échéance de cette période<sup>5</sup>, le danger est maximal : on risque la fin du monde, à moins de refaire le plein du réservoir temporel épuisé.

c) **VÉNUSIENNE** : Un troisième compte concerne la planète Venus, dont la révolution synodique de 584 jours est en rapport avec les deux autres années -mentionnées plus haut-, de la façon suivante :

Le commun dénominateur des trois comptes se trouve au bout de 104 années solaires (deux *Xiuhmolpilli*)<sup>6</sup> = 37960 jours = 146 *Tonalpohualli* = 65 vénusiennes. Au bout de cette période, on retrouve le même signe pour les trois comptes.

A l'extrême fin du *Xiuhmolpilli*, après le jour 13 *Xochitl* et les cinq *Nemontemi*, on procédait à la cérémonie du feu nouveau, qui portait elle aussi le nom de *Xiuhmolpilli*. Par cette cérémonie, l'homme participe à la "neutralisation de l'entropie" si l'on peut dire, dans la mesure où le temps est considéré comme énergie dégradable mais renouvelable. De la même façon que le sang humain versé lors des sacrifices est le carburant du moteur qui anime la machine cosmique, dans cette cérémonie on recharge le réservoir d'années potentielles, pour les 52 suivantes, en même temps qu'on repart "à zéro" pour un nouveau compte d'années :

2 roseau/ 3 couteau/ 4 maison/ 5 lapin, etc...

## La cérémonie du Feu Nouveau.

La dernière nuit de la dernière année du cycle, on partait de *Tenochtitlan* en procession jusqu'au sommet de la colline *Huixachtlan*<sup>7</sup> au moment précis où la constellation des Pléiades reprenait son cours après la culmination sur le ciel de *Tenochtitlan*<sup>8</sup> ; on procédait à l'allumage du feu nouveau, après que tous les feux existants avaient été éteints. Ce nouveau feu devait obligatoirement être obtenu par frottement de deux pièces de bois, à l'aide de l'instrument appelé *mamalhuaztli* (fig. 3). On procédait ensuite au sacrifice du "prisonnier le plus courageux", avec cardiectomie et crémation dans le nouveau feu. La crainte générale était de ne pas obtenir des dieux le sursis pour un nouveau cycle, et de voir -et subir- l'anéantissement annoncé et redouté du Cinquième soleil.

<sup>5</sup> Chaque année 2 roseau, récurrence de la première année de la création, où le cycle de 52 ans se complète

<sup>6</sup> Période appelée "*Huehuetiliztli*" ou "une vieillesse" : durée maximale d'une vie d'homme

<sup>7</sup> Le "Cerro de la Estrella", situé au sud-est de Mexico

<sup>8</sup> Le signal de l'octroi d'un nouveau cycle était précisément cette reprise du cours des Pléiades dans le zénith de *Tenochtitlan*

## **Temps historique et temps mythique, deux dimensions du temps.**

Un autre aspect de la manipulation du temps par les Méso-américains se manifeste dans leur intérêt pour l'histoire : L'élaboration d'un récit des événements année par année établit, face au temps de la destruction, -mythique- un temps historique : le chroniqueur contraint le temps à se figer en histoire.

Prenons un exemple : le CODEX CHIMALPOPOCA contient la transcription tardive, au temps de la domination espagnole, de deux documents pictographiques précolombiens :

Les "Annales de Cuauhtitlan" et la "Légende des Soleils".

### **Les Annales de Cuauhtitlan.**

Ce document, transcrit en 1570<sup>9</sup>, embrasse une période de 884 ans qui raconte année par année l'histoire des tribus nahuas<sup>10</sup> depuis le départ du berceau légendaire appelé Chicomoztoc<sup>11</sup> jusqu'à 1519, date de l'arrivée des Espagnols.

On a souvent dit que les dates sont difficiles, voire impossibles à déterminer avec la notion cyclique du temps et le compte traditionnel des Méso-américains, puisque chaque date revient au bout de 52 ans.

Or, dans les Annales de Cuauhtitlan, qui commencent -et terminent- en une année 1 roseau<sup>12</sup> nous pouvons passer en revue toutes et chacune des années comprises dans cette période, qui y sont consignées, qu'il y ait eu des événements importants ou non.

On peut dresser un tableau (fig. 4) de correspondances en prenant comme base le Xiuhmolpilli, sachant que le dernier a eu lieu en 1507 sous le règne de Motecuhzoma II. Nous trouvons ainsi 17 récurrences de l'année 2 roseau, ce qui correspond à 16 cycles complets de 52 ans. La première récurrence serait donc en 675 p.C., 40 ans après le départ en 1 roseau, (635 p.C.).

Sur le tableau ainsi obtenu, on peut chercher les événements consignés dans les annales et leur attribuer une date dans notre calendrier.

<sup>9</sup> Vraisemblablement à partir de la lecture d'un document pictographique du même genre que le Codex Mendoza, première partie

<sup>10</sup> Qui, par vagues successives seraient descendues vers le sud pour peupler le Mexique central

<sup>11</sup> "Siete cuevas" : Sept cavernes

<sup>12</sup> L'année 1519 était une année 1 roseau

Nous pouvons rechercher dans le tableau les événements connus et vérifiables : presque toutes les dates coïncident. Il est évident que les annales ont été réécrites tardivement, pour exalter l'histoire du peuple dont la trajectoire est consignée, à savoir : Cuauhtitlan, en escamotant les défaites, en inventant des exploits, bref, en réécrivant l'histoire, -quel peuple ne l'a-t-il pas fait ?- mais il s'agit néanmoins d'une dimension historique<sup>13</sup>.

Cependant, la dimension historique et la dimension mythique peuvent s'imbriquer, comme dans le cas de l'année 1 lapin (726 p.C.), où les annales historiques portent une "greffe" : le récit de la légende des quatre créations et destructions successives, les quatre ères ou soleils qui ont précédé la nôtre.

Cette succession de périodes explique une sorte d'évolution biologique qui aurait accompagné les quatre ères géologiques présidées chacune par chacun des quatre éléments : **terre / vent / pluie de feu / eau**.

Ce mythe est illustré dans l'un des monuments les plus célèbres de la civilisation aztèque : la pierre du Cinquième Soleil, mieux connue (improprement) comme le "Calendrier aztèque".

Ce monolithe (fig. 5) de 24,5 tonnes et 3,57 m. de diamètre présente, au centre, le 5e soleil, Nahui Ollin, (fig. 6), entouré des quatre soleils qui l'ont précédé, représentés par les divinités titulaires de l'élément responsable de leur destruction :

**terre/Ocelotl (félin)**  
**vent/Ehecatl (une des représentations du dieu Quetzalcoatl)**  
**pluie de feu/Tlaloc (le dieu de la pluie)**  
**eau/Chalchiuhtlicue (la déesse de l'eau terrestre)**

Nous constatons, avec Mircea Eliade et Elkin, que le temps mythique est compressible,<sup>14</sup>

*"L'époque mythique ne doit pas être pensée simplement comme un temps passé, mais comme présent et aussi futur : comme un état à la fois que comme une période"*.

et peut-être intercalé sans difficulté dans un récit historique :

<sup>13</sup> Le "temps profane" de Mircea Eliade où les faits notés, faute d'être tous véridiques ou vérifiables, sont vraisemblables

<sup>14</sup> A l'instar de la Genèse

## La légende des Soleils.

Ce manuscrit constitue la deuxième partie du Codex Chimalpopoca. Il nous donne une chronologie plus précise de ces rythmes cosmiques, en commençant par un compte à rebours:

*"Il y a longtemps, le Soleil lui-même créa les animaux et leur nourriture ; aujourd'hui, 22 mai 1558, cela fait 2513 ans."*

La durée de chaque soleil est donnée:

|     |                          |                   |
|-----|--------------------------|-------------------|
| 1er | soleil (de terre)        | 676 ans = 52 x 13 |
| 2e  | soleil (de vent)         | 374 ans = 52 x 7  |
| 3e  | soleil (de pluie de feu) | 312 ans = 52 x 6  |
| 4e  | soleil (d'eau)           | 676 ans = 52 x 13 |

Nous pouvons ainsi trouver aisément la date du début de chaque Soleil :

|     |      |   |      |                     |
|-----|------|---|------|---------------------|
| 1er | 1558 | - | 2513 | = - 995 (995 a.C.)  |
| 2e  | -995 | + | 676  | = - 279 (279 a.C.)  |
| 3e  | -279 | + | 364  | = + 85 (85 p.C.)    |
| 4e  | + 85 | + | 312  | = + 397 (397 p.C.)  |
| 5e  | +397 | + | 676  | = +1073 (1073 p.C.) |

Ces dates et ces durées évidemment, en tant que mythiques n'ont pas de signification réelle. Cependant, signalons une curieuse coïncidence :

Le début du 4e soleil (d'eau) qui aurait été créé après la destruction du 3e par une pluie de feu en 379 p.C. renvoie à une époque pas très lointaine de celle supposée de l'éruption du volcan Xitle au sud de Mexico, qui a enseveli le site connu aujourd'hui comme *Cuiculco*.

En outre, le temps des Aztèques est intimement lié à l'espace : à chaque point cardinal correspond une couleur, un symbole, une ou plusieurs divinités, une époque.

## Conclusion.

Nous avons vu qu'au bout de 52 ans, le temps s'arrête réellement, au moment précis où il retrouve pour se loger une case (chiffre-signe) qui a déjà servi et qui est déjà pleine, impossible à occuper.

Le temps est matière, il ne renvoie pas à l'éternité mais participe à la dégradation du mouvement universel.

L'indien mexicain utilise l'énergie que le temps dépense à le dominer pour s'arracher à cette domination : de la nature même de sa fatalité il tire sa liberté.

L'énergie temporelle est étroitement liée à l'homme, consubstantielle à lui, dépendante de lui.

De la même manière que la vie de tout Mexicain est déterminée dès le jour de sa naissance, par un jeu compliqué de chiffres et de signes, ce n'est pas le temps qui crée le calendrier, c'est le calendrier qui gouverne et consomme le temps.

## BIBLIOGRAPHIE

**Anales de Cuauhtitlan** : 1975 - in *Codex Chimalpopoca*, publié et traduit du nahuatl par Primo Feliciano Velazquez. Mexico : U.N.A.M.

**CASO Alfonso** : 1987 - *El Pueblo del Sol*. C.F.E. (Collection populaire n° 104).

**Codex Mendoza** : 1984 - Manuscrit aztèque. Commentaires de Kurt Toss, Fribourg : Liber, 124 p.

**Descifre de las escrituras mesoamericanas** : 1989 - *Codices, pinturas, estatuas, ceramica*. Proceedings 46 Congreso Internacional de Americanistas - ed. J. Galarza et al. Oxford : B.A.R. International Series 518 (i) (2 vol). 483 p.

**DUVERGER Christian** : 1981 - *Il Fiore letale*, Economia del sacrificio azteco : trad. du français par Andrea Calzolare. Milan : Mondadori, 223 p.

**ELIADE Mircea** : 1991 - (7<sup>e</sup> reimpression) *Tratado de historia de las religiones*, (1<sup>ère</sup> ed. française : 1964). trad. du français par Tomás Segovia. Mexico : Biblioteca ERA - 462 p. (coll ensayo).

**GALARZA Joaquin** : 1980 - *Estudios de escritura indígena tradicional azteca-náhuatl* - Mexico : A.G.N./Centro de Investigaciones superiores de l I.N.A.H., 157 p.

**GUTIERREZ SOLANA Nelly** : 1985 - *Códices de Mexico* - Mexico : Panorama.

**LAUNEY M.** : 1980 - *Introduction à la langue et à la littérature aztèques*. 2 vol.

**LEON PORTILLA Miguel** : 1985 - *La pensée aztèque*, traduit de l'espagnol par Carmen Bernard. Paris : Seuil, 318 p. (coll recherches anthropologiques).

**Les religions amerindiennes** : 1962 - Aztèques, Mayas, Incas... traduit de l'allemand par Lionel Jospin. Paris : Payot, 119 p. (les religions de l'humanité).

**PETERSON Frederick A.** : 1961 - *Le Mexique précolombien, histoire et civilisation*. Traduit de l'anglais par S.M. Guillemin. Paris : Payot, 385 p. (coll bibliothèque historique).

**SAHAGUN Fray Bernardino (de)** : 1975 - *Historia general de las cosas de la Nueva España*. Edición de Angel Ma. Garibay. Mexico : Porrúa, 1093 p. (coll. Sepan cuántos...).

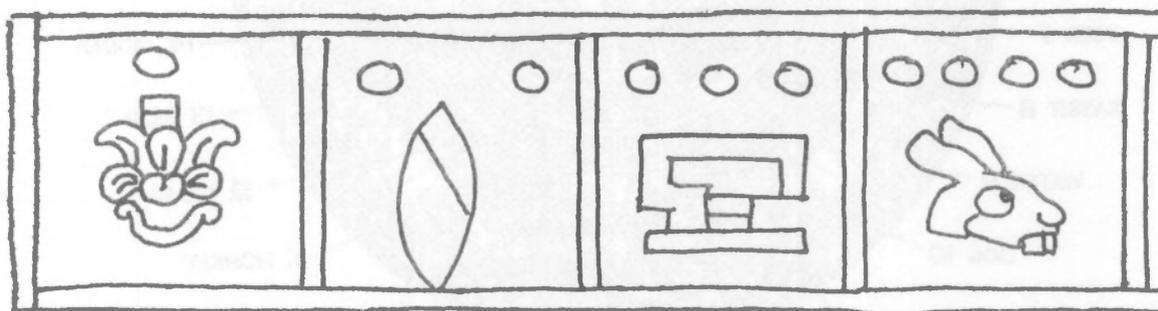
**SEJOURNE Laurette** : 1987 - *Pensamiento y religión en el México antiguo* -(7<sup>e</sup> réimpression). Mexico : F.C.E., 220 p. (breviarios del f.c.e.).

\*

\*\*\*



Fig. 1.- Les vingt signes des jours (Codex Laud)



roseau

couteau

maison

lapin.

Fig. 2.- Les quatre signes porteurs d'années. (Codex Mendoza)

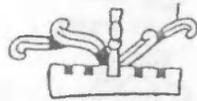


Fig. 3.- Le mamalhuaztli.

(Codex Telleriano Remensis)

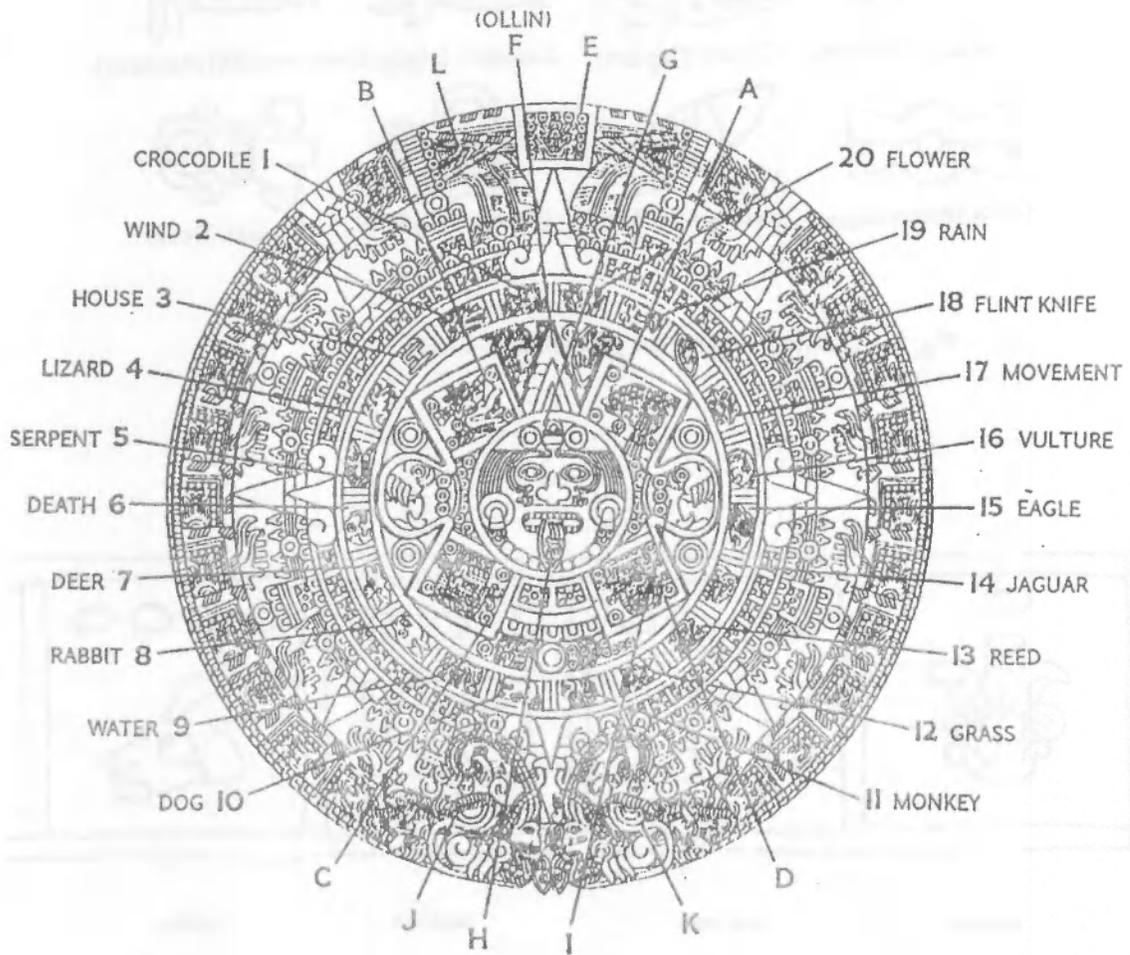


Fig 5.- La pierre du Cinquième soleil.



Fig 6.- Tonatiuh, le soleil de mouvement (Nahui Ollin),  
entouré de ses quatre predecesseurs, les soleils de terre, vent, feu, eau.

## CHRONOLOGIE DES ANNALES DE CUAUHTITLAN

Acatl  
(Roseau)Tecpatl  
(Couteau)Calli  
(Maison)Tochtli  
(Lapin)

|                      |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 1 Acatl (Roseau)     | 635 | 687 | 739 | 791 | 843 | 895 | 947 | 999  | 1051 |
| 2 Tecpatl (Couteau)  | 636 | 688 | 740 | 792 | 844 | 896 | 948 | 1000 | 1052 |
| 3 Calli (maison)     | 637 | 689 | 741 | 793 | 845 | 897 | 949 | 1001 | 1053 |
| 4 Tochtli (Lapin)    | 638 | 690 | 742 | 794 | 846 | 898 | 950 | 1002 | 1054 |
| 5 Acatl (Roseau)     | 639 | 691 | 743 | 795 | 847 | 899 | 951 | 1003 | 1055 |
| 6 Tecpatl (Couteau)  | 640 | 692 | 744 | 796 | 848 | 900 | 952 | 1004 | 1056 |
| 7 Calli (maison)     | 641 | 693 | 745 | 797 | 849 | 901 | 953 | 1005 | 1057 |
| 8 Tochtli (Lapin)    | 642 | 694 | 746 | 798 | 850 | 902 | 954 | 1006 | 1058 |
| 9 Acatl (Roseau)     | 643 | 695 | 747 | 799 | 851 | 903 | 955 | 1007 | 1059 |
| 10 Tecpatl (Couteau) | 644 | 696 | 748 | 800 | 852 | 904 | 956 | 1008 | 1060 |
| 11 Calli (maison)    | 645 | 697 | 749 | 801 | 853 | 905 | 957 | 1009 | 1061 |
| 12 Tochtli (Lapin)   | 646 | 698 | 750 | 802 | 854 | 906 | 958 | 1010 | 1062 |
| 13 Acatl (Roseau)    | 647 | 699 | 751 | 803 | 855 | 907 | 959 | 1011 | 1063 |
| 1 Tecpatl (Couteau)  | 648 | 700 | 752 | 804 | 856 | 908 | 960 | 1012 | 1064 |
| 2 Calli (maison)     | 649 | 701 | 753 | 805 | 857 | 909 | 961 | 1013 | 1065 |
| 3 Tochtli (Lapin)    | 650 | 702 | 754 | 806 | 858 | 910 | 962 | 1014 | 1066 |
| 4 Acatl (Roseau)     | 651 | 703 | 755 | 807 | 859 | 911 | 963 | 1015 | 1067 |
| 5 Tecpatl (Couteau)  | 652 | 704 | 756 | 808 | 860 | 912 | 964 | 1016 | 1068 |
| 6 Calli (maison)     | 653 | 705 | 757 | 809 | 861 | 913 | 965 | 1017 | 1069 |
| 7 Tochtli (Lapin)    | 654 | 706 | 758 | 810 | 862 | 914 | 966 | 1018 | 1070 |
| 8 Acatl (Roseau)     | 655 | 707 | 759 | 811 | 863 | 915 | 967 | 1019 | 1071 |
| 9 Tecpatl (Couteau)  | 656 | 708 | 760 | 812 | 864 | 916 | 968 | 1020 | 1072 |
| 10 Calli (maison)    | 657 | 709 | 761 | 813 | 865 | 917 | 969 | 1021 | 1073 |
| 11 Tochtli (Lapin)   | 658 | 710 | 762 | 814 | 866 | 918 | 970 | 1022 | 1074 |
| 12 Acatl (Roseau)    | 659 | 711 | 763 | 815 | 867 | 919 | 971 | 1023 | 1075 |
| 13 Tecpatl (Couteau) | 660 | 712 | 764 | 816 | 868 | 920 | 972 | 1024 | 1076 |
| 1 Calli (maison)     | 661 | 713 | 765 | 817 | 869 | 921 | 973 | 1025 | 1077 |
| 2 Tochtli (Lapin)    | 662 | 714 | 766 | 818 | 870 | 922 | 974 | 1026 | 1078 |
| 3 Acatl (Roseau)     | 663 | 715 | 767 | 819 | 871 | 923 | 975 | 1027 | 1079 |
| 4 Tecpatl (Couteau)  | 664 | 716 | 768 | 820 | 872 | 924 | 976 | 1028 | 1080 |
| 5 Calli (maison)     | 665 | 717 | 769 | 821 | 873 | 925 | 977 | 1029 | 1081 |
| 6 Tochtli (Lapin)    | 666 | 718 | 770 | 822 | 874 | 926 | 978 | 1030 | 1082 |
| 7 Acatl (Roseau)     | 667 | 719 | 771 | 823 | 875 | 927 | 979 | 1031 | 1083 |
| 8 Tecpatl (Couteau)  | 668 | 720 | 772 | 824 | 876 | 928 | 980 | 1032 | 1084 |
| 9 Calli (maison)     | 669 | 721 | 773 | 825 | 877 | 929 | 981 | 1033 | 1085 |
| 10 Tochtli (Lapin)   | 670 | 722 | 774 | 826 | 878 | 930 | 982 | 1034 | 1086 |
| 11 Acatl (Roseau)    | 671 | 723 | 775 | 827 | 879 | 931 | 983 | 1035 | 1087 |
| 12 Tecpatl (Couteau) | 672 | 724 | 776 | 828 | 880 | 932 | 984 | 1036 | 1088 |
| 13 Calli (maison)    | 673 | 725 | 777 | 829 | 881 | 933 | 985 | 1037 | 1089 |
| 1 Tochtli (Lapin)    | 674 | 726 | 778 | 830 | 882 | 934 | 986 | 1038 | 1090 |
| 2 Acatl (Roseau) *   | 675 | 727 | 779 | 831 | 883 | 935 | 987 | 1039 | 1091 |
| 3 Tecpatl (Couteau)  | 676 | 728 | 780 | 832 | 884 | 936 | 988 | 1040 | 1092 |
| 4 Calli (maison)     | 677 | 729 | 781 | 833 | 885 | 937 | 989 | 1041 | 1093 |
| 5 Tochtli (Lapin)    | 678 | 730 | 782 | 834 | 886 | 938 | 990 | 1042 | 1094 |
| 6 Acatl (Roseau)     | 679 | 731 | 783 | 835 | 887 | 939 | 991 | 1043 | 1095 |
| 7 Tecpatl (Couteau)  | 680 | 732 | 784 | 836 | 888 | 940 | 992 | 1044 | 1096 |
| 8 Calli (maison)     | 681 | 733 | 785 | 837 | 889 | 941 | 993 | 1045 | 1097 |
| 9 Tochtli (Lapin)    | 682 | 734 | 786 | 838 | 890 | 942 | 994 | 1046 | 1098 |
| 10 Acatl (Roseau)    | 683 | 735 | 787 | 839 | 891 | 943 | 995 | 1047 | 1099 |
| 11 Tecpatl (Couteau) | 684 | 736 | 788 | 840 | 892 | 944 | 996 | 1048 | 1100 |
| 12 Calli (maison)    | 685 | 737 | 789 | 841 | 893 | 945 | 997 | 1049 | 1101 |
| 13 Tochtli (Lapin)   | 686 | 738 | 790 | 842 | 894 | 946 | 998 | 1050 | 1102 |



*CHRONOLOGIE DES ANNALES DE CUAUHTILAN (cont.)*

|                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 Acatl (Roseau)     | 1103 | 1155 | 1207 | 1259 | 1311 | 1363 | 1415 | 1467 | 1519 |
| 2 Tecpatl (Couteau)  | 1104 | 1156 | 1208 | 1260 | 1312 | 1364 | 1416 | 1468 | 1520 |
| 3 Calli (maison)     | 1105 | 1157 | 1209 | 1261 | 1313 | 1365 | 1417 | 1469 | 1521 |
| 4 Tochtli (Lapin)    | 1106 | 1158 | 1210 | 1262 | 1314 | 1366 | 1418 | 1470 | 1522 |
| 5 Acatl (Roseau)     | 1107 | 1159 | 1211 | 1263 | 1315 | 1367 | 1419 | 1471 | 1523 |
| 6 Tecpatl (Couteau)  | 1108 | 1160 | 1212 | 1264 | 1316 | 1368 | 1420 | 1472 | 1524 |
| 7 Calli (maison)     | 1109 | 1161 | 1213 | 1265 | 1317 | 1369 | 1421 | 1473 | 1525 |
| 8 Tochtli (Lapin)    | 1110 | 1162 | 1214 | 1266 | 1318 | 1370 | 1422 | 1474 | 1526 |
| 9 Acatl (Roseau)     | 1111 | 1163 | 1215 | 1267 | 1319 | 1371 | 1423 | 1475 | 1527 |
| 10 Tecpatl (Couteau) | 1112 | 1164 | 1216 | 1268 | 1320 | 1372 | 1424 | 1476 | 1528 |
| 11 Calli (maison)    | 1113 | 1165 | 1217 | 1269 | 1321 | 1373 | 1425 | 1477 | 1529 |
| 12 Tochtli (Lapin)   | 1114 | 1166 | 1218 | 1270 | 1322 | 1374 | 1426 | 1478 | 1530 |
| 13 Acatl (Roseau)    | 1115 | 1167 | 1219 | 1271 | 1323 | 1375 | 1427 | 1479 | 1531 |
| 1 Tecpatl (Couteau)  | 1116 | 1168 | 1220 | 1272 | 1324 | 1376 | 1428 | 1480 | 1532 |
| 2 Calli (maison)     | 1117 | 1169 | 1221 | 1273 | 1325 | 1377 | 1429 | 1481 | 1533 |
| 3 Tochtli (Lapin)    | 1118 | 1170 | 1222 | 1274 | 1326 | 1378 | 1430 | 1482 | 1534 |
| 4 Acatl (Roseau)     | 1119 | 1171 | 1223 | 1275 | 1327 | 1379 | 1431 | 1483 | 1535 |
| 5 Tecpatl (Couteau)  | 1120 | 1172 | 1224 | 1276 | 1328 | 1380 | 1432 | 1484 | 1536 |
| 6 Calli (maison)     | 1121 | 1173 | 1225 | 1277 | 1329 | 1381 | 1433 | 1485 | 1537 |
| 7 Tochtli (Lapin)    | 1122 | 1174 | 1226 | 1278 | 1330 | 1382 | 1434 | 1486 | 1538 |
| 8 Acatl (Roseau)     | 1123 | 1175 | 1227 | 1279 | 1331 | 1383 | 1435 | 1487 | 1539 |
| 9 Tecpatl (Couteau)  | 1124 | 1176 | 1228 | 1280 | 1332 | 1384 | 1436 | 1488 | 1540 |
| 10 Calli (maison)    | 1125 | 1177 | 1229 | 1281 | 1333 | 1385 | 1437 | 1489 | 1541 |
| 11 Tochtli (Lapin)   | 1126 | 1178 | 1230 | 1282 | 1334 | 1386 | 1438 | 1490 | 1542 |
| 12 Acatl (Roseau)    | 1127 | 1179 | 1231 | 1283 | 1335 | 1387 | 1439 | 1491 | 1543 |
| 13 Tecpatl (Couteau) | 1128 | 1180 | 1232 | 1284 | 1336 | 1388 | 1440 | 1492 | 1544 |
| 1 Calli (maison)     | 1129 | 1181 | 1233 | 1285 | 1337 | 1389 | 1441 | 1493 | 1545 |
| 2 Tochtli (Lapin)    | 1130 | 1182 | 1234 | 1286 | 1338 | 1390 | 1442 | 1494 | 1546 |
| 3 Acatl (Roseau)     | 1131 | 1183 | 1235 | 1287 | 1339 | 1391 | 1443 | 1495 | 1547 |
| 4 Tecpatl (Couteau)  | 1132 | 1184 | 1236 | 1288 | 1340 | 1392 | 1444 | 1496 | 1548 |
| 5 Calli (maison)     | 1133 | 1185 | 1237 | 1289 | 1341 | 1393 | 1445 | 1497 | 1549 |
| 6 Tochtli (Lapin)    | 1134 | 1186 | 1238 | 1290 | 1342 | 1394 | 1446 | 1498 | 1550 |
| 7 Acatl (Roseau)     | 1135 | 1187 | 1239 | 1291 | 1343 | 1395 | 1447 | 1499 | 1551 |
| 8 Tecpatl (Couteau)  | 1136 | 1188 | 1240 | 1292 | 1344 | 1396 | 1448 | 1500 | 1552 |
| 9 Calli (maison)     | 1137 | 1189 | 1241 | 1293 | 1345 | 1397 | 1449 | 1501 | 1553 |
| 10 Tochtli (Lapin)   | 1138 | 1190 | 1242 | 1294 | 1346 | 1398 | 1450 | 1502 | 1554 |
| 11 Acatl (Roseau)    | 1139 | 1191 | 1243 | 1295 | 1347 | 1399 | 1451 | 1503 | 1555 |
| 12 Tecpatl (Couteau) | 1140 | 1192 | 1244 | 1296 | 1348 | 1400 | 1452 | 1504 | 1556 |
| 13 Calli (maison)    | 1141 | 1193 | 1245 | 1297 | 1349 | 1401 | 1453 | 1505 | 1557 |
| 1 Tochtli (Lapin)    | 1142 | 1194 | 1246 | 1298 | 1350 | 1402 | 1454 | 1506 | 1558 |
| 2 Acatl (Roseau)*    | 1143 | 1195 | 1247 | 1299 | 1351 | 1403 | 1455 | 1507 | 1559 |
| 3 Tecpatl (Couteau)  | 1144 | 1196 | 1248 | 1300 | 1352 | 1404 | 1456 | 1508 | 1560 |
| 4 Calli (maison)     | 1145 | 1197 | 1249 | 1301 | 1353 | 1405 | 1457 | 1509 | 1561 |
| 5 Tochtli (Lapin)    | 1146 | 1198 | 1250 | 1302 | 1354 | 1406 | 1458 | 1510 | 1562 |
| 6 Acatl (Roseau)     | 1147 | 1199 | 1251 | 1303 | 1355 | 1407 | 1459 | 1511 | 1563 |
| 7 Tecpatl (Couteau)  | 1148 | 1200 | 1252 | 1304 | 1356 | 1408 | 1460 | 1512 | 1564 |
| 8 Calli (maison)     | 1149 | 1201 | 1253 | 1305 | 1357 | 1409 | 1461 | 1513 | 1565 |
| 9 Tochtli (Lapin)    | 1150 | 1202 | 1254 | 1306 | 1358 | 1410 | 1462 | 1514 | 1566 |
| 10 Acatl (Roseau)    | 1151 | 1203 | 1255 | 1307 | 1359 | 1411 | 1463 | 1515 | 1567 |
| 11 Tecpatl (Couteau) | 1152 | 1204 | 1256 | 1308 | 1360 | 1412 | 1464 | 1516 | 1568 |
| 12 Calli (maison)    | 1153 | 1205 | 1257 | 1309 | 1361 | 1413 | 1465 | 1517 | 1569 |
| 13 Tochtli (Lapin)   | 1154 | 1206 | 1258 | 1310 | 1362 | 1414 | 1466 | 1518 | 1570 |



# INDEX

## Volumes 1 à 8

### Volume 1

|   |     |
|---|-----|
| Editorial<br><i>P. Erny et C. Jaschek</i>   | 1   |
| Le Calendrier Gaulois de Coligny<br><i>J.P. Parisot</i>   | 3   |
| Temps et Devenir I et II<br><i>H. Barreau</i>   | 23  |
| Essai de Reconstruction des Extrema Solaires<br>Historiques<br><i>J.P. Rozelot</i>                            | 51  |
| Temps, Durée et Naissance des Calendriers<br><i>L. Molet</i>  | 55  |
| La Détermination et la Conservation de l'Heure :<br>Histoire d'une Fonction Sociale<br><i>G. Jasiewicz</i>    | 59  |
| Division et Continuité du Temps dans les Mythes<br>Grecs : Le Seuil et le Cercle<br><i>R. Triomphe</i>        | 65  |
| Abu Ma Sar et la Théorie des Grandes Conjonctions<br><i>E.H. Wagner</i>                                       | 81  |
| Les Calendriers Liturgiques et les Irrégularités de<br>la Date de Pâques<br><i>F. Suagher et J.P. Parisot</i> | 95  |
| Les Phénomènes "Météorologiques" dans la Tradition<br>Populaire<br><i>K.A.F. Fischer</i>                      | 117 |

**Volume 2**

|  |     |
|--|-----|
| Editorial<br><i>P. Erny et C. Jaschek</i>  | 1   |
| Le Zodiaque de Denderah<br><i>H. Andriolat</i>   | 3   |
| Le Lever Héliaque de Sirius<br><i>J.P. Parisot</i>   | 27  |
| L'Astronomie des Anciens Mayas<br><i>G. Jasiewicz et F. Jaffiol</i>  | 57  |
| "Année Platonicienne" et Période Précessionnelle<br><i>Ch. Lazaridès</i>   | 65  |
| Les Boîtiers Rituelles de Printemps<br><i>A. Lebeuf</i>  | 81  |
| L'Observation Populaire de la Chute des Météorites<br>(Deux Enquêtes Publiques sur les Chutes de Météorites ou<br>la Population Face à des Phénomènes Célestes)<br><i>A. Florsch</i> | 99  |
| La Mesure du Temps chez les Celtes<br><i>J.M. Le Contel et P. Verdier</i>  | 117 |
| Hildegarde de Bingen : Représentations Cosmologiques<br><i>E. Klein</i>  | 135 |

\*\*\*

**Volume 3**

|   |    |
|---|----|
| Editorial<br><i>P. Erny et C. Jaschek</i>   | 1  |
| La Lune vue par les Grecs<br><i>R. Triomphe</i>   | 3  |
| Le Calendrier Romain de 304 Jours<br><i>J. Hornecker</i>                                      | 17 |
| Ma Traduction du Calendrier de Coligny<br><i>P.E.A. Verdier</i>                               | 23 |
| L'Observatoire Astronomique de la Cathédrale Saint-Lizier<br>de Couserans<br><i>A. Lebeuf</i> | 39 |
| Astronomy in Europe between 8000 and 1200 BC<br><i>W. Schlosser</i>                           | 79 |
| Nicolas Machiavel et la Structure ternaire de l'Univers<br><i>P. Kah</i>                      | 93 |

\*\*\*

**Volume 4**

|  |    |
|--|----|
| Editorial<br><i>P. Erny et C. Jaschek</i>                                    | 1  |
| Durée et Temps à Madagascar<br><i>M.L. Molet</i>                             | 3  |
| Gammes Planétaires et Harmonie Cosmique au Haut Moyen Age<br><i>J. Viret</i> | 13 |
| Le Songe de Kepler<br><i>H. Andrillat</i>                                    | 27 |
| Le Carnaval et le Calendrier de Coligny<br><i>P. Verdier</i>                 | 35 |

\*\*\*

**Volume 5**

|   |    |
|---|----|
| Editorial<br><i>P. Erny et C. Jaschek</i>   | 1  |
| Symbolique Cosmique et Images Antiques du Ciel<br><i>R. Triomphe</i>  | 5  |
| L'Ethnographie des Astronomes<br><i>A. Lebeuf</i>   | 37 |
| Les Moitiés Masculines et Féminines du Ciel : Astronomie de quelques Tribus Guyanaises<br><i>E. Magaña-Torres</i> | 59 |
| Emigration - Sort d'Astronomes Allemands en 1918 et Aujourd'hui<br><i>Th. Schmidt-Kaler</i>                       | 73 |
| Les Comètes d'Atawallpa : Astronomie et Pouvoirs dans l'Empire Inca<br><i>M.S. Ziolkowski</i>                     | 91 |

\*\*\*

**Volume 6**

|  |    |
|--|----|
| Editorial<br><i>P. Erny et C. Jaschek</i>  | i  |
| Le Cycle Lunaire et sa Signification chez les Indiens Mexicains<br><i>U. Köhler</i>  | 1  |
| Les Mégalithes de Bretagne et les Théories Astronomiques.<br>Cent ans d'interrogations.<br><i>J. Briard</i>  | 15 |
| Dans le Procès de l'Astrologie, le rationalisme est-il tout à fait<br>Rationnel ?<br><i>C. Maillard</i>  | 35 |
| Commentaire sur l'Exposé de M. Maillard<br><i>H. Andriolat</i>   | 49 |
| Préoccupations Cosmologiques et Astronomiques dans les<br>Travaux de l'Ecole Française d'Ethnologie dans la Boucle<br>du Niger<br><i>P. Erny</i>                   | 53 |
| Les Moitiés Masculines et Féminines du Ciel : Astronomie de<br>quelques Tribus Guyanaises (Article paru dans Volume 5)<br>Bibliographie<br><i>E. Magana-Torres</i> | 75 |

\*\*\*

**Volume 7**

|   |    |
|---|----|
| Editorial   | i  |
| <i>Erny P. - Jaschek C.</i>   |    |
| Jésus, est-il né au solstice d'hiver ? - L'Invention de Noël  | 1  |
| <i>Levy M.L.</i>  |    |
| Hipparque, sa vie, son oeuvre   | 11 |
| <i>Brunet J.P. - Nadal R.</i>   |    |
| Les Incas étaient-ils capables de prévoir les éclipses de lune ?  | 23 |
| <i>Ziolkovski M. - Lebeuf A.</i>  |    |
| Le proche et le lointain : Eléments d'Ethnoastronomie<br>Emerillon (Guyane Française)                                   | 43 |
| <i>Mohan N. - Navet E.</i>  |    |
| L'Univers est-il déterminé ?  |    |
| <i>Andrillat H.</i>   |    |
| Un théâtre astronomique en Avignon - Le Planétarium à miroir<br>de Kircher (1632-1633) - Avant-projet de reconstruction | 67 |
| <i>Oudet J.F.</i>   |    |
| La cosmologie mythologique : le rationnel dans l'irrationnel  | 79 |
| <i>Radoslavova T. - Simanov A.</i>  |    |

\*\*\*

**Volume B**

|  |     |
|--|-----|
| Editorial<br><i>Jaschek C. - Erny P.</i>   | i   |
| La recherche de la vie dans l'Univers : Enjeux et perspectives<br><i>Davoust E.</i>                | 1   |
| Le développement de la mécanique antique sous l'impulsion de l'astrologie<br><i>Stierlin H.</i>    | 15  |
| Le dossier de l'étrange<br><i>Goy G.</i>   | 33  |
| Plaidoyer pour la lune<br><i>Levy M.L.</i>   | 43  |
| Les calendriers Indo-Européens<br><i>Verdier P.</i>  | 53  |
| Observations sur l'iconographie des kudurrus cassites en Mésopotamie<br><i>Iwaniszewski S.</i>     | 71  |
| Problèmes d'astronomie de position pour les recherches à caractère historique<br><i>Morando B.</i> | 101 |
| L'astronomie des Egyptiens<br><i>Parisot J.P.</i>  | 113 |
| La datation de la vie du Christ<br><i>Lazarides Ch.</i>  | 129 |



## INDEX

## AUTEURS

|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| Andrillat H.    | 2,3 ; 4,27 ; 6,49 ; 7,67  |
| Barreau H.      | 1,23                      |
| Briard J.       | 6,15                      |
| Brunet J.P.     | 7,11                      |
| Davoust E       | 8,1                       |
| Erny P.         | 6,53                      |
| Fischer K.A.F.  | 1,117 ; 8,117             |
| Florsch A.      | 2,99                      |
| Goy G.          | 8,33                      |
| Hornecker J.P.  | 3,17                      |
| Iwaniszewski S. | 8,71                      |
| Jaffiol F.      | 2,57                      |
| Jasniewicz G.   | 1,59 ; 2,57               |
| Kah P.          | 3,93                      |
| Klein E.        | 2,135                     |
| Köhler U.       | 6,1                       |
| Lazaridès Ch.   | 2,65 ; 8,129              |
| Lebeuf A.       | 2,81 ; 3,39 ; 5,37 ; 7,23 |
| Le Contel J.M.  | 2,117                     |
| Levy M.L.       | 7,1 ; 8,43                |

|                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| Magana-Torres E.  | <b>5,59 ; 6,75</b>                |
| Maillard C.       | <b>6,35</b>                       |
| Mohia N.          | <b>7,43</b>                       |
| Molet L.          | <b>1,55 ; 4,3</b>                 |
| Morando B.        | <b>8,101</b>                      |
| Nadal R.          | <b>7,11</b>                       |
| Navet R.          | <b>7,43</b>                       |
| Oudet J.F.        | <b>7,79</b>                       |
| Parisot J.P.      | <b>1,3, 95 ; 2,27 ; 8,113</b>     |
| Radoslavova T.    | <b>7,95</b>                       |
| Rozelot J.P.      | <b>1,51</b>                       |
| Schlosser W.      | <b>3,79</b>                       |
| Schmidt-Kaler Th. | <b>5,73</b>                       |
| Simanov A.        | <b>7,95</b>                       |
| Stierlin H.       | <b>8,15</b>                       |
| Suagher F.        | <b>1,95</b>                       |
| Triomphe R.       | <b>1,65 ; 3,3 ; 5,5</b>           |
| Verdier P.        | <b>2,117 ; 3,23 ; 4,35 ; 8,53</b> |
| Viret J.          | <b>4,13</b>                       |
| Wagner E.H.       | <b>1,81</b>                       |
| Ziolkowski M.S.   | <b>5,91 ; 7,23</b>                |