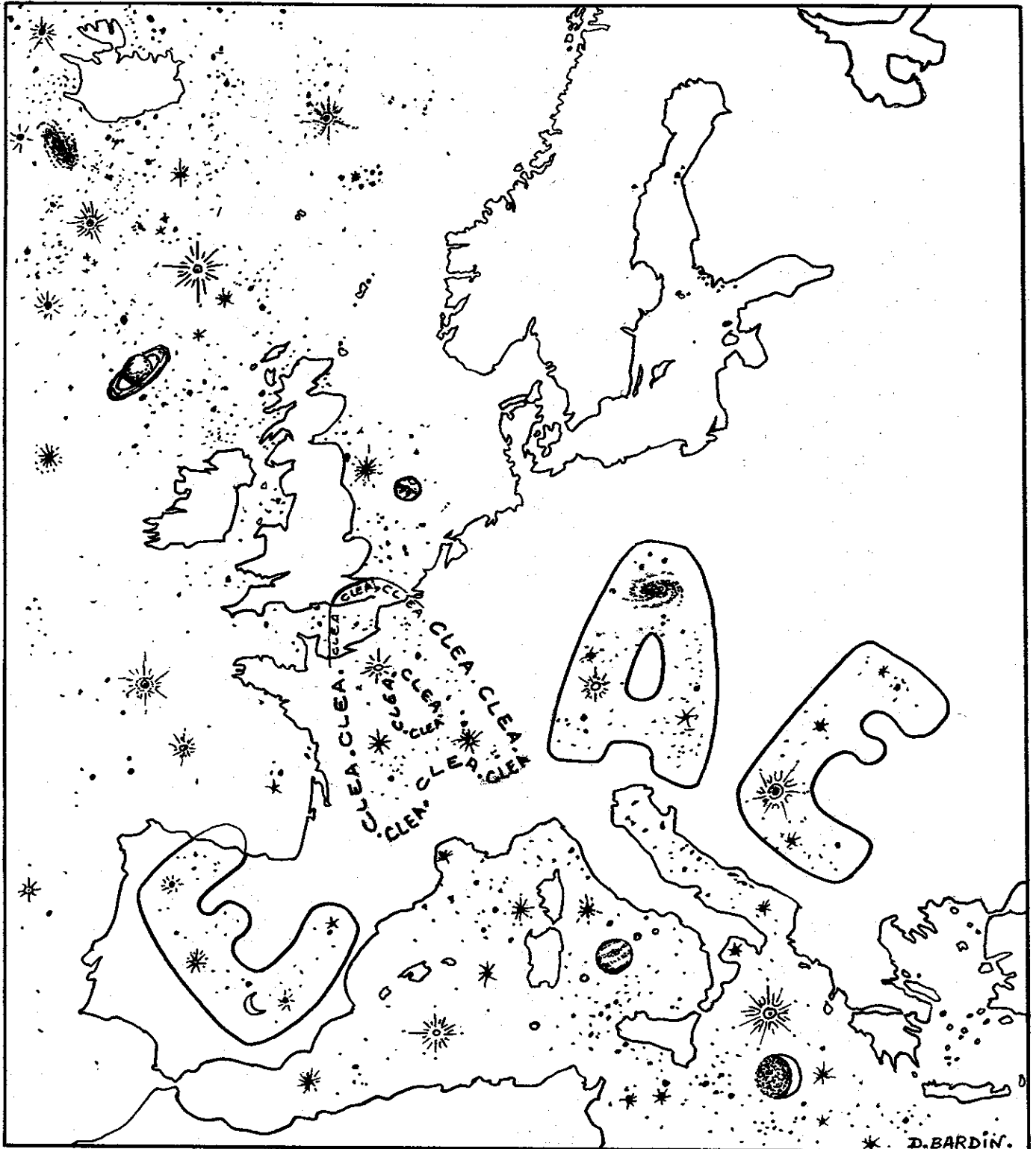


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N°75 - AUTOMNE 1996

ISSN 0758-234 X

Le C.L.E.A. -

Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

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

Le CLEA organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux dans le cadre des MAPPEN. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école primaire, du collège et du lycée. On s'efforce d'y conjuguer information théorique et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et recherche du meilleur usage de ces matériels, etc).

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

La liste des publications du CLEA

figure en pages 3 et 4 de la couverture

Bureau du CLEA pour 1996

<i>Présidents d'honneur</i>	Jean-Claude PECKER Evry SCHATZMAN
<i>Présidente</i>	Lucienne GOUGUENHEIM
<i>Vice-Présidents</i>	Agnès ACKER Marie-France DUVAL Hubert GIE Jean RIPERT Jacques VIALLE
<i>Secrétaires-trésoriers</i>	Catherine VIGNON Gilbert WALUSINSKI

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

Automne 1996

	page
Astrologie et astronomie	2
Grenoble - vingt ans après	14
Recommandations adoptées par les participants au colloque de Grenoble.....	15
Avant le 19760902 et après.....	16
Contribution de J.P. Rosenstiehl à la préparation de la journée du 2 septembre 1976.....	18
Expériences, réflexions et souhaits des participants.....	20
Les travaux du GRP à Gap.....	21
Astronomy on line	23
Chronique du CLEA.....	26
Calcul des horaires d'une éclipse de Lune.....	27
Héliocentrisme et géocentrisme (suite)	33
Lectures pour la Marquise	37
Des nouvelles du colloque de Londres	41
Voir des étoiles en plein jour	42
Mesurer l'intelligence	44

EDITORIAL

Ce numéro se présente d'une façon inhabituelle : nous y consacrons en effet une place importante à la commémoration de la rencontre qui eût lieu le 2 septembre 1976 à Grenoble, et que l'on peut considérer comme étant, de fait, l'acte fondateur du CLEA. En vingt ans, le paysage s'est évidemment modifié ; il nous a paru utile de revenir sur les objectifs de départ : pourquoi et comment enseigner l'astronomie. Aujourd'hui s'ouvrent d'intéressantes perspectives de collaboration au niveau européen : l'association européenne (EAAE) lance un projet excitant, "Astronomy on line", que nous présentons. Le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA, qui s'est réuni en août à Gap, pendant l'Université d'été, développe également ses projets.

Nous ouvrons le numéro avec l'article de notre collègue Bernard Camelin sur l'astrologie : il nous semble illustrer particulièrement bien la richesse de l'approche de nature pluridisciplinaire à laquelle le CLEA est particulièrement attaché ; une approche dont devraient pouvoir bénéficier les élèves de la classe de terminale en filière L, dans le cadre des nouveaux programmes.

L'abondance de ces matières nous a conduits à porter ce numéro à 44 pages et à effectuer cependant des choix difficiles parmi les articles qui nous ont été adressés : nous publions ici l'article de Pierre Causeret, qui concerne en particulier une éclipse de Lune imminente, la suite du travail informatique sur "héliocentrisme, géocentrisme" proposé par Jean-Paul Rosenstiehl, "Voir des étoiles en plein jour", de Jacques Vialle et une très belle réflexion d'Albert Jacquard, à propos de la mesure de l'intelligence ; nous reportons à un prochain numéro les articles de Pierre Leriche, sur "Méridienne et calendrier", de Cécile Iwaniszewska sur "les Olympiades astronomiques en Pologne", de Michel Toulmonde sur le "Calendrier perpétuel", de Paul Perbost sur le "Cadran solaire de Freeman" et de Gilbert sur les aurores... Merci à tous les collaborateurs !

Bonne rentrée à tous, et n'oubliez pas de noter que l'Assemblée générale du CLEA se tiendra le 17 novembre 1996, à Orsay.

La Rédaction

Astrologie et astronomie

"Je savais enfin qu'il est bon d'avoir examiné toutes les sciences, même les plus superstitieuses et les plus fausses afin de connaître leur juste valeur et se garder d'en être trompé". Ainsi s'exprime Descartes dans la première partie du *Discours de la méthode* (1637). Il fait très probablement allusion à l'alchimie, mais aussi à l'astrologie. Je ferai mienne ici cette démarche qui consiste à "examiner" afin d'évaluer et de ruiner, s'il y a lieu, la crédulité. Je me limiterai à l'astrologie, et même dans ce champ restreint, je me bornerai au domaine occidental, à l'exclusion, par exemple, de l'astrologie aztèque ou chinoise.

Je souhaiterais offrir à ceux qui les cherchent des raisons et des arguments précis permettant de distinguer, voire d'opposer radicalement astrologie et astronomie, même si le mot astrologie désignait à l'origine la même activité que celle que l'on nomme aujourd'hui astronomie. Mais je ne voudrais pas que l'abîme qui sépare de nos jours l'astronomie de l'astrologie nous empêche de comprendre comment ces disciplines ont pu être associées étroitement, au point d'être conçues comme des activités aussi inséparables qu'également respectables, car à projeter sur le passé un schéma anachronique on risque non seulement de le rendre inintelligible, mais surtout d'occulter en lui ce qui ne répond pas à nos attentes.

Auguste Comte lui-même, qu'on ne peut suspecter de complaisance à l'égard des superstitions, déclarait en son temps, qui n'est pas si loin du nôtre : "Sans les attrayantes chimères de l'astrologie, sans les énergiques déceptions de l'alchimie, par exemple, où aurions-nous puisé la constance et l'ardeur nécessaires pour recueillir les longues suites d'observations et d'expériences qui ont plus tard servi de fondement aux premières théories positives de l'une et l'autre classes de phénomènes".

L'astrologie serait-elle "au fondement" de l'astronomie pour être ensuite dénoncée par elle comme une parente peu respectable, archaïque dans ses manières, et vénale de surcroît ? L'histoire des rapports entre astrologie et astronomie ne me semble pas pouvoir se réduire à cette querelle de famille, trop simple et schématique pour rendre compte de la complexité de leurs relations. Je fonderai ce doute sur deux raisons : l'astrologie est traversée par des tendances nettement divergentes qui tiennent à l'hétérogénéité de deux de ses sources principales, babylonienne et grecque ; l'astronomie, par ailleurs, a au moins autant apporté à l'astrologie que "les longues suites d'observation", "la constance et l'ardeur" de celle-ci lui ont accordé (aussi longtemps que l'astrologie a pu tirer profit des progrès de l'astronomie). Tel est, du moins, ce que je vais tenter d'établir.

1 - Les origines d'une ambiguïté : Babyloniens et Grecs

1.1 - La religion astrale des Babyloniens

Si l'astrologie fait l'objet de polémiques incessantes, il est au moins un point sur lequel s'accordent actuellement ceux qui s'y intéressent, c'est qu'elle apparaît en Mésopotamie au début du second millénaire avant notre ère. Comme le montre bien Jean Bottéro³, elle appartient à un ensemble de pratiques divinatoires. Elle relève plus précisément, d'après cet auteur, d'une des deux

¹ Descartes, *Discours de la méthode*, 1ère partie, p.36 (Edition G.F.)

² A.Comte, *Cours de Philosophie positive. 1ère Leçon* (Ed. Classiques Larousse, p.27)

³ J.Bottéro, *Symtômes, signes et écritures* in *Divination et rationalité*, Paris 1974, cf. aussi, *Les inventeurs de l'astrologie*, L'Histoire n°141, février 1991.

formes de divination alors pratiquées, celles qui se fondent sur une interprétation de “messages écrits” par les dieux dans la nature. Elle s'apparente ainsi à l'haruspicine, qui consiste à lire le destin dans les entrailles des animaux et se distingue de la divination inspirée qui est d'essence orale et se manifeste notamment à travers des visions, des révélations, c'est-à-dire une parole prophétique .

Il faut remarquer que l'analyse des présages se limite dans l'astrologie babylonienne aux événements collectifs (conduite de la guerre, épidémies, inondations, réussite ou échec des récoltes...). Le premier horoscope individuel connu date en effet de 419 avant notre ère (à l'exception bien entendu des prévisions concernant la personne royale puisque la destinée individuelle du roi importe au premier chef à la communauté). On voit donc que la fonction essentielle de l'astrologie babylonienne est étroitement associée à l'exercice du pouvoir. Elle confirme par ailleurs l'importance accordée au lien qui est censé relier les sociétés humaines à l'ordre cosmique.

J.Bottéro propose de classer l'astrologie parmi les divinations “déductives”, c'est-à-dire d'admettre qu'elle suppose observation et calcul, ce qui revient à dire que, bien que totalement empirique, ce savoir résulte d'une forme de recherche systématisée qui constitue l'embryon de nos connaissances positives, de même que l'haruspicine développe, bien que ce ne soit pas sa finalité immédiate, un savoir vétérinaire et même médical.

L'astrologie babylonienne distingue les deux luminaires (soleil et lune), cinq planètes (Vénus, appelée Ishtar qui est la planète de l'amour, Jupiter, “l'astre blanc”, Mercure, “le mouflon”, Mars, “l'enflammé”, Saturne, “le constant”). Les Babyloniens appellent “interprètes” les planètes, repèrent leurs mouvements erratiques, et attribuent ces mouvements particuliers aux desseins des dieux. Ils distinguent par ailleurs un grand nombre de constellations d'étoiles, dites “fixes” par la suite, en raison de la permanence de leurs positions respectives.

L'observation de ces phénomènes célestes permet aux astrologues d'établir des éphémérides permettant de prévoir le déplacement des constellations sur le plan de l'écliptique, mais aussi le mouvement des planètes. Ces catalogues de position, toutefois, ne résultent que de l'observation jointe à un travail arithmétique : ils ne prétendent pas rendre compte des mouvements observés, mais seulement les anticiper.

1.2 L'astrologie grecque : un “être hybride”⁴

Mais l'astrologie telle que nous la connaissons depuis le début de l'ère chrétienne n'est pas l'héritière directe de l'astrologie babylonienne, elle résulte d'une synthèse entre celle-ci et l'astronomie grecque, à quoi se joignent également des influences égyptiennes.

1.2.1. Un terrain peu favorable

Bien qu'il ne fasse guère de doute que l'hybridation évoquée ci-dessus se soit faite à la faveur des conquêtes d'Alexandre le Grand, celle-ci ne laisse pas de surprendre.

En effet, on sait que dès le Vème siècle avant notre ère apparaissent en Ionie des penseurs qui rejettent toute projection anthropomorphique sur la nature et dénoncent brutalement la divinisation des corps célestes. Ainsi Anaxagore aurait-il affirmé : “Le soleil est une pierre ou une masse incandescente. Il est plus grand que le Péloponnèse”. Koyré, évoquant cette tendance générale de l'astronomie grecque parle de “déshumanisation du monde”.⁵ Il remarque que la connaissance astronomique, qui se développe notamment après la rupture ionienne, ne peut être que désintéres-

⁴ Selon l'expression de J.P.Verdet, dans sa préface au *Liber Astrologiae* de Georgius Zothorus Zeparus Fendulus, Paris 1989

⁵ A.Koyré, *Les étapes de la cosmologie scientifique*, in *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris 1966

sée, ne peut relever que de la "theoria", c'est-à-dire de la contemplation. Elle est donc étrangère à toute religion astrale.

De surcroît, l'astronomie grecque n'a pas seulement l'ambition de prévoir le mouvement des corps célestes, elle prétend apporter "une théorie explicative du donné observable"⁶ : elle aspire à être une science et non pas seulement une technique. Son objectif est de révéler l'unité ordonnée du cosmos sous le désordre apparent des phénomènes. Cette mission est notamment définie par Platon, si l'on en croit un texte révélateur de Simplicius : "Platon en imposant aux mouvements des corps célestes l'obligation d'être circulaires, uniformes et réglés, a proposé aux mathématiciens le problème suivant : quelles sont les hypothèses qui, par des mouvements uniformes, circulaires et réglés pourront sauver les apparences observées pour les planètes?"⁷. En somme, Platon aurait imposé aux astronomes le langage de la géométrie et les aurait enjoins de construire des modèles permettant de rendre compte des phénomènes observés, et spécialement de "l'errance" des planètes.

1.2.2. L'attachement aux pratiques divinatoires

Ces préoccupations semblent bien éloignées des ambitions qui caractérisent l'astrologie babylonienne. Pourtant il faut, pour comprendre comment les grecs ont pu adopter, adapter, et développer la quête astrologique d'une connaissance de l'avenir, rappeler que ces derniers ne se sont jamais détournés de pratiques divinatoires assez variées, au premier rang desquelles il faut citer la "mantique"⁸, qui relève de la divination "inspirée", est placée sous l'autorité d'Apollon, et est reconnue par Platon lui-même comme la manifestation d'une inspiration divine⁹, au même titre que le délire poétique ou érotique, qui joue un rôle si important dans la théorie de la réminiscence, c'est-à-dire dans la théorie des Idées.

L'importance et la permanence des pratiques divinatoires dans le contexte grec, le fait qu'elles ont pu être acceptées par les fondateurs de la rationalité philosophique, Platon en particulier, explique sans doute comment l'astrologie, bien qu'étrangère aux traditions culturelles grecques, s'est peu à peu mêlée au savoir astronomique. Il faudra cependant attendre la synthèse majeure de Ptolémée, quatre siècles après la mort d'Alexandre, pour que l'astrologie soit véritablement assimilée, et fasse l'objet d'un traité à la fois cohérent et exhaustif : *Tetrabible ou les quatre livres du jugement des astres*. Ce livre constituera la référence majeure de l'astrologie médiévale et de la Renaissance, comme *L'Almageste*, que Ptolémée d'Alexandrie rédige presque en même temps, représente la somme du savoir astronomique antique dont les fondements ne seront pas sérieusement remis en cause avant Copernic et Galilée.

1.2.3. Les apports grecs.

Mais en adoptant l'astrologie au nombre de leurs pratiques divinatoires, les grecs lui font subir quelques infléchissements notoires qu'il paraît essentiel de signaler.

Tout d'abord ils mettent l'accent sur les prédictions individuelles, développant ainsi "l'astrologie généthliaque", c'est-à-dire une astrologie centrée sur "l'horoscope" (de "horoscopoi" : ceux qui observent l'heure). On peut penser que ce "souci de soi", selon l'expression de M.Foucault¹⁰, coïncide avec la désagrégation de la Cité, et que l'intérêt pour l'astrologie dans la Grèce hellénistique,

⁶ A.Koyré, *ibid.*

⁷ Cité par J.P.Verdet, *ibid.*

⁸ L.Brisson, *Du bon usage du dérèglement*, in *Divination et rationalité*, Paris 1974.

⁹ Platon, *Phèdre*, 244b-245b.

¹⁰ M.Foucault, *Histoire de la sexualité*, tome 3, *Le souci de soi*, Paris 1984.

prend la forme d'une quête sotériologique (c'est-à-dire consacrée au salut individuel).

Les Grecs apportent aussi à l'astrologie des éléments de leur tradition qui sont plus anciens puisqu'ils proviennent des penseurs présocratiques; il s'agit de la prise en considération de la nature physique des corps célestes, ou du moins des corps les plus proches de la Terre: les deux luminaires (Lune, Soleil), les cinq planètes connues (Vénus, Jupiter, Mercure, Mars et Saturne).

Empédocle (-490/-435) avait affirmé que les corps physiques étaient composés, selon des proportions variables, de quatre éléments : la terre, l'eau, le feu, l'air. Aristote, un siècle plus tard, ajoutera à ces quatre éléments, quatre "qualités sensibles" ou "catégories" : le chaud, le froid, le sec et l'humide, qu'il combinera avec les éléments déjà distingués. Ainsi le feu sera-t-il défini comme chaud et sec, l'air comme chaud et humide, l'eau comme froide et humide, et enfin la terre comme froide et sèche.

Cette classification sera adoptée par l'astrologie grecque : ainsi la planète Mars, par exemple, sera considérée comme chaude et sèche (c'est-à-dire "ignée"), alors que Saturne sera froid et humide.

Ainsi l'astrologie grecque se caractérise-t-elle par l'adjonction à une lecture des "signes", héritée de son ancêtre babylonienne, d'une prise en compte de l'action physique de certains corps célestes sur le tempérament et la destinée individuels. De ce fait l'astrologie va-t-elle associer après Ptolémée, aussi bien dans l'Occident chrétien qu'en terre d'Islam, deux logiques nettement distinctes : l'une est d'essence sémiologique, il s'agira alors de prendre les "astres" comme des signes du destin qu'il convient d'apprendre à déchiffrer, à lire; l'autre est d'essence physique, elle postule l'existence d'influences astrales, influences que Littré définit ainsi : "sortes d'écoulement matériel (nous soulignons) que l'ancienne physique supposait provenir du ciel et des astres, et agir sur les hommes et les choses".

L'ambiguïté de l'astrologie résulte du mélange de ces deux traditions et de ces deux logiques qui attribuent aux corps célestes aussi bien le statut de signe que celui de cause. Ainsi l'astrologie peut-elle s'interpréter comme une pratique divinatoire d'essence fataliste, puisqu'elle prétend lire dans le ciel un destin que les étoiles annonceraient, mais aussi comme une technique fondée sur un principe matérialiste, postulant l'efficacité physique des corps célestes, plus proche d'une pensée déterministe que d'une conception de l'existence humaine dominée par la référence au "fatum" ("ce qui est dit").

On ne peut, à ce stade de l'analyse des problèmes posés par l'astrologie, aller plus loin sans examiner de plus près quelques éléments techniques mettant en jeu aussi bien la tradition astrologique que le savoir astronomique.

2. Quelques éléments techniques et quelques motifs de perplexité.

2.1 Les signes du zodiaque

Il faut pour commencer cet exposé (qui ne prétend pas à l'exhaustivité) signaler que l'astrologie se fonde sur un système strictement géocentrique : elle ne prend en compte que les mouvements apparents des corps célestes tels qu'ils sont vus de la terre. On peut dénoter là un certain archaïsme, mais il est vrai que si l'on considère les étoiles ou les planètes comme des "signes", ou comme des "causes", censées annoncer ou déterminer des événements qui se déroulent sur terre, il n'y a pas de contradiction à conserver une référence cosmologique que les astronomes ont abandonnée depuis plusieurs siècles.

Les astrologues limitent leurs observations à une zone du ciel de 18° de largeur située de part et d'autre du plan de l'écliptique (trajectoire apparente du soleil). Cette zone s'appelle zo-

diac (du grec "zodion" : figurine); elle est divisée en 12 secteurs, nommés "signes", correspondant chacun à 30°, et caractérisés par une constellation "d'étoiles fixes". On s'étonne bien souvent à ce propos que la tradition astrologique ait le plus souvent négligé une importante constellation, située entre celle du Scorpion et celle du Sagittaire, appelée Ophiuchus ou Serpente et repérée par Eudoxe de Cnide au IV^{ème} siècle avant notre ère, d'autant que cette constellation est beaucoup plus étendue que celle du Scorpion (3 fois plus environ). On peut supposer que cette omission a des fondements arithmétiques : en effet le maniement du nombre 13, en tant que diviseur de 360, semble beaucoup moins aisé que celui du nombre 12.

L'année astrologique débute traditionnellement au point d'intersection entre le plan de l'écliptique et l'équateur céleste, appelé point vernal ou point "gamma" : ce point correspond à l'équinoxe de printemps. Pour les astrologues le point 0 à partir duquel se déroule l'année astrologique correspond à l'entrée dans la constellation du Bélier. Ainsi une personne née à la fin du mois de mars sera-t-elle considérée comme "native du Bélier". Or il se trouve que la terre étant aplatie aux pôles, son mouvement peut se comparer à celui d'une toupie, c'est-à-dire que l'axe qui passe par ses pôles opère une rotation (d'une durée de 25920 années environ) qui a pour effet de décaler le point vernal de 30° tous les 2160 ans. Ce phénomène, qui se nomme "précession des équinoxes", provoque un décalage entre le signe zodiacal tel qu'il a été fixé par les astrologues un peu avant le début de l'ère chrétienne et la constellation réellement en cause à notre époque au moment de l'année où nous naissons. Ainsi, ceux que les astrologues persistent à considérer comme des "natifs du Bélier" sont-ils en réalité nés au moment où le soleil traverse la constellation des Poissons. Une telle aberration exigeait naturellement un remède; celui-ci consiste à considérer que le point de référence permettant de déterminer le début de l'année astrologique ne doit plus être le point vernal, mais une étoile fixe; on a ainsi substitué au "zodiaque tropique" un "zodiaque sidéral". Il n'en reste pas moins que la présence, en surplomb, de telle ou telle constellation dans le ciel ne correspond plus au signe du zodiaque tel qu'il est déterminé par l'astrologie.

Les astrologues ajoutent à cette détermination du "signe zodiacal" ce qu'ils appellent la "domification"; celle-ci s'établit en découpant les 24 heures de la journée en 12 tranches à peu près égales correspondant au 12 secteurs de la bande du zodiaque. Ces 12 "maisons" ou "ascendants" complètent et modifient le signe zodiacal proprement dit. Elles peuvent susciter les mêmes réserves que celui-ci en raison de la précession des équinoxes.

2.2 Les influences planétaires.

L'astrologie ne se contente pas d'établir un lien entre la destinée individuelle et la position du soleil à la naissance dans les constellations d'étoiles fixes qu'elle a sélectionnées, elle prend également en compte la présence dans le ciel de naissance de telle ou telle planète. Celles-ci ont des "tonalités de base" en rapport direct avec l'association nature élémentaire/qualités sensibles (cf. supra : 1.2.3.2). Ainsi distingue-t-on par exemple des planètes bénéfiques (Vénus, Jupiter) et des planètes maléfiques (Mars, Saturne).

Mais ces tonalités de base sont corrigées, c'est-à-dire renforcées ou affaiblies par des "aspects" qui définissent des angles remarquables entre les longitudes des planètes. On distingue des "aspects" harmoniques (conjonction : même longitude, trigone : 120°, sextils : 60°...) et des "aspects" discordants (opposition : 180°, carré : 90°, semi-carré : 45°...). Ainsi la conjonction (renforcement) Mars/Saturne sera-t-elle jugée tout à fait exécrationnelle...

On établit enfin, pour s'en tenir à l'essentiel, une "maison céleste" qui établit un lien entre le signe zodiacal et l'influence planétaire; la présence de telle(s) planète(s) associée(s) à tel ou tel signe exalte les caractéristiques attribuées à ce dernier ou les atténue.

2.3. Le thème astral

La combinaison du signe zodiacal, de l'ascendant, et des diverses corrections apportées par la prise en compte des influences planétaires forment le "thème astral". On peut aisément se représenter sa complexité, mais aussi observer la diversité des correctifs qui permettent de l'établir ou de l'adapter.

Dans la tradition astrologique, ce thème astral est censé avoir une double valeur, à la fois diagnostique et pronostique. En tant que tableau diagnostique le thème astrologique définit un caractère psycho-physiologique directement en rapport avec la conception hippocratique des tempéraments (lymphatique, sanguin, nerveux, bilieux), et des quatre éléments qui leurs sont associés. En tant que pronostic, le "thème astral" est censé révéler au consultant des éléments de sa destinée future. Il convient de s'interroger sur ce qui peut étayer une telle prétention.

3. L'astre comme "signe" ou comme "cause".

3.1. Astrologie et fatalisme.

Il est clair qu'en tant que pratique divinatoire l'astrologie participe d'une représentation fataliste de l'existence humaine : l'avenir révélé par l'interprétation astrale est évidemment conçu comme un avenir prédéterminé qui engendre la série des événements qui mènent jusqu'à lui. Il convient toutefois de préciser quelle conception du monde fonde cette représentation fataliste, quelles difficultés elle suscite, et enfin quels accommodements elle requiert pour être tolérée dans des cultures qui n'adhèrent pas totalement à la logique fataliste.

3.1.1. Un univers sympathique.

La civilisation médiévale et renaissante, héritière en cela des traditions antiques, se représente l'univers selon un schéma où domine la structure de réseau : chaque phénomène est associé par des liens de ressemblance, d'analogie, c'est-à-dire par du sens avec tous les autres.¹¹ Ainsi l'homme entre-t-il en résonance avec l'univers, il est un microcosme à l'image du macrocosme. Ceci explique en particulier que la médecine soit étroitement associée, durant toute cette période, avec l'astrologie¹².

En effet, on admet que les quatre tempéraments (hérités d'Hippocrate) sont non seulement en rapport avec les quatre éléments et les quatre catégories, mais aussi avec les planètes et les deux luminaires (lune, soleil). Le thème astral est donc réputé nécessaire pour préciser le diagnostic médical et chaque partie du corps humain est soumise à l'influence d'un signe zodiacal particulier. On peut en tenir pour preuve le fait que le médecin ignorant l'astrologie est dénoncé comme incomplet ("imperfectus") ou que Michel Servet, éminent physiologiste, mort en 1553, écrit un *Discours apologétique en faveur de l'astrologie*.

Ainsi l'astrologie contribue-t-elle à renforcer les liens qui unissent l'homme à l'univers, à en rapprocher les confins au point d'y repérer des "maisons" (cf. supra 2.1. & 2.2.) dans lesquels l'astrologue déchiffre des signes concernant la destinée individuelle du consultant. On comprend que celui-ci puisse se sentir "chez lui" dans un monde où les constellations les plus éloignées semblent complices de son destin, même si l'avenir qu'on lui révèle n'est pas nécessairement rassu-

¹¹ Cf. M.Foucault, *Les mots et les choses*, (ch.2), Paris, 1966

¹² Cf. en particulier l'œuvre de Paracelse (1493-1541).

rant.

Cependant la logique fataliste qui fonde l'astrologie a suscité des réactions négatives dès l'Empire romain, ainsi que par la suite, de manière plus ou moins marquée il est vrai, dans l'occident chrétien. Il importe de préciser pourquoi.

3.1.2. Un savoir maudit.

Si la civilisation mésopotamienne a su intégrer sans heurts l'astrologie à l'exercice du pouvoir politique et l'associer étroitement à l'autorité religieuse, il n'en ira pas toujours ainsi par la suite.

Ainsi Auguste et Septime Sévère, par exemple, limitent-ils le recours aux pratiques divinatoires, et surveillent étroitement l'exercice de l'astrologie; celle-ci est dénoncée comme une menace pesant sur l'autorité suprême. Quel serait en effet le pouvoir réel d'un Empereur dont on aurait prédit, à plus ou moins brève échéance, la disparition? Quelle mobilisation, quel enthousiasme pourrait susciter un projet (de guerre par exemple) dont on aurait par avance annoncé l'échec inéluctable?

Les interdits touchant l'astrologie ne seront pas maintenus par tous les Empereurs romains, mais ils seront systématiquement restaurés et aggravés par les Empereurs chrétiens. Ainsi le Code Théodosien prévoit-il des châtiments extrêmes pour les astrologues en particulier ("mathematicis") et les devins en général, qui sont mis sur le même plan que les "maleficus" (sorciers), et que ceux qui se rendent coupables de crimes de lèse-majesté. Leurs activités sont jugées plus sévèrement encore que l'homicide, et ils sont mis à mort. Il paraît clair que le Code Théodosien fonde sa sévérité à l'encontre de l'astrologie sur des motifs politiques : il s'agit de préserver la toute-puissance de l'Empereur des doutes que pourrait faire naître la diffusion publique d'horoscopes touchant sa personne ou de prédictions concernant ses entreprises. Mais la sévérité de ces dispositions légales, sans précédent dans leur rigueur, a également des motifs religieux¹³.

En effet la théologie chrétienne dénonce, dès cette époque, l'astrologie comme "curiositas divinandi", inspirée par le diable, car contraire à l'humilité dont la créature doit témoigner envers son créateur. Non seulement "les fins de Dieu sont impénétrables", ce qui rend caduque toute divination, mais admettre qu'on puisse lire l'avenir dans les astres est sacrilège puisque cela revient à croire que la volonté de Dieu est assujettie au mouvement régulier des astres sur lequel s'établit la prédiction. Cette condamnation de l'astrologie se fonde par ailleurs sur le recours à quelques passages de l'Ancien Testament (particulièrement Isaïe, 47, 13) où sont très nettement soulignées les différences entre divination païenne et prophétie. Enfin l'astrologie est également dénoncée par les théologiens (Saint-Augustin par exemple) comme une technique qui entre en contradiction avec le dogme du libre-arbitre¹⁴.

Pourtant l'Occident chrétien, au Moyen-Âge comme à la Renaissance, tolérera, encouragera parfois la pratique de l'astrologie. Il l'intégrera jusqu'à promouvoir la tradition des mages astrologues venus à Bethléem, guidés par une étoile, pour la naissance du Christ. Un tel retournement exige quelques éclaircissements.

3.1.3 Un fatalisme tempéré.

Tout la littérature astrologique fourmille de déclarations prudentes que peuvent expliquer aussi bien le souvenir des persécutions politiques, des condamnations religieuses évoquées

¹³ Cf. D.Grodzinski, *Par la bouche de l'Empereur, in Divination et rationalité* Paris, 1974.

¹⁴ Consulter, pour plus de précisions à ce sujet, et en ce qui concerne plus généralement le rapport de l'astrologie aux autorités politique et théologique, l'ouvrage de M.Grenet : *La passion des astres au XVIIème siècle*, Paris, 1994

ci-dessus que l'incertitude qui s'attache aux pratiques divinatoires, qui se résument à la formule : "les astres inclinent mais ne contraignent pas". La révélation de l'avenir ne devrait pas engendrer la résignation, mais une vigilance particulière ou une mobilisation de nos facultés. Saint Thomas d'Aquin affirmera même que l'on doit admettre l'influence des astres, si l'on reconnaît simultanément que la liberté de l'homme se manifeste dans sa capacité à résister à cette influence et que Dieu a une puissance supérieure aux astres.

Ainsi l'astrologue peut-il se présenter comme un auxiliaire permettant à chacun d'opérer des choix judicieux, éclairés, ce qui correspond d'ailleurs à l'appellation savante "d'astrologie judiciaire" ou "scientia judiciorum", c'est-à-dire "étude de l'influence supposée des astres sur les jugements déterminants les conduites (décision, choix, moment d'agir)" (*Le Grand Robert*).

Comme R.Barthes, après d'autres, l'a bien mis en évidence dans ses *Mythologies*¹⁵, l'astrologie et son public semblent s'accommoder sans s'émouvoir de la contradiction théorique qui consiste à rechercher des signes annonciateurs du destin pour mieux éviter ou corriger celui-ci. Cette contradiction se résout dans une attitude pratique peu cohérente mais fort ancienne (comme en témoigne par exemple l'attitude d'Œdipe) et sans doute nécessaire à tous ceux que l'avenir (individuel ou collectif) inquiète davantage qu'une inconséquence logique.

Quels que soient les atténuations que l'astrologie médiévale et renaissante impose au principe fataliste, il n'en reste pas moins évident que l'idée même de signe astral se fonde sur une vision du monde unifiée dans laquelle l'homme se pense comme élément d'une totalité finie où toutes choses se répondent. Cette cosmologie est d'essence vitaliste et conduira à multiplier les métaphores qui assimilent l'univers à un être vivant conçu selon le modèle hippocratique comme une totalité organisée dans lequel chaque organe est en relation avec l'organisme. On sait que les naissances conjointes de l'astronomie et de la physique modernes, qui se caractérisent par l'ouverture de l'espace, mais aussi par l'affirmation de son caractère homogène, favoriseront l'adoption de représentations mécanistes de l'univers. Or, comparer l'univers à une horloge, c'est non seulement le "déshumaniser", mais plus radicalement le "dévitaliser".

On pourrait donc croire que le fondement cosmologique de l'astronomie dépassé, celle-ci devait disparaître, du moins en tant qu'activité savante étroitement liée à l'astronomie, et ne subsister que comme superstition populaire, à la fois anachronique et figée. Ce ne fut pourtant pas, ou du moins pas immédiatement, le cas. En effet, l'un des plus éminents fondateurs de l'astronomie moderne, Kepler, ne se contenta pas de pratiquer l'astrologie comme une activité lucrative, mais s'efforça, à travers de nombreux ouvrages de réformer celle-ci en profondeur, ce qui explique sans doute la sévérité de certains de ses propos à l'encontre de la tradition astrologique dont il conserva cependant bien des éléments fondamentaux. Il convient de tenter d'expliquer cette tentative devenue aujourd'hui difficilement compréhensible de la part d'un des fondateurs de la mécanique céleste qui écrivit notamment : "La machine céleste doit être comparée non point à un organisme, mais à un mouvement d'horlogerie".

3.2 L'astrologie "naturelle" (ou rationalisée) de Kepler.

Kepler (1571/1634), qui hérite, en tant qu'astronome, à la fois des très riches observations de Tycho-Brahé et du modèle copernicien, publie aussi dès 1601 une *Amélioration des fondements de l'astrologie*, ouvrage rédigé en latin, c'est-à-dire destiné à un public savant, de philosophes en particulier, dont il doit sentir le scepticisme augmenter à l'encontre de l'astrologie. Gérard Simon,

¹⁵ R.Barthes, *Mythologies*, p.165 sq., Paris, 1957

dans son *Kepler astronome astrologue*,¹⁶ souligne le fait que Kepler tente, dans cet ouvrage, de dégager les principes qui fondent une théorie de l'influence astrale. Ils concernent trois dimensions : l'une est physique, l'autre "psychologique" ou harmonique, la dernière métaphysique.

3.2.1. Les causes naturelles de "l'efficace des astres".

Dans l'*Amélioration des fondements de l'astrologie*, Kepler reprend à la tradition (d'origine grecque) l'idée selon laquelle des qualités physiques peuvent être attribuées aux deux luminaires et aux cinq planètes connues, mais il tente surtout d'expliquer rationnellement l'action de ces corps célestes, ou du moins de forger un principe explicatif permettant de rendre compte de ces effets.

Le premier critère de distinction permettant d'expliquer la diversité des effets des corps célestes réside dans la nature de la lumière diffusée par ces corps : celle-ci peut être directe, elle aura alors pour conséquence l'échauffement; mais elle peut aussi être réfléchie, et aura pour propriété d'humidifier. Ce principe est inspiré par l'attribution traditionnelle, et pour une part évidente, au soleil de propriétés calorifiques, et à la lune d'une capacité à enfler et à faire décroître les "humeurs", ce qui vaut autant pour les médecins, les agriculteurs que les navigateurs.

Kepler s'efforce par ailleurs de rationaliser la physique qualitative héritée d'Aristote, en remplaçant l'opposition entre le chaud et le froid, le sec et l'humide, par une échelle permettant de se représenter la chaleur en terme d'excès, de valeur moyenne, et de défaut, combinée à l'humidité graduée selon le même principe, qui autorise ainsi à classer les planètes d'une manière systématique. Kepler se préoccupe par ailleurs des facteurs physiques qui peuvent rendre compte de ces influences planétaires en postulant que la proximité de ces corps par rapport à la terre accroît l'intensité de l'effet de leur rayonnement, ainsi que la relative stabilité de leur position pour l'observateur terrestre.

On constate donc que Kepler tente de rationaliser une tradition assez hétéroclite, et essentiellement empirique, ce qui peut aussi bien surprendre, si l'on admet que la science se construit sur des ruptures radicales par rapport aux savoirs qui la précèdent, que paraître digne d'un esprit qui s'ouvre à la rationalité, et entreprend d'en étendre le champ d'action aux pratiques qui lui semblent trop manifestement mal fondées. Mais les efforts de Kepler pour "fonder" l'astrologie réservent encore bien des surprises pour celui qui ne voyait en lui que le prédécesseur de la mécanique rationnelle...

3.2.2. Les causes harmoniques.

Outre les tentatives de systématisation de l'efficace physique des corps célestes, Kepler, qui est aussi un grand mathématicien, retient également de la tradition astrologique la théorie des aspects. Ceux-ci concernent les angles formés par la position mutuelle des planètes (cf.2.2.). Certains de ces angles sont, selon une tradition qui remonte jusqu'à Pythagore, considérés comme harmoniques, c'est-à-dire géométriquement constructibles.

Pourtant Kepler admet sans ambiguïtés que ces "aspects" ne concernent que l'observateur terrestre, et étant copernicien il accepte sans restriction l'idée que la terre n'est pas au centre de l'univers. Cela le conduit à affirmer que dans la "position en aspect", ce ne sont pas les planètes qui changent, mais la terre qui perçoit les aspects comme un animal; la terre a donc une "âme" sur laquelle agissent les harmonies célestes, sans qu'elle soit capable évidemment de s'expliquer ces modifications. Pour justifier ces étranges affirmations, Kepler use d'une comparaison qui ne laisse pas de surprendre, même si l'on y repère son attachement aux traditions pythagoriciennes : les "aspects" agissent sur "l'âme" de la terre comme la musique émeut l'âme des paysans qui n'y connaissent pour-

¹⁶ G.Simon, *Kepler astronome astrologue*, Paris 1979. Tout l'exposé qui suit s'inspire directement de cet ouvrage.

tant rien en mathématiques et donc en harmonie.

3.2.3 Les phénomènes surnaturels : des signes exceptionnels

Bravant les dogmes de la physique aristotélicienne, les astronomes de la génération antérieure à Kepler, Tycho-Brahé en tête, admettent que dans le "supralunaire" se produisent des changements, c'est-à-dire que cette région du ciel n'échappe ni à la génération, ni à la corruption qui affectent évidemment la zone dite "sublunaire". L'observation des comètes et des "étoiles nouvelles" explique cet abandon de la coupure aristotélicienne en deux mondes, ainsi, bien sûr, pour ceux qui y adhèrent, que l'adoption d'une cosmologie d'inspiration héliocentrique.

Parmi les phénomènes qu'il lui est donné d'observer, il en est un qui inspirera à Kepler de curieuses spéculations sur la valeur signifiante de certains événements célestes; il s'agit précisément de l'observation d'une "étoile nouvelle" (super-nova) qui se manifeste en 1604. Les circonstances qui accompagnent cette apparition sont si exceptionnelles qu'elles donneront à Kepler l'occasion de compléter ses réflexions sur l'astrologie et de rédiger un livre intitulé *De Stella nova*.

Les astrologues groupaient notamment les signes du zodiaque en tenant compte des éléments qui leur étaient associés; ainsi les constellations du Bélier, du Lion et du Sagittaire étaient-elles liées au feu, et réunies par les sommets d'un triangle équilatéral appelé "trigone igné". Pour un observateur terrestre un tel événement ne se produit que tous les huit siècles. On attendait donc en 1604 le retour de cette configuration avec une fébrilité certaine (le "trigone igné" étant par ailleurs spécialement valorisé). Or les astrologues, ou les "astronomes astrologues", pour reprendre l'expression de G.Simon, désireux de vérifier l'exactitude de leurs calculs et curieux des événements qui pourraient accompagner un phénomène céleste aussi exceptionnel eurent l'immense surprise de découvrir une étoile inconnue et spécialement brillante à l'intérieur du périmètre du triangle attendu : il s'agissait d'une super-nova.

Cette observation, solennellement évoquée par Kepler dans le *De Stella nova*, lui inspirera des réflexions qui peuvent se résumer à ce questionnement : comment admettre que l'apparition de cet astre soit une coïncidence à la fois sur le plan chronologique (elle est simultanée au retour du "trigone igné") et sur le plan spatial (l'étoile s'inscrit dans le triangle tracé entre le sommet des constellations)? Il faut préciser, par ailleurs que la position de l'étoile nouvelle dans le trigone n'est repérable que par un observateur terrestre. Comment dès lors ne pas y voir un signe divin adressé aux hommes par le Créateur? Mais qui peut interpréter un tel signe? L'astrologue ne peut ici que souligner le caractère extraordinaire du phénomène; son interprétation, affirme Kepler, est du ressort d'un prophète, c'est-à-dire relève de la divination inspirée...

Ainsi Kepler admet-il que le rôle de l'astrologue, si rigoureux soit-il, s'arrête dans ce cas à la détermination du caractère exceptionnel, totalement imprévisible, du phénomène observé.

Conclusion

L'effort de rationalisation de l'astrologie qui anime plusieurs écrits de Kepler paraît aujourd'hui bien surprenant, d'autant plus qu'il est clair qu'il a existé de nombreuses interactions entre sa recherche astronomique et son activité astrologique, comme si le grand savant avait pu être stimulé dans ses recherches par des interrogations d'ordre astrologique.

Il semble donc bien que ce ne soit que par un regard rétrospectif que nous sommes amenés à dissocier, voire opposer astronomie et astrologie chez des penseurs comme Kepler; ce regard nous conduit en réalité à ne retenir communément de l'œuvre de ces grands novateurs que ce que la science ultérieure en a conservé (en l'adaptant à des systèmes d'interprétation et des langages

postérieurs), mais il nous interdit de comprendre globalement ce qui a été élaboré et surtout comment et à quelles fins le savoir s'est ainsi constitué.

Il est vrai, cela dit, que nous pouvons relire Kepler et d'autres (comme Newton par exemple¹⁷) d'une manière moins sélective que naguère, sans pour autant admettre ni "les attrayantes chimères" de l'astrologie, ni "les énergiques déceptions" de l'alchimie. En effet comment accepter la valeur signifiante de l'astre, comment en faire un "signe", sans adhérer à une conception fataliste intellectuellement si éloignée du rejet de l'anthropocentrisme et de l'anthropomorphisme qui depuis Descartes et Spinoza a fondé la rationalité moderne?

On peut expliquer le regain de fascination que l'astrologie connaît depuis à peine un demi-siècle par le désarroi qui peut saisir nos contemporains lorsqu'ils saisissent l'instabilité du monde historique, mais aussi lorsqu'ils sont aptes à saisir que le rapport de l'homme à l'univers peut s'appréhender en termes de rupture comme le rappelle la désormais célèbre formule de J.Monod : "L'ancienne alliance est rompue; l'homme sait enfin qu'il est seul dans l'immensité indifférente de l'univers d'où il a émergé par hasard"¹⁸.

On peut aisément comprendre que l'astrologie conserve ou réinstalle des liens entre l'homme et l'immensité de l'espace, mais le fondement fataliste de la technique divinatoire aboutit à des conséquences que souligne clairement la maxime forgée par La Fontaine dans la fable intitulée *L'horoscope*¹⁹: "On rencontre sa destinée/Souvent par des chemins qu'on prend pour l'éviter".

Mais il faut, pour bien juger de l'astrologie, considérer attentivement ce qui oppose fatalisme et déterminisme. Le fatalisme relève en effet d'une conception finalisée de l'univers, et de l'existence individuelle; comme l'écrit Sartre²⁰, "le fatalisme pose que tel événement doit arriver et que c'est cet événement futur qui détermine la série qui va jusqu'à lui". La prédiction astrologique se fonde donc logiquement sur la prise en compte de ce que l'on appelle "cause finale", même si les astrologues atténuent ce principe en distinguant "inclination" et "contrainte" (cf. supra 3.1.3.). Le déterminisme, en revanche "pose que tel phénomène étant donné, tel autre doit suivre nécessairement"²¹; le déterminisme accorde une attention exclusive aux causes antécédentes, et dans ce contexte, ce qui doit arriver est prévisible si l'on connaît suffisamment l'état d'un système antérieur, mais n'est nullement nécessaire puisque la connaissance du mécanisme qui doit produire le phénomène permet éventuellement à l'homme de l'atténuer, de le détourner, ou simplement de l'anéantir en agissant sur les causes qui doivent l'engendrer. C'est pourquoi Sartre peut conclure: "Ce n'est pas le déterminisme, c'est le fatalisme qui est l'envers de la liberté"²². On peut donc, sans être capable de réfuter la croyance à la valeur de "signe" des phénomènes célestes, puisqu'une telle croyance a des fondements magico-religieux "infalsifiables", dénoncer dans l'astrologie une conception de l'existence humaine qui tend à susciter une éthique de la résignation.

Mais on ne peut s'en tenir là, tant il est vrai que la tradition astrologique ne se limite pas, comme nous avons tenté de le montrer, à un point de vue "sémiologique": l'astre n'y est pas seulement considéré comme "signe", mais aussi comme "cause". Les astrologues ou leurs partisans utilisent d'ailleurs volontiers aujourd'hui l'expression "déterminisme astral" pour rendre compte de ce que Kepler appelait "l'efficace des astres". Doit-on se laisser convaincre par l'adaptation à la tradition astrologique d'un discours et d'un savoir physique?

Il faut pour tenter de répondre à cette question rappeler que l'efficace physique des

¹⁷ Cf. le remarquable ouvrage de L.Verlet, *La malle de Newton*

¹⁸ J.Monod, *Le hasard et la nécessité*, (p.194), Paris 1970

¹⁹ J. de La Fontaine, *Fables* (VIII,16)

²⁰ Sartre, *L'Imaginaire* (p.68), Paris 1940

²¹ Sartre, *ibid.*

²² Sartre, *ibid.*

corps célestes peut être rapportée soit à leur masse, soit à leur lumière. Le premier critère ne peut concerner qu'une part très réduite des phénomènes pris en compte par l'astrologie : les deux luminaires, la lune en particulier, et peut-être quelques planètes, si l'on considère par exemple que leur masse est suffisante pour avoir quelque effet sur le soleil lorsqu'elles s'en rapprochent. Mais dans l'état actuel de nos connaissances ces hypothèses sont loin d'être vérifiées, et, en tout état de cause, ne justifieraient qu'une part infime des prédictions astrologiques (qui ne se limitent nullement à la prise en compte des corps célestes les plus proches de la terre). Quant à l'énergie projetée par la lumière diffusée par les corps célestes, on ne peut accepter qu'elle soit revendiquée comme le fondement d'une explication rationalisée de l'astrologie, car, les astrologues ne tiennent pas compte de la distance des corps célestes par rapport à la terre (à l'exception notable de Kepler toutefois : cf. supra 3.2.1.). Or Olbers démontre en 1823 que l'énergie de la lumière décroît en raison inverse du carré de la distance entre la source lumineuse et le lieu de son impact²³. Cette loi, à elle seule, compromet les efforts de ceux qui tentent de "sauver" l'astrologie en utilisant des connaissances, et un mode de raisonnement empruntés à la physique.

Les partisans de l'astrologie, se heurtant à des difficultés considérables quand ils prétendent rendre raison de cette tradition, en appellent fréquemment à l'évidence empirique. Ils tentent de la justifier a posteriori en établissant des statistiques visant à montrer que les natifs de tel ou tel signe partagent tel ou tel caractère, ou que telle planète figure, avec une fréquence surnormale, dans le thème astral de telle ou telle catégorie professionnelle (Mars, par exemple, s'observerait dans le thème astral de nombre de sportifs de haut niveau). Il semble bien cependant que les bases tant sociologiques, que mathématiques de ces travaux statistiques soient pour le moins fragiles²⁴.

Ce qui demeure en revanche difficile à contester, c'est que si on peut raisonnablement douter de l'influence des astres, on ne peut en revanche nier les effets de la crédulité qui nous pousse à admettre soit l'efficacité des astres, soit leur valeur de signe. On peut même, comme Descartes, s'alarmer des effets de cette crédulité : "Hortensius, étant en Italie, il y a quelques années, se voulut mêler de faire son horoscope, et dit à deux jeunes hommes de ce pays qui étaient avec lui, qu'il mourrait en 1639, et que, pour eux, ils ne vivraient pas longtemps après. Or, lui étant mort cet été, comme vous savez, ces deux grands jeunes hommes ont eu tellement d'appréhension que l'un d'eux est déjà mort; et l'autre, qui est le fils d'Hortensius, est si languissant et si triste qu'il semble faire tout son possible afin que l'astrologie n'ait pas menti. Voilà une belle science, qui sert à faire mourir des personnes qui n'eussent pas peut-être été malades sans elle."

Bernard Camelin (mai 1996)

Note de la Rédaction : Notre collègue Bernard Camelin, professeur de philosophie, a bien voulu accepter de rédiger pour les Cahiers les termes d'une conférence qu'il a prononcée lors d'un stage d'Astronomie dont il était par ailleurs l'instigateur et le responsable et auquel ont participé Lucette Bottinelli et Lucienne Gouguenheim. Ce stage, ouvert à un public d'enseignants relevant de disciplines variées (philosophie, lettres, sciences) s'est déroulé au lycée de Corbeil-Essonne en avril 1996.

²³ Cf. J.C.Pecker, *L'astrologie et la science*, in *La recherche* n°140, janvier 1983

²⁴ Cf. J.C.Pecker, *ibid.*

GRENOBLE - VINGT ANS APRES OU COMMENT EST NEE L'IDEE DU CLEA

L'Union Astronomique Internationale (UAI) tient son Assemblée Générale tous les 3 ans dans un pays différent. Plusieurs milliers d'astronomes, regroupés en des commissions thématiques se retrouvent alors pendant une dizaine de jours pour échanger leurs travaux. En Août - Septembre 1976, l'Assemblée Générale de l'UAI s'est réunie à Grenoble. La Commission n° 46 : "Enseignement de l'Astronomie" qui a pour but de contribuer au développement de l'enseignement de l'astronomie sous toutes ses formes, était alors sous la présidence du britannique Derek McNally. Il est d'usage, lors d'une Assemblée Générale, de consacrer une journée à une rencontre avec les enseignants des écoles du pays où celle-ci se déroule. C'est ainsi que je fus invitée - car je représentais la France au sein de la commission - à organiser cette rencontre et les débats sur l'enseignement de l'astronomie dans les écoles françaises ; mon embarras fut grand, car, à cette époque, l'astronomie était totalement absente des programmes de notre pays. Je pris donc contact avec des personnalités jouant un rôle au sein des associations professionnelles d'enseignants : ce furent mes premiers contacts avec Hubert Gié, qui était alors rédacteur en chef du BUP et Gilbert Walusinski, dont on connaît le rôle au sein de l'APMEP ; je contactais aussi Claire Terlon, à ce qui n'était pas encore le CNDP (et qui s'appelait l'OFRATEME). Ils m'accueillirent tous avec intérêt et efficacité : des informations sur l'organisation de la journée circulèrent grâce à eux au sein du public concerné, à qui l'on demanda, en s'inscrivant, de fournir un petit texte résumant leurs activités astronomiques. Parmi la liste des participants, on retrouve bien des noms connus du CLEA ; Daniel Bardin, Alain Dargencourt, Jean-Marie Poncelet, Jean-Paul Rosenstiehl, Victor Tryoën, Gilbert Walusinski par exemple, parmi bien d'autres, décrivaient en détail leurs activités, leurs souhaits ...

De son côté, Derek McNally, choqué d'apprendre que l'enseignement français ignorait superbement l'astronomie, demanda aux membres de la Commission qui pouvaient s'exprimer en Français de participer à la journée et d'exposer la situation de leur pays. Les belges Léo Houziaux et C. de Loore, la polonaise Cecylia Iwaniszewska, le québécois André Landry et le suisse André Maeder répondirent à l'appel. En France, on fit appel au président de la commission Lagarrigue, Roland Omnès et au vice-président de la Société Française de Physique, Evry Schatzman.

Nous fûmes, Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi et moi le "comité d'organisation local" et nous eûmes aussi la responsabilité de l'édition du compte rendu. Il nous semble aujourd'hui que la publication des conclusions adoptées par les participants pourrait intéresser les lecteurs des Cahiers ... Nous les reproduisons ci-après. Je me souviens de notre promesse de répondre à la demande exprimée par les participants : elle fut rapidement suivie d'effet. Aucune de nous, ni aucun de ceux des participants dont vous avez reconnu les noms, et en particulier Gilbert, n'imaginait où cette aventure devait nous conduire : la première Ecole d'Eté eut lieu en été 1977 à Lanslebourg Mont Cenis, et le premier numéro des Cahiers Clairaut parût au printemps 1978.

Nous avons choisi de reproduire ici la contribution de Jean-Paul Rosenstiehl, parce qu'il nous semble que nous avons encore à méditer ce qu'il nous disait alors...

La grande aventure du CLEA a commencé ce 2 septembre 1976 ; le réseau de liens et de relais lentement tissé à l'échelle de la France s'étend aujourd'hui à l'échelle de l'Europe. L'Association Européenne pour l'Education en Astronomie organise à partir du mois d'octobre le projet "Astronomy on Line" présenté ci-après.

Lucienne Gouguenheim

Recommandations adoptées par les participants du
COLLOQUE ENSEIGNANTS - ASTRONOMES
Grenoble - 2 septembre 1976

Les participants de la rencontre du 2 septembre 1976, à Grenoble entre astronomes et enseignants du secondaire estiment que l'extrême motivation pour l'astronomie dont font preuve les élèves montre qu'il faut :

1°) Poursuivre l'effort commencé par la "Commission Lagarrigue" pour inclure des exemples d'astrophysique dans les nouveaux programmes de physique et de chimie.

- Favoriser l'expérimentation qui seule permet d'échapper à l'aspect figé que peuvent avoir des programmes

- Tenir compte de l'expérimentation des modules du premier Cycle - et de leur succès. Le premier cycle est fondamental dans la formation de l'esprit scientifique, il correspond en outre à l'enseignement dispensé à tous.

- Les programmes des classes de 6ème et de 5ème qui ont été élaborés sous la forme d'un cadre, qui n'est pas une structure figée, doivent être utilisés pour situer l'enfant dans son environnement.

- L'Astronomie peut jouer aussi un rôle important dans les activités d'éveil des classes antérieures à la 6ème.

La géographie, qui s'oriente à situer l'homme dans son milieu naturel, peut profiter de l'astronomie. C'est un domaine à défricher.

2°) Les chercheurs et les universitaires doivent répondre à la demande qui se dégage chez les enseignants.

- Favoriser la réalisation et la diffusion au niveau de tous les établissements de documents audio-visuels.

- Mettre au point des ouvrages de base destinés aux enseignants,

- Organiser des écoles d'été, dont le principe est retenu.

3°) Pour la réalisation de ces objectifs, le risque paraîtrait grand, compte tenu des demandes de formations formulées au cours de cette journée de séparer encore davantage des établissements universitaires et de recherche le lieu de formation des maîtres de l'enseignement secondaire et primaire. Il est nécessaire que les universités amplifient leur soutien aux initiatives de formation permanente (services, locaux, moyens, ...) que des décharges de service soient accordées aux enseignants du secondaire.

- Que les universités et le Secrétariat d'Etat poursuivent le soutien qu'ils accordent aux physiciens universitaires qui établissent des liens entre la Recherche et l'Enseignement de la physique dans le secondaire.

- Qu'il existe une structure de formation continue des enseignants.

- Que les expériences de tous ordres qui ont été faites dans le cadre des clubs et des PAE soient réinvesties dans la formation des enseignants.

une date à retenir : 17 novembre 1996, à Orsay
ASSEMBLEE GENERALE DU CLEA

Avant le 19760902, et après...

Le 2 septembre 1976, à Grenoble, quelle belle journée ! Quel bon souvenir pour ceux qui se disent avec jubilation, "J'y étais !".

L'Union Astronomique Internationale (UAI) venait de tenir ses assises à Grenoble. Dans le cadre de sa commission n°46, **Enseignement de l'astronomie**, l'équipe du Laboratoire d'astronomie d'Orsay avait eu la bonne idée d'organiser une journée qui réunirait des astronomes professionnels et des enseignants ayant, les uns et les autres, le même désir de promouvoir un véritable enseignement d'initiation à l'astronomie. Hommage donc pour commencer à cette équipe, Lucienne Gouguenheim, Lucette Bottinelli et Michèle Gerbaldi, qui sut réunir des enseignants venus de tous les horizons, physiciens de l'école normale de Douai ou d'un lycée du Mans aussi bien qu'un professeur de dessin de Marseille ou qu'un professeur d'anglais de La Rochelle ou qu'un prof de math de Paris. Et, pour une belle journée, ce fut une belle journée. Bien remplie d'abord par des témoignages sur des réalisations vécues, sur des perspectives nouvelles et la réussite de la journée est attestée par ses suites. Le CLEA existe, les CAHIERS CLAIRAUT vont bientôt publier leur numéro 80 et l'enseignement de l'astronomie, au niveau de l'initiation, s'il a encore beaucoup de progrès à faire, a été transformé et mis sur la voie du progrès.

Pourquoi cette journée de Grenoble a-t-elle eu cette bénéfique influence ? L'inquiétude des astronomes devant la trop grande ignorance du public pour les choses de leur science ne date pas de 1976. Déjà Arago s'en inquiétait, Flammarion s'était étonné *"que les habitants de notre planète aient presque tous vécu jusqu'ici sans savoir où ils sont et sans se douter des merveilles de l'Univers"*. Mais l'incontestable talent des vulgarisateurs de la taille des Paul Couderc ou des Hubert Reeves n'a jamais pu remplacer la formation scolaire si elle est vraiment générale et fondée sur un pédagogie active.

C'est pourquoi le 2 septembre 1976 fut vraiment une belle journée : fut alors clairement posée la nécessité d'un enseignement d'initiation "de la Maternelle à l'Université" et qu'il fallait donc commencer par le commencement, **informer, former les enseignants**. Mais ce ne fut pas seulement une belle journée, ce fut le début d'une activité qui dure encore. L'équipe d'Orsay avait su réunir des bonnes volontés, elle sut garder les contacts ainsi réalisés, publier un compte rendu de la réunion (importance de l'écrit), annoncer la première ECOLE D'ETE et tous les participants de l'école de Lanslebourg gardent le souvenir des réveils en musique et surtout des journées et soirées laborieuses et riches dans un climat de fraternité qui a marqué le CLEA dès avant sa naissance officielle. Ce fut la première école d'été, la première d'une longue série qui s'est diversifiée et qui continue...

Alors, avant, rien ?

Dire non serait injuste car il y eut diverses tentatives mais elles furent sans suites durables et il peut être instructif de comprendre pourquoi.

Peut-être faut-il rappeler que le développement de l'enseignement des sciences est relativement récent. Dans le sillage des fameux programmes scolaires de 1902, au Lycée, les élèves des classes terminales de Lycée (Philosophie ou Mathématiques élémentaires) avaient droit à un cours de **cosmographie** assuré par le professeur de mathématiques. Celui-ci n'avait, en général, aucune formation en astronomie; seuls certains candidats à l'agrégation avaient suivi les cours d'un certificat d'astronomie dans les universités qui dispensaient cet enseignement et ils souhaitaient néanmoins échapper, à l'oral de l'agrégation, à trois sujets de leçons très classiques mais peu gratifiants (inégalité des jours et des nuits, lois de Kepler, éclipses). Dans la plupart des classes, l'enseignement de la "cosmo" restait purement livresque, ne comportait aucune observation effective et conduisait, au mieux, à des questions du genre "pourquoi

les saisons ont-elles des durées inégales ?"

Inquiets de la sclérose que connut cet enseignement, André Danjon et Paul Couderc, vers les années 1950, organisèrent une série de conférences destinées aux enseignants. Elles touchèrent un public restreint mais fidèle dans l'amphi de l'Institut d'Astrophysique. Une poignée de professeurs de mathématiques dans leur majorité manifestait son intérêt pour les progrès de l'astrophysique. J'ai en particulier le souvenir d'y avoir entendu pour la première fois Jean-Claude Pecker exposer ce qu'on pourrait attendre de l'astronomie spatiale. Quant à moi, j'ai remords ne n'avoir ni su ni pu rédiger et éditer ces conférences pour élargir leur audience qui restait trop parisienne. Dans les classes, la cosmo restait souvent bâclée en quelques séances sauf chez quelques enseignants passionnés qui animaient des petits clubs. Ainsi ai-je souvenir, photo à l'appui, de l'observation de l'éclipse de Soleil du 30 juin 1954 qui réunit sur la terrasse de Meudon le club Alcor et Mizar du Lycée Voltaire et le club du Lycée Janson qui était animé par une petite équipe d'élèves dont les deux futurs astronomes Léna et Roddier. Réussite exceptionnelle et rareté des éclipses...

Quand la nécessaire rénovation des programmes de mathématiques fut entreprise par la Commission Lichnérowicz (pour la physique, la Commission Lagarrigue ne fut malheureusement pas créée simultanément), l'inévitable allègement des programmes entraîna la suppression de la cosmo. Inquiet du vide ainsi créé dans la formation des lycéens, j'eus alors de longs entretiens avec Paul Couderc qui gardait le meilleur souvenir de ses années d'enseignement des mathématiques aux Lycées Charlemagne et Janson. Grâce surtout à son entremise, André Danjon, Directeur de l'Observatoire de Paris accepta de présider une commission avec son ancien compagnons d'école normale, Julien Desforge, Inspecteur général de mathématiques. Cette commission n'avait pas de caractère officiel mais elle réunit des astronomes professionnels et des enseignants venus de l'Union des Physiciens et de l'Association des Professeurs de Mathématiques et son travail fut effectif. Elle préconisa un enseignement rénové d'astronomie-astrophysique étalé sur trois années (classes de Seconde, Première et Terminale) à raison de dix heures par an. Autre originalité du projet, il recommandait de confier cet enseignement à des enseignants volontaires réunissant en équipe mathématiciens, physiciens, philosophes ou animateurs de clubs d'astronomie dans les établissements où il en existait.. Le projet prévoyait la fabrication de matériels didactiques et la formation continue des enseignants. Il y avait sans doute beaucoup de naïve utopie dans ce projet qui alla pourtant jusqu'au cabinet du ministre de l'Education Nationale. Le rapport fut édité par l'UdP et par l'APMEP. Mais l'accueil de l'administration se borna à l'organisation des dix heures en classes terminales scientifiques, organisation qui tomba rapidement en quenouille faute d'enseignants volontaires. En particulier, la notion de formation continue des enseignants était alors totalement étrangère à notre administration et je ne suis pas certain que la grande évolution souhaitable soit vraiment achevée.

Pourquoi ce projet fut-il finalement un échec ? A mon avis, la première raison de cet échec est une mauvaise conception tactique, subordonner l'action dans les classes aux décisions ministérielles. Il aurait fallu prouver le mouvement en avançant quelques réalisations qui auraient fait naître d'autres initiatives. Le prouve l'expérience de l'Ecole d'été de Lanslebourg qui, en 1977, n'avait rien d'officiel mais son succès entraîna la suite du mouvement. Autre grave défaut du projet des trois fois dix heures, il ne concernait que l'enseignement du second degré, ignorait ce que nous appelons aujourd'hui le niveau collège et encore plus le niveau école élémentaire et maternelle si riche de possibilités.

Si bien qu'après ce retour un rien sentimental au passé, j'en reviens au souvenir réconfortant de la journée de Grenoble. Le climat convivial de la rencontre donna le ton, le CLEA n'est pas né dans la douleur.

G.W.

CONTRIBUTION DE JEAN-PAUL ROSENSTIEHL
PROFESSEUR DE SCIENCES PHYSIQUES AU LYCEE DU MANS
A LA PREPARATION DE LA JOURNEE DU 2 SEPTEMBRE 1976

• CONSIDERATIONS GENERALES.

"Autrefois" quelques notions d'Astronomie étaient enseignées dans les lycées au niveau de la classe terminale : le professeur faisait des démonstrations au tableau et il s'agissait avant tout de mathématiques. Malgré la compétence du professeur, cet enseignement très abstrait ne m'a laissé qu'un vague et assez mauvais souvenir (j'étais élève à ce moment !). On sait ce qu'il est advenu de cet enseignement : suppression pure et simple donc échec...

Il me paraît utile de tirer des leçons de cet échec : je crois qu'il est absolument nécessaire d'aborder cette science par l'observation directe avec nos élèves. Je pense que les considérations théoriques ne doivent venir qu'après et même longtemps après. Il ne s'agit pas pour nous, à mon sens, de donner aux élèves un très grand nombre de connaissances abstraites, mais plutôt de les amener à se poser des questions après avoir observé. Nous devons être avant tout des guides favorisant les observations faites par nos élèves. D'où une première exigence qui me paraît fondamentale pour la suite : l'enseignant doit être lui-même (ou devenir) un observateur intéressé, voire passionné. Il faut avoir ressenti le "petit choc" en apercevant dans l'oculaire d'un instrument les cratères de la Lune, les satellites de Jupiter ou les anneaux de Saturne... et partant de là nous saurons communiquer à nos élèves le même type de sentiment émerveillé.

Ensuite (et ensuite seulement et j'insiste lourdement sur ce point) nous pouvons nous permettre de "faire passer" quelques connaissances d'où une deuxième exigence. C'est celle d'avoir la possibilité d'en acquérir : constitution d'une bibliothèque, photos, documents de toutes sortes ... L'élève doit se sentir associé à ce travail et notre rôle ne consistera pas à "asséner" des connaissances et des résultats préétablis.

La troisième exigence (et ce n'est pas la moindre) est que nous fassions preuve d'une souplesse d'esprit et d'une ouverture suffisante : mais nous ne devons pas donner une structure figée et éviter de tomber dans le piège contenu dans l'équation astronomie - illustration de lois physiques. Je crois qu'il faut au contraire essayer de faire prendre conscience à nos élèves que l'astronomie recouvre un très grand nombre de domaines et de disciplines.

• EXEMPLES DE SUJETS ABORDES, lors des deux dernières années :

Première phase : J'enseigne aux classes de 2nde, 1ère et Terminale et je commence donc en 2nde (âge des élèves : 15-16 ans) dès le début de l'année par faire remplir un questionnaire en classe, je précise qu'il ne s'agit pas d'un "devoir" et encore moins d'un "contrôle des connaissances" mais d'une enquête sur l'Astronomie. Les élèves "jouent le jeu" très facilement. En résumé, on constate que les élèves mélangent un peu tout : astronomie, astrologie, et les OVNI ! bien sûr ! ..., les connaissances sont pratiquement inexistantes et ce qui me paraît plus grave c'est qu'ils s'imaginent qu'il est impossible d'observer sans le secours d'un puissant appareil (observatoire) d'où la 2ème phase :

2ème phase : sensibilisation . Observation d'un objet facile : Lune.

Je profite de la tombée de la nuit au début de l'hiver et je place une lunette astronomique dans la cour du Lycée vers 17h ou 18h. 90% des élèves se déclarent émerveillés par le spectacle ! Il faut préalablement prévenir l'administration du lycée et ne pas poursuivre trop longtemps ce premier contact. On peut profiter aussi de la présence d'autres objets : Vénus (le croissant intrigue les élèves),

ou Jupiter (cette année). L'observation d'une étoile déçoit les élèves ; leur montrer un amas (Pléiades, par exemple).

3ème phase : faire un bilan des réactions des élèves

Exemple : " La Lune est pleine de trous", "la Lune bouge"... "Ce n'est pas Vénus mais le croissant de la Lune", "Jupiter est entouré de 4 étoiles", "Les Pléiades c'est la Grande Ourse"... Ne pas se moquer de ces remarques !!

4ème phase : Après avoir classé ces réactions en différentes catégories, on aborde l'étude de l'un des aspects évoqués, exemple : le mouvement diurne permet d'expliquer la raison pour laquelle un objet sort rapidement du champ de l'appareil. J'utilise des photos (et diapos) de traînées stellaires - arc de cercle au voisinage la Polaire. Les élèves déterminent eux-mêmes la "durée d'un tour" par des mesures d'angles connaissant le temps de pose. (sur mes clichés les poses varient de 1/2 h à 2 h) Les élèves posent alors la question de la durée du jour et de la nuit, des saisons, d'où l'introduction un peu plus difficile du mouvement annuel et de la notion d'écliptique. L'amplitude trop grande de ce phénomène ne permet pas une observation des variations par les élèves, mais j'ai préparé sur un dessin "les endroits" où se lève le soleil par rapport au Lycée pendant toute une année ; les élèves sont incités à vérifier de temps en temps

Je crois qu'il est important d'avoir dégagé au départ ces 2 types de mouvements.

5ème phase : Observation du ciel étoilé (la toile de fond) ; prise de quelques repères. Je distribue des cartes célestes très simplifiées, permettant d'identifier quelques constellations ; les élèves les observent et les dessinent. Représentation des positions successives de la Lune par rapport aux étoiles d'où l'étude des phases de la Lune. Faire acquérir la notion de distance angulaire : P. L. $\approx 1/2$ degré.

Arrivés à ce stade, les élèves proposent eux mêmes des sujets. Je profite aussi des phénomènes célestes remarquables.

Exemples : éclipse de Soleil, de Lune, Les élèves sont prévenus 8 jours avant, j'indique les heures de début et les élèves font eux mêmes croquis et éventuellement photos en chapelet en notant les heures successives. La séance suivante, ils commentent leur travail et on étudie le mécanisme du phénomène.

Autres sujets abordés .

- Le Soleil : observations de taches solaires en projection sur un écran ; suivi d'un exposé par un groupe d'élèves.

- Planète Mars : repérage des positions par rapport aux étoiles; le mouvement propre est facilement mis en évidence par les élèves (amplitude $\approx$ quelques semaines). Ensuite étude critique de la trajectoire apparente et réelle (d'où le système de Copernic!).

- Vénus : même type de travail, mais à partir de documents préparés à l'avance.

- Jupiter : les mouvements des satellites galiléens.

- Fonctionnement d'une lunette, d'un télescope (je profite d'une période de mauvais temps, hélas trop fréquent...).

En classe Terminale, j'ai abordé des sujets plus ambitieux.

- Evolution d'une étoile.

- Nébuleuse et galaxie : les élèves observent la nébuleuse d'Orion et la galaxie d'Andromède

- Effet Doppler (acoustique et optique)

- Eléments de radioastronomie...

- Expansion de l'Univers.

• REMARQUES COMPLEMENTAIRES ; QUELQUES DIFFICULTES , QUELQUES SOUHAITS.

• Beaucoup d'élèves "veulent étudier" les OVNI (influences des mass media) : il ne faut pas adopter à cet égard une attitude trop négative. "Croire ou ne pas croire" n'a pas de sens. Je fais comprendre (ou j'essaie !) qu'en sciences il ne s'agit pas de "croyances" mais de connaissances et que de nombreux problèmes ne sont pas résolus...

• Certains jeunes élèves très enthousiastes veulent d'emblée "tout savoir" au sujet des "trous noirs", "quasars", "pulsars". Il me paraît difficile d'aborder ces questions trop tôt, mais je me sens très "gêné" d'avoir à leur demander d'attendre... Comment faire ?

• Les astronomes professionnels pourraient nous fournir une aide appréciable sur deux points et peut-être trois :

1°) Participer à la mise au point d'appareils d'observation de bonne qualité à des prix ... peu élevés (impératifs compatibles ? ...) ; leurs conseils et expériences seraient très précieux.

2) Participer à un travail de recyclage des enseignants et les aider à constituer une documentation (conférences, stages, journées d'information...)

3) Permettre à des équipes d'enseignants l'accès à certaines installations d'astronomes professionnels (observatoires, stations de radioastronomie? ...). Ce dernier point permettrait un contact direct entre enseignant et astronome et l'aspect humain est sans doute aussi important que l'aspect technique.

EXPERIENCES, REFLEXIONS ET SOUHAITS DES PARTICIPANTS
résumés par Victor Tryoën

Les participants furent invités à mettre par écrit leur intervention et à l'envoyer aux organisateurs à fin de publication dans le compte rendu du colloque ; 38 rapports y figurent, et leur lecture fait apparaître beaucoup de similitudes, ce qui n'est pas étonnant.

• Les récits d'expériences et réalisations sont assez nombreux. Souvent à la demande des élèves, en club ou dans le cadre des 10% d'activités "libres", ce sont des exposés, montages audiovisuels, conférences faites par des astronomes amateurs ou professionnels invités, observations avec ou sans instruments. Dans des cas beaucoup plus rares, des recyclages de professeurs sont organisés avec la participation des IREM.

• Dans les réflexions des participants reviennent souvent des aveux d'incompétence, la crainte faute de bases solides et de moyens de se lancer dans un domaine réclamé par les élèves.. Il s'agit souvent d'un véritable appel à l'aide qui débouche sur le chapitre suivant :

• Demandes, souhaits et suggestions : c'est de loin le chapitre le plus fourni, le plus riche, le plus divers, ce qui se comprend parfaitement. Reviennent le plus souvent des demandes de documentation, de diapos et films commentés, de livres, plages TV consacrées à l'astronomie, journées d'information, recyclages, stages, Ecoles d'été... Un participant suggère la création d'un "bulletin de liaison, véritable trait d'union entre enseignants qui pratiquent l'astronomie". Un autre va plus loin (ou plus près), parle d'un "document (bulletin, journal) édité par l'ensemble des observatoires ou des universités dont ils dépendent et qui serait un véritable lien entre enseignants et astronomes"...

Gilbert Walusinski suggère l'organisation d'un "petit Comité de liaison pour l'initiation à l'astronomie dont les buts seraient : (1) donner forme aux propositions pour l'information des enseignants (articles dans les revues des physiciens ou des mathématiciens ou des géographes ; organisation d'une école d'été ; préparation de documents pour l'enseignement), (2) servir à la naissance et à l'animation de clubs d'initiation et (3) informer les astronomes (qui ne pensent pas à l'enseignement) et les administrateurs de l'Education Nationale (qui ne pensent pas à l'astronomie) de toutes les questions traitées par le Comité).

LES TRAVAUX DU G.R.P. A GAP

Note de la Rédaction : organisée cette année par l'équipe d'Orsay, l'Université d'été du CLEA s'est déroulée à Gap, du 20 au 29 Août. Les participants ont eu le plaisir d'y accueillir notre ami de Münster, Roland Szostak, et la visite surprise d'André Brahic. Comme d'habitude, l'Université d'été a donné lieu à un travail soutenu et à beaucoup d'échanges ; les participants ont fait aux organisateurs le plus beau compliment qui soit en leur disant qu'il ressentent le CLEA comme "une grande famille".

Les membres du Groupe de Recherche Pédagogique (GRP) du CLEA et du Comité Français provisoire de European Association for Astronomy Education (EAAE), avaient choisi de se retrouver également à Gap, pendant la même période ; ils ont rédigé pour les lecteurs des Cahiers les deux textes suivants, qui décrivent d'une part les projets CLEA et la grande manifestation européenne, Astronomy on Line".

Les réunions du GRP ont eu lieu en matinée et ont donné lieu à une présentation et à une discussion avec les stagiaires pour quelques unes d'entre elles :

1) Exploiter des documents d'observation.

- la comète Hyakutaké : projet d'une nouvelle série de diapositives ; son exploitation est en cours.

- L'éclipse de Lune du 4 avril 1996 : L'utilisation des techniques modernes n'est pas incompatible avec la recherche historique.

La photographie à grand champ donne la position de la Lune par rapport à la constellation de la Vierge; cela permet de retrouver comment le point gamma a tourné depuis HIPPARQUE et d'imaginer comment celui-ci a pu découvrir la précession des équinoxes.

L'utilisation d'un caméscope muni d'un téléobjectif permet de numériser les images pour une exploitation informatique : on pourra y comparer le diamètre de la Lune à celui de l'ombre de la Terre (méthodes d'ARISTARQUE et d'HIPPARQUE).

2) Logiciels d'astronomie.

Les logiciels CLEASTRO (J.P.Rosenstiehl) et INFASTRO (F.Berthomieu) ont été présentés aux stagiaires et utilisés lors de plusieurs ateliers. Ils sont disponibles auprès des auteurs moyennant une participation de 30 F (un carnet de timbres) pour frais de duplication et d'expédition.

Une réflexion est engagée sur l'utilisation d'Internet et la recherche de sites Web intéressants d'un point de vue pédagogique. Notre homonyme de Gettysburg semble un exemple prometteur. L'idée d'un site CLEA-France est à creuser...

3) Astronomie et interdisciplinarité.

Des expériences ont été présentées.

- projets lettres-sciences, à partir de textes à caractère scientifique, sketches avec les élèves sur la mécanique ou le géocentrisme.

- projet physique-philosophie : textes sur l'histoire de l'Univers.

- projets rassemblant les matières scientifiques (maths, physique, SVT).

Ces expériences ne sont pas nécessairement « exportables » dans d'autres établissements : la constitution d'une équipe par affinités de goûts et de méthodes de travail semble indispensable.

Cependant, certains thèmes se prêtent facilement à un travail en commun et ont été étudiés de façon plus détaillée en groupes : Soleil, lumière, vision, couleurs, saisons et climats, mécanique selon Aristote...

Un projet « lourd » impliquant toutes les matières sur plusieurs mois n'est pas la seule pratique possible et un travail en commun à deux ou trois, sur des textes par exemple peut permettre à des élèves d'aborder certains thèmes différemment.

Toute description de projet, même modeste nous intéresse.

4) Mathématiques et astronomie.

Nous souhaitons préparer des activités aux niveaux collège et seconde (Modules). Si vous avez des idées ou si vous souhaitez participer plus activement, contactez Martine Bobin.

5) Astronomie et histoire des sciences.

Pour l'instant, un inventaire très partiel de textes utilisables a été dressé. Il convient de l'enrichir par les apports des uns et des autres. Ces textes doivent être assez courts et directement exploitables par les élèves. Si c'est un extrait d'un document plus conséquent il est souhaitable de pouvoir le trouver dans son intégralité au CDI.

L'objectif est de faire découvrir la démarche scientifique au travers de l'élaboration progressive de modèles, dont les limites sont mises à l'épreuve par de nouvelles expériences.

Nous attendons de chacun qu'il contribue à ce débat en nous faisant part de ses propres expériences et en proposant des textes déjà testés en classe.

6) Journée EAAE

La rédaction d'exercices pour l'opération Astronomy on Line et leur traduction en anglais a occupé un temps appréciable. Ils seront disponibles sur le serveur de l'EAAE sur Internet dès la mi-septembre en même temps que ceux des autres pays participants, d'abord en anglais et sans doute en français.

Appel aux candidatures : suivez le B.O. et participez à cette première opération d'envergure européenne sur le Web. Le comité de pilotage pourra peut-être aider certains établissements non raccordés sur Internet en ce moment.

Projet "Astronomy On-Line"

Ce projet est un projet commun de l'ESO (European Southern Observatory) et de l'EAAE (European Association for Astronomy Education), à l'occasion de la quatrième Semaine Européenne de la Culture Scientifique et Technique de Novembre 1996, et il est soutenu financièrement par la Commission Européenne.

Ce projet s'adresse d'une part à des groupes d'astronomes amateurs, d'autre part à des groupes d'élèves, et leurs professeurs. Il consiste à leur offrir la possibilité d'avoir accès aux documents d'observation de l'ESO (et d'autres observatoires volontaires) par l'intermédiaire du World Wide Web, avec des astronomes amateurs ou professionnels, pour mener à bien une recherche ou suivre des activités proposées sur le serveur de l'ESO. Par l'intermédiaire du WWW, les participants se rencontreront sur un "marché" où plusieurs "boutiques" seront ouvertes, dans lesquelles ils pourront trouver des activités séduisantes et éducatives, soigneusement prévues en fonction de l'âge (à partir de 12 ans environ, collégiens et lycéens) ou des possibilités de mener à bien un projet personnel. Là, ils pourront aussi échanger et rencontrer des astronomes professionnels sur les sujets qui les intéressent. Enfin, durant la dernière partie de l'opération, ils pourront avoir accès en direct à des télescopes professionnels et effectuer des observations.

Les groupes participants devront donc disposer d'un accès à Internet, l'accès se fait par l'intermédiaire d'une "Home Page" pour chaque pays ; d'autre part, la communication se fait en Anglais (excepté entre groupes, ou entre groupes et astronomes d'un même pays, qui peuvent choisir leur langue maternelle). Ils devront s'inscrire de préférence avant le 1er Octobre 1996, à l'extrême limite le 15 Octobre 1996.

Le projet se déroulera en trois phases (durant toutes les phases, le serveur de l'ESO assurera la possibilité de contact et d'échanges, par l'intermédiaire d'un "site miroir" dans chaque pays) :

Phase 1 : du début Octobre à la veille de la Semaine Européenne de la Culture Scientifique et Technique.

Pendant cette phase, les groupes participants pourront se préparer, en se familiarisant avec l'utilisation du réseau et en approfondissant des sujets en Astronomie. Cela pourra aussi être pour eux l'occasion de décider de travailler ensemble : groupes d'un même lieu géographique, ou groupes intéressés par un même sujet astronomique.

Phase 2 : Lundi 18 Novembre et Mardi 19 Novembre (de 15 h à 21 h TU) de 16 h à 22 h heure légale française.

Les groupes participants pourront consulter les "Home pages" et interagir les uns avec les autres.

Des événements se produiront régulièrement afin de soutenir l'intérêt des participants.

Il y aura sur le "marché" au moins neuf "boutiques" :

1. Information générale : grandes lignes du programme, aides, liste des groupes participants, lien avec tous les sites rattachés.
2. Projets en coopération : projets nécessitant des observations en divers endroits pour une mise en commun (par exemple, observations de la Lune et du Soleil, parallaxes d'objets proches comme l'astéroïde Toutatis, pollution lumineuse dans les villes, ...)
3. Observations astronomiques : préparation d'un programme d'observation à soumettre pour la phase 3 utilisant des instruments professionnels (ou dans certains cas amateurs). Les données obtenues seront transmises par le Web des télescopes aux groupes, qui devront ensuite analyser ces données et publier leurs résultats sur le Web avant la fin de la phase 3.
4. Logiciels d'Astronomie : utilisation de logiciels (par exemple Ephémérides, orbites, prédictions d'éclipses, ...), qui pourront être chargés pour une utilisation future dans les classes.
5. Utilisation de données astronomiques sur le Web : récupération de données disponibles sur le Web dans différents sites (images, textes, données, recueillis dans les archives de différents observatoires). La combinaison de données peut rendre différents projets possibles, allant de la préparation d'une exposition dans son école jusqu'à la solution de problèmes complexes.
6. Exercices proposés : de niveaux différents, ils peuvent exiger une recherche sur le Web, des jeux, ...
7. Rencontres avec des professionnels : pour tous et à tous niveaux, on pourra poser des questions et obtenir des réponses auprès d'astronomes ou d'éducateurs.
8. Communications entre groupes : sur des sujets astronomiques ou autres.
9. Journal : publication des résultats des différentes activités, nouvelles, ...

Phase 3 : du Mercredi 20 Novembre au Vendredi 22 Novembre 1996.

Ce sera le point culminant de l'opération : les participants pourront réagir aux informations données durant la phase 2, et les observatoires concernés exécuteront les observations demandées.

À la fin, les différents résultats seront présentés sur le Web sous la forme de brefs rapports qui pourront être commentés, si possible en temps réel : l'ensemble sera clôturé par un "événement final" encore à déterminer. Les résultats resteront disponibles un certain temps sur les "Home Pages" et les conclusions générales seront tirées par le Comité de Pilotage dans un rapport écrit pour la Commission Européenne.

Serveurs : informations réactualisées en permanence	- ESO : http://www.eso.org/astronomyonline/ (en Anglais) - EAAE : http://www.algonet.se/~sirius/eaee.htm (en Anglais) - Institut d'Astrophysique de Paris : http://www.iap.fr (prochainement, en Français)
--	---

Détermination de la distance Terre-Lune par une méthode parallaxique.

La manipulation consiste à profiter de l'éclipse de Soleil du 12 Octobre 1996 pour comparer en deux lieux très éloignés en Europe et exactement à la même heure T.U., les positions relatives du centre de l'image du Soleil et celle de la Lune.

1) LE PRINCIPE DE LA METHODE.

Tenez un crayon à bout de bras, droit devant vous, et fermez alternativement votre oeil gauche, puis votre oeil droit, en dirigeant votre regard vers ce clocher tout là-bas, à l'horizon... Pour l'oeil droit, le crayon semble décalé vers la gauche du clocher. et pour l'oeil gauche, il semble décalé vers la droite !

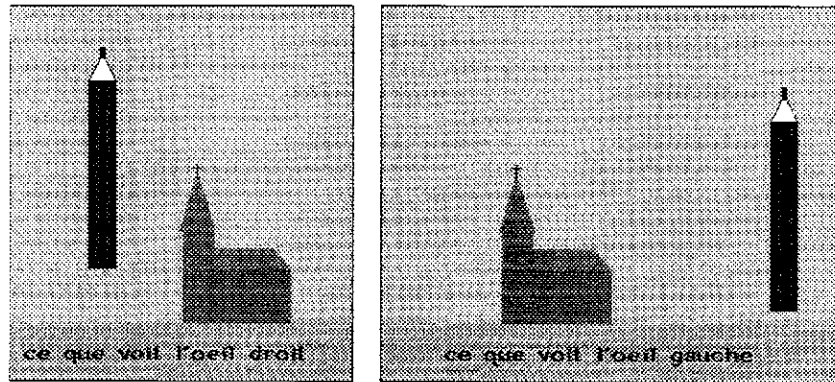


fig 1

1 - Modélisation:

En première approximation, nos yeux peuvent être assimilés à deux chambres noires qui forment sur leur écran une image renversée du paysage, comme le fait la rétine de nos deux yeux.

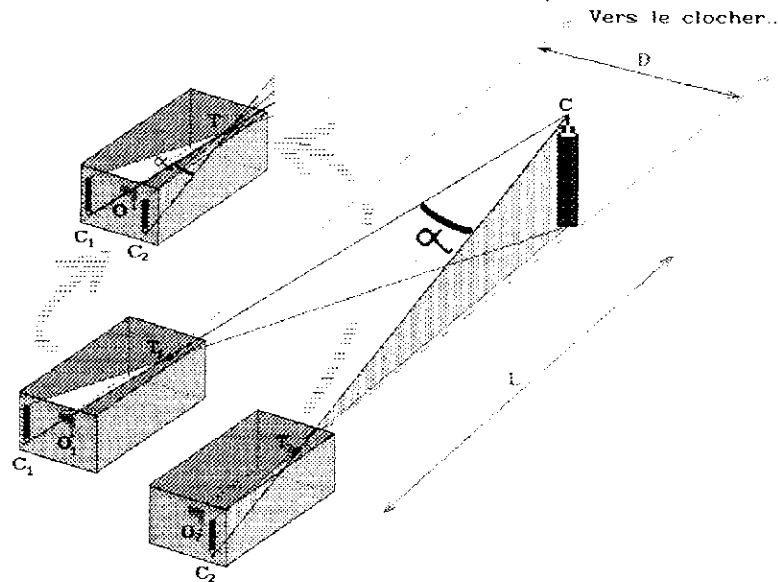


fig 2

Le cerveau intègre ce que voient nos yeux et « renverse » l'image finale. On peut donc remplacer les deux boîtes noires par une seule et redresser l'image finale obtenue.

Sur la figure 2, on observe que l'on a $T_1CT_2 = C_1TC_2 = \alpha$.

Cet angle α étant petit $D/L \sim \alpha$.

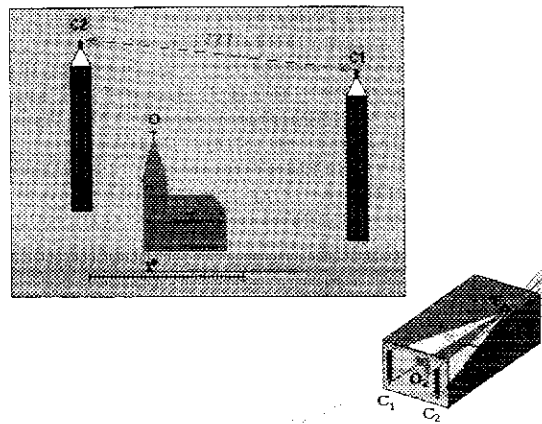


fig 3

Sur l'écran du modèle « boîte noire unique », la distance des images des crayons C_1 et C_2 correspond à l'angle α . On peut donc associer à cet angle une mesure de longueur. Il suffit de connaître la distance de référence associée à l'angle unité (1 degré).

D est la distance qui sépare les 2 parallèles issues des deux yeux et dirigées vers le clocher.

Connaissant D on en déduit L par $L = D / \alpha_{rad}$ (cf fig 2)

2 - Quel rapport avec une éclipse ?

Remplacez la pointe du clocher lointain par le centre O du Soleil, la ligne d'horizon par la trajectoire diurne du Soleil, la pointe du crayon par le centre C de la Lune, et placez une chambre noire à Stockholm et une autre à Toulouse, en orientant les deux appareils de façon à ce que l'image du Soleil se forme au centre des écrans...

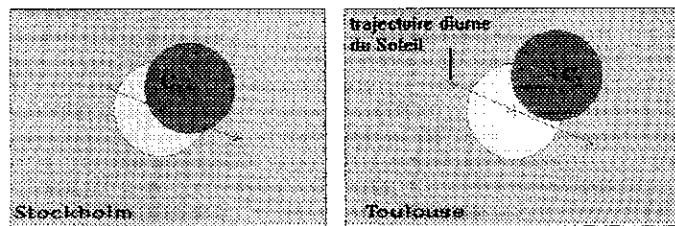


fig 4

Suivez maintenant la progression du Soleil pendant 4 minutes. Le jour de l'éclipse (le 12 octobre), la trajectoire apparente du Soleil est peu éloignée angulairement de l'équateur céleste (déclinaison faible, environ 7° en Octobre). Sachant que le Soleil semble parcourir 360° en 24 heures, l'arc parcouru par l'image du Soleil en 4 minutes est 1degré...

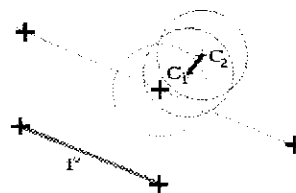
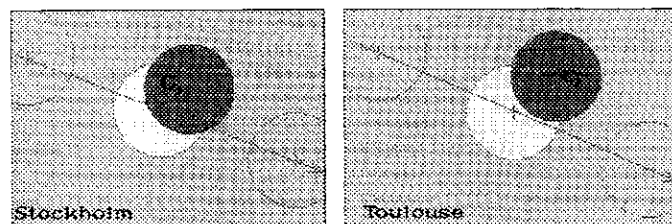


fig 5 : Détermination de l'écart parallactique C_1C_2

2) La détermination de la distance Terre-Lune.

- En superposant convenablement les images recueillies dans 2 « observatoires » comme l'indique le schéma de la figure 5, la mesure de la distance C1C2 est alors possible. L'unité d'angle (1°) permet de connaître l'angle α et de calculer la distance de la Lune en appliquant la relation établie.
La distance D pourra être déterminée grâce à un logiciel téléchargeable. Il faudra lui fournir les coordonnées géographiques des deux villes considérées et la date en T.U. des observations....

Chronique du CLEA - Parmi nos lettres

NEPTUNE ET LES MONDES EXTRASOLAIRES -

Une exposition pour le cent cinquantième anniversaire de la découverte de Neptune, du 23 septembre au 12 octobre 1996 à l'Observatoire de Paris (de 13 h à 18 h, les lundis, mercredis vendredis et samedis), puis à partir du 18 octobre au Palais de la Découverte, de 10 h à 18 h tous les jours sauf le lundi. Une exposition à ne pas manquer.

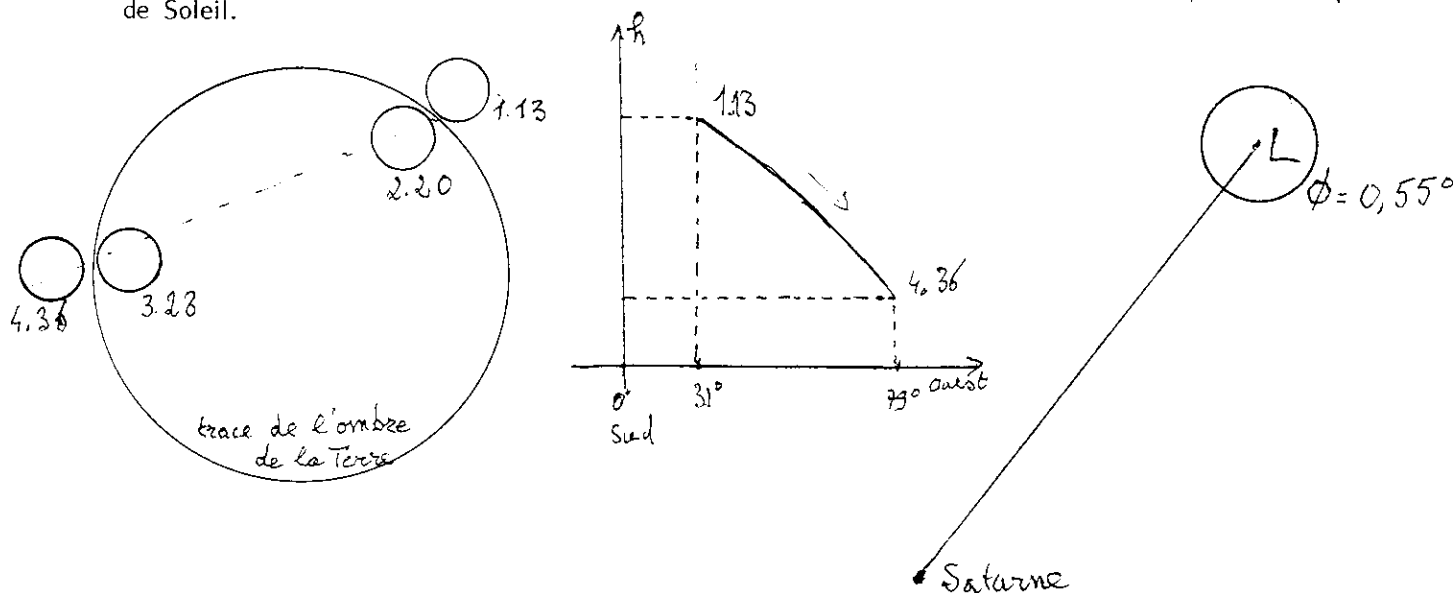
LE SOLEIL AU ZENITH - Une très intéressante observation que nos amis de la Martinique peuvent réaliser plusieurs jours par an ainsi que le relate le cahier du Centre de Documentation Spécialisée en Astronomie édité à l'occasion de la fête du Soleil 1996.

SCULPTURES ASTRONOMIQUES - Elles sont exposées dans le square Marcel Moisan à Nantes et nous remercions M. le Maire de Nantes de nous avoir invités à nous joindre à l'inauguration.

L'OBSERVATOIRE DE LA GARAUDIE - C'est le deuxième observatoire organisé par l'AAAA (Association des Astronomes Amateurs d'Auvergne). La maçonnerie a été réalisée par les élèves de l'EREA, la charpente métallique par les élèves du lycée technique R.Claustre et le télescope par les élèves ingénieurs du CUST. Remarquable entreprise collective coordonnée par l'AAAA.

SUR L'ECLIPSE DE SOLEIL DU 12 OCTOBRE 1996 - Michel Toulmonde nous signale des coquilles dans la carte de l'Annuaire du Bureau des Longitudes et les rectifie de la façon suivante :
Le maximum de l'éclipse a lieu à Brest à 14 h 17, à Nice à 14 h 40, à Paris à 14 h 25 (UT).

SUR L'ECLIPSE DE LUNE DU 27 SEPTEMBRE 1996 - Michel Toulmonde nous précise que l'éclipse sera totale de 1 h 13 à 4 h 36 (UT). Il joint des schémas que nous reproduisons et surtout nous recommande d'observer Saturne à $2,5^\circ$ de la Lune (cinq diamètres lunaires). Il a calculé qu'à 2 h 50 (UT) l'ombre de Dioné traverse le disque de Saturne : pour d'éventuels saturniens, il y aurait éclipse de Soleil.

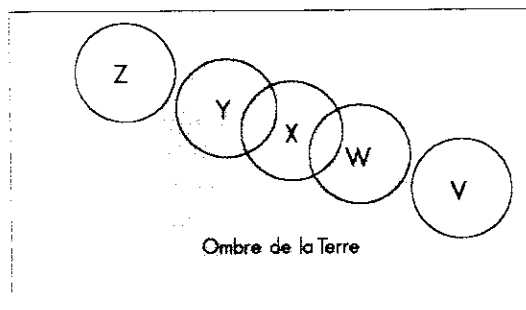
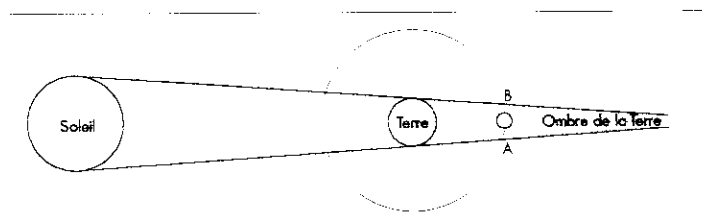


CALCUL DES HORAIRES D'UNE ECLIPSE DE LUNE

Cet exercice est prévu pour des élèves de niveau fin de 4ème à Terminale. Certains résultats seront donnés en collège et calculés en lycée.

Énoncé du problème

Voici ci-dessous la représentation d'une éclipse de Lune vue de l'espace et à droite, vue depuis la Terre.

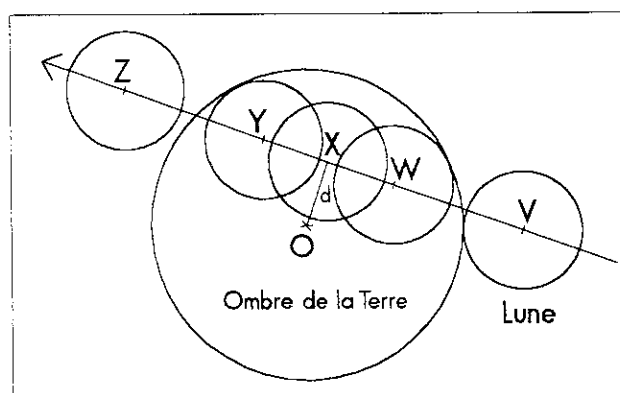


Les différentes phases d'une éclipse de lune sont

- V : Entrée dans l'ombre (début de l'éclipse)
- W : Début de la totalité
- X : Maximum de l'éclipse (milieu de la totalité)
- Y : Fin de la totalité
- Z : Sortie de l'ombre (fin de l'éclipse)

La question :

Connaissant l'heure du maximum de l'éclipse (passage de la Lune en X), calculer les autres horaires (heures de passage de la Lune en V, W, Y et Z).



Les données

*Rayon de la Lune : 1740 km

*Dans le tableau ci-dessous, on donne d, la distance minimale du centre de la Lune au centre de l'ombre de la Terre ainsi que l'heure du maximum de l'éclipse, en heure T.U. (Temps Universel). Pour obtenir l'heure légale, il faut ajouter 1 h pour l'heure d'hiver et 2 h pour l'heure d'été.

N° de l'éclipse	1	2	3	4
Date	27/09/1996	24/03/1997	16/09/1997	28/07/1999
Distance d (km)	2081	3024	2298	4914
Heure du maximum(TU)	2h54	4h40	18h47	11h34

Autres données nécessaires calculables :

Le rayon de l'ombre de la Terre (à la distance de la Lune). Niveau 3ème

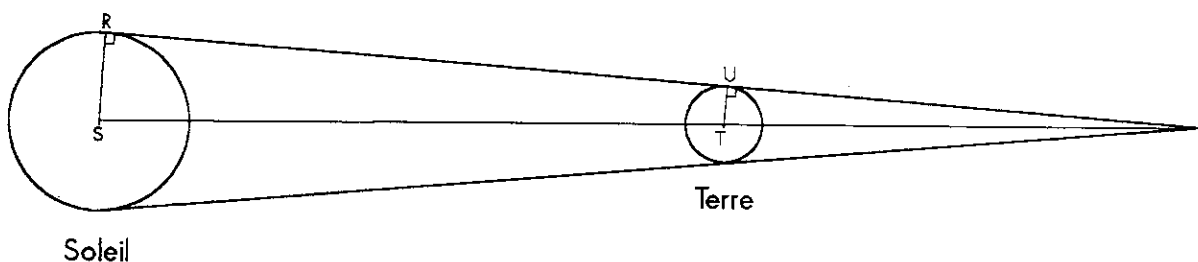
La vitesse de la Lune. Niveau Terminale

Calcul du rayon de l'ombre de la Terre (à la distance de la Lune)

Niveau : fin de troisième

Principe

a) On calcule la longueur du cône d'ombre de la Terre

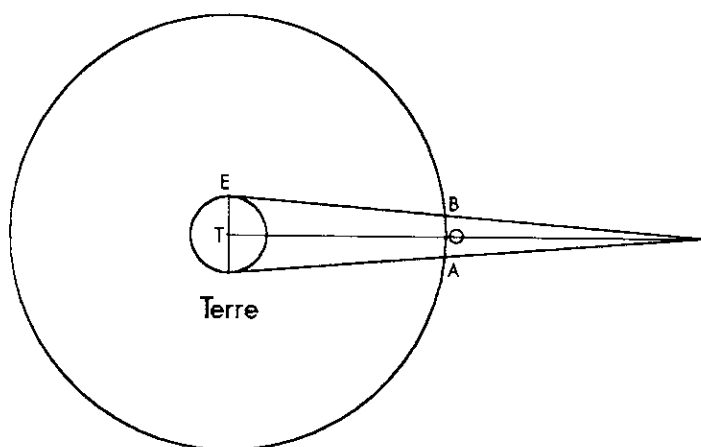


On cherche TP.

b) On calcule le rayon de l'ombre à la distance de la Lune

On cherche OA ou OB.

On prendra (ET) et (OB) parallèles.



Données nécessaires :

Constantes

Rayon du Soleil : 700 000 km

Rayon de la Terre : 6370 km

Rayon de la Lune : 1740 km

Données dépendant de l'éclipse

N° de l'éclipse	1	2	3	4
Date	27/09/1996	24/03/1997	16/09/1997	28/07/1999
Distance Terre Soleil (km)	149 900 000	149 200 000	150 400 000	151 900 000
Distance Terre Lune (km)	366 600	402 200	357 000	393 600

Les distances sont données de centre à centre.

Calcul de la vitesse de la Lune par rapport à l'ombre de la Terre

Niveau : Terminale

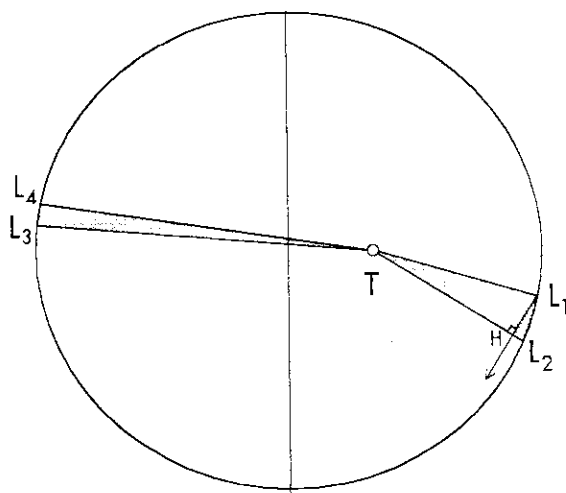
La Lune tourne autour de la Terre en 29,53 jours par rapport au Soleil ou par rapport à l'ombre de la Terre. Cette période s'appelle aussi lunaison ; c'est l'intervalle de temps séparant deux pleines lunes ou 2 nouvelles lunes.

a) Calcul approximatif

On suppose, dans un premier temps, que la Lune tourne autour de la Terre en décrivant un cercle de 384 400 km de rayon (la distance moyenne Terre-Lune) à vitesse constante. On peut calculer ainsi une vitesse moyenne de la Lune.

b) Pour plus de précision

La Lune décrit en réalité une orbite elliptique et non pas circulaire ; sa distance à la Terre peut varier de 356000 à 407000 km. De plus, sa vitesse n'est pas constante.



La 2ème loi de Kepler affirme que les aires balayées par le "rayon vecteur" [TL] en des temps égaux sont égales.

Si les positions de la Lune L_1 et L_2 sont espacées d'une heure ainsi que L_3 et L_4 , les aires grisées sont égales. La Lune va donc plus vite en L_1 , lorsqu'elle est plus proche de la Terre, qu'en L_3 .

Les vitesses recherchées sont des vitesses tangentielles, que l'on notera V_T , perpendiculaires à la ligne de visée (TL), donc suivant la hauteur (LH). V_T est proportionnel à LH.

On peut assimiler les surfaces grisées à des triangles.

L'aire du triangle $L_1 L_2 H$ est égale à $(TL_2 \times L_1 H)/2$

La deuxième loi de Képler peut alors s'écrire $TL \times V_T = 2A$ (constante).

où A est l'aire balayée par [TL] en 1 heure, TL la distance Terre Lune en km et V_T la vitesse tangentielle en km/h.

On peut calculer la constante A puis la vitesse V_T

Données :

Demi grand axe de l'ellipse : 384 400 km

Excentricité de l'ellipse : 0,055

N° de l'éclipse	1	2	3	4
Date	27/09/1996	24/03/1997	16/09/1997	28/07/1999
Distance Terre Lune (km)	366 600	402 200	357 000	393 600

Solutions

Vitesse de la Lune

On peut donner directement le résultat aux élèves

Vitesse moyenne

$(2 \times \pi \times 384\,400) / (29,53 \times 24)$. On obtient 3408 km / h ou 56,8 km / min

Constante A

Si a est le demi grand axe de l'ellipse et b le demi petit axe, l'aire de l'ellipse est égale à l'aire du disque de rayon a multipliée par b/a ou $\sqrt{1-e^2}$.

Aire balayée en 1 heure $\frac{\pi \times 384400^2 \times \sqrt{1-0,055^2}}{29,53 \times 24}$ soit 654 010 000 km².h⁻¹

Vitesse de la Lune par rapport à l'ombre de la Terre

N° de l'éclipse	1	2	3	4
Date	27/09/1996	24/03/1997	16/09/1997	28/07/1999
Vitesse (en km/h)	3570	3260	3670	3330

Les vitesses données sont les vitesses tangentielles, perpendiculaires à la ligne de visée, donc dans le plan des figures montrant l'ombre de la Terre.

Rayon de l'ombre de la Terre

Pour les élèves de fin de 4ème ou début de 3ème, on peut donner le résultat.

Longueur du cône d'ombre (1ère figure)

Le théorème de Thalès permet d'écrire : $\frac{TP}{SP} = \frac{TU}{SR}$

En notant x la longueur TP : $SP = ST + TP = ST + x$ d'où $\frac{x}{x + ST} = \frac{6370}{700000}$

Rayon de l'ombre (2ème figure)

On utilise là encore le théorème de Thalès : $\frac{OP}{TP} = \frac{OB}{TE}$

TP vient d'être calculé, on connaît OP (TP - TO) et TE (6370 km), on en déduit OB

Résultats

N° de l'éclipse	1	2	3	4
Date	27/09/1996	24/03/1997	16/09/1997	28/07/1999
Longueur du cône (km)	1 377 000	1 370 000	1 381 000	1 395 000
Rayon (km)	4 674	4 500	4 723	4 573

Horaires

1) On commence par calculer les distances VX et WX

$OV = r_O + r_L$ (rayon de l'ombre + rayon de la Lune)

On connaît d. Le théorème de Pythagore permet de calculer XV.

$OW = r_O - r_L$ (rayon de l'ombre - rayon de la Lune)

Avec le théorème de Pythagore, on trouve XW.

2) Calcul des temps

Connaissant la vitesse V et la distance à parcourir, on peut calculer les différentes durées.

3) Résultats

N° de l'éclipse	1	2	3	4
Date	27/09/1996	24/03/1997	16/09/1997	28/07/1999
XV (km)	6067	5458	6041	3963
XW (km)	2068	(*)	1903	(*)
Durée de V à X (min)	101	100	98	71
Durée de W à X (min)	34	(*)	31	(*)
Entrée dans l'ombre	1h12	2h59	17h08	10h22
Début de la totalité	2h19	(*)	18h15	(*)
Maximum de l'éclipse	2h54	4h40	18h47	11h34
Fin de la totalité	3h28	(*)	19h18	(*)
Sortie de l'ombre	4h35	6h20	20h25	12h45

Les heures sont données en heure T.U. (Temps Universel)

Ajoutez 2 heures pour l'heure d'été et 1 h pour l'heure d'hiver.

(*) Eclipses partielles

Renseignements sur les éclipses de Lune

Sur minitel 3616 BDL (Bureau Des Longitudes) 1,01 F/min.

Pour les horaires d'une éclipse et sa grandeur, taper 4 (Soleil Lune) puis 6 (Eclipse de lune) et enfin le numéro de l'éclipse recherchée.

Pour les distances de la Lune et du Soleil, revenez au menu général, puis tapez 5 (Ephémérides), 2 (Positions apparentes), et donnez la date et l'heure. La distance du Soleil est donnée en U.A. (Unités Astronomiques). 1 U.A. = 149 600 000 km.

Annuaire du Bureau des Longitudes. Ephémérides astronomiques. Masson. Avec les horaires d'éclipses et leur grandeur.

Astronomie. Le guide de l'observateur. Tome 1 (page 183-193). Société d'Astronomie Populaire. Toulouse.

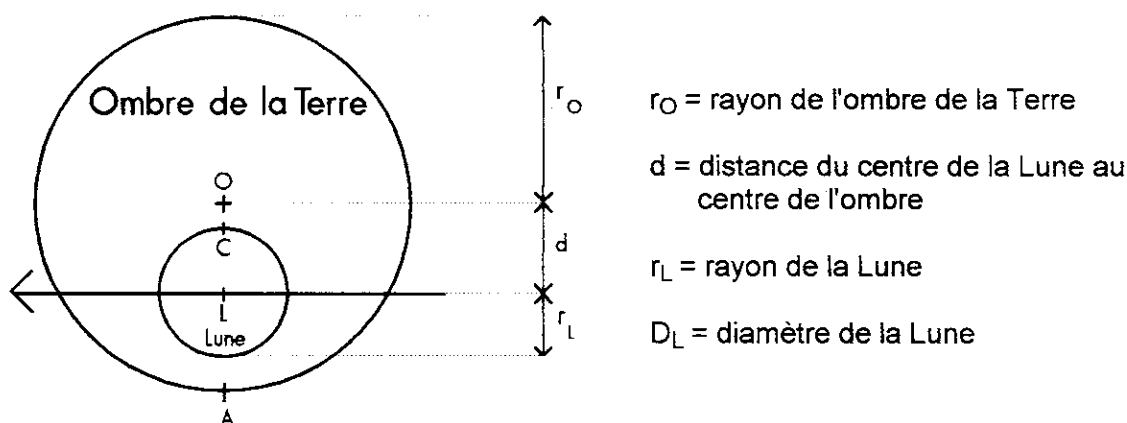
Astronomie Générale. Ed de Moscou. Pages 145-150.

Méthode de l'astrophysique. Lucienne Gouguenheim. Ed Hachette CNRS. Pages 219-221

Cahiers Clairaut Hors série N°5 Gravitation et lumière. La fiche "La Lune et la loi de gravitation" propose une activité à partir de photos d'éclipses de Lune.

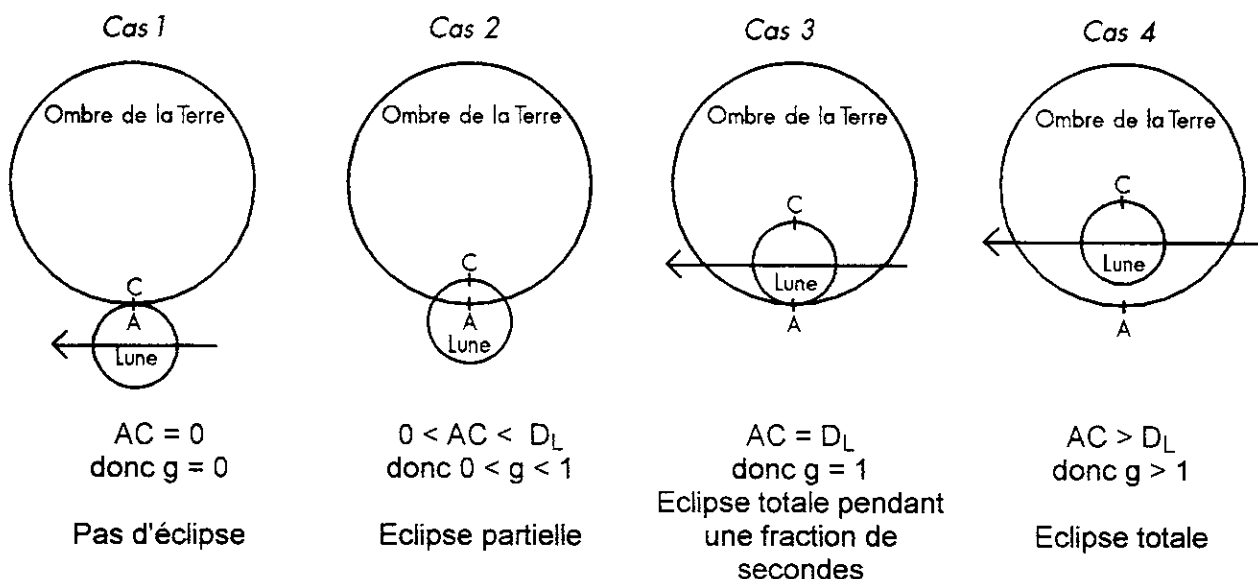
Qu'appelle-t-on la grandeur d'une éclipse de Lune ?

La Lune est représentée au moment du maximum de l'éclipse, quand son centre L est au plus près du centre de O de l'ombre de la Terre.



On appelle grandeur de l'éclipse la quantité $g = (r_O + r_L - d) / 2 r_L$
 Comme : $r_O + r_L - d = OA + LC - (LC + OC) = OA - OC = AC$,
 on peut aussi écrire $g = AC / 2 r_L$ ou $g = AC / D_L$

Les différents cas d'éclipses



Les éphémérides astronomiques donnent habituellement la grandeur de l'éclipse. On peut en déduire la distance d du centre de la Lune au centre de l'ombre : $d = r_O + r_L - 2.g.r_L$

Grandeur des prochaines éclipses

N° de l'éclipse	1	2 (*)	3	4 (*)
Date	27/09/1996	24/03/1997	16/09/1997	28/07/1999
Grandeur de l'éclipse	1,245	0,924	1,197	0,402
Rayon de l'ombre(km)	4 674	4 500	4 723	4 573
Distance d (km)	2081	3024	2298	4914

(*) Eclipse partielle ($g < 1$)

Pierre Causeret

Héliocentrisme et géocentrisme (Suite)

Boucles et stations planétaires



I. Introduction

Vues de la Terre, les planètes dessinent d'étranges trajectoires par rapport au fond du ciel étoilé. Voir à titre d'exemple la boucle de Mars au début de l'année 1997 ou celle de Vénus en 1996. (figures 1 et 2 réalisées avec le logiciel CLEASTRO [*]).

Ces parcours en apparence erratiques ayant intrigué les Anciens, peuvent être l'occasion pour nous de réaliser de très intéressants travaux qui mettent en jeu l'observation, la modélisation, des constructions géométriques, l'utilisation de l'informatique . . .

II. Oppositions et conjonctions

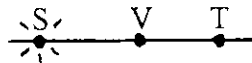
Pour une planète supérieure (exemple: Mars), il y a *opposition* si les longitudes héliocentriques de la Terre (T) et de la planète (P) sont égales : alors S (le Soleil) T et P sont "alignés" dans cet ordre.



A ce moment, la distance TP est minimale et les conditions d'observation de la planète sont les meilleures possibles, d'autant plus que la planète se lève au moment du coucher du Soleil et l'observation peut se poursuivre toute la nuit. Mars est en opposition le 17 / 3 / 96.

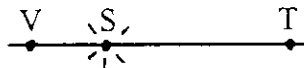
Pour une planète inférieure (exemple: Vénus), il ne peut y avoir que des *conjonctions*.

conjonction inférieure:



(11 / 6 / 96)

conjonction supérieure:



(3 / 4 / 97)

III. Stations

A cause du changement apparent du sens du mouvement d'une planète (vue de la Terre), il y a des dates pour lesquelles la planète *paraît* immobile: ces stations ont lieu de part et d'autre d'une opposition (cas de Mars) ou d'une conjonction inférieure (cas de Vénus). Voir à nouveau les figures 1 et 2.

L'analyse précise de la situation peut se faire grâce au caractère *vectoriel* des vitesses; l'idée est simple: l'immobilité apparente de la planète est due au fait que son *vecteur-vitesse par rapport à la Terre se projette sur notre ligne de visée*.

Vitesse de Mars par rapport à la Terre : $\vec{V}_{M/T}$; Vitesse de Mars par rapport au Soleil : $\vec{V}_{M/S}$

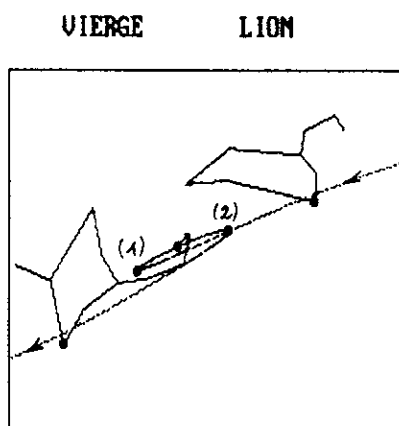
Vitesse de la Terre par rapport au Soleil : $\vec{V}_{T/S}$

On a évidemment : $\vec{V}_{M/T} = \vec{V}_{M/S} + \vec{V}_{S/T} = \vec{V}_{M/S} - \vec{V}_{T/S}$

Ainsi Mars sera stationnaire si $\vec{V}_{M/T} = k \vec{MT}$. Voir figure 3.

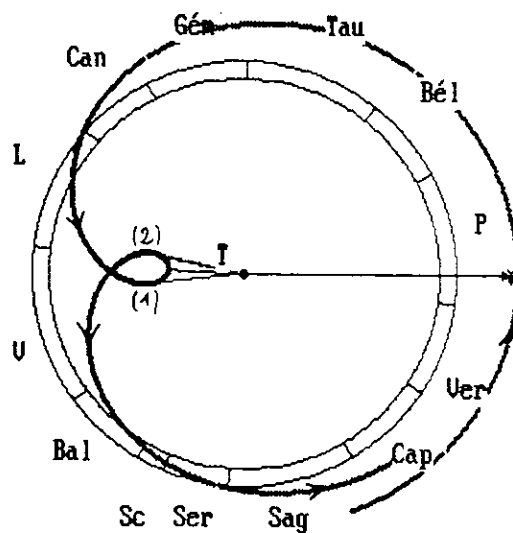
Le CIEL vu de la TERRE
Trajectoire de MARS
CONSTELLATIONS du ZODIAQUE

années 1996 - 1997



{ Stations: (1) 1997 2 5
(2) 1997 4 25

TERRE
MARS
Modèle géocentrique (Ptolémée)



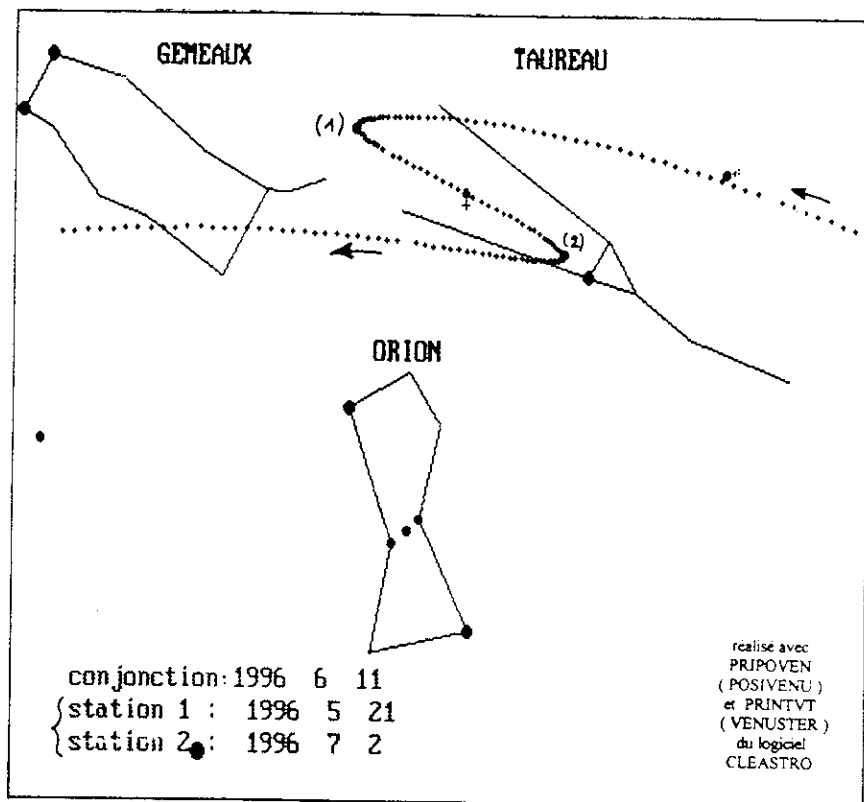
réalisé avec
PRIGEMAR
(GEOMARS)
du logiciel
CLEASTRO

Voir également
Cahiers Clairaut
n°74 page 12

opposition le: 1997 3 17 176.4 °

Figure 1

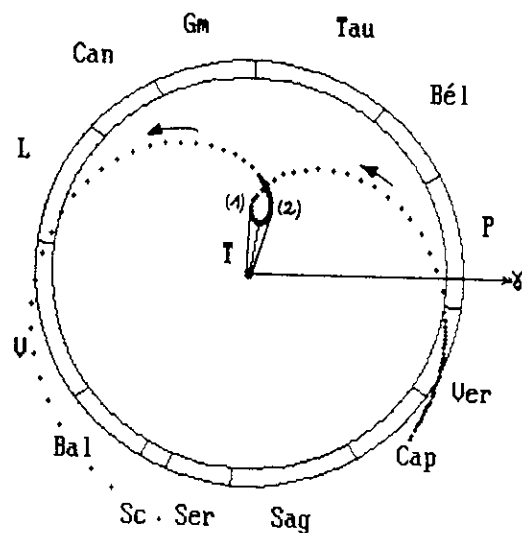
Le CIEL vu de la TERRE
Trajectoire de VENUS
CONSTELLATIONS du ZODIAQUE
année : 1996



conjonction: 1996 6 11
{ station 1 : 1996 5 21
station 2 : 1996 7 2

réalisé avec
PRIPOVEN
(POSIVENU)
et PRINTVT
(VENUSTER)
du logiciel
CLEASTRO

TERRE
VENUS
Modèle géocentrique (Ptolémée)



conjonction le: 1996 6 11

Figure 2

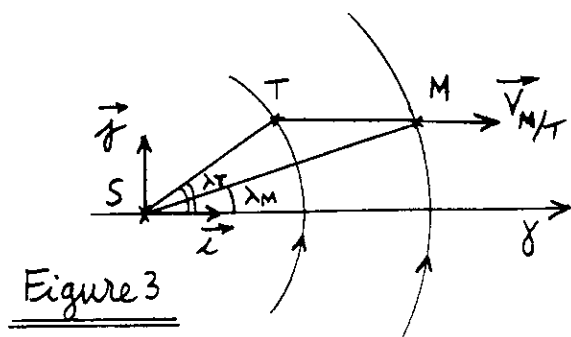


Figure 3

On pose $R_M = SM$ et $R_T = ST$

$\lambda_T = (S\gamma, ST)$ et $\lambda_M = (S\gamma, SM)$

Ainsi $\vec{V}_{M/S} = d(\vec{SM})/dt$ et $\vec{V}_{T/S} = d(\vec{ST})/dt$

Le lecteur attentif établira sans peine (comme tout élève de TerS. . .) l'expression suivante:

$$\vec{V}_{M/T} = (R_T \dot{\lambda}_T \sin \lambda_T - R_M \dot{\lambda}_M \sin \lambda_M) \vec{i} + (R_M \dot{\lambda}_M \cos \lambda_M - R_T \dot{\lambda}_T \cos \lambda_T) \vec{j}$$

(La notation $\dot{\lambda}_T$ signifie $d(\lambda_T)/dt$)

$$\text{d'autre part } \vec{MT} = (R_T \cos \lambda_T - R_M \cos \lambda_M) \vec{i} + (R_T \sin \lambda_T - R_M \sin \lambda_M) \vec{j}$$

Les vecteurs $\vec{V}_{M/T}$ et $\vec{MT}$ doivent être colinéaires : en exprimant la proportionnalité de leurs composantes on obtiendra après quelques lignes de calculs:

$$\cos(\lambda_T - \lambda_M) = (R_T^2 \dot{\lambda}_T + R_M^2 \dot{\lambda}_M) / R_T R_M (\dot{\lambda}_T + \dot{\lambda}_M)$$

Si on se contente du *modèle héliocentrique simplifié* (hypothèses simplificatrices: mouvement circulaire et uniforme pour chaque planète autour du Soleil), on peut résoudre l'équation assez facilement.

Voyons le cas de Vénus pour laquelle l'approximation précédente est acceptable. On remplace la lettre M par la lettre V.

$$R_T = 1 \text{ UA} \quad R_V = 0.7233 \text{ UA} \quad T_T = 365.256 \text{ j} \quad T_V = 224.701 \text{ j}$$

$$\dot{\lambda}_T = 2\pi / T_T \quad \dot{\lambda}_V = 2\pi / T_V$$

l'application numérique donne $\cos(\lambda_T - \lambda_V) = 0.97439$
soit $|\lambda_T - \lambda_V| \approx 13^\circ$ ou 0.2268 rad.

Si on prend l'origine des temps à l'instant d'une conjonction inférieure, alors $\lambda_T = (2\pi / T_T) t$ et $\lambda_V = (2\pi / T_V) t$; on en déduit $t = 0.2268 / 0.010760 = 21.08 \text{ j}$
Vénus est stationnaire 21 jours *avant* puis 21 jours *après* la conjonction inférieure. La durée de la rétrogradation est de 42.2 jours. On constate en effet, à partir des données de la figure 2, que la durée écoulée entre le 21 mai 96 et le 2 juillet 96 est bien de 42 jours.

Le cas de Mars est plus délicat (c'est d'autant plus intéressant...). Appliquons la même méthode simplifiée:

$$R_T = 1 \text{ UA} \quad R_M = 1.5237 \text{ UA} \quad T_T = 365.256 \text{ j} \quad T_M = 686.98 \text{ j}$$

$$\dot{\lambda}_T = 2\pi / T_T \quad \dot{\lambda}_M = 2\pi / T_M$$

l'application numérique donne $\cos(\lambda_T - \lambda_M) = 0.95739$
soit $|\lambda_T - \lambda_V| = 16^\circ 47'$ ou 0.29297 rad.

L'origine des temps est maintenant l'instant d'une opposition.

On en déduit dans ce cas $t = 36.37$ jours soit une durée de rétrogradation de 72.7 jours.

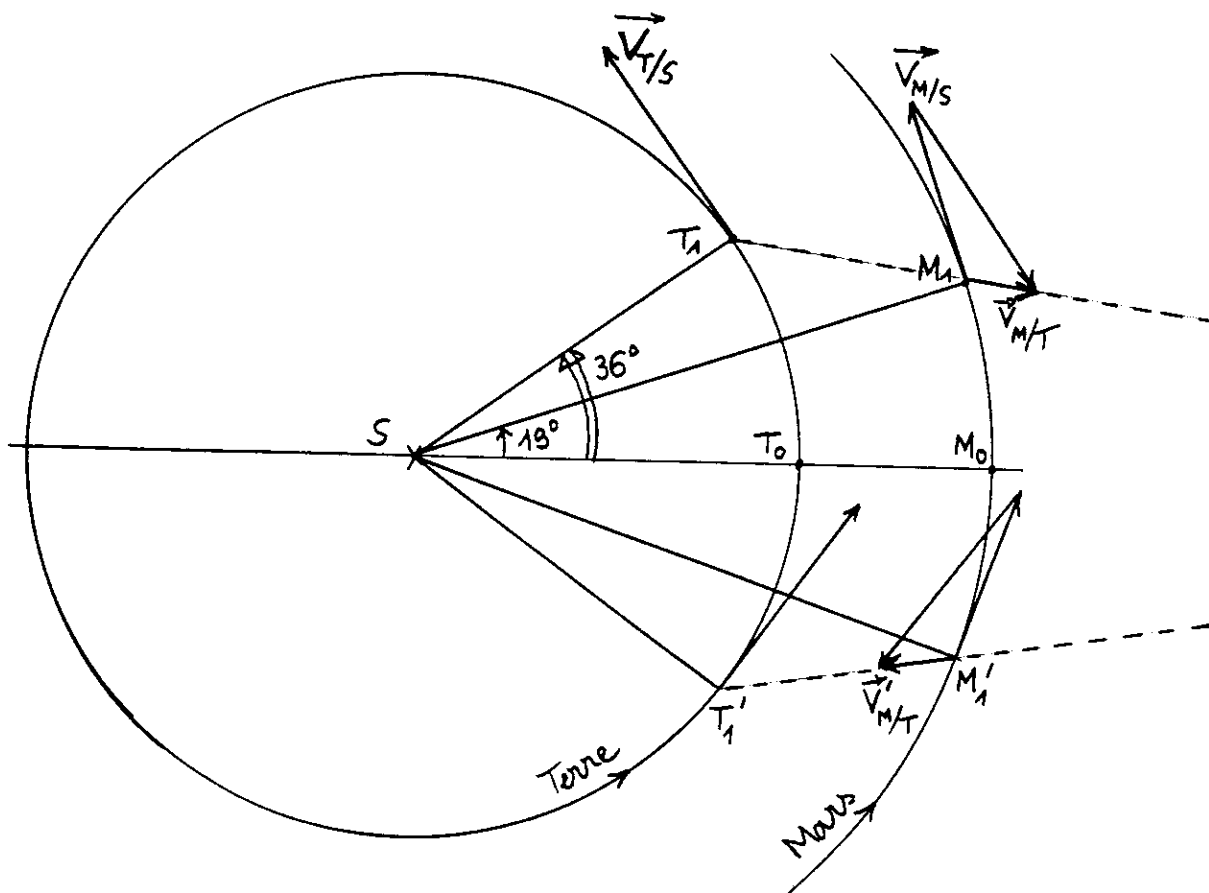
La comparaison avec le résultat donné par les indications de la figure 1 est assez décevante car la durée écoulée entre les 2 stations est ... de 79 jours; mais il faut savoir tirer parti des déceptions et Mars mérite un traitement particulier à cause de son *excentricité* importante. Cela fera l'objet d'un prochain article... Pour le moment, si on se contente d'une première approximation, une construction géométrique simple permet de mieux visualiser les choses.

Cette construction géométrique peut donner lieu à un intéressant *exercice* (illustration de la notion de vecteur-vitesse).

Exercice : Les données numériques ainsi que les éléments du raisonnement figurent dans les pages précédentes.

1. Représenter les orbites de la Terre (T) et de Mars (M) ; échelle : 1 cm pour 0.20 UA .
2. Placer T et M lors d'une opposition (soit T_0 et M_0).
3. Calculer les déplacements angulaires effectués par les deux planètes pendant les 36 jours qui suivent cette opposition et marquer les nouvelles positions sur le schéma (soit T_1 et M_1).
4. Tracer les vecteurs - vitesse des deux planètes en T_1 et M_1 (vitesses héliocentriques) ; échelle : 1 cm pour 10 km s^{-1} .
5. Tracer le vecteur - vitesse relative $\vec{V}_{M/T}$. Conclusion. ?
6. Faire de même pour la station qui précède l'opposition.. Procéder par symétrie.
7. Evaluer numériquement les vitesses radiales géocentriques de M lors des stations.

Solution partielle :



[*] Note de l'auteur: Pour disposer des outils utilisés dans cet article (et de quelques autres), vous pouvez vous procurer la disquette CLEASTRO (ou ASTROJPR) auprès de l'auteur. Nécessite un PC avec MS DOS car le langage utilisé est celui de l'éditeur de ce système d'exploitation qui est le QBASIC (pour le moment).

Ecrire à l'auteur : adresse 73, Boulevard Mutuel 72000 Le Mans
Joindre 20 F pour les frais divers.

J.P. ROSENSTIEHL

Lycée Montesquieu Le Mans

Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

PIERRE CURIE par Anna Hurvic ; préface de Pierre-Gilles de Gennes ; collection "Figures de la Science" ; 304 p. ; édition Flammarion, 1995 (139 F).

Voici un ouvrage important qui manquait dans l'ensemble des travaux historiques sur cette grande époque de la physique que fut le tournant du XIX^{ème} au XX^{ème} siècle. L'Auteur qui est physicienne et historienne des sciences nous donne un livre de lecture fort instructive, vous n'en doutez pas, mais aussi vraiment passionnante. A cause de l'homme, à cause du savant qu'il fut, oui, mais peut-être surtout à cause de l'homme. En fait, la juste gloire du savant nous a fait méconnaître la personnalité hors de pair de l'homme.

Sans doute la gloire de Marie Curie a-t-elle tant ébloui que la personnalité et l'oeuvre de Pierre Curie ont paru trop longtemps presque secondaires. Sa mort tragique a permis le développement de la légende d'une oeuvre courte parce que brutalement interrompue. C'était méconnaître la profondeur de la pensée d'un savant n'ayant aucun goût pour les honneurs officiels et les tapages médiatiques, même si ceux de l'époque nous paraissent presque dérisoires par rapport aux débordements contemporains. Pierre Curie a pourtant construit, à son rythme, dans son style personnel d'homme de laboratoire et de réflexion solitaire, une oeuvre à la taille de son indéniable génie.

Lire le récit des études et des premiers travaux scientifiques du jeune Pierre Curie (15 mai 1859 – 19 avril 1906) nous fait revivre le travail d'un jeune licencié es-sciences physiques comme préparateur-adjoint puis comme préparateur de Paul Desains au laboratoire de sciences physiques de la faculté des sciences. L'entente est étroite entre Pierre et son frère aîné Jacques, plus orienté vers la géologie. Pierre n'est passé par aucune "grande école", il restera toujours un peu "en marge", ce qui correspond à son goût pour la réflexion solitaire. Autre trait de toute sa carrière, elle sera parisienne et les événements d'une conférence à Londres et du prix Nobel seront ses seules "aventures" dans les autres pays. Un néo-zélandais comme Rutherford n'hésitait pas à s'exiler pour un temps au Canada pour avancer dans sa carrière avant de revenir en Grande-Bretagne, Pierre Curie, un moment tenté de faire enfin carrière à Genève abandonne l'accès au titre de professeur pour ne pas quitter un laboratoire aux installations artisanales mais en pleine activité. La grande internationalisation de la science était encore à venir, 1900 fut à ce titre, le grand tournant.

En 1882, dès la création de l'EPCI (Ecole de Physique et Chimie Industrielles) de la Ville de Paris, Pierre Curie y occupe un poste de préparateur. C'est d'ailleurs dans ce cadre et dans les quatre années qui vont suivre qu'avec son frère Jacques, ils découvrent la piézoélectricité et inventent le quartz piézoélectrique, le dynamomètre piézoélectrique, l'électromètre à bilame de quartz, un électromètre à quadrants et un manomètre piézoélectrique. Pierre Curie fut toujours passionné par les instruments de mesure.

Mais l'homme de laboratoire est encore plus passionné pour la réflexion solitaire sur les grands principes. Le travail sur la piézoélectricité l'a conduit à s'intéresser aux cristaux et ceux-ci, à leur tour, l'amènent à réfléchir aux symétries. Hasard de la destinée, Pierre Curie formule son grand principe de symétrie l'année même où il rencontre Marie Sklodowska. Nous reviendrons évidemment sur cette rencontre, mais relisons d'abord l'énoncé sur la symétrie tel que le donne Pierre Curie :

"La symétrie caractéristique d'un phénomène est la symétrie maxima compatible avec l'existence du phénomène.

Un phénomène peut exister dans un milieu qui possède sa symétrie caractéristique ou celle d'un des intergroupes de sa symétrie caractéristique.

Autrement dit, certains éléments de symétrie peuvent coexister avec certains phénomènes, mais ils ne sont pas nécessaires. ce qui est nécessaire, c'est que certains éléments de symétrie n'existent pas. C'est la dissymétrie qui crée le phénomène."

Conséquences :

"Lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits.

"Lorsque certains effets révèlent une certaine dissymétrie, cette dissymétrie doit se retrouver dans les causes qui lui ont donné naissance.

"La réciproque de ces deux propositions n'est pas vraie, au moins pratiquement, c'est à dire que les effets produits peuvent être plus symétriques que les causes."

Excusez ici une digression. N'est-il pas remarquable que deux savants, Louis Pasteur et Pierre Curie, aient commencé leurs carrières de chercheurs en étudiant, le premier, la chiralité des molécules, le second, de façon tout à fait générale, la symétrie dans les phénomènes. L'un et l'autre étaient passionnés par les cristaux, ce musée naturel des symétries et de la théorie des groupes.

Dans le cas de Pierre Curie, on trouve de nombreux témoignages de son goût pour la réflexion mathématique. Bien avant 1894 dans ses recherches de représentation vectorielle et jusqu'à ses dernières pensées puisqu'en 1906, il avait promis pour la *Revue du mois* de Marguerite et Emile Borel un article sur "les théories géométriques dans les sciences physiques". Fin de la digression.

C'est donc en 1894 que Pierre rencontre Marie Sklodowska. Ils s'épousent en 1895. Le timide Pierre ne semble avoir eu aucune hésitation à proposer à Marie cette union dont les dernières pages du livre nous donnent l'image émouvante, les pages écrites par Marie, quelques jours après la mort tragique de Pierre et où elle revit les trois derniers jours de leur vie commune.

En 1881, Pierre jeune homme encore sans grande expérience du monde, aurait eu l'imprudence d'écrire "*les femmes de génie sont rares*" (vous remarquerez que si vous remplacez le mot femmes par le mot hommes, la vérité de l'une des versions vaut la vérité de l'autre). Pierre Curie eut pourtant la chance d'en rencontrer une. Et pour un savant solitaire comme lui qui toujours préféra le laboratoire aux honneurs officiels, quelle meilleure chance d'épanouissement de son génie que ces onze années de travail en commun. Pour accéder à l'Académie des Sciences, Pierre dut consentir au rite des visites de candidature ; il ne s'y plia que dans l'espoir d'obtenir ainsi plus facilement le vrai laboratoire dont il rêvait. Car, même après le prix Nobel (1903), Pierre Curie n'avait toujours pas ce laboratoire à la taille de ses travaux quand un lourd camion tiré par des chevaux mit fin brutalement à la vie de cet homme méconnu de son temps et qui reste trop méconnu encore aujourd'hui.

On voudrait ne pas quitter le livre de Anna Hurvic. Grâce à ce qu'elle nous raconte simplement, nous croyons revivre les échanges entre Pierre et Marie pendant leurs journées de manipulation au laboratoire, ou bien dans leurs relations avec Paul Langevin, qui fut l'élève de Pierre, avec les amis Perrin. Dans ce groupe de savants plus jeunes souvent exubérants et joyeux, Pierre Curie reste toujours plus réservé, toujours méditatif. Avec Marie, ils ont manipulé les substances radioactives dont le rayonnement restait sujet d'étude. Pierre a même essayé sur la peau de son bras les effets du radium. Leurs santés en sont déjà ébranlées. La découverte de la radioactivité, nous en mesurons aujourd'hui l'importance dans ce grand tournant de l'histoire de la physique. Merci, Anna Hurvic, grâce à votre livre, la mémoire de Pierre Curie est sera enfin mieux honorée comme elle le mérite.

G.W.

TROIS LIVRES SUR LE CHAOS

C'est dans un ouvrage de la collection "Domino" (éd. Flammarion) dont j'ai déjà vanté la clarté et la concision, que Ivor Ekeland traite d'un sujet difficile: le Chaos. En cent pages lumineuses, il nous donne les idées de base pour une approche simple des systèmes chaotiques. D'abord sur un petit nombre d'exemples bien choisis, il définit le chaos en le situant par rapport au déterminisme et au hasard, puis il explique comment ce problème, pressenti par Poincaré, n'a pu être véritablement découvert que de nos jours grâce à la puissance de calcul des ordinateurs. Le tout accompagné d'une réflexion générale sur les théories scientifiques et les relations entre science et mathématique qui prennent un tour nouveau avec l'irruption du calcul dans le traitement des équations non linéaires.

Ce petit livre est très réconfortant pour le lecteur novice car l'Auteur, loin de bluffer avec le caractère insolite du chaos, s'attache au contraire à montrer la continuité avec la science traditionnelle et mène en douceur vers une autre perspective qui permettra de résoudre des problèmes innombrables, jusqu'alors insolubles et même incouponnés. Lecture stimulante qui dépayse sans dérouter et nous conduit émerveillés vers ces théories nouvelles qui s'élaborent sous nos yeux.

Pour avoir d'autres informations, on pourra lire la Théorie du chaos de James Gleick dans la collection "Champs" de Flammarion. Ce livre part d'un autre point de vue. Il décrit en détail l'histoire

des pionniers du chaos, leurs tâtonnements solitaires, avant que ne se dégage une théorie unique recouvrant les phénomènes chaotiques les plus divers. Cette approche a les avantages et les inconvénients (bien connus des enseignants) d'un exposé historique de découvertes scientifiques.

L'invariance d'échelle est une notion importante pour le traitement des systèmes chaotiques, aussi pourrait-on lire en complément Les Objets fractals de Benoît Mandelbrot, également dans la collection "Champs" de Flammarion. L'inventeur des fractals, dans un exposé dense, présente une nouvelle géométrie à laquelle il serait urgent de s'initier.

Annie Laval

CALENDRIERS ET CHRONOLOGIE par Jean-Paul Parisot et Françoise Suagher ; collection "de Caelo", 212 p. ; éd Masson 1995 (190 F)

Après nous avoir fait admirer tous les Jeux de lumière (cf CC N°72,p.20), nos amis Jean-Paul et Françoise changent de registre en nous proposant de réfléchir à la mesure du temps et au repérage des dates. Le calendrier est peut-être le premier élément de science astronomique que les petits enfants découvrent à la Maternelle en apprenant les noms des jours de la semaine. Au cours des stages de formation permanente des enseignants, Françoise et Jean-Paul ont eu maintes occasions de répondre à toutes les questions que les collègues se posent sur les données astronomiques qui conduisent à la mesure du temps puis à trouver le meilleur repérage des dates possibles qui s'accorde avec le déroulement des saisons. Le livre se termine par un vaste inventaire des calendriers d'ailleurs depuis celui de l'ancienne Mésopotamie à ceux des Aztèques et des Incas.

Une petite remarque : n'est-ce pas une maladresse d'avoir encadré la définition de l'heure légale selon la loi du 14 mars 1891 ? Comme le dit bien le Bureau des Longitudes, la définition actuelle (donc méritant l'encadrement) dérive des lois et décrets de 1911 et 1978 qui rattachent l'heure légale au temps universel. Ceci dit pour montrer à nos amis que je n'ai pas économisé mon attention pour examiner leur beau travail.

G.W.

ASTRONOMIE ET ASTROPHYSIQUE, cinq grandes idées pour explorer et comprendre l'Univers, par Marc Seguin et Benoît Villeneuve ; 550 p., format 21/27 cm, relié ; éd. Masson 1995 (250 F)

A première vue, on est tenté de ranger ce livre dans la catégorie des banales présentations des merveilles du ciel jouant principalement sur la beauté des photos. Il est vrai que la présentation générale de l'ouvrage est excellente et que bien des schémas sont remarquables par leur clarté et leur originalité, en particulier grâce à la typographie en plusieurs couleurs. Mais on s'aperçoit vite que l'ouvrage se distingue surtout par le souci pédagogique des Auteurs. Le texte de l'exposé a été relu par des équipes enseignantes du "réseau des cégeps" dont la préface aurait dû nous préciser l'identité, peut-être évidente au lecteur canadien (pour lequel a eu lieu la première édition du livre) mais sans doute peu ou pas connue des lecteurs français.

Les cinq grandes idées organisent la distribution du contenu du livre en cinq parties, après un aperçu général, *l'astronomie à l'oeil nu* ; 1) *la perspective cosmique* (le système du monde, la profondeur du ciel) ; 2) *sur la Terre comme au ciel* (la gravitation, les yeux artificiels, les codes de la lumière) ; 3) *le cosmos en évolution* (l'expansion de l'Univers, la théorie du big bang) ; 4) *le grand jeu des étoiles* (les caractéristiques des étoiles, vie et mort des étoiles, les environnements galactiques) ; 5) *la nouvelle frontière* (le système Terre-Lune, une croisière interplanétaire, planétologie comparée et origine du système solaire). En épilogue, le cosmos et la vie.

La particularité essentielle de l'ouvrage est la subdivision de chaque chapitre en trois niveaux de lecture, le niveau de base qui s'adresse à tous les lecteurs, le niveau intermédiaire qui renvoie à des encadrés plus techniques ou plus théoriques, le niveau avancé qui comporte des compléments théoriques plus élaborés en particulier pour l'astrophysique. Des exemples, des questions de révision et des problèmes (dont les solutions sont explicités en fin de volume) complètent cet appareil pédagogique.

Quand je pense à ce qu'étaient les manuels de "cosmographie" du temps de ma jeunesse, je me dis qu'avec des livres comme celui-ci, personne n'aurait laissé tomber en quenouille cet enseignement. Ce livre est donc d'origine canadienne, une preuve supplémentaire des bienfaits des échanges internationaux, la pédagogie, si elle a besoin de s'adapter au climat local tire toujours grand bénéfice à respirer l'air du large, celui d'ailleurs.

G.W.

HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE par Ludwik Marian Celnikier ; préfaces de Jean-Claude Pecker ; petite collection d'histoire des sciences ; 384 p. ; édition TEC&DOC 1996 (165 F)

La première édition de cette histoire date de 1986 (cf le compte rendu dans le n°33 des CC, p.31). L'édition actuelle reprend sans rien changer les 13 chapitres du livre primitif. Suivent les trois nouveaux chapitres : 14) *le bestiaire cosmique* qui fait le bilan des trente dernières années en imaginant le réveil d'un astronome averti qui serait tombé en léthargie en 1960 et découvrirait, en 1996, une science méconnaissable ; 15) *l'Univers - vous connaissez ?* qui, dans l'esprit de la même fiction tente de faire le point des discussions actuelles sur les théories cosmologiques ; enfin 16) *A la recherche de la quintessence* qui reprend un article paru en 1994 dans le Bulletin de la Société Française de Physique.

Les additions de la nouvelle édition enrichissent considérablement l'ouvrage initial, 384 pages au lieu de 262, mais pas seulement en quantité et nombreux seront les lecteurs à en profiter. Je me demande cependant si ces additions n'accentuent pas un défaut déjà perceptible dans le texte original. L'ouvrage se présente comme une "histoire de l'astronomie" et il comporte en effet une bonne documentation historique. Mais Celnikier y mêlait déjà beaucoup de commentaires et de réflexions personnelles. Comme ce ne sont pas les idées originales qui lui manquent, on ne savait pas toujours bien distinguer ce qui est donnée historique et appréciation celnikienne. C'est encore plus vrai dans les nouveaux chapitres car Celnikier n'est pas tombé en léthargie pendant ces trente glorieuses années. Quant au chapitre 16, reprise d'un article de revue, il présente, au moins dans ses premières parties, ce qui ici fait redites et, dans son ensemble, paraît une conclusion insolite à une histoire qui ne peut s'achever que par des points d'interrogation et de suspension...

Une petite remarque destinée à l'éditeur au sujet de la présentation matérielle. Le texte, composé en caractères assez gras et non interliné, fatigue la vue. Est-ce pour cette raison que de nombreuses fautes typographiques sont à déplorer ? La plus belle est celle du chapitre 14 justement intitulé *le bestiaire cosmique* ; en haut des 65 pages qui suivent le rappel du titre est "le bestiaire comique".

C.W.

ASTRONYMIE, les noms des étoiles par André Le Boeuffle ; 112 p. ; éd.Burillier 1996 (149 F).

Voilà un recueil précieux pour tous les amateurs qui arpentent nuit après nuit la voute céleste. L'Auteur est un spécialiste de l'astronomie antique et on lui doit en particulier la traduction de *L'astronomie* de Hyginus (aux éditions Les Belles Lettres). Il nous présente ici une brève histoire des dénominations stellaires dans l'antiquité, puis durant le moyen âge puis à l'ère des lunettes et des télescopes. Exemple, les dénominations introduites par Bayer dans son *Uranometria* (Augsburg, 1603). Le livre ne traite pas des conventions internationales sur les déterminations de noms qui régissent maintenant le monde international des astronomes.

Ce joli petit livre à la présentation impeccable m'apprend, à la page 11, le mot *almucantar* pour désigner tout cercle de la sphère céleste qui soit ensemble des points de même hauteur au-dessus de l'horizon. Mais le *Littre* et le *Larousse* écrivent *almicantar* et je ne sais vraiment pas qui a raison. Sûrement pas le *Robert* qui ignore le mot et la chose désignée.

LE HASARD, un dossier de **Pour la Science**.

Un ensemble de textes fort instructifs qui s'ouvre par une préface ancienne d'Emile Borel agrémentée d'une superbe photo de l'illustre mathématicien. Les divers articles sont distribués en trois parties, *le hasard décelé* (voir en particulier "la répartition des étoiles et des galaxies" par J.Silk, A.Szalay et Y.Zel'dovich, "les fluctuations primordiales de l'Univers" par Laurent Nottale), *le hasard évalué* (avec un rien d'initiation au calcul des probabilités), *le hasard maîtrisé* (avec des explications bienvenues sur les applications courantes des probabilités qui envahissent notre vie).

DANS LES REVUES

Planetariums 1996 – Revue annuelle de l'Association des Planétariums de Langue Française ; 90 p. Au sommaire : "Astrophysique et technologie spatiale" par Hubert Reeves ; "La première planète extra système solaire découverte" par Agnès Acker. Et toutes les nouvelles des activités des planétariums ainsi que la discussion de problèmes particuliers comme "Planetariums et Internet".

L'Astronomie - Mars 1996 - L'astronomie à l'école, une chance à saisir (Jacques Vialle). Enseignement de l'astronomie à des élèves littéraires de lycée (Josée Sert). Déclaration du séminaire EU/ESO sur l'enseignement de l'astronomie en Europe (Garching, 25-30 novembre 1994).

- Avril 1996 - L'expérience Gallex et les neutrinos solaires (Michel Cribier et Daniel Vignaud). La théorie du mouvement de la Lune (Michelle Chapront-Touzé, Jean Chapront).

- Mai-juin 1996 - L'héliosismologie (Roland Lehoucq, Sylvaine Turck-Chieze).

La Recherche - Mai 1996 - La genèse de la matière (Sylvie Vauclair). Un éditorial intitulé "l'excellent rapport Fauroux".

Pour la Science - Mars 1996 - Moisson de Jupiters (Jean Schneider). L'évolution des galaxies anciennes (Olivier Le Fèvre).

- Mai 1996 - Lumière et trous noirs (Norbert Quien, Rainer Wehrse, Christophe Kindt).

- Juillet 1996 - Jupiter visitée (Bruno Bezard). Fond infrarouge (Françoise Boulanger). La ceinture de Kuiper (Jane Lun, David Jewitt).

ERRANCES

Rubrique dans laquelle nos lecteurs relèvent quelques perles trouvées dans la presse écrite ou parlée, dans les journaux, les revues ou les livres.

- Dans un récit de l'expédition du dirigeable *Italia* vers le pôle Nord :

"Le dirigeable, pour ne pas perdre le soleil - nécessaire pour localiser le pôle à l'aide du sextant - prend de l'altitude. 24 mai, 0h20, un cri : Nous y sommes ! Nobile donne l'ordre de descendre. On glisse dans la nappe de brume, on s'immobilise à une centaine de mètres du pack. Le pôle ! ..."

...D'instant en instant le brouillard s'épaissit A 2h20, Nobile donne l'ordre de mettre cap au sud. Le vent. Quoi qu'on fasse, on dérive vers l'est..."

Extrait de *C'était le XX^{ème} siècle* par Alain Decaux communiqué par Gaston Durant (92700, Colombes).

- *"C'est le point de Pascal, se mouvant avec une vitesse infinie et pouvant se présenter à l'imagination comme une sphère dont le centre est partout et la circonférence nulle part (ou encore dont la circonférence est partout et le centre nulle part). Une vitesse infinie paraît immobile. Rien de plus lent qu'une rapidité extrême et on peut le vérifier immédiatement en sachant que la terre, là, en ce moment, tourne sur elle-même à l'allure de 27 000 kilomètres par seconde. La vitesse vous donne la lenteur. Seul un esprit très rapide peut savourer la lenteur."*

Extrait de *Le Cavalier du Louvre, Vivant Denon* par Philippe Sollers, édition Plon. Extrait communiqué par Serge Pelat (92210 St Cloud).

Des nouvelles du Colloque de Londres

Ce colloque (voir le numéro précédent des Cahiers) était organisé par la Commission 46 de l'UAI, et avait reçu le soutien (moral) de European Association for Astronomy Education ainsi que le soutien financier du Comité National Français d'Astronomie, du CLEA, de l'Observatoire de Paris et de la Royal Astronomical Society ; ces aides financières ont permis la participation d'enseignants provenant de pays "à devises faibles". Lucienne Gouguenheim était responsable de l'organisation scientifique et Derek McNally de l'organisation locale. Les lecteurs s'amuseront peut-être de reconnaître le tandem responsable de l'organisation de la rencontre de Grenoble, il y a 20 ans !

Les sessions ont porté sur (1) l'enseignement universitaire, (2) l'enseignement à distance, (3) la recherche didactique, (4) les planétariums, (5) l'éducation du public et (6) l'enseignement dans les écoles. Un compte rendu est en cours d'édition. La communauté française était présente, avec Francis Berthomieu (et sa réflexion sur l'utilisation "intelligente" de l'informatique qui a beaucoup intéressé), Jean-Luc Fouquet, Michèle Gerbaldi et Annie Xerri (Formation de base en Astronomie-Astrophysique). D'autres participants sont bien connus des lecteurs des Cahiers, comme Cécile Iwaniszewska, Roland Szostak, Joseph Nussbaum, Rosa Maria Ros, Nicoletta Lanciano...

VOIR DES ETOILES EN PLEIN JOUR?...

Au cours de leurs voyages extraordinaires, les héros de Jules Verne n'oublient jamais leur devoir de savants consciencieux explorant le monde *ad maiorem scientiae gloriam*. Ces intrépides explorateurs ne manquent donc pas de consigner dans leur journal d'expédition les faits les plus ... divers. C'est ainsi que dans le *Voyage au centre de la Terre* (1864), Axel, narrateur de l'histoire et neveu de l'éminent mais peu commode professeur Liddenbrock rapporte avoir observé en plein jour une étoile proche du zénith alors qu'il se trouvait au fond du cratère du Snaeffel en Islande:

"Et quand étendu sur le dos, j'ouvris les yeux, j'aperçus un point brillant à l'extrémité de ce tube long de trois mille pieds, qui se transformait en une gigantesque lunette. C'était une étoile dépouillée de toute scintillation et qui, d'après mes calculs, devait être beta de la Petite Ourse". (*Voyage au centre de la Terre*, XI, La descente dans l'abîme).

On sait que l'expédition Liddenbrock n'envisage rien de moins que de se rendre au centre de la Terre en empruntant une galerie qui part du fond du Snaefelljökull. Les débuts de cette audacieuse entreprise se situent un peu après le solstice d'été et au moment de l'observation, "il devait être onze heures [...], calcul d'ailleurs tout approximatif". Nous admettrons que la latitude du Snaefelljökull est de 65° N , valeur un peu trop élevée mais l'approximation reste suffisante pour traiter une observation faite à l'œil nu et dont l'instant est par ailleurs connu de façon très imparfaite. Ceci étant posé, Axel aurait-il réellement pu observer en plein jour une étoile autre que le Soleil et d'autre part, cette étoile pouvait-elle être β Ursae Minoris?

Bien que difficile, l'observation diurne d'un astre brillant est tout à fait possible sans instrument. Vénus et Jupiter sont d'ailleurs des objets relativement aisés si on sait où ils se trouvent et si le ciel n'est pas trop diffusant. On relève aussi dans la littérature des exemples d'observations diurnes d'astres brillants vus sans instrument: la nova de 1572 est un exemple célèbre ainsi que la grande comète de 1843, visible à proximité du Soleil, comme rapporté par Guillemain [1] et d'autres auteurs. De même, un observateur contemporain dit avoir observé Sirius au méridien à l'œil nu ($m_v = -1.4$), 21 minutes avant le coucher du Soleil, après l'avoir repéré avec des jumelles. La distance Sirius-Soleil était alors légèrement inférieure à 80° [2]. Cela relève quand même de l'exploit et cette observation est probablement un cas limite.

L'utilisation d'un télescope facilite considérablement ce genre d'observation. En 1635, Morin (1585-1656) fut probablement le premier à observer Arcturus ($m_v = 0,1$) en plein jour à l'aide d'une lunette. Cela lui parut tellement surprenant qu'il estima être devenu, de ce fait, le vrai rénovateur de l'Astronomie [3]. Plus tard, en juillet 1669, Picard (1620-1682) fut le premier astronome à mesurer la hauteur méridienne d'Arcturus en plein jour. Il réalisa ainsi un bonne quarantaine d'observations diurnes d'étoiles brillantes au méridien [4]. Cette même année, le 21 octobre, Hooke (1635-1703) mesura à Oxford la distance zénithale de "la brillante du Dragon" (γ Dra, $m_v = 2.4$) alors que le Soleil était bien au dessus de l'horizon. Il vit "l'étoile passer au zénith aussi distinctement et clairement que si le Soleil avait été couché bien qu'elle eût perdu une grande partie de l'éclat et de la grandeur qu'elle est accoutumée avoir de nuit et que les étoiles voisines restassent invisibles." [5] De la même manière, en juin 1991, l'auteur a pu observer au télescope la planète Mars ($m_v = 1.9$, $\varnothing$ angulaire $\approx 4,3''$) à environ 47° du Soleil, vers 15:00 UT.

Ainsi, il est bien certain que pour voir β Ursae Minoris ($m_v = 2.0$), Axel aurait dû utiliser un instrument. Or justement, selon Jules Verne, la cheminée du volcan fonctionne comme le tube d'une gigantesque lunette. Il reprend ici une croyance bien établie qui veut que du fond d'un puits profond on puisse voir les étoiles en plein jour. Balzac mentionne d'ailleurs cette croyance dans un de ses romans:

"Seraphitus étant au fond d'un ravin, cet être singulier montra l'auréole bleue que les nuages dessinaient en laissant un espace clair au dessus de leurs têtes, et dans lequel les étoiles se voyaient pendant le jour, en vertu de lois atmosphériques encore inexpliquées." [6]

Examinant ce problème dans une de ses célèbres *Lectiones Cutlerianae*, Hooke, ne croit pas à l'existence de ces "lois atmosphériques encore inexplicables":

"Et bien qu'il existe une grande tradition selon laquelle on peut voir les étoiles à l'œil nu en plein jour du fond d'un puits ou d'une mine, je tiens cela pour impossible et pure invention de l'esprit. Car être au fond d'un puits n'empêche absolument pas les rayons lumineux [diffusés par l'atmosphère] sur la ligne de visée et sur les côtés d'offusquer la vue, bien que naturellement les parois du puits puissent arrêter les rayons [parasites] qui parviennent latéralement." [7]

Par contre le R.P. Boscovich, S.J. (1711-1787) est d'un avis contraire, faisant par ailleurs allusion à la légende, rapportée par Flammarion [8], du "puits" que Cassini aurait fait construire à l'Observatoire de Paris pour observer les étoiles en plein jour (il s'agit en fait de la cave, aménagée dans un autre but):

"Pendant le jour on peut voir les étoiles d'un endroit fort obscur; comme j'avais ouï dire qu'on les voyoit de la cave de l'Observatoire de Paris. Mais j'ai été assuré depuis que l'obscurité de cette cave ne suffisoit pas pour produire ce phénomène. Je crois cependant qu'avec une vue perçante, on y verrait quelques étoiles des plus brillantes, lorsque le ciel est bien serein." [9]

Ainsi, le fait d'être au fond de la cheminée du volcan ne change probablement rien aux conditions du problème. De plus, β Ursae Minoris est une étoile de deuxième grandeur. Or tous les marins le savent et, marin confirmé, Jules Verne le savait aussi: ces étoiles ne deviennent visibles que vers la fin du crépuscule nautique, lorsque le Soleil est à 12° environ sous l'horizon. A la date considérée, c'est à dire les environs du solstice d'été, la déclinaison du Soleil est $\delta \approx +23^\circ$ et à la latitude du Snaeffel, il ne descend donc jamais à plus de 2° au dessous de l'horizon.

Au reste, en supposant que le ciel eût été suffisamment sombre, Axel pouvait-il vraiment voir β Ursae Minoris du fond de son cratère? La déclinaison de cette étoile est $\delta \approx +74,5^\circ$. Elle ne peut donc jamais passer au zénith du Snaeffeljökull. Dans les meilleures conditions, c'est à dire à son passage supérieur, elle en est encore distante de $9,5^\circ$. Un calcul par le logiciel *Skymap*® montre que le 1 juillet à 23:00 de temps local, l'étoile est encore à $17,5^\circ$ du zénith. Or nous savons qu'Axel se trouvait au fond d'une cheminée de 3000 pieds (environ 1000 m) de profondeur. Pour qu'il ait pu observer commodément β Ursae Minoris, il fallait donc que l'ouverture de la caldera du volcan sous-tende un angle que l'on peut raisonnablement estimer à un trentaine de degrés, soit environ 0,5 radian. Un calcul élémentaire montre alors que la caldera devait avoir un diamètre d'au moins 500 m, ce qui reste encore plausible pour un volcan dont l'altitude est de l'ordre de 1800m.

Ainsi, s'il est tout à fait possible de voir une étoile très brillante à l'œil nu en plein jour, l'expérience commune ainsi que les circonstances rapportées par Jules Verne permettent de douter de la possibilité de réaliser une observation analogue à celle supposée avoir été faite par Axel. Mais après tout, l'aventure des audacieux explorateurs n'en est pas moins passionnante et cette observation discutable à plus d'un titre nous aura permis de voyager dans plusieurs domaines du savoir, de l'astronomie élémentaire à la volcanologie... Tant il est vrai que quelques lignes extraites d'un roman d'aventures sont souvent susceptibles d'une lecture tout à fait scientifique. Ce qu'il fallait démontrer...

Jacques Vialle

Références

- [1] Guillemin, A.: *Les comètes*, Paris, 1875, p.209-210.
- [2] *Sky and Telescope*, **85**, 2 (1993), p.112
- [3] Morin, J.-B.: *Astronomia restituta*, Paris, 1640, livre VI, p.199
- [4] Grillet, S.: "Picard observateur", in *Jean Picard et les débuts de l'astronomie de précision au XVIIIème siècle*, Actes du colloque J. Picard [G.Picolet, éd.], Paris: Ed. du CNRS, 1987, p.143-156
- [5] Hooke, R., *Lectiones Cutlerianae: An Attempt to Prove the Rotation of the Earth*, Londres, 1679, p. 25
- [6] Balzac (H. de), *Seraphitus-Seraphita*, 1835
- [7] Hooke, R., *ibid.*
- [8] Flammarion, C. "Voit-on les étoiles en plein jour?", in *l'Astronomie*, **29** (1915), pp.210-211
- [9] Boscovich (R.J.), *Les éclipses*, chant IV, n. 35

MESURER L'INTELLIGENCE ?

Je vais vous raconter une histoire vraie. Il y a un certain nombre d'années, un jeune journaliste, pour conforter sa place dans l'hebdomadaire *Le Point*, avait imaginé de publier un article sur le quotient intellectuel de personnalités. Il avait rencontré quantité d'hommes et de femmes de lettres qui s'y étaient prêtés. On apprenait ainsi que le QI de Françoise Giroud était de 85, celui de Paul Guth de 60 et que, en revanche, celui de Cavanna était de 140. Ce journaliste était ensuite venu me voir, car il voulait essayer de connaître le quotient intellectuel de quelques scientifiques. Aucun des scientifiques contactés n'avaient accepté parce qu'ils avaient tous très peur.

Quand Françoise Giroud a appris que son QI était de 85, elle s'en est complètement moquée, parce qu'elle connaissait bien sa valeur et n'accordait pas grande importance au QI. Tandis que les scientifiques croyaient encore au QI, et ils avaient très peur qu'on s'aperçoive que le leur était très bas.

L'un d'eux que je connais bien, que je respecte beaucoup, et qui est Prix Nobel, m'a dit : "Je ne peux pas jouer ce tour à mes homologues du Prix Nobel. Que dira-t-on quand on saura qu'on peut être Prix Nobel et avoir un QI comme le mien?" Et, très probablement, le sien est très bas parce que cet homme, quand on lui pose une question, au lieu de réagir en répondant le plus vite possible, réagit en inventant une question plus intelligente que celle qui est posée. Cela prend pas mal de temps et, du coup, son QI est très bas. Cela m'a amené à réfléchir à ce que cela signifiait. J'ai d'autant plus réfléchi quand on a demandé à Cavanna comment il avait fait pour obtenir 140, et qu'il a répondu : "C'est très simple, je me suis mis dans la peau des cons qui ont inventé des questions pareilles".

Effectivement, au-delà de l'anecdote, il serait important de savoir ce que mesure ce fameux QI. La réponse est qu'il ne mesure rigoureusement rien. Or, on gâche des enfants en raison de leur QI. On peut leurrer toute une population en donnant des nombres, parce que le nombre apparaît comme une vérité scientifique. Chacun est ainsi persuadé savoir quelque chose. On camoufle la misère conceptuelle par un nombre auquel on ajoute même des décimales. Le jour où les mesures du QI comporteront des décimales, ce qui n'est pas encore le cas, il sera encore plus crédible. Or, que mesure-t-il ? Il ne mesure rien qui préexiste à sa mesure.

On mesure, avec un certain nombre de techniques, une chose dont on ignore si elle existe réellement.

En amont de tout problème de mesure, il convient de savoir si on mesure quelque chose ou pas. Trop fréquemment, on s' imagine qu'on mesure, alors qu'on ne mesure rien. Il suffit de se poser la question : est-il possible de mesurer un objet multidimensionnel ? On ne mesure pas un caillou. On mesure le poids d'un caillou, sa dureté, sa couleur, sa longueur, mais on ne mesure pas le caillou lui-même. De même, on va mesurer peut-être quelques caractéristiques de l'activité intellectuelle. Mais mesurer l'intelligence, c'est décidément grotesque et, par conséquent, ceux qui osent parler de quotient intellectuel sont nécessairement des débilés profonds.

Intervention d'Albert Jacquart

7èmes Entretiens de la Villette : "La Mesure"

Les publications du C.L.E.A.

Les fiches d'activités pédagogiques du CLEA

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

- HS1. L'astronomie à l'école élémentaire (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS2. La Lune niveau collège 1 (60F- 68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS3. Le temps, les constellations, niveau lycée (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS4. Astronomie en Quatrième (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
- HS5. Gravitation et lumière, niveau Terminale (75F-83F) (65F-73F pour les abonnés)
- HS6. L'âge de la Nébuleuse du Crabe (avec 4 diapositives et 12 jeux de deux photographies ;
niveau lycée) (100F-110F) (90F-100F pour les abonnés)
- HS7. Etude du spectre du Soleil (50F-58F) (42F-50F pour les abonnés)

Documents pour les fiches CLEA-BELIN

- DCB. 10 exemplaires 40F (35F pour les abonnés)
- 20 exemplaires 65 F (60 F pour les abonnés)

Transparents animés pour rétroprojecteur

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

Diapositives (Séries de 20 vues+livret de commentaires)(60F-65F)(50F-55F pour abonnés)

- D1. Phénomènes lumineux
- D2. Les phases de la Lune
- D3. Les astres se lèvent aussi
- D4. Initiation aux constellations
- D5. Rétrogradation de Mars
- D6. Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues, 30F-35F)
- D7. Taches solaires et rotation du Soleil

Filtres colorés et réseaux

- FCR. Six feuilles de filtres colorés et une feuille de réseaux (65F). (55F pour les abonnés)

Le Cinéciel

- CIN. Une sphère armillaire à monter, en kit (100F)

Cours photocopiés d'Astrophysique (M3.C4 de l'Université Paris XI-Orsay)

- CI. Astrophysique générale
 - CII. Mécanismes de rayonnement en astrophysique
 - CIII. Etats dilués de la matière : le milieu interstellaire
 - CIV. La structure interne des étoiles
 - CV. Relativité et cosmologie
 - CS. Cours d'astrophysique solaire : le Soleil
- chaque fascicule : 30 F, 35 F

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

Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

Le C.L.E.A. et Les Cahiers Clairaut

CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 1996 :

Cotisation simple au CLEA pour 1996	30 F
Abonnement simple aux <i>CAHIERS CLAIRAUT</i> n° 73 à 76	120 F
Abonnement aux <i>CAHIERS CLAIRAUT</i> n° 73 à 76 ET cotisation au CLEA pour 1996	150 F
Contribution de soutien au CLEA (par an)	50 F
Le numéro des <i>Cahiers Clairaut</i> (port compris)	40 F

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

COLLECTIONS DES *CAHIERS CLAIRAUT*

C1 . Collection complète du n° 1 au N°72 (1100 F- 1200 F)

C88. C89. Collections 1988 ou 1989 (chaque 80 F - 90 F)

C90. à C95. (chaque 90 F- 100 F)

N-B. Comme pour toutes les publications le deuxième prix est celui qui correspond au tarif port compris

Adresser inscriptions, abonnements ou commandes au secrétaire du CLEA

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

en joignant à votre envoi le chèque correspondant rédigé à l'ordre du CLEA.

Autres publications diffusées par le CLEA

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAÎTRES EN ASTRONOMIE

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

PUBLICATION DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

LSO. Catalogue des étoiles les plus brillantes : toutes les données disponibles
du Centre des Données Stellaires de l'Observatoire de Strasbourg
concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75 F)

Commande à adresser au service librairie du Planétarium de Strasbourg

Directeur de la publication : Lucienne Gouguenheim

Dépot légal 1er trimestre 1979

Imprimerie Hauguel, 92240 Malakoff

Numéro d'inscripton CPPAP 61660