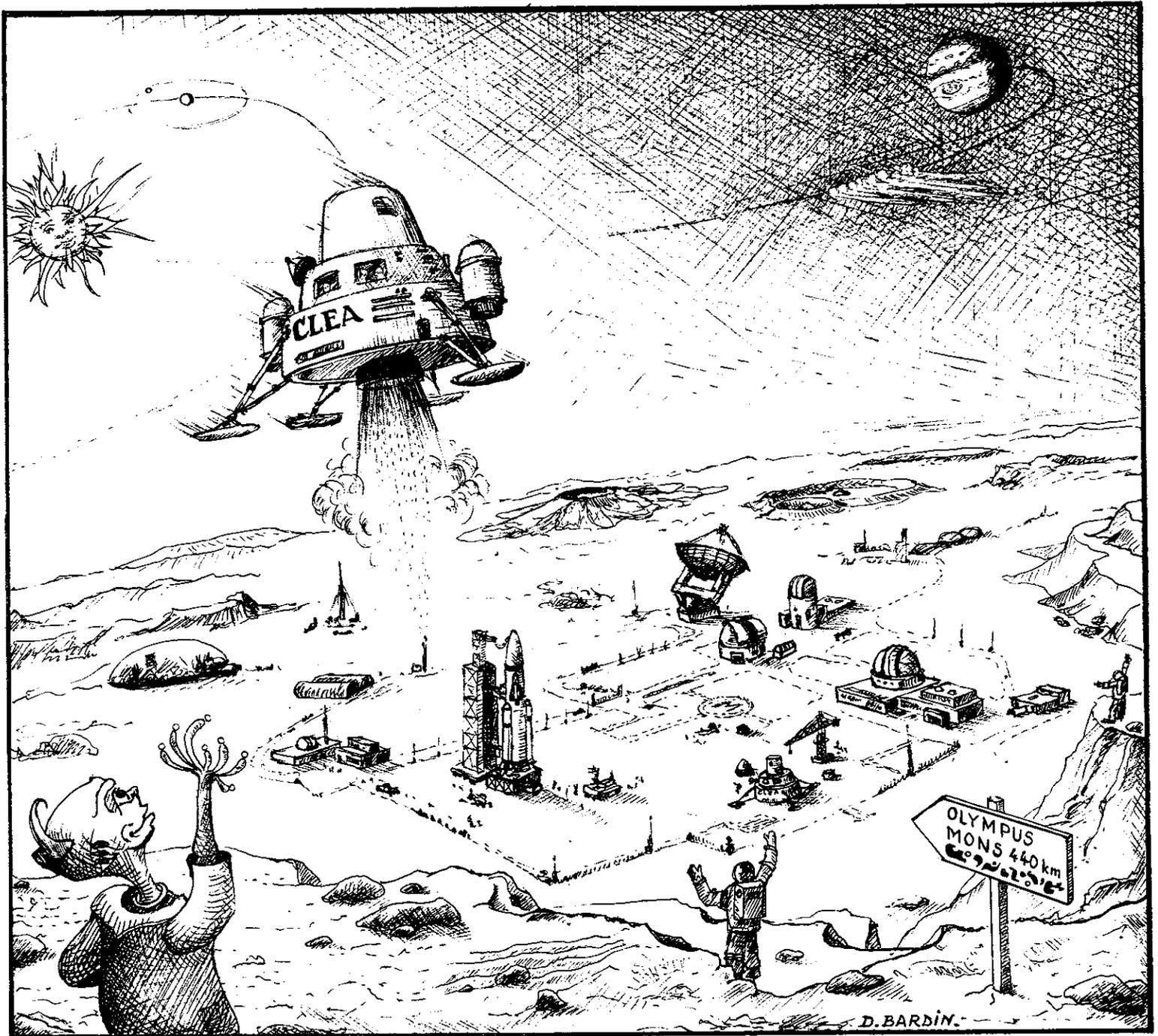


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 65 - PRINTEMPS 1994

ISSN 0758-234 X

Le CLEA- Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

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

Le CLEA organise des stages nationaux (universités d'été) et régionaux dans le cadre des MAFPEN. 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 ses stages que dans ses diverses publications, le CLEA favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes hors de toute contrainte hiérarchique.

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

Bureau du CLEA pour 1994

Présidents d'honneur : Jean-Claude PECKER
Evry SCHATZMAN
Présidente : Lucienne GOUGUENHEIM
Vice-Présidents : Agnès ACKER
Marie-France DUVAL
Hubert GIE
Jean RIPERT
Jacques VIALLE
Catherine VIGNON
Secrétaire-trésorier : Gilbert WALUSINSKI

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

LES CAHIERS CLAIRAUT

Printemps 1994

	page
Le CLEA sur la planète Mars	2
Les nouvelles publications du CLEA.....	2
Astrophysique : 18 fiches CLEA-Belin.....	3
Des activités pour l'option de 1ère S-U3.....	3
Corps noir	5
Et vous qu'en pensez-vous ?.....	8
Température du Soleil.....	9
Fiches pédagogiques pour la 4ème.....	10
Éléments de réponse aux problèmes posés par la couverture	11
Les petits mensonges du thème astral	14
D7. Taches solaires et rotation du Soleil	16
L'éclipse du 10 mai 1994	17
Une étude de la rétrogradation de Mars	19
Lectures pour la Marquise	21
Les potins de la Voie lactée : le ciel en rayonnement gamma.....	29
Le cadran bifilaire	30
Une page de Kepler	36
Les exposciences	37
Chronique du CLEA - Courrier des lecteurs	39

EDITORIAL

Nous donnons une bonne place dans ce numéro à l'option de Sciences expérimentales de la 1ère S et au travail accompli par le CLEA dans ce domaine. Jean Ripert a expérimenté avec ses élèves les TP-top et nous dit son bonheur de pouvoir faire de la vraie physique dans l'option. Jean-Luc Colas propose un développement simple autour de la rétrogradation de Mars, qui permet de comparer le système de Ptolémée à celui de Copernic.

Daniel Bardin, toujours à la pointe de l'actualité, nous propose une nouvelle couverture, qui fait allusion aux travaux des Rochellais : le CLEA débarque sur Mars ! Et Daniel tient à montrer à ceux qui n'avaient pas perçu le caractère "poétique" de la précédente couverture qui jouait un peu avec les méridiens et les parallèles, qu'il sait aussi faire de la bonne géométrie (et même de la trigonométrie...).

Merci à Jeanine Chappelet pour son article sur les exposciences, à Michel Toulmonde qui nous dit tout ce qu'il faut savoir sur l'éclipse de Soleil du 10 mai prochain, à une nouvelle réflexion sur l'astrologie de P. Lerich et à Paul Perbost pour son cadran bifilaire. N'hésitez pas à suivre ces (bons) exemples et à nous envoyer des articles.

Prenez connaissance des documents pédagogiques réalisés par le CLEA pour répondre au mieux aux besoins des enseignants. Ecrivez-nous pour nous dire ce que vous en pensez et comment vous vivez l'option.

La Rédaction

LE CLEA SUR LA PLANÈTE MARS

A partir d'une idée offerte par Jacques Vialle, lors de l'A.G. de La Rochelle en novembre dernier (cf. les Cahiers Clairaut n° 64 de l'hiver 93-94, page 40 : le projet Arès), le CLEA débarque donc sur Mars. La couverture 1994 des C.C. vous montre un paysage de la planète rouge où se côtoient la vérité et la fantaisie.

Dans le ciel, le jour, à gauche ; la Lune tourne autour de la Terre qui boucle son orbite autour du Soleil. A droite, la nuit : la comète Shoemaker-Levy 9 approche de sa cible, Jupiter : rencontre annoncée pour juillet 1994. La navette amorce la phase finale de son atterissage, saluée au passage par deux hommes (ou deux dames) en scaphandre et un martien du plateau Tharsis (reconnaissable à son appendice occipital et à sa douce main-fleur).

Sur le plateau, la base de vie, l'astrodrome, les coupoles et le radiotélescope pointé vers Jupiter ; plus loin, quelques cratères d'impact et un petit volcan sous la droite de la capsule du CLEA ; à gauche, dépassant à peine de l'horizon, les bords de la caldeira du volcan Olympus Mons ; comme le précise (en martien littéraire) la troisième ligne du panneau indicateur, c'est bien la distance au sommet dont il s'agit.

Maintenant, quelques questions : si elles apparaissent comme sur l'image, les orbites de notre planète et de la Lune seraient-elles vues ainsi depuis Mars ? Depuis le rebord escarpé, dont l'altitude n'atteint pas 200 m, le dessinateur pouvait-il voir le sommet lointain du volcan ?

Daniel Bardin (réponse page 11)

* * * * *

LES NOUVELLES PUBLICATIONS DU CLEA

=====

Le CLEA vous propose plusieurs publications nouvelles, en relation avec les programmes :

1- Filtres colorés et réseaux : 65 f ; 55 f pour les abonnés (port compris)

Pour répondre au désir de ceux qui veulent disposer de filtres colorés et de réseaux de qualité pour illustrer en particulier le thème U3 (Rayonnement et couleur) de l'option "sciences expérimentales" :

- 6 feuilles (16,5 cm x 11,5 cm) de filtres (vert, bleu, rouge, cyan, magenta et jaune), permettant la réalisation de 15 diapositives de chaque couleur, fournies avec un patron de découpage ;
- une feuille de réseau de qualité (environ 750 traits par mm) de format 13 cm x 13 cm, permettant de réaliser 12 diapositives.

2- Fiches pédagogiques CLEA-Belin et 10 documents de travail pour les élèves :

Le CLEA diffuse les documents de travail (s'adresser à Jean Ripert) :

- par paquet de 10 exemplaires de chaque document de travail : 40 f ; 35 f pour les abonnés (port compris)
- par paquet de 20 exemplaires de chaque document de travail : 65 f ; 60 f pour les abonnés (port compris)

Lire page 3 la présentation plus détaillée.

3- Hors-série n°4 : Astronomie en 4ème : fiches pédagogiques en cours d'édition, réalisées par Cécile Decaux-Schulman, Edith Hadamcik, Jean Ripert, Daniel Toussaint, Jacques Vialle, Gilbert Walusinski et le Groupe de Recherches Pédagogiques du CLEA

ASTROPHYSIQUE : 18 FICHES CLEA-Belin

Ces fiches proposent à l'enseignant des activités pratiques sur un thème astrophysique, portant sur les unités de physique U1 (observateurs et mouvements) et U3 (rayonnement et couleur) et sur l'option "Soleil" en sciences de la Terre.

Elle sont maintenant disponibles en librairie au prix de 100 francs. Cependant, tout enseignant peut les obtenir avec une remise de 25%, soit au prix de 75 francs, en s'adressant directement à l'éditeur Belin, sans qu'il y ait à cette offre de limitation en date.

A la demande de plusieurs d'entre vous, et en accord avec les Éditions Belin, le CLEA a décidé de diffuser des séries de reproductions de bonne qualité des documents photographiques à l'usage des élèves. Il s'agit des photos de la Lune (page 44-45), des deux spectres d'Arcturus, (page 75), du spectre de l'étoile 69 Psc (page 79), des deux spectres de Saturne (pages 85 et 86), du spectre de Rigel (page 105) et de la classification spectrale des étoiles (page 139). A la demande également de plusieurs utilisateurs, nous y avons ajouté un relevé de taches solaires dont l'exploitation est plus riche que celle du relevé donné page 41.

Ces documents sont disponibles, auprès de Jean RIPERT, Les Combels Labéraudie, PRADINES 46090 CAHORS, par ensembles soit de 10 exemplaires de chacun des documents cités (au prix de 35 francs, port compris, pour les abonnés), soit de 20 exemplaires (au prix de 60 francs port compris). Merci de lui adresser une étiquette autocollante à votre adresse, cela simplifiera son travail. Merci aussi de joindre à votre commande un chèque à l'ordre du CLEA. Ces documents seront aussi disponibles au secrétariat du CLEA ; mais le poids relativement important de chaque paquet rend plus aisée la gestion "délocalisée" (comme on dit !).

Les premières expériences que nous avons eues de l'utilisation des fiches, au cours de stages MAFPEN, nous ont semblées très positives : les collègues ont apprécié leur aspect pratique et la richesse des développements qui peuvent être faits avec les élèves autour d'une observation relayée par un document. On lira aussi ci-après l'article de Jean Ripert.

Si vous rejoignez ces conclusions, aidez-nous à en assurer la promotion, en particulier en signalant dans vos établissements et aux IPR de votre académie qu'ils ont la possibilité de se procurer à très bas prix des jeux de photos sur lesquels on pourra faire travailler individuellement les élèves.

=====

DES ACTIVITES POUR L'OPTION DE 1^{ère} S-U₃

Dans ce numéro des **Cahiers Clairaut** vous avez dû lire la publicité pour l'ouvrage "**Astrophysique : 18 fiches CLEA- Belin**". Celle-ci collent tout à fait aux activités proposées dans les unités "observateurs et mouvement" et rayonnement et couleur".

Comme il est écrit dans la préface, il faut que l'enseignant adapte ces fiches à ses élèves. C'est ce que j'ai fait.

De plus j'ai participé début décembre à un stage national sur l'option Sciences Expérimentales en physique et chimie. Nos collègues Mesdames Berthier et Nenan ont présenté leur façon de travailler sous l'appellation "TP top" (voir l'article qu'elles ont publié dans les BUP n°720 et 726 de 1990, TP dont le but est de faire trouver aux élèves le dispositif expérimental qu'ils doivent réaliser pour répondre à une question ; laquelle doit être formulée avec grand soin.

J'ai essayé cette méthode avec les élèves dans le cas de la détermination de la température de la photosphère du Soleil. Avant de vous laisser lire les textes proposés aux élèves, je vais situer ces fiches dans la progression choisie.

1 / aspect ondulatoire de la lumière : ondes mécaniques, ondes sonores, lumière (réflexion, réfraction, diffraction, interférences). 2 séances de 1h30 .

2 / Décomposition de la lumière blanche : prisme, réseaux, utilisation de filtres, influence de la température. 1 séance.

3 / Extension au domaine infrarouge et ultraviolet : IR, UV, longueur d'onde, fréquence, ondes électromagnétiques, réalisation d'un spectroscope simple. 2 séances.

4 / Couleurs, synthèses additive et soustractive : superposition de 2 puis 3 faisceaux colorés, non correspondance sensation-spectre, ombres colorées, couleurs complémentaires, superposition de filtres, couleur(s) d'un objet, recherche documentaire (hors cours) . 2 séances.
5 / Phénomènes atmosphériques. 2 séances.

C'est à ce moment là qu'est traitée la température du Soleil à partir :

- des courbes de rayonnement (c'est la fiche **corps noir**). 1 séance.
- d'une mesure de la constante solaire (c'est l'essai de **TP top**). 2 séances.

Ensuite ont été traités:

6 / Spectres de raies d'émission et d'absorption : émission, interprétation, absorption, spectre du Soleil.

7 / Etude du spectre d'une étoile. 1 séance.

8 / Visite du service d'obstétrique de l'hôpital (les élèves ont assisté par petit groupe à des visites prénatales et ont pu ainsi voir des images en échographie de fœtus d'âges différents).

9 / Effet Doppler-Fizeau : approches du phénomène, spectre d'Arcturus

Dans l'ensemble, les élèves ont apprécié cette façon de travailler et les enseignants également . Mes collègues m'ont permis de tester le TP top avec les quatre groupes d'option. Un groupe n'avait jamais entendu parler de calorimétrie. Cela n'a pas posé de problème.

Le TP top s'est déroulé de la façon suivante : la feuille (avec les escargots) a été distribuée aux élèves qui travaillaient par groupe de 3 ou 4, et pendant 30 minutes les enseignants n'ont apporté aucune indication .. et pendant 30 minutes on a pu voir tous les élèves parler de physique (c'était déjà gagné). Chaque groupe a alors proposé un dispositif expérimental qui, après discussion avec les enseignants a été retravaillé pour être présenté à la fin . Les dix dernières minutes ont été utilisées pour essayer de répondre à la question : comment passer de la puissance reçue par m^2 sur Terre, à la puissance totale produite par le Soleil et à la température de la photosphère de celui-ci ?

Tous les dispositifs étaient astucieux. Il n'est pas possible de rentrer dans le détail ici . Tous les groupes choisissent au départ un liquide, pensent à l'isolation et à noircir (la paroi ou choix de café noir). Les groupes qui ont du mal à démarrer sont ceux qui n'ont pas analysé la question . On découvre que le mot puissance n'évoque pas grand chose pour les élèves de 1^{ère} S, si ce n'est UI ou RI^2 . Nombreux sont ceux qui soutiennent que le Soleil est au zénith, évidemment à ...midi solaire ; c'est plus facile pour faire arriver des rayons perpendiculaires à la surface d'un liquide, mais l'utilisation d'un miroir est assez répandue. A la fin, certains ont du mal pour déterminer la température d'un solide ... pensez donc, un trou dans un solide !

Certains pensent à l'effet de serre (pour les élèves le système a plus d'énergie qu'il n'en a reçu)

Je suis très satisfait de la méthode et je rejoins les collègues qui ont été des pionniers, pour dire que lorsque les élèves réfléchissent à un sujet, non seulement ils trouvent toujours des solutions, mais qu'ensuite la réalisation est plus rapide. Il n'y a pas eu de problème quand ils ont construit par groupe de deux le dispositif que tout le monde connaît au CLEA . Je l'ai fait démontable pour que tous les groupes puissent le construire : le cylindre est coincé contre les ergots par l'arrière avec du polystyrène et le verre est collé avec une colle peu efficace.

Les mesures faites juste après le montage du dispositif ont été très mauvaises : le Soleil était très bas (distance zénithale 72° et l'équilibre thermique n'était pas atteint au début de la manip (il faisait 10° à l'extérieur). Par contre les mesures faites par les élèves au cours de la semaine ont été très correctes.

En conclusion je dirais: faites des TP top (ce n'est pas facile quand on débute), vous entendrez tous les élèves parler de physique (ou de chimie), même les plus timorés défendent leurs arguments, et en les écoutant ou en discutant avec eux, vous verrez que même s'ils savent utiliser des formules, ils ont des idées très particulières sur les concepts de physique (ou de chimie) . Et ceci est important pour les enseignants. Je terminerai en disant que cette option est un régal . On ne peut lui souhaiter que longue vie.

Jean RIPERT

CORPS NOIR

Pré-requis : -température absolue
-définition du corps noir

Distribuer les tableaux (valeurs calculées à partir de la loi de Planck) .

Ne pas hésiter à passer du temps pour que les élèves s'approprient bien les grandeurs, les unités, les courbes déjà tracées .Faire repérer les courbes 4000 K, 5000 K, 6000 K (les valeurs n'ont pas été portées volontairement sur le schéma) . Tirer des informations : présence de maxima, le maximum se décale vers les courtes longueurs d'onde quand la température augmente, faire situer les couleurs (rouge et bleu) .Expliquer comment les valeurs du tableau ont été obtenues expérimentalement pour le Soleil et la tache solaire (photomètre et filtre) .

I / COURBE POUR LE SOLEIL

A partir du tableau 2 construire la courbe pour le Soleil .

-faire constater que la courbe est très voisine de celle d'un corps noir .

Ne pas oublier qu'avec ces tableaux de mesures, nous avons cherché la précision, seules les courbes 4000 K, 5000 K et 6000 K ont été représentées . Si nous avons représenté sur un même graphe les courbes allant de 1000 à 60000 K, la courbe du Soleil se serait confondue avec celle de 6000 K.

-constater que le Soleil émet surtout dans le visible (adaptation du récepteur oeil chez les êtres vivants) .

II / DETERMINATION DE LA TEMPERATURE DU SOLEIL PAR LA LOI DE WIEN

La loi de Wien est donnée par l'expression $\lambda_m \times T = 2,89 \times 10^6 \text{ nm.K}$ d'où $T = 2,89 \times 10^6 / \lambda_m$
avec λ_m = longueur d'onde du maximum

Pour les trois courbes 4000 K, 5000 K et 6000 K déterminer λ_m et calculer T (on trouve des valeurs voisines de 3867 K, 5000 K et 6041 K) .

Déterminer alors λ_m pour le Soleil et en déduire la température T_s de la photosphère (on trouve $\lambda_m = 470 \text{ nm}$ et $T_s = 6170 \text{ K}$) .

III /AUTRE METHODE

La puissance émise par un corps noir à une longueur d'onde donnée dépend de sa température . Il est possible graphiquement de déterminer la température du Soleil par interpolation ou extrapolation à partir des courbes théoriques à 5000 K et 6000 K .

Les mesures peuvent être faites pour les longueurs d'onde 1100nm, 1000nm, 800nm, 700nm, 550nm et 350nm .

(valeurs trouvées pour les températures dans le même ordre : 5542 K, 5625 K, 5626 K, 5809 K, 6154 K, 5550 K) (moyenne : 5717 K) .

IV / A PARTIR DE LA LOI DE STEFAN

La loi de Stefan est donnée par l'expression $M = \sigma T^4$

où : - M est l'exitance : puissance rayonnée par mètre carré pour toutes les longueurs d'onde dans toutes les directions (W.m^{-2})

- σ est la constante de Stefan . $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$

* Il faut donc ajouter les puissances rayonnées par m^2 pour chaque longueur d'onde . Cela correspond à une surface

* Calcul de l'aire d'un petit carreau (5mm x 5mm) .

en abscisses 5mm = 50 nm = $50 \times 10^{-9} \text{ m}$

en ordonnée 5mm = $0,1 \times \pi \times 10^{13} \text{ W.m}^{-2}.\text{m}^{-1}$

d'où aire s = $5\pi \times 10^4 \text{ W.m}^{-2}$ (même unité que M) .

*L'exitance M sera représentée par l'aire d'une surface . Laquelle ?

(celle comprise entre la courbe et l'axe des abscisses) .

*Pour calculer M il faut compter le nombre de petits carreaux compris entre la courbe du Soleil et l'axe des abscisses. Il faut prolonger la courbe du côté des grandes longueurs d'onde. (de l'autre côté la courbe tend rapidement vers zéro).

On compte environ 420 carreaux et on obtient $T = 5840 \text{ K}$

V / CAS D'UNE TACHE

On peut faire construire la courbe pour une tache solaire et en faire déduire sa température. Celle-ci, comprise entre 4000 K et 5000 K montre que la tache rayonne, en particulier dans le visible. Elle paraît sombre par effet de contraste avec l'environnement qui est plus chaud.

REMARQUES

1 / Pour que tout puisse être réalisé en une séance de 1h30, il faut supprimer la partie III / que les élèves peuvent traiter chez eux ainsi que la partie V / .

2 / Pour éviter les problèmes rencontrés par les élèves dans l'utilisation des stéradians, dans les tableaux sont données les puissances rayonnées par mètre carré à chaque longueur d'onde, dans toutes les directions. Pour cela il suffit de conserver les valeurs du tableau et de noter au dessus du tableau que les puissances sont données en $\pi \times 10^{13} \text{ W.m}^{-2}.\text{m}^{-1}$.

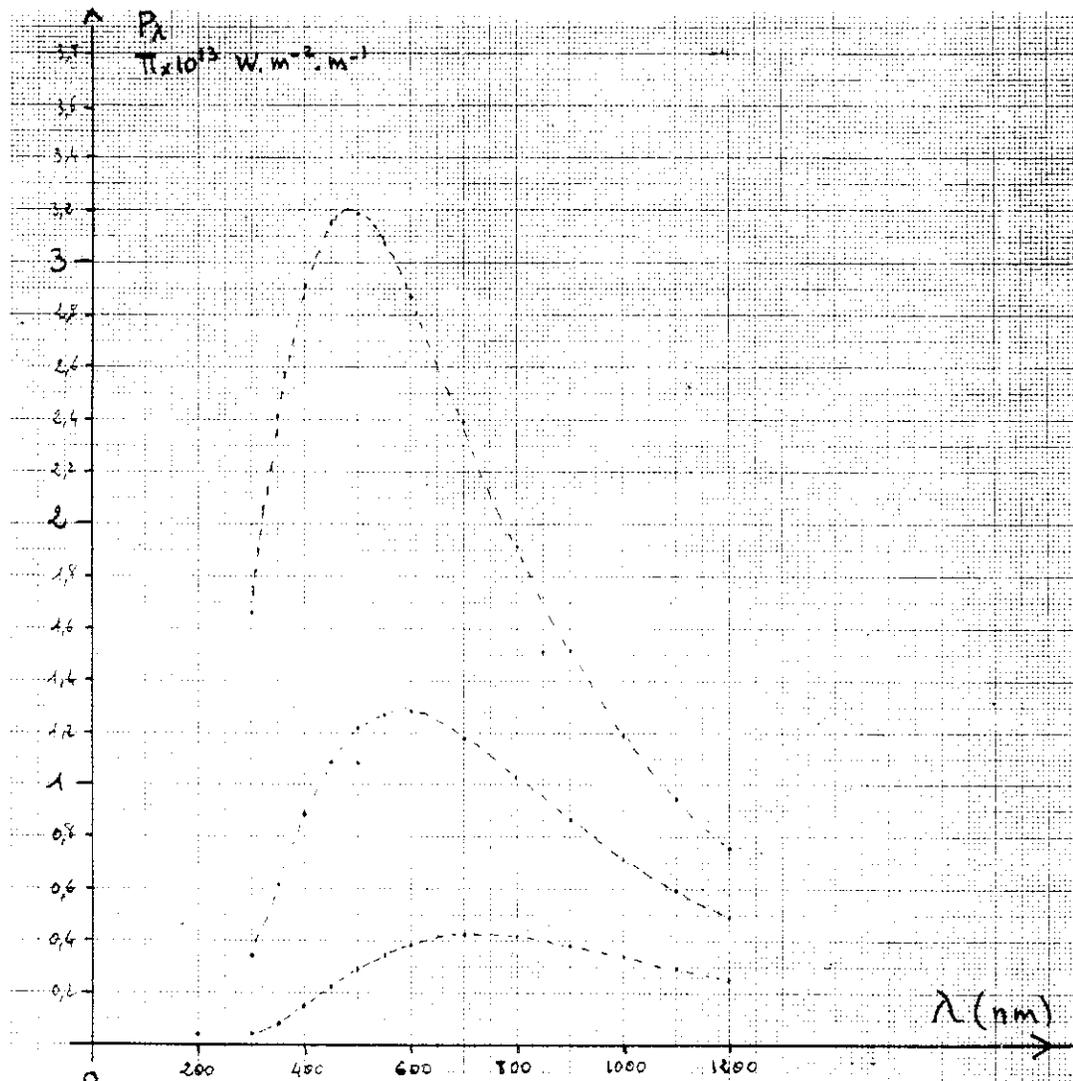


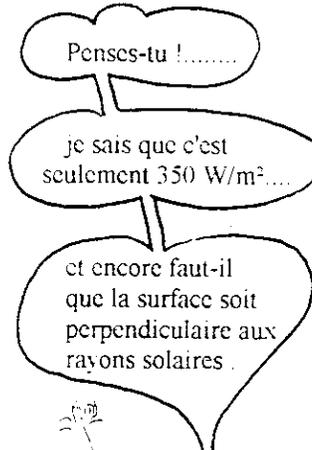
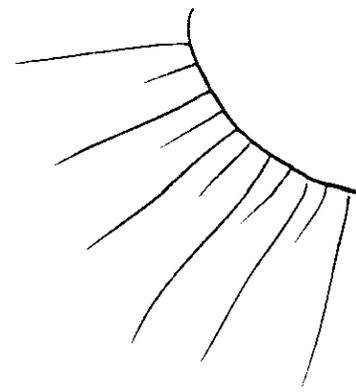
Tableau 1
Spectres de 3 corps noirs, du Soleil et d'une tache.
Les puissances rayonnées sont données en $\pi \times 10^{13} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{m}^{-1}$
et les longueurs d'onde en nm

Tableau 1

longueur d'onde nm	4000K	5000K	6000K
300	0,04	0,34	1,66
325			
350	0,08	0,61	2,41
375			
400	0,15	0,88	2,91
420			
450	0,22	1,08	3,15
470			
500	0,29	1,21	3,18
550	0,34	1,27	3,07
600	0,38	1,28	2,87
700	0,42	1,18	2,39
800	0,41	1,02	1,91
900	0,38	0,86	1,51
1000	0,34	0,71	1,19
1100	0,29	0,58	0,94
1200	0,25	0,48	0,75

Tableau 2.

longueur d'onde nm	Soleil	Tache
300	0,32	0,07
325	0,76	0,17
350	1,60	0,37
375	2,06	0,53
400		
420	3,53	0,99
450	3,70	1,11
470	3,71	1,15
500	3,62	1,16
550	3,35	1,17
600	3,01	1,11
700	2,17	0,89
800	1,59	0,73
900		
1000	0,99	0,54
1100	0,79	0,47
1200	0,65	0,40



ET VOUS QU'EN PENSEZ-VOUS ?



ET POURTANT :

Proposez un dispositif expérimental qui, basé sur une méthode calorimétrique, vous permettra de mesurer la puissance solaire reçue par m^2 à la surface de la Terre.

Comment à partir de cette mesure pourra-t-on déterminer la puissance totale émise par le Soleilet sa température de surface ?

- PREVOIR
- une démarche expérimentale
 - tout le matériel nécessaire .

SOUMETTRE votre projet pour approbation .

REALISER la manipulation .

FAIRE un compte rendu détaillé .

Vous disposez de livres de physique .

TEMPERATURE DU SOLEIL (SUITE)

Vous avez recherché un dispositif expérimental permettant de déterminer la puissance reçue par m^2 à la surface de la Terre en provenance du rayonnement solaire .

Nous vous proposons un dispositif qui en est dérivé (schéma ci-joint) [il n'est pas repris ici].

1/ Mesurer la masse m et le diamètre d du cylindre métallique .

$$m = \quad \quad \quad d =$$

Calculer l'aire de la surface exposée aux rayonnements solaires .

$$s =$$

Rechercher la valeur de la chaleur massique du métal . $c =$

2/ Mesures : durée de l'exposition $\Delta t =$

température initiale $\theta_i =$

température finale $\theta_f =$

distance zénithale $z =$

3/ Détermination de la puissance reçue par mètre carré :

a/ la quantité de chaleur reçue est donnée par la relation :

$$Q =$$

b/ la puissance reçue est donnée par la relation :

$$P' =$$

c/ la puissance reçue par m^2 est donnée par la relation :

$$P =$$

d/ calcul de cette puissance :

4/ Avant d'arriver à la surface de la Terre, le rayonnement du Soleil a été absorbé en partie par l'atmosphère terrestre . Cette absorption dépend de la présence d'humidité dans l'air (ciel pur ou laiteux) et de l'épaisseur d'atmosphère traversée (qui dépend de l'inclinaison des rayons solaires : distance zénithale) .

Le tableau ci-dessous permet de passer de la puissance reçue par m^2 sur Terre à la puissance reçue par m^2 hors atmosphère, appelée **constante solaire** .

distance zénithale	70°	60°	50°	40°	30°	25°
ciel bleu foncé limpide	2,50	2,00	1,70	1,50	1,35	1,30
ciel moyen	4,2	3,5	2,6	2,1	1,8	1,6
ciel laiteux	5,3	4,3	3,2	2,5	2,2	2,0

Calcul de la puissance reçue hors atmosphère par m^2 : $P_{cs} =$

5/ Détermination de la puissance totale émise par le Soleil

$$P_s =$$

6/ Détermination de la puissance émise par mètre carré de surface solaire, cette grandeur est appelée exittance

$$M =$$

7/ Détermination de la température de surface du Soleil (photosphère solaire)

$$T =$$

RECHERCHE ET REFLEXION

1/ Sur l'utilisation d'une peinture noire .

- Celle-ci doit-elle être mate ou brillante ?
- Est-il normal de négliger la quantité de chaleur absorbée par la peinture ?

2/ Sur les dimensions du cylindre.

- A-t-on intérêt à augmenter la masse du cylindre en conservant la même surface exposée au Soleil ? (réfléchir à partir de la relation $Q = m \cdot c \cdot \Delta O$).

3/ Sur le choix du matériau .

- On cherche évidemment à avoir l'élévation de température la plus importante possible; faut-il donc choisir de l'aluminium ou du laiton, pour un cylindre de mêmes dimensions ?

$$\text{chaleur massique du laiton} \quad c_{\text{la}} = 380 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\text{chaleur massique de l'aluminium} \quad c_{\text{Al}} = 920 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\text{masse volumique du laiton} \quad \rho_{\text{la}} = 8.9 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$\text{masse volumique de l'aluminium} \quad \rho_{\text{Al}} = 2.7 \text{ g.cm}^{-3}$$

4/ Sur l'intérêt de placer une plaque de verre à l'avant du dispositif .

- Cette plaque ne va-t-elle pas arrêter tout le rayonnement infrarouge venant du Soleil ?
- Le cylindre va s'échauffer, supposons qu'il soit porté à 40°C, il va donc émettre un rayonnement de longueur d'onde λ . Ce rayonnement ne va-t-il pas s'échapper en traversant le verre ? (calculer par la loi de Wien la longueur d'onde du maximum du rayonnement du cylindre et conclure).

N° 4 hors série des Cahiers Clairaut
"ASTRONOMIE EN 4ÈME"

Le quatrième numéro hors-série des Cahiers Clairaut : "Astronomie en 4ème" est en cours d'édition.

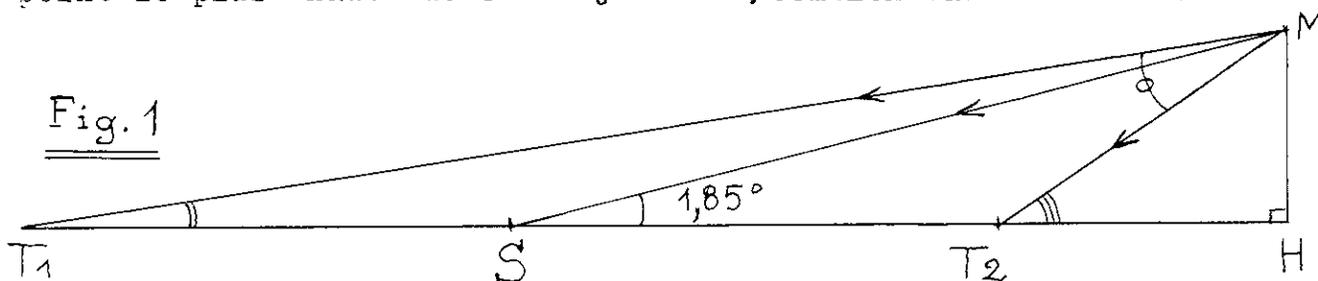
Il propose un ensemble d'activités pratiques adaptées à la partie d'astronomie du programme de physique :

- Mesure de la hauteur du Soleil ;
- Héliographe ;
- Cadran solaire ;
- Plan du ciel simple ;
- Modélisation du système solaire ;
- Lunettes et télescopes ;
- Marées océaniques.
- Expériences de spectroscopie

Il sera disponible d'ici environ un mois, au tarif habituel des hors série : soit 40 F (48 F avec les frais d'envoi) pour les abonnés ; 60 F (et 68 F) pour les autres.

Eléments de réponses aux problèmes posés par la couverture.

1°) l'orbite de la Terre sert à définir le plan de référence du système solaire, l'écliptique; l'orbite de Mars est inclinée de 1,85 degré sur l'écliptique. En supposant que Mars se trouve au point le plus "haut" de sa trajectoire, combien vaudraient les

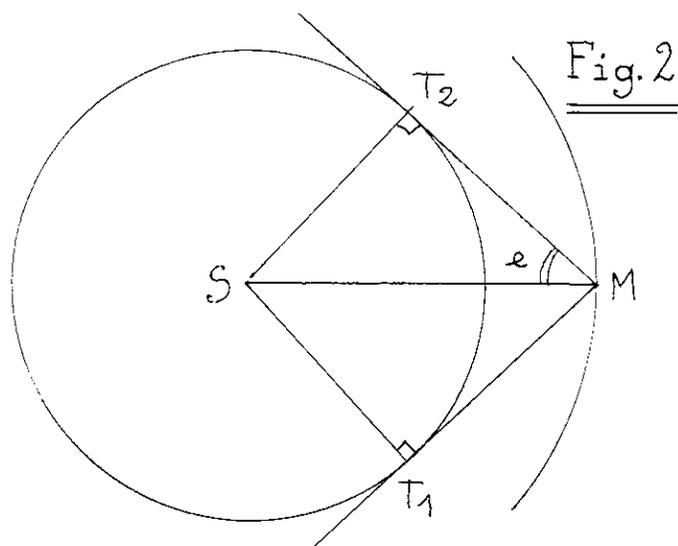


angles de la figure ci-dessus ? La trace du plan de l'écliptique dans l'image contient la Terre en T_1 et T_2 ainsi que le Soleil en S ; Mars est en M et sa projection en H .

$T_1S = T_2S = 150\ 000\ 000$ de km ;

$SH \neq SM$ et vaut $230\ 000\ 000$ de km, environ; $SH \times \tan. 1,85^\circ$ donne $MH : 7,43$ millions de km.

Deux calculs analogues $\left(\frac{MH}{T_1H}, \text{ et } \frac{MH}{T_2H} \right)$ donnent les angles $\widehat{MT_1H} = 1,12^\circ$ et $\widehat{MT_2H} = 5,3^\circ$; l'angle $\widehat{T_1MT_2}$ mesure à peine plus de 4° .



Vue de Mars, la Terre est une planète intérieure; elle se trouve en élongation en T_1 et en T_2 .

$$\frac{ST_2}{SM} = \frac{15}{23} = \sin e ;$$

l'angle e mesure $40,7^\circ$;

$\widehat{T_1MT_2}$ dépasse donc 81° .

L'orbite de la Terre ne peut pas être vue depuis Mars avec l'ouverture qu'on lui a donnée sur le dessin puisque $81 / 4$ se ramène à $\frac{1}{20}$: l'orbite correcte serait beaucoup plus aplatie.

2°) vous pouvez évaluer, de même, le dessin de l'orbite de la Lune.

3°) le cas du Mont Olympe, à l'horizon, peut être abordé de

manière semblable, mais nous sommes sur la sphère de Mars .

a): si la planète rouge était plate, sous quel angle un

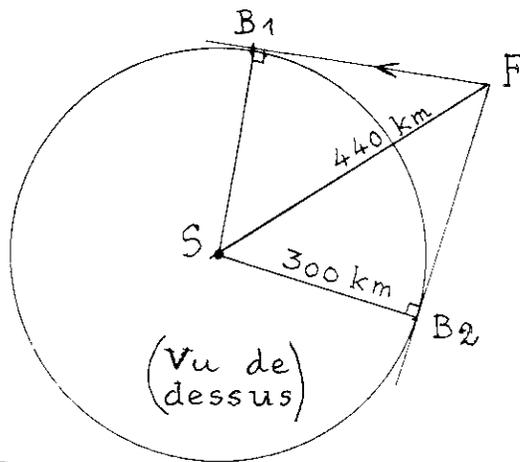


Fig. 3

observateur verrait-il la largeur de la base du volcan, en se situant à 440 km du sommet ?

Pour la suite de cette histoire, nous poserons que la base du volcan est circulaire avec un rayon de 300 km ; le sommet culmine à 26 km au dessus du plateau environnant. Ce dernier point n'est d'ailleurs pas très clair: lorsqu'on cherche dans la littérature,

il est parfois indiqué que le niveau zéro est défini par l'altitude où règne une certaine pression atmosphérique de 6,1 millibars; dans ce cadre, le plateau Tharsis est surélevé de 6 km en moyenne. Nous conserverons néanmoins la valeur de 26 km par rapport au plateau.

Le cercle de la figure 3 représente le volcan, l'observateur placé en F pourrait voir la base sous un angle de 86° (le calcul est identique à celui relatif à la figure 2). Le volcan occuperait un espace considérable à l'horizon.... mais Mars est une sphère (dont le rayon sera arrondi à 3400 km.)

b): dans ce cas, en supposant qu'Olympus Mons soit un cône parfait dont la base soit "fine", c'est à dire sans escarpement, l'observateur placé au pied de la pente verrait-il le sommet ?

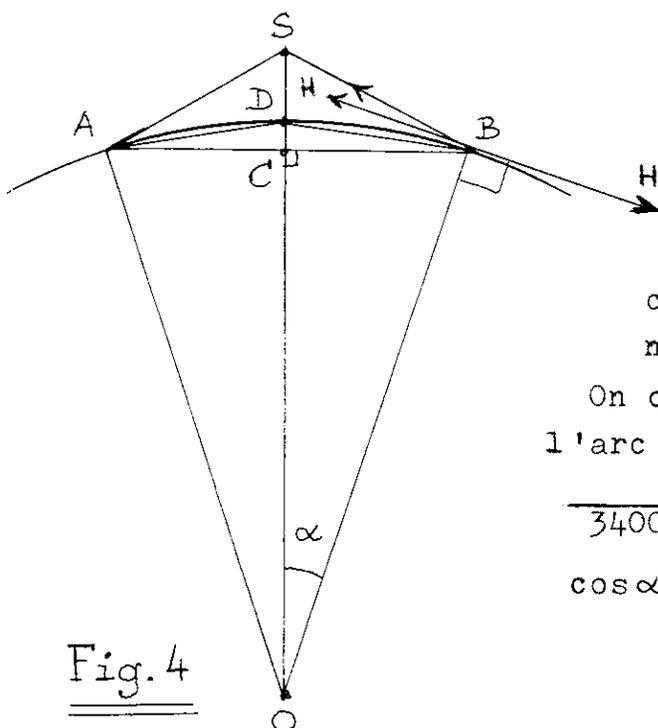


Fig. 4

Autrement dit, si l'observateur se trouve au point B, quelle est l'élévation angulaire du sommet S au dessus du plan horizon théorique local (ce dernier étant figuré par HH', perpendiculaire au rayon local de la planète, soit OB.)

On connaît SD (26 km), OB (3400 km) et l'arc BD (300km);

$$\frac{BD}{3400 \times 2\pi} = \frac{\alpha}{360^\circ} \quad , \text{ d'où: } \alpha = 5,06^\circ$$

$$\cos \alpha \times 3400 = OC = 3386,8 \text{ km}$$

CD vaut donc: $3400 \text{ km} - 3386,8 \text{ km} = 13,2 \text{ km}$

CS = $13,2 \text{ km} + 26 \text{ km} = 39,2 \text{ km}$

$$\frac{CS}{CB} = \text{tg } \widehat{CBS}, \text{ d'où l'on tire: } \widehat{CBS} = 7,5^\circ.$$

L'angle \widehat{HBC} a la même mesure que l'angle α (angles à côtés perpendiculaires); l'observateur placé en B voit donc le sommet du volcan au dessus de son horizon local, à presque $2,5^\circ$ de hauteur.

c): l'observateur-dessinateur se trouve maintenant à l'endroit d'où il a réalisé le dessin de couverture: à 440 km du sommet, en F.

En reprenant la même procédure de calcul qu'à la figure 4,

on trouve l'angle \widehat{TFE} qui a même valeur que $\widehat{\beta}$, soit $7,41^\circ$.

ED vaut 28,4 km; EF vaut 439 km;

on obtient enfin TE = 57,1 km,

alors que SE ne mesure que 54,4 km.

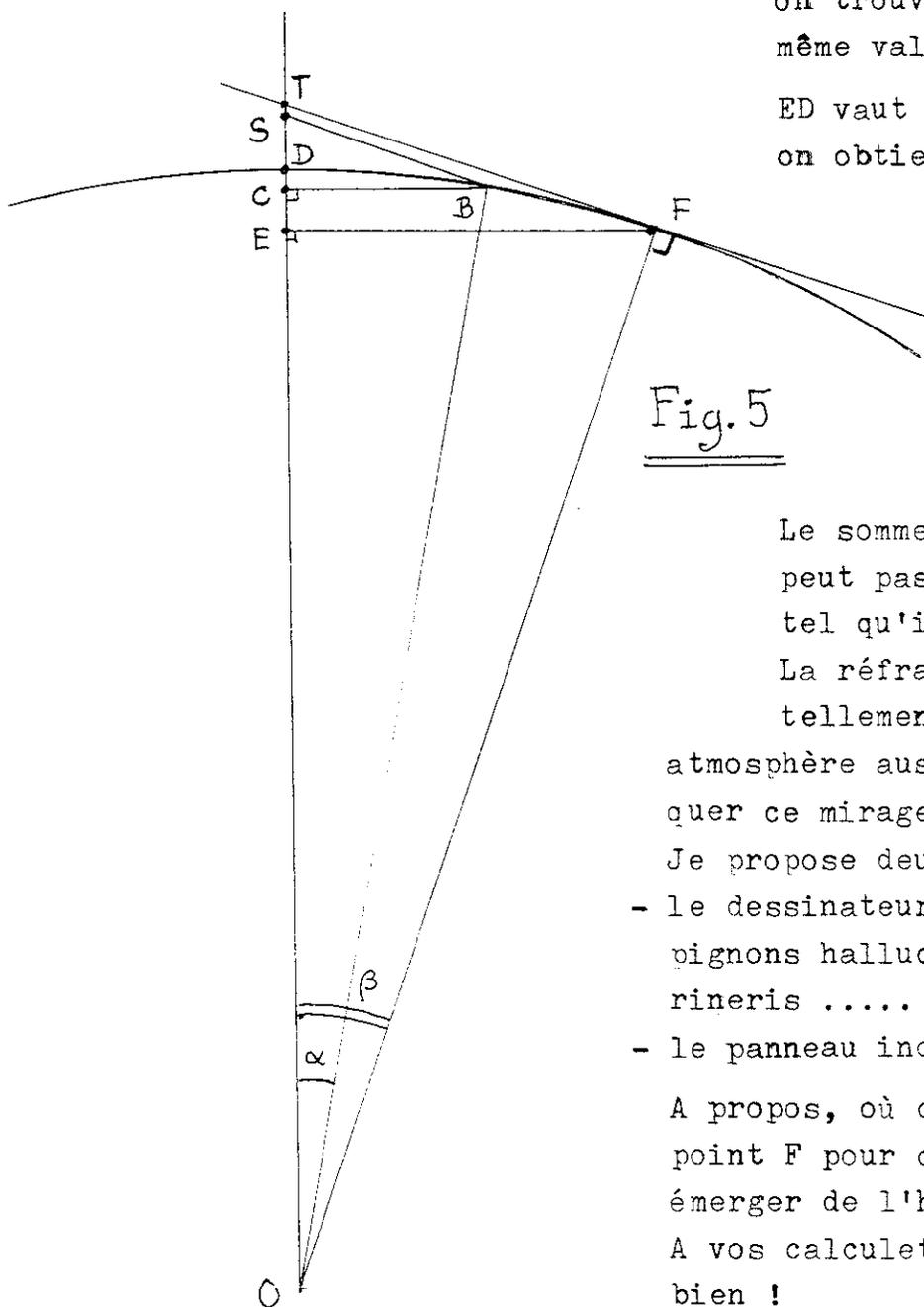


Fig. 5

Le sommet du volcan géant ne peut pas dépasser de l'horizon tel qu'il a été dessiné.

La réfraction ne semble pas tellement puissante (dans une atmosphère aussi ténue) pour expliquer ce mirage.

Je propose deux pistes:

- le dessinateur avait abusé des champignons hallucinogènes de Valles Marineris
- le panneau indicateur est faux

A propos, où devrait se trouver le point F pour que le sommet puisse émerger de l'horizon ?

A vos calculettes, et amusez-vous bien !

Daniel Bardin.

Les petits mensonges du thème astral

A quoi bon examiner de près le détail des calculs, quand on a mille excellentes raisons de rejeter la théorie en bloc ? Va-t-on contester la tournure d'une phrase dans un roman tellement médiocre qu'il ne mérite pas d'être lu ? C'est bien ce qui se passe avec l'astrologie. Quand on fait le tour des "*Cinq réponses à un amateur d'astrologie*" de Jean-Claude Pecker (Cf CC n°62), on peut considérer comme futile l'examen critique des calculs astrologiques. Que les astres soient bien ou mal placés dans le "thème astral", quelle importance ?

Cependant, cela peut quand même présenter un intérêt face à un adversaire irréductible, justement parce qu'il s'agit de calcul et que dans ce cas, "vrai" et "faux" ont une signification simple et objective, vérifiable immédiatement. Le plus fanatique devra s'incliner, à moins d'afficher publiquement sa mauvaise foi.

Commençons par la fin : le résultat. Où était Pluton le 1er mai 1973 à 15h00 TU à Paris ? Un logiciel d'astrologie consulté sur Minitel répond : "en maison I" ce qui veut dire qu'il n'était pas levé, qu'il était encore sous l'horizon, dans l'ascendant.

Même lieu, même heure, posons la même question au 36-16 BDL (service du Bureau des Longitudes, facile à utiliser, beaucoup moins cher que les innombrables serveurs astrologiques du 36-15, et bien entendu parfaitement sérieux). Réponse : Pluton était à 3°30' au-dessus de l'horizon. Il était donc levé depuis plus de vingt minutes. Il faudra attendre encore 16 minutes pour que le Pluton astrologique se lève à son tour. D'où un retard de 36 minutes environ entre le Pluton astrologique et le Pluton astronomique.

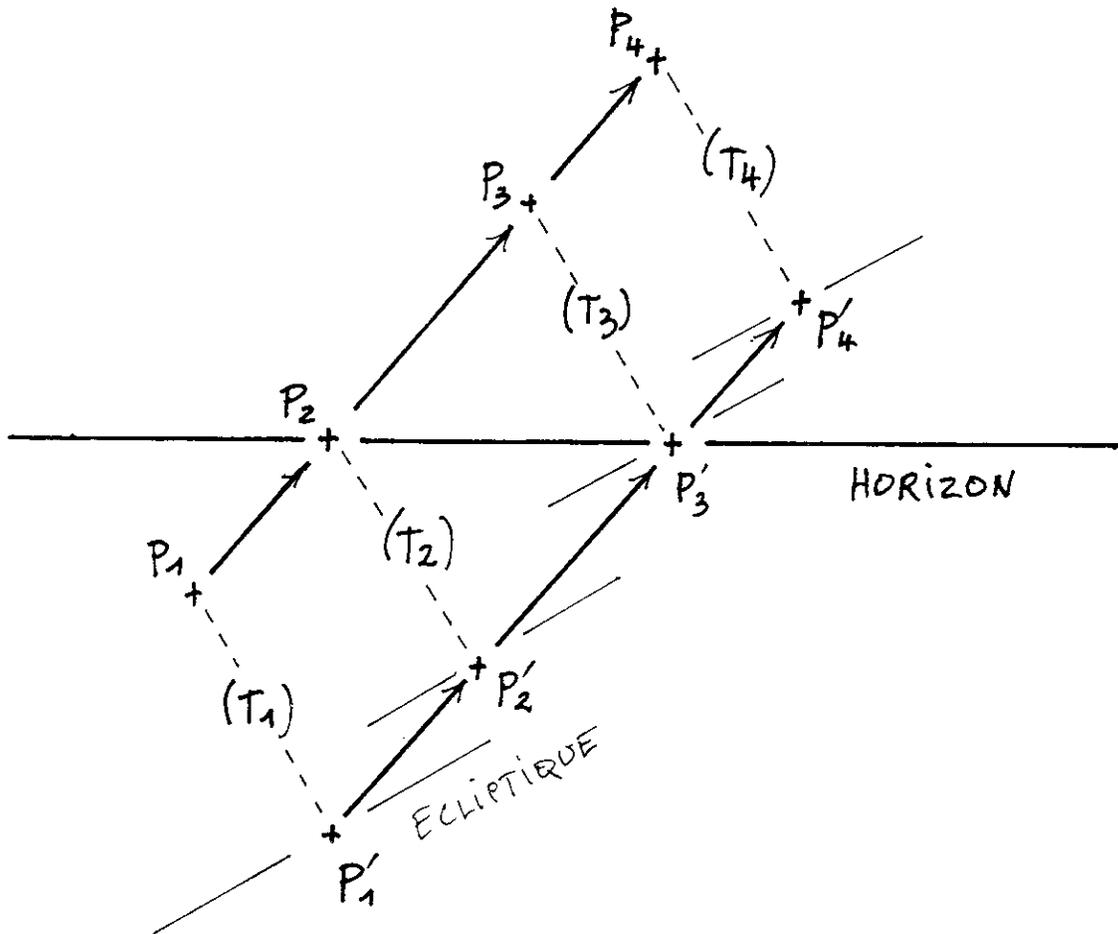
C'est ce que l'on peut constater sur la figure. Entre les instants T_2 et T_3 , astronomes et astrologues ne sont pas d'accord sur la position de Pluton par rapport à l'horizon. Le même litige surviendra lors de chaque entrée dans les douze "maisons" successives, avec des durées variables suivant l'inclinaison des "antennes" (lignes imaginaires délimitant les maisons). Evidemment, la vraie position de Pluton est celle des astronomes.

Quand on sait que les astrologues attachent une importance toute particulière aux astres qui se trouvent dans notre ascendant, on ne peut que s'étonner d'une telle désinvolture. Que penser du commentaire psychologique et peut-être des prévisions qui vont résulter de cette position fautive ?

On se doute que la date du 1er mai 1973 pour Pluton, ainsi que l'heure, n'ont pas été choisies au hasard. Le nécessaire a été fait pour prendre l'astrologie en flagrant délit de mensonge. Une infinité d'autres couples lieu-moment auraient pu être trouvés pour obtenir d'autres erreurs de même nature. Les mêmes calculs auraient pu s'appliquer à Mercure, à Vénus, à la Lune, c'est à dire aux astres qui peuvent dans certaines conditions atteindre et dépasser des latitudes écliptiques géocentriques supérieures à 5° (17° dans le cas de Pluton, 8° dans le cas de Vénus). Mais il est vrai qu'en choisissant dates et heures au hasard, on a de bonnes chances d'obtenir un thème astral compatible avec les résultats de l'astronomie. Inversement, avec un peu de malchance, on aura une, deux, peut-être trois erreurs : astres levés au lieu d'être invisibles sous l'horizon, à l'Est du méridien alors qu'ils étaient à l'Ouest, couchés alors qu'ils étaient visibles, etc. Or toutes ces erreurs correspondent pour l'astrologue à des erreurs de maisons, et par conséquent à des erreurs d'interprétation.

Pour prendre l'astrologie en défaut, la technique est simple : il faut déterminer une période où la latitude écliptique géocentrique de l'astre est élevée en valeur absolue (Nord ou Sud). Ensuite, il faut trouver l'heure à laquelle cet astre s'approche de l'horizon d'un lieu donné, ou du méridien, ou d'une quelconque maison intermédiaire. Après quelques tâtonnements on aura vite trouvé, par exemple, l'heure à laquelle l'astre s'est levé, tandis que

PLUTON : UN LEVER LITIGIEUX



INSTANTS	P L U T O N	
	Astronomes P ₁ à P ₄	Astrologues P' ₁ à P' ₄
T ₁ → T ₂	invisible	invisible
T ₂	se lève	invisible
T ₂ → T ₃	LEVÉ	invisible
T ₃	LEVÉ	se lève
T ₃ → T ₄	LEVÉ	LEVÉ

sa projection sur l'écliptique ne l'est pas encore.

Car là est l'explication des erreurs systématiques de l'astrologie : elle ignore les latitudes écliptiques des astres. Elle les ramène arbitrairement sur l'écliptique, à la latitude 0°. Autrement dit, elle ne considère qu'une coordonnée, la longitude écliptique. L'erreur commise est souvent négligeable, lorsque le plan de l'orbite est peu incliné sur le plan de l'écliptique. Dans le cas contraire, l'erreur est systématique et se reproduit douze fois par jour pendant toute la période où la latitude écliptique reste élevée en valeur absolue. Le cas le plus spectaculaire est celui de Pluton (choisi pour illustrer la figure) qui, à la latitude géographique de Saint-Petersbourg, est mal placé une fois sur deux sur les horoscopes pendant la plus grande partie de ce siècle. Avec une latitude écliptique géocentrique de 6° "seulement", et sous nos latitudes géographiques, Vénus, Mercure ou la Lune ont une chance sur huit environ d'être mal placés par l'astrologue.

L'arrivée en force de l'informatique aurait pu inciter les astrologues à réclamer des logiciels plus évolués, comparables à ceux des astronomes mais avec beaucoup moins de précision : le degré angulaire aurait suffi.

Cela ne s'est pas fait, peut-être par manque d'un minimum de connaissances en géométrie et en trigonométrie, peut-être par un respect aveugle de la Tradition : on a simplement demandé à l'ordinateur de reproduire exactement les calculs habituels. Il faut croire que le vrai et le faux n'ont pas grande importance, puisque personne ne se plaint, l'astrologie ne s'est jamais si bien portée (hélas!) avec ses astres bien ou mal placés suivant le hasard des circonstances.

Supposons pourtant qu'un astrologue un peu curieux (cela peut exister), prenant l'air sur son balcon, observe un moment la Pleine Lune qui vient de se lever vers l'Est. Supposons qu'il rentre dans son bureau, et qu'il introduise au clavier de son ordinateur le lieu, le jour et l'heure, comme pour établir le thème astral d'un enfant qui naîtrait justement à cet instant. Supposons que l'ordinateur affiche "Lune en maison I" (non encore levée). Notre astrologue retourne au balcon, croyant avoir rêvé, mais non : la Lune est bien là. Perplexité.

Certes, il faut beaucoup de suppositions et pour tout dire une fâcheuse coïncidence pour que l'astrologue soit en situation de constater *de visu* qu'il y a comme un défaut dans son logiciel.

Cela ne se produira jamais dans le cas de Pluton, qui est pourtant le plus sujet à de telles erreurs. C'est que Pluton est totalement invisible à l'oeil nu et même aux jumelles. Il est si loin que pour les astronomes eux-mêmes, il n'apparaît que comme un point gris sur une photo, ce qui n'empêche pas les astrologues de lui attribuer toutes sortes d'influences redoutables. Pour constater une erreur de position, il faudrait un travail sérieux dans un observatoire. Or, un astrologue dans un observatoire, ce n'est pas une chose qu'on voit tous les jours. Cela viendra peut-être, il ne faut jamais désespérer.

P.Lerich (Lille, décembre 1993)*

* Nous tenons à remercier M.Michel Toulmonde pour son importante contribution au fond et à la forme de cet article.

D7. Taches solaires et rotation du Soleil

Une série de 20 diapositives du CLEA réalisée par
Jean-Paul Rosenstiehl (lycée Montesquieu, Le Mans)

Un document qui permet l'étude de la rotation du Soleil, même un
jour de pluie ou dans une salle de classe sans ouverture sur le ciel!

Prix de vente : 60F - 65 F (50 F - 55 F pour les abonnés)

L'éclipse du 10 mai 1994

Les éclipses de Soleil (qui sont en réalité des occultations) sont souvent considérées comme des phénomènes très rares : c'est oublier qu'il s'en produit au moins deux chaque année. Mais pour les observer, il est nécessaire de voyager ! La dernière visible en France remonte à 10 ans, le 30 mai 1984 en fin d'après-midi, et bientôt, notre patience sera récompensée.

L'ombre de la Lune traversera en effet les Etats-Unis d'Amérique, le 10 mai 1994, sur une bande de 230 km de large, depuis le Nord-Ouest du Mexique (à 16 h UT) jusqu'à Halifax au Canada (18 h) en passant par Chicago (vers 17 h). En une heure seulement, elle survolera l'Atlantique pour atteindre le Maroc à 19 h, juste au coucher du Soleil. La Lune ne masquera pas entièrement le disque du Soleil car elle sera alors trop loin de la Terre : son diamètre apparent ne mesurera que $0,49^\circ$ contre $0,53^\circ$ pour le Soleil. Vu depuis la bande de centralité précédente, il ne restera du Soleil qu'un bel anneau circulaire tout autour du disque noir de la Lune. L'éclipse n'étant pas totale, on n'observera pas non plus la couronne solaire.

Bien que spectaculaire, ce ne sera pas aussi "grandiose" qu'une éclipse totale centrale comme fut la longue éclipse du 11 juillet 1991 où le Soleil a été entièrement masqué pendant 7 minutes.

Depuis la France métropolitaine, l'éclipse pourra être vue comme partielle, en début de soirée du 10 mai prochain, mais, hélas pour nous, le Soleil sera déjà bas sur l'horizon Ouest, une à deux heures avant de se coucher. On ne pourra donc pas observer l'ensemble du phénomène depuis notre territoire.

De plus, quand le Soleil est à près de 5° de hauteur au-dessus de l'horizon, il cesse généralement d'être visible, caché par des nuages bas ou la brume lointaine, ou encore par des obstacles naturels (collines, arbres...).

Lors du maximum de l'éclipse partielle, la Lune masquera un peu plus de la moitié du diamètre solaire (en moyenne pour l'ensemble de la France). Le tableau donne les heures du phénomène pour quelques villes. Ces instants sont indiqués à 1 min près, en temps universel UT, décalé de 2 h sur le temps légal (18 h UT = 20 h de notre montre) :

- l'instant du début de l'éclipse, et la hauteur du Soleil sur l'horizon à cet instant,
- puis l'heure à laquelle le Soleil commence à disparaître dans la brume de l'horizon, à 5° de hauteur, partiellement éclipsé ; ce sera pratiquement la fin du phénomène observable,
- enfin l'instant du coucher local du Soleil, observable uniquement sans brume.

L'éclipse partielle de Soleil du 10 mai 1994 (instants UT)

<i>Villes</i>	<i>Début de l'éclipse</i>		<i>Fin probable</i> h = 5° (brume)	<i>Fin de l'éclipse au</i> <i>coucher du Soleil</i>
	<i>heure UT</i>	<i>hauteur</i>		
Brest	17.37	19°	19.07	19.45
Dunkerque	17.37	15°	18.45	19.25
Paris	17.39	14°	18.40	19.18
Strasbourg	17.40	11°	18.18	18.56
Bourges	17.41	14°	18.36	19.13
Biarritz	17.43	15°	18.44	19.18
Nice	17.44	9°	18.09	18.43

Il faudra regarder dans la direction Ouest-Nord-Ouest en prenant de sérieuses précautions pour se protéger les yeux en fixant directement le Soleil (les lunettes de soleil sont insuffisantes pour cela et présentent un réel danger pour la rétine).

En relisant l'article "Ah les couchers de Soleil !" dans les CC 39-40 (hiver 1987), on comprendra pourquoi le Soleil se couche au même instant à Paris et à Biarritz ce jour-là, et se couche à Brest plus d'une heure après s'être couché à Nice.

A noter que tout le phénomène sera presque entièrement visible à Brest : la Lune cesse de passer devant le Soleil au moment où celui-ci se couche à Brest.

Pour la France métropolitaine, la prochaine éclipse de Soleil aura lieu le 12 octobre 1996, de 13h 07min à 15h 38 (instants UT pour Paris) et ce sera une éclipse partielle. Les diamètres apparents de la Lune et du Soleil seront respectivement 0,51° et 0,53°, avec une distance des centres des deux disques de 0,20° au minimum (ce qu'on appelle d'ailleurs le maximum de l'éclipse).

De quoi nous faire patienter jusqu'au 11 août 1999, où (enfin) l'éclipse sera totale pour une bande de 100 km de large s'étendant de Cherbourg à Strasbourg. On se reportera au CC 50 (été 1990) pour revoir la carte ainsi que les premières images de l'éclipse.

Toujours pour la France, il faudra ensuite attendre le 3 octobre 2005 pour en voir une autre, partielle depuis notre métropole mais centrale annulaire à Madrid. Le début du 21^{ème} siècle sera d'ailleurs assez riche en éclipses partielles visibles depuis la France : une tous les trois ans en moyenne. Quant aux prochaines totales, prenons rendez-vous le 5 novembre 2059 (de Bordeaux à Montpellier), puis le 13 juillet 2075 (uniquement à Perpignan et à Nice) et le 3 septembre 2081 où l'ombre ira de Brest à Mulhouse en passant par Paris, sur 200 km de large !

A bientôt.

Michel TOULMONDE

Une étude de la rétrogradation de Mars

Notre Collègue Jean-Luc Colas (lycée Sadi Carnot, Saumur) a eu la bonne idée de faire construire à ses élèves la trajectoire de Mars telle qu'avait pu la dessiner Ptolémée en suivant son système de cercle déferent et d'épicycle.

Auparavant, les élèves ont observé les déplacements apparents des planètes dans le ciel nocturne. Puis ils ont visionné les diapositives D5 réalisées par Daniel Toussaint sur la rétrogradation de Mars. Les élèves ont des idées sur les systèmes de Ptolémée et de Copernic.

Dans le TP actuel, il s'agit de montrer que le système de Ptolémée rend compte correctement des faits d'observation. Il permet donc de comparer avantages et inconvénients des deux systèmes de Ptolémée et de Copernic.

REALISATION : Sur une feuille de papier, les élèves sont invités à tracer un cercle de rayon 94 mm qui sera le déferent ; la Terre T en occupe le centre. Sur le déferent 13 points sont numérotés de 1 à 13, intervalle entre deux points de 13 mm ; ces 13 points seront les centres de 13 positions de l'épicycle de Mars. Sur chaque épicycle, le point le plus éloigné de T est marqué du numéro de l'épicycle.

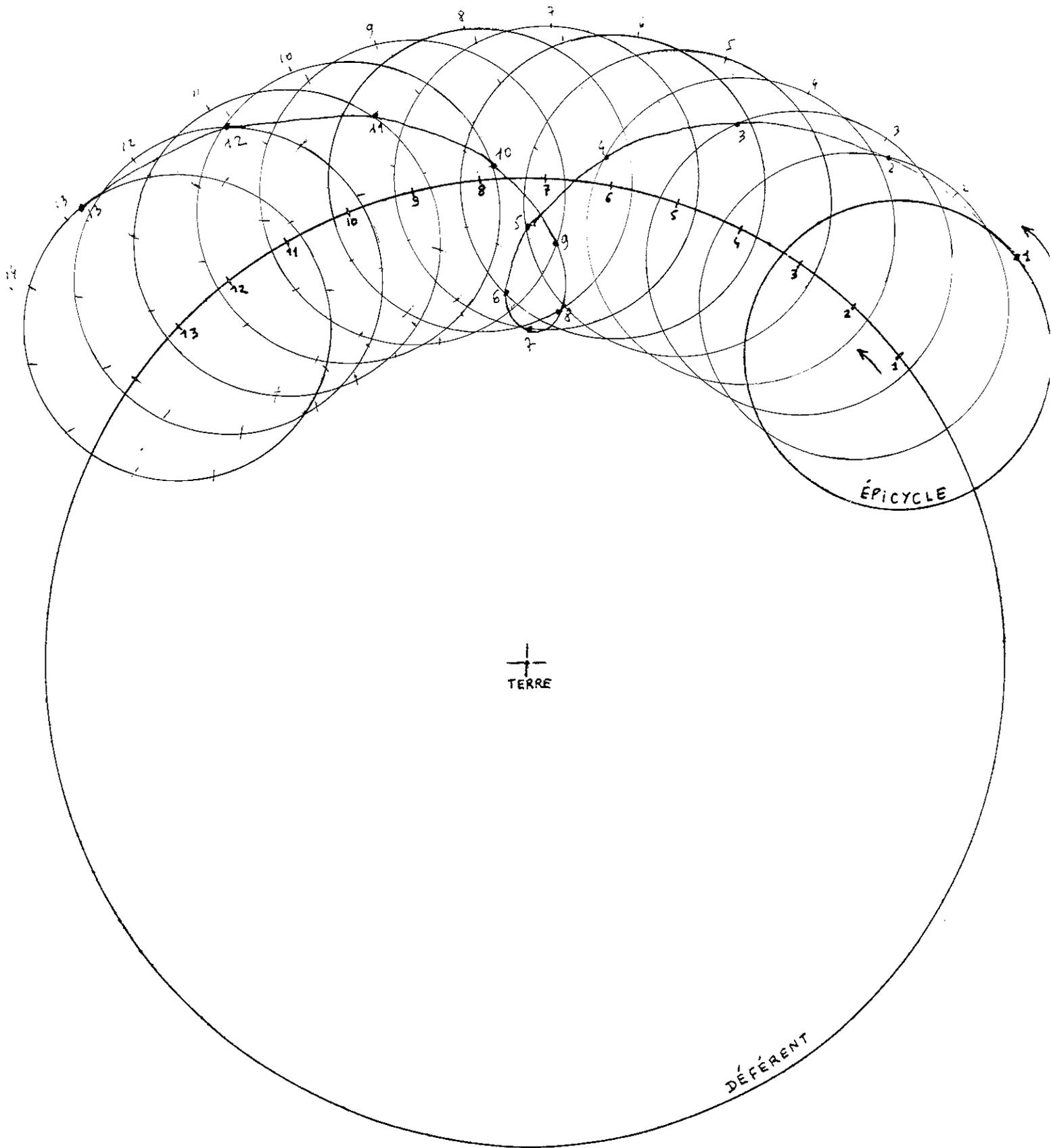
Au départ, Mars est au point marqué 1 sur l'épicycle n°1. Sur l'épicycle n°2, Mars est à 15 mm du point marqué 2 sur l'épicycle n°2. Sur l'épicycle n°3, Mars est à deux fois 15 mm du point marqué 3 (autrement dit, sur l'épicycle en passant d'un numéro au suivant progression de 15 mm).

Il ne reste plus qu'à joindre les positions 1, 2, 3.... de Mars ; on obtient la boucle que nous figurons sur la figure qui peut être considérée comme un corrigé du TP.

REMARQUES : La nécessité de l'alignement de la Terre, du centre de l'épicycle et du Soleil est une étrangeté du système de Ptolémée.

Par contre, dans le système de Copernic, la coïncidence du maximum d'éclat de la planète et de son opposition est évidente.

La réalisation de ce tracé "selon Ptolémée" sera comparé avec le tracé "selon Copernic".



Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

La joie de la pensée

Devant l'oeuvre et la vie de Albert Einstein, qui ne serait pas fasciné, ou tout au moins intimidé ? J'ai souvenir de mes réactions de lycéen quand j'appris les vérifications de la Relativité obtenues par Eddington, une dizaine d'années antérieurement. C'était pour moi une sorte de premier contact avec la science vivante et l'image en était portée par un homme dont les revues publiaient le fascinant portrait. Quand, plus tard, j'ai connu Paul Couderc, il me racontait à l'occasion la belle époque au cours de laquelle, chez les scientifiques, s'opposaient partisans de la Relativité et sceptiques.

Aujourd'hui, il est possible de pénétrer dans l'oeuvre de Einstein par plusieurs voies. Le problème est même de choisir laquelle, de savoir s'orienter dans une littérature abondante. C'est pourquoi j'ai voulu essayer de dresser une bibliographie qui soit pratique et utilisable par les lecteurs des **Cahiers Clairaut**, en imaginant que ceux-ci ont des goûts ou des besoins de documentation assez semblables aux miens. Par conséquent, invitation à chacun de vous de critiquer et corriger ce que je vous présente.

Je place cet essai sous le titre La joie de la pensée qui reprend une idée familière chez Einstein, "*die Freude am Denken*". Françoise Balibar l'a placée en sous-titre du joli petit livre qu'elle vient de publier dans la collection très illustrée Découvertes-Gallimard sous le titre **Einstein**. Je répartiss les titres retenus en cinq classes selon un choix fort arbitraire :

1. Oeuvres d'Einstein lui-même
2. Premières approches de la Relativité
3. Relativités, physique et philosophie
4. Etude des théories
5. Sur l'homme et sur sa vie

1. OEUVRES D'EINSTEIN

11. **Oeuvres choisies** sous la direction de Françoise Balibar et traduites en français par divers traducteurs ; 6 volumes :

1. Quanta
2. Relativités I (Relativité restreinte, Relativité Générale)
3. Relativités II (Relativité Générale, cosmologie et théories unitaires)
4. Correspondances françaises
5. Science, Ethique, Philosophie
6. Ecrits politiques

Edition du Seuil et du CNRS ; 1989-1993.

12. **Comment je vois le monde**, éd Flammarion 1958.

13. **L'évolution des idées en physique**, en collaboration avec Léopold Infeld ; "Des premiers concepts aux théories de la Relativité et des Quanta" ; éd Flammarion 1938.

2. PREMIERES APPROCHES DES RELATIVITES

21. **La théories de la Relativité restreinte et généralisée** (mise à la portée de tout le monde) par Albert Einstein ; éd Gauthier-Villars 1921.

22. **Galilée, Newton lus par Einstein**; espace et relativité ; par Françoise Balibar, ed PUF 1984

23. **Einstein 1905. De l'éther aux quanta** ; par Françoise Balibar, éd PUF 1992.

24. **La Relativité** ; par Paul Couderc, édition révisée et mise à jour par Francis Perrin, éd PUF, Que sais-je? n°37, 1981.

25. **La Relativité** : par Stomatia Mavridès, éd PUF, Que sais-je? n°37, 1988.

26. **Einstein, la joie de la pensée** ; par Françoise Balibar, éd Découvertes-Gallimard n°193, 1993.

27. **Initiation à la théorie de la Relativité** ; par Vladimir Kourganoff, éd PUF, 1964.

3. RELATIVITES, PHYSIQUE ET PHILOSOPHIE

31. **Correspondance 1916-1955** ; par Albert Einstein et Max Born ; introduction de Bertrand Russell, préface de Werner Heisenberg ; éd Seuil 1972.

32. **Lettres sur le parallélisme absolu 1929-1932** ; par Albert Einstein et Elie Cartan ; Bruxelles, Palais des Académies, 1979.

33. **Temps, Espace, Matière** leçons sur la théorie de la Relativité Générale ; par H.Weyl (traduction G.Juvet et R.Leroy) ; éd Blanchard 1922.

34. **Le principe de relativité** ; par Paul Langevin ; éd Chiron, 1922.

35. **Vues générales sur la théorie de la Relativité** ; par A.S. Eddington (traduction T.Greenwood), préface de Paul Painlevé ; éd Gauthier-Villars 1924.

36. **Space, Time and Gravitation**, an outline of the General Relativity Theory ; par Sir Arthur Eddington ; Cambridge University Press, 1953 (en anglais).

37. **Histoire du principe de relativité** ; par M-A.Tonnelat ; éd Flammarion 1971.

4. ETUDES DES THEORIES

41. **Une étape de la physique, la Relativité restreinte** ; par Roger Gouguenheim ; fascicule pour la formation des maîtres n°7 diffusé par le CLEA.

42. **Relativité et cosmologie** ; cours polycopié d'astrophysique d'Orsay (M3-C4) diffusé par le CLEA.

43. **Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme**, Relativité Générale et théories unitaires ; par André Lichnérowicz ; éd Masson 1955.

44. **Les Principes de la théorie électromagnétique et de la Relativité** ; par Marie-Antoinette Tonnelat éd Masson 1959.

45. **Les vérifications expérimentales de la Relativité Générale** ; par M-A. Tonnelat, éd Masson 1964.

46. **Théorie relativiste de la gravitation** ; par J. Leite Lopes ; éd Masson 1993.

5. EINSTEIN, LE SAVANT ET L'HOMME

51. **Lettres d'amour et de science** ; par Albert Einstein et Mileva Maric ; avant-propos de Françoise Balibar ; éd Seuil 1993.

52. **Mileva Einstein** ; par Desanka Trbuhovic Gjurić ; éd Des femmes 1991.

53. **Albert Einstein, créateur et rebelle** ; par Danesh Hoffmann ; éd Seuil 1975.

54. **Einstein** ; par Jacques Merleau-Ponty, collection "figures de la science", éd Flammarion 1993.

Remarque : Après la liste, forcément incomplète, des ouvrages choisis pour être cités, des indications seraient utiles sur le niveau de chaque ouvrage et son adéquation aux besoins des lecteurs. Devant l'ampleur et la difficulté de la tâche, j'ai reculé ; je ne risquerai que des commentaires très partiels, dont, à titre d'exemple, le suivant.

L'évolution des idées en physique (le n°13 de la liste) doit être lu pour son intérêt historique ; depuis 1938, la physique a évolué ! C'est pourquoi, dans les ouvrages de la classe 2, je recommande les plus récents qui sont de Françoise Balibar. Avec la nuance que le livre d'Einstein lui-même (n°21) s'il ne remplit peut-être pas son ambitieux programme mérite d'être lu, au besoin avec l'aide de l'initiation écrite par Kourganoff (n°26). Et puis, pour apprécier de la meilleure façon l'oeuvre d'Einstein et sa portée, rien ne vaut la lecture et l'étude des textes d'Einstein lui-même. A ce titre la publication des six volumes d'oeuvres choisies et traduites mérite un commentaire spécial.

LES SIX VOLUMES D'OEUVRES CHOISIES

L'Einstein Estate, le fonds d'archives d'Einstein, est conservé à l'Université hébraïque de Jérusalem. Une copie de ces archives est utilisée à Boston par des chercheurs qui, pour le compte de Princeton University Press publient une édition complète en langues originales, édition qui comprendra trente volumes de 500 pages chacun. Cette entreprise grandiose, à la mesure de l'oeuvre du savant, demandera nécessairement des années. L'équipe, réunie et dirigée par Françoise Balibar, s'est proposée de mettre plus rapidement à la disposition du public de langue française, un choix parmi ces oeuvres complètes. Le tome 1 a paru en 1989 et l'ensemble est disponible depuis la fin de 1993.

L'intérêt exceptionnel de ces six volumes doit être souligné. En premier lieu, il y a eu choix et on peut s'interroger sur l'idée qui l'a guidé. Il me paraît évident que le souci a été de fournir aux enseignants des matériaux pour nourrir leur enseignement de chair culturelle. Un exemple, il est probable qu'un professeur de mathématiques qui voudrait lire à ses élèves le fameux texte "*La géométrie et l'expérience*", édité par Gauthier Villars en 1934 sous la forme d'une élégante plaquette devenue introuvable, sera heureux de la trouver au tome 5, p.70. Son collègue physicien trouvera des richesses du même ordre, vingt pages plus loin dans le même volume. Le choix n'a donc pas été le hasard mais fut heureusement guidé.

Il y a eu choix mais aussi traduction. Certes mieux vaudrait toujours lire les textes dans leur langue originale. Il faut espérer que les jeunes collègues sont moins infirmes que beaucoup d'anciens de mon genre dans les langues anglaise, allemande, espagnole ou russe pour ne citer que les plus répandues. En tout cas, pour nous tous, ces bonnes traductions sont aujourd'hui à notre portée.

Enfin tous ces textes sont peu mais bien commentés par de courtes notes placées en marge donc facilement accessibles et ne troublant pas la lecture même.

Pour des raisons techniques, les six volumes ont paru dans un ordre chronologique différent de celui de la numérotation des tomes, 1 et 4 en 1989, 5 et 6 en 1991, enfin 2 et 3 en 1993. Comme dans les feux d'artifice du 14 juillet les deux tomes sur les Relativités constituent le "bouquet" de l'ensemble, attardons-nous un peu sur eux.

Le premier, **Relativités I** (240 pages) comprend naturellement deux parties, sur la Relativité restreinte, sur la Relativité Générale. La première reprend des textes parus de 1895 à 1946 mais on retiendra surtout les grands textes de 1905, "*Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*" et "*L'inertie d'un corps dépend-elle de son contenu en énergie ?*" Mais on sera assez étonné de lire un texte écrit par Einstein en 1895 - il a seize ans - "*Etude de l'état de l'éther dans un champ magnétique*". Ou encore ce texte qui date, lui, de 1946 "*Une démonstration élémentaire de l'équivalence entre masse et énergie*" ce qui montre assez bien la

continuité de la pensée du savant. Ne pas manquer les notes et commentaires, je relève "La légende, qui aime à faire croire que le bonheur théorique des uns se paie du malheur des autres, dit que c'est en voyant tomber un homme du haut d'un toit qu'Einstein conçut la plus belle théorie du siècle." J'insisterai pour que le lecteur ne manque pas de commencer par la note éditoriale due à Olivier Darrigol sur l'électrodynamique avant Einstein et ce que l'on sait des préoccupations intellectuelles d'Einstein avant 1905.

La deuxième partie de ce tome II traite donc de la Relativité Générale (R.G. pour les intimes), depuis sa genèse avec le texte d'une conférence prononcée en 1933 - Einstein avait un recul suffisant pour mieux analyser la progression de ses idées - jusqu'au texte de 1916, "Les fondements de la théorie de la R.G." Des quatre articles parus en 1915, nous lirons surtout celui sur "Explication du périhélie de Mercure par la théorie de la R.G." ; d'abord parce que le sujet intéresse l'astronomie mais aussi parce que nous apprenons la jubilation de Einstein qui "en voyant ce résultat, à savoir que les équations donnaient exactement le périhélie de Mercure, pendant plusieurs jours la joie et l'excitation m'ont fait sortir de mes gonds."

Le tome 3, **Relativités II**, comprend quatre parties. La première, consacrée à la R.G. contient l'article de 1918 sur les ondes gravitationnelles et celui de 1936 sur l'effet de lentille produit par une étoile lors de la déviation de la lumière dans un champ de gravitation. Vous avez noté les dates, 1918 et 1936 de ces deux sujets d'actualité. La deuxième partie nous présente les idées d'Einstein sur la cosmologie ; il y pense depuis 1912 alors que bien rares sont les contemporains à s'en préoccuper. Ses "Considérations cosmologiques sur la théorie de la R.G." datent de 1917 mais Einstein n'y reviendra qu'après 1931 quand les découvertes observationnelles auront résolu le problème de la distribution des galaxies hors de la Galaxie. La troisième partie concerne les théories unitaires, textes de 1919 à 1951 ce qui rappelle l'attention qu'Einstein leur porta toujours, même quand il s'y heurtait à des difficultés extrêmes. Enfin dernière partie, sur Einstein et la vulgarisation de ses théories. N'avait-il pas le souci de mettre la Relativité à la portée de tout le monde ? Cela ne se réalisa pas sans polémiques et l'on y soupçonne souvent des motivations inavouables (la Relativité, science juive pour Hitler). Le texte de 1920 "Ma réponse à la SARL antirelativiste" nous rappelle la hargne de certains adversaires (et je regrette ici que n'aient pas été mentionnées certaines de critiques dont se déshonorèrent certaines revues françaises dans les années 20 ; dans la correspondance d'Einstein avec Paul Langevin, cette citation "Planck a qualifié d'héroïque ma décision d'aller à Paris parce qu'il pense que ma visite... me vaudra mille inimitiés écrites et non écrites. Mais il n'a pas idée de l'épaisseur de ma cuirasse." 12 mars 1922 (époque de la "chambre bleu horizon").

De 1989, publication du Tome 1, à la fin de 1993 et publication des Relativités, reconnaissons que nous nous impatientons. Car pour nous tous, Einstein ce sont les Relativités. Nous voici donc comblés et même si vous trouvez que je me répète, j'insiste sur l'importance et la qualité de cet ensemble. Les six volumes ont leur place dans toutes les bibliothèques de nos lycées ; invitation aux professeurs de mathématiques, de physique et de philosophie à y puiser sujets de devoirs ou lectures pour éclairer leurs classes.

EINSTEIN POUR TOUS

Avec ce sous titre, **La joie de la pensée**, que j'ai repris pour cette bibliographie tant il me paraît convenir à l'homme et au savant, voici un **Einstein** pour tous (n°25 de la liste). Après avoir dirigé l'édition des six volumes des oeuvres choisies et écrit les deux beaux petits livres n°22 et 23 de la liste, Françoise Balibar a eu la bonne idée de présenter au plus vaste public (tous âges raisonnables) ce livre abondamment illustré. En l'ouvrant, vous rencontrez Einstein dans sa bibliothèque ; visiblement, son visage indique la concentration de sa pensée, une certaine inquiétude ; plus loin, p.112, une photo prise dans un studio de radio, le savant pointe du doigt un danger à éviter, vous devinez lequel.

Le livre est petit par le format mais il est riche d'une documentation utile, en particulier les dates de cette grande aventure de l'esprit. On mesure la grandeur et le tragique d'une

destinée, 1905 les grandes découvertes, 1933 le drame de l'hitlérisme qui amènera le pacifiste Einstein à préconiser la réalisation de l'arme atomique ; 1930, son conflit avec Bohr sur science et déterminisme. Ne pas prendre comme une conclusion la photo de la page 97 notée "un "hérétique" devenu "réactionnaire"". En réalité, toute sa vie, il a été chercheur avec, en plus, savant de génie et la solitude que cela entraîne fatalement pour l'homme qui, parce que c'était lui, devait en souffrir.

ALBERT ET MILEVA

Les lettres d'amour et de science (n°51 de notre liste) apportent un autre éclairage sur la personnalité de Einstein. Aussi savant fut-il, il était homme aussi. Et par bien des côtés, un hérétique.

Hérétique quand il envisage, contre l'avis de ses parents, d'épouser Mileva Maric, originaire de Voïvodine, étudiante comme lui au Polytechnicum de Zurich. Hérétique encore quand il choisit une compagne comme Mileva avec qui il peut discuter de physique. Drame des enfants du couple, une petite fille qui disparaît en Serbie, un des deux fils qui restera infirme toute sa vie à la charge de sa mère. Drame aussi de cette Europe divisée en nations refermées sur elles-mêmes et qui vont se massacrer au nom du "Droit". Drame enfin - mais qui peut avoir le droit de juger ? - d'un amour qui se défait.

Sans doute le jeune étudiant, lorsqu'il rencontre Mileva, peut-il espérer vivre enfin ces rapports entre hommes et femmes autrement qu'en "philistin". Ensuite, le jeu des circonstances aidant, n'a-t-il pas échoué, comme tout le monde ?

Aux esprits forts de juger, s'il y tiennent. Aux personnes plus attachées à la justice et à la pitié de porter un regard, si possible fraternel, même sur la destinée d'un génie. Quant à moi, je ne peux m'empêcher de faire une différence entre des hommes comme Descartes ou Galilée parce qu'ils sont d'autres époques et des hommes comme Einstein et Gandhi par exemple pour la raison toute bête que je ressens encore le choc d'avoir appris leur mort en titre des quotidiens, ils auraient pu être mon père...

G.W.

Mètre et système métrique par Suzanne Débarbat et Antonio E. Ten ; édition commune de l'Observatoire de Paris et de Instituto de Estudios documentales e historicos sobre la ciencia-Universidad de Valencia ; 196 p. ; 1993. En vente à l'Observatoire de Paris, franco 90 F.

Ce volume réunit les communications présentées lors d'une journée "Mètre et système métrique", conclusion d'une action intégrée franco espagnole qui a commencé en 1989. Coopération bien naturelle quand on se rappelle que la première définition du mètre était fondée sur la mesure de l'arc de méridien de Dunkerque à Barcelone réalisée par Delambre et Méchain, le prolongement espagnol devant permettre à Arago de s'y illustrer.

Dans la première partie du livre sur les institutions, Jean Dhombres dresse un tableau fort instructif : "Le regard étranger sur la science française vers 1800". La deuxième partie traite des problèmes sociaux de l'unification des poids et mesures ; les opposants au système métrique soulignaient le risque de confondre le décimètre cube avec le dixième du mètre cube. La troisième partie concerne des problèmes scientifiques comme par exemple celui de la jonction géodésique des îles Baléares au continent. En conclusion du livre, les définitions modernes du mètre.

A une époque où la mode est souvent de minimiser ou de caricaturer les réalisations de l'époque révolutionnaire, il n'est pas mauvais de rappeler les bienfaits du système métrique.

Faux pas - Les éditions LES BELLES LETTRES, dans leur collection "Science et humanisme" ont publié en 1992 et 1993 deux ouvrages remarquables réalisés par Isabelle Pantin : textes et traductions de Galilée - **Le Messager céleste** - et de Kepler - **Discussion avec le messager céleste**. Une édition qui est un modèle de rigueur scientifique dans la présentation et l'annotation de textes anciens. J'ai eu plaisir à vanter ces ouvrages lors de leur parution.

Quel contraste avec, chez le même éditeur, mais dans une autre collection intitulée "Aux sources de la tradition" la publication d'une ancienne traduction de La Tetrabible de Ptolémée. Ce titre, choisi par Ptolémée, est ici supplanté par un titre plus "commercial" : *Manuel d'astrologie*. Le texte est celui de la traduction de Nicolas Bourdin qui date de 1640 et qui traduisait le texte latin lui-même traduction de l'original écrit en grec. De plus, au lieu de nous présenter une étude historique des conceptions astrologiques de Ptolémée, ce titre apocryphe et, comme pour le justifier, une préface plus fâcheuse encore d'une professionnelle actuelle du commerce astrologique. Pour l'édition LES BELLES LETTRES, quel faux pas !

G.W.

N-B : Vous me direz que nous avons déjà vu ce genre de faux pas avec les PUF. J'ai lu avec plaisir dans **Le Canard enchaîné** du 5 janvier 1994, la note suivante : "*Les PUF éditent sans scrupule en "Que sais-je?" un éloge feutré de l'astrologie , signé Suzel Fuzeau-Braesh, au lieu et place de l'ancien volume signé Paul Couderc, retiré du catalogue en 1989 pour cause de rationalisme impénitent.*"

L'Univers des étoiles par Lucette Bottinelli et J-L. Berthier ; 260 p., éd Gammaprim.

En son temps, nous avons signalé l'intérêt de ce livre et nous réitérons avec plaisir car il faut aider à la diffusion d'un petit éditeur. Surtout pour un livre qui cadre bien avec les récentes introductions d'astronomie dans les classes.

Commande pour expédition immédiate contre chèque de 49 F à Editions Gammaprim, 78 rue de Dunkerque, 75009 Paris.

Vagabonds de l'espace Exploration et découverte du système solaire, par Kenneth R.Lang et Charles A.Whitney ; traduction Marie-Ange Heidmann, préface de Jean Heidmann ; 388 pages (format 21/27), 291 illustrations dont 77 en couleur ; éd Springer-Verlag 1993 (248 F).

Du premier coup d'oeil, voici un très beau livre. Comment ne pas être séduit par l'élégante et très claire mise en page, par les photos en couleur comme celle de Triton, par exemple ? Mais il faut dépasser cette première impression facile et lire attentivement un texte d'une rare richesse documentaire.

Jean Heidmann souligne le parallèle entre notre époque, celle de la découverte de tous les objets du système solaire, avec celle de la Renaissance où s'ordonnaient les connaissances sur les objets alors connus. Quand les sondes *Voyager* ont photographié Io et Ganymède, nous avons ressenti le même choc que les contemporains de Galilée quand celui-ci leur a annoncé la découverte des astres médicés. Avec cette différence, aussi bien en qualité qu'en quantité que les sondes ont multiplié les découvertes et que les astronomes ont approfondi leurs interprétations. Le plus bel exemple est la photo (p.208) des anneaux de Neptune : l'anneau Adams, le plus externe, avec ses condensations "Liberté", "Egalité" et "Fraternité", l'anneau Le Verrier, plus petit et encore plus fin, et l'anneau Galle presque confondu avec l'atmosphère de la planète ; des "anneaux déjà vieux et délabrés" qui ont été fort opportunément baptisés des trois noms des découvreurs de Neptune. Qui, en 1846, pouvait imaginer un tel document ?

Le plan du livre est classique. Après un premier chapitre de généralités sur les mouvements des planètes et la gravitation, puis un chapitre sur la Lune, chaque planète est l'objet d'un chapitre qui se termine par une sorte de fiche signalétique (masse, rayon, rotation, champ magnétique, satellites, etc). Viennent ensuite des chapitres sur les astéroïdes, sur les comètes, sur la formation du système solaire et sur les recherches d'autres systèmes planétaires.

Ces **Vagabonds de l'espace** sont donc très séduisants. Si la lecture de ces chapitres est aussi facile, il faut sûrement en savoir gré à la traductrice. Je n'exprimerai qu'un petit regret, celui de trouver l'étude de la Terre trop séparée de celle de la Lune. G.W.

Le calendrier républicain, de sa cration à sa disparition, suivi d'une concordance avec le calendrier grégorien ; 140 p. ; édition du Bureau des Longitudes 1993.

Le bicentenaire de la Révolution Française a suscité un regain d'intérêt pour le calendrier républicain. Le Bureau des Longitudes qui fut lui-même fondé à la même époque, par la loi du 7 messidor An III, était donc le mieux placé pour nous fournir la documentation la plus complète sur ce sujet. La plaquette comporte quatre parties : 1. La genèse du calendrier républicain ; 2. Archives et documents ; 3. Chronologie ; 4. Concordances (passage du grégorien au républicain et vice versa).

Malgré ses charmes, les noms de ses mois en particulier, il faut reconnaître, notre amour de la République dut-il en souffrir, le calendrier républicain avait au moins deux graves défauts. Il abandonnait la semaine, cette suite périodique de jours respectée depuis des siècles qui n'était pas sans lien avec la lunaison (le quotient entier de la durée d'une lunaison par 4 est 7). On aurait pu néanmoins s'habituer à la décade puis à la demi décade surtout quand l'époque recherche en priorité à réduire les temps de travail. Mais il y avait un défaut autrement grave, la détermination du début de l'année. Celle-ci était fixée au **minuit, compté en temps vrai de l'Observatoire de Paris qui précède l'instant de l'équinoxe d'automne**. En raison des inégalités de l'année des saisons (d'un équinoxe d'automne au suivant, durée très variable, encore une bonne farce lunaire), il devenait impossible de fixer une période pour l'addition du jour sextile qui devait remplacer le jour bissextile. Prenant l'exemple de l'équinoxe d'automne du 21 septembre 2092 qui aura lieu à 23h 44m 47s (TAI), la brochure nous montre la difficulté : "*Pour dater cet instant en temps vrai de l'Observatoire de Paris, il faut ajouter 16m 52s afin de tenir compte de la longitude de Paris (9m 21s) et de la différence entre temps moyen et temps vrai (7m 31s). Cela donne le 22 septembre à 0h 01m 39s et c'est donc le 22 septembre qui devrait être le 1 vendémiaire mais qui sait si la correction TAI-UT ne dépassera pas 1m 39s ce qui ramènerait le début de l'année républicaine au 21 septembre ?*" On comprend qu'on ait voulu éviter à nos héritiers de 2092 des problèmes aussi délicats, ils auront certainement mieux à faire.

Le chapitre sur les concordances avec le calendrier grégorien se complique pour la même raison, il faut distinguer six cas selon que l'année républicaine commence le 22, le 23 ou le 24 septembre et que la deuxième année grégorienne est commune ou bissextile. Grâce à quoi je lis que ce 20 mars 1994 (équinoxe de printemps à 20h 28m UT) est aussi le 29 ventôse AN 202.

J'allais oublier - et j'en aurais eu remords - de signaler de séduisantes illustrations telle justement celle de ventôse accompagnée de ces quelques vers :

*"La Nymphe du Rivage aux Poissons fait la guerre
Dans ce mois où les Vents déchaînés sur les eaux
Les font rentrer au Fleuve et rendent à la Terre
La Prairie où les Fleurs ramènent les Oiseaux".*

A la recherche du pôle céleste Nord par André Simon ; une brochure de 64 p. éditée par la Mairie de Pluzunet (Côte d'Armor)

Notre Collègue André Simon explique comment l'idée est venue d'une fresque stellaire en posant dans le pays des guirlandes de Noël. La brochure étend l'information aux richesses observables dans les constellations circumpolaires.

L'espace, milieu violent et hostile par Jean-Pierre Penot ; un BT n°1092 ; publication du CNES et de l'Ecole Moderne Française ; 48 pages ; novembre 1993.

Pour commencer, un rappel très précis en six pages du milieu terrestre. En contraste vient ensuite la présentation de l'espace, milieu infernal : les mouvements (projectiles divers),

les rayonnements et les protections indispensables. En complément, des documents sur la mission Topex-Poseidon, sur Tycho-Brahé, sur Mercure et sur Vénus. Un BT très réussi.

DANS LES REVUES

Pour la Science – Septembre 1993 : Arcs autour des planètes (Cécile Ferrari) ; Edwin Hubble et l'expansion de l'Univers (D.Osterbrock, J.Gwinn, R.Brashear).

Octobre 1993 : Premier pulsar extragalactique (Lucienne Gouguenheim) ; Les couleurs des galaxies (David Malin).

Novembre 1993 : La masse cachée est-elle découverte ? (Eric Gourgoulhon).

Janvier 1994 : Les pulsars millisecondes (Eric Gourgoulhon) ; Les étoiles binaires émettrices de rayons X (E Van den Heuvel et J.Van Paradijs).

Février 1994 : L'observatoire Compton (N.Gehrels, C.Fichtel, G.Fishman, J.Kurfess, V.Schönfelder).

La Recherche – Septembre 1993 : L'aventure du télescope spatial (P.Y.Bély et D.Macchetto).

Novembre 1993 : Jurassic Park, la folie des dinosaures (Stephen Jay Gould).

Décembre 1993 : La Voie Lactée cette inconnue (F.Casoli et M.Gerin) ; L'amas de Coma retrouve une nouvelle jeunesse (A.Blanchard).

Janvier 1994 : Les anneaux de Neptune (Bruno Sicardy) ; Le voile se lève enfin sur la masse cachée (J.P.Beaulieu, R.Ferlet, P.Grison, A.Vidal-Madjar)

L'Astronomie – Juillet-octobre 1993, en deux parties, dossier sur les planètes extra-solaires.

Nébuleuses – n°1, 1^{er} trimestre 1994. Une nouvelle revue éditée par l'association *Le Pulsar du Voile* (18 rue Paul Bert, 75011 Paris). Dans ce n°1 un article de Nicolas Prantzos, "Le côté sombre de la matière" sur le problème de la masse cachée de l'Univers ; de la très bonne vulgarisation. Une interview sur "Science et poésie" de Jean-Pierre Luminet. En somme un premier numéro prometteur qui dit les intentions des rédacteurs de s'adresser simplement à un large public. Dommage que dans un mot du directeur de la publication on lise : "Nébuleuses se différencie par l'approche d'un axe nouveau dans son concept". La revue heureusement évite ce style.

Remords

La petite bibliographie sur Einstein était écrite, tapée, relue et corrigée (enfin, j'espère) et une nouvelle relecture m'a soudain fait apparaître une énorme lacune. Elle omettait un ouvrage remarquable d'une lecture passionnante entre tous :

30. Correspondance 1903-1955 par Albert Einstein et Michele Besso ; collection "Histoire de la pensée", 560 p. ; éd Hermann 1972.

Cette publication, réalisée par Pierre Speziali, mérite une mention très particulière. C'est pourquoi je lui attribue le n°30, avant la correspondance avec Max Born. Ceci à cause de la personnalité de Michele Besso. De quelques années plus âgé que Einstein, il fit sa connaissance en 1896 durant le séjour d'Einstein à Aarau chez les Winteler à l'occasion d'une séance de musique; Se noua alors un lien d'amitié exemplaire. Michele fut pour Albert l'ami dévoué et fidèle durant plus d'un demi siècle. Einstein lui-même reconnut le prix de cette amitié. "*Je n e t'ai jamais vu, lui écrit-il, faire ou dire quoi que ce soit dans une intention autre que celle de faire du bien*". Michele avait aussi été élève du Polytechnicum et il retrouva Einstein au Service des Brevets. La correspondance des deux amis reflète leur communauté de pensée dans un temps passablement bouleversé et leur commun amour de la science. Un document captivant.

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

LE CIEL EN RAYONNEMENT GAMMA

La conquête spatiale permet aujourd'hui d'observer le ciel dans toute la gamme de longueur d'onde (notée ci-après λ) du rayonnement électromagnétique, en dehors des deux fenêtres (optique et radio) de bonne transparence de l'atmosphère terrestre qu'explorent l'astronomie au sol. L'observation depuis l'espace donne accès, en particulier, aux domaines X et γ associés aux très courtes λ . Classiquement dans ce domaine les longueurs d'onde sont caractérisées en terme d'énergie E exprimée en électron-volt eV ($E = hc/\lambda$, où h désigne la constante de Planck et c la vitesse de la lumière; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$); ainsi, $E=10^5\text{eV}$ est associée à $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

Compte tenu de leur λ très inférieure aux distances interatomiques, les rayons γ ($E > 10^5\text{eV}$) ne peuvent être réfléchis en utilisant des miroirs comme dans les télescopes classiques. Les détecteurs γ utilisent les techniques mises en oeuvre dans les accélérateurs de particules. Essentiellement, on enregistre les produits de l'interaction du rayonnement γ avec divers matériaux détecteurs; il peut s'agir d'émission de lumière visible produite par effet photoélectrique, de l'absorption du rayonnement γ incident diffusé par effet Compton, des étincelles produites par le passage des γ dans une chambre à étincelles. Ces détecteurs ne permettent pas directement de réaliser une image au sens classique en focalisant les photons γ , ni d'obtenir avec une grande précision la position dans le ciel de l'astre émetteur. Cependant des progrès spectaculaires ont été réalisés depuis les années 1990 permettant d'atteindre une réalisation angulaire de l'ordre de quelques minutes d'arc au lieu de quelques degrés auparavant. Par exemple, le télescope SIGMA (pour Système d'Imagerie Gamma à Masque Aléatoire) réalisé par le CNES et lancé en 1990, a repris le principe de la caméra à "trou d'épingle" qui permet de former des images sans optique. La finesse de la cartographie (précision angulaire sur les positions pouvant atteindre $1'$) des régions centrales de notre Galaxie réalisée par SIGMA a montré que le trou noir supermassif dont la présence était suspecté au centre était en réalité un trou noir stellaire classique situé à près de $50'$ du centre galactique. Outre la grande précision de localisation réalisée, ces observations ont décelé l'émission à 511 keV ($1\text{keV} = 10^3 \text{ eV}$) signature de l'annihilation électron-positon caractéristique des conditions régnant dans le disque d'accrétion d'un trou noir stellaire (du type de celui observé dans le système binaire Cygnus X-1).

L'exploration du ciel en γ la plus récente, est réalisée depuis avril 1991 par le télescope de la NASA appelé GRO (pour Gamma Ray Observatory) et baptisé ultérieurement "Observatoire Compton" en l'honneur du physicien américain A.H.Compton, prix Nobel de Physique en 1927. Cet observatoire comporte quatre instruments spécialisés réalisés partiellement en coopération avec l'Agence Spatiale Européenne; ces expériences couvrent pour la première fois une gamme s'étendant sur plus de 5 décades en énergie (de 10^5eV à $3 \cdot 10^{10}\text{eV}$), avec une sensibilité accrue d'un facteur 10 par rapport aux observations précédentes; la résolution angulaire des divers instruments est aussi excellente (de $5'$ à $10'$ et de 1° environ selon les expériences). L'altitude au périgée de GRO était au lancement de 450 km ; des ennuis dans le système de propulsion avaient ramené progressivement cette altitude à 350km , faisant courir le risque d'une rentrée prématurée de GRO dans l'atmosphère terrestre. La situation a pu heureusement être rétablie à la fin de 1993.

Dès la fin de 1992, GRO avait réalisé une cartographie complète du ciel jusqu'aux plus hautes énergies montrant d'une part, l'émission diffuse de la Voie Lactée, d'autre part, des sources localisées brillantes: outre les pulsars du Crabe et de Vela déjà connus en γ , quatre nouveaux pulsars dont la source Geminga ont été découverts, des quasars connus par ailleurs comme puissants émetteurs radio sont aussi apparus comme les sources γ les plus puissantes de l'univers. Par ailleurs, l'émission γ associée à la désintégration radioactive des éléments formés par nucléosynthèse explosive dans les supernova, a été décelée pour le cobalt 57 de la supernova SN1987A, pour le titane 44 de la supernova Cassiopée A, en particulier. L'une des expériences a permis de produire en 1993, le catalogue le plus complet à ce jour de sources transitoires de γ ; ces émetteurs décelés en 1963 sont caractérisés par une émission brève (pendant quelques millisecondes à quelques minutes), sans association avec toute autre source connue. Malgré ses performances remarquables GRO n'a pas permis de percer l'énigme de ces sources transitoires: le débat est encore vif actuellement entre tenants d'une interprétation locale (sources γ appartenant à notre Galaxie) et tenants d'une interprétation cosmologique (sources γ extragalactiques).

L'exploration du ciel γ est encore pleine de promesses; l'Agence Spatiale Européenne vient de programmer pour 2001, le lancement d'expériences X et γ avec le projet INTEGRAL (pour International Gamma Ray Astrophysics Laboratory). A suivre

Le Cadran bifilaire

Paul Perbost (Nice)

1. DESCRIPTION

Le cadran solaire insolite imaginé par H. Michnik*, se compose d'une table horizontale, (H), au-dessus de laquelle sont tendus deux fils parallèles à son plan, d'où son nom. L'un de ces fils, (F), est maintenu par deux supports verticaux, Ee et Ww, d'égale longueur, l, fixés en deux points E et W pris arbitrairement sur la droite Est-Ouest. L'autre fil, (F'), est maintenu à la distance l' de la table par deux autres supports verticaux, Nn et Ss, fixés en des points N et S de la méridienne. Cependant, les deux fils ne se touchent pas, car $l \neq l'$, leurs directions sont simplement orthogonales (sauf aux pôles où la latitude vaut $\pm 90^\circ$). Les droites cardinales, (NS) et (EW) se coupent en O ; la droite (OZ) est la verticale de O (Z, zénith). Elle traverse les fils en G et G' (fig. 1).

Le Soleil, Σ , éclairant le cadran de ses rayons parallèles, les ombres (f) et (f') des fils se croisent au "point d'ombre" M, sur la table. On lit l'heure en repérant la position de M relativement à un réseau de lignes horaires non représentées sur la fig.1 mais que nous apprendrons à tracer : c'est d'ailleurs la question essentielle. Nous verrons que par un choix judicieux du rapport des longueurs l et l', selon la latitude, on peut faire en sorte que les lignes horaires constituent un faisceau de droites concourantes, convergeant vers un point que l'on nomme le centre du cadran, à la manière des baleines régulièrement déployées d'un éventail plan, facilement réalisable. (A l'équateur, cependant, ces droites sont parallèles).

L'une des originalités de ce cadran réside dans l'idée géniale de son inventeur, du choix simplificateur du rapport des longueurs l et l', selon la latitude. La justification mathématique de ce choix peut sembler laborieuse. Mais quand on s'est donné la peine d'en suivre le fil, on est surpris d'aboutir à un cadran dont le dépouillement contraste étrangement avec la complexité des calculs. Cette simplicité de réalisation pratique du cadran est un autre aspect de son originalité. On peut naturellement y tracer d'autres lignes que les droites horaires, par exemple, selon un usage courant en gnomonique, les arcs des signes, qui transforment les cadrans en calendriers solaires, etc.

2. REPERAGE DU POINT D'OMBRE INDICATEUR DE L'HEURE

La position de ce point, M, à un instant donné ne dépend évidemment que de celle du Soleil sur la sphère céleste locale. Or, elle est connue par les coordonnées de l'astre, dans l'un ou l'autre des deux systèmes astronomiques locaux : les coordonnées horizontales (azimut, a ; hauteur, h), ou les coordonnées horaires (angle horaire, H ; déclinaison, δ). D'ailleurs, on peut passer d'un système à l'autre par des relations que l'on utilise fréquemment en astronomie sphérique.

Mais il faut d'abord équiper le plan horizontal, (H), d'un repère, car c'est le plan fondamental du système de coordonnées horizontales. D'autre part, en raison même des définitions usuelles de l'azimut et de l'angle horaire, il est naturel que l'un des axes de ce repère ait pour support la méridienne, (NS), trace du plan méridien sur le plan (H).

Par conséquent, on placera l'origine, O, du repère, à la croisée des droites cardinales (NS) et EW) et on donnera aux vecteurs unitaires \vec{i} et \vec{j} le même module, le premier orientant l'axe Ox vers l'Est et le second l'axe Oy vers le Nord, de telle sorte que l'azimut, a, du Soleil croisse au cours de son mouvement diurne. Toutes les longueurs seront alors mesurées avec la même unité, celle des vecteurs unitaires du repère orthonormé (O, \vec{i} , \vec{j}) (fig 2.).

3. DE FIL EN AIGUILLE : COMMENT CONFECTIONNER UN RESEAU DE LIGNES HORAIRES

La verticale (OZ) traverse les fils en G et G' respectivement. Ces deux points appartiennent en quelque sorte au "gnomon fictif OGG", que l'on nomme parfois "style droit" (en italien, par exemple, le mot ago, aiguille, désigne le style des cadrans ordinaires). Quoi qu'il en soit de ces dénominations stylistiques, soient g et g' les ombres des points G et G', lorsque le Soleil a pour azimut a et pour hauteur h (fig 2). Alors, l'ombre (f') du fil (F') est portée par la parallèle menée par g' à Oy, tandis que celle du fil (F) a pour support la parallèle menée par g à Ox. Ces ombres se croisent au point M, dont il s'agit d'exprimer les coordonnées dans l'un ou l'autre des deux systèmes locaux évoqués ci-dessus.

a) Position du point d'ombre selon les coordonnées horizontales du Soleil.

En posant $Og = \rho$ et $Og' = \rho'$, on a d'abord :

$$\rho = l \cotg h \quad \text{et} \quad \rho' = l' \cotg h \quad \rightarrow \rightarrow$$

d'où, par projection sur les axes du repère (O, i, j), l'expression des coordonnées cartésiennes de g et g' :

$$g \left\{ \begin{array}{l} x = \rho \sin a \\ y = \rho \cos a \end{array} \right. \quad g' \left\{ \begin{array}{l} x = \rho' \sin a \\ y = \rho' \cos a \end{array} \right.$$

Or, par définition même, le point d'ombre M a pour abscisse celle de g', et pour ordonnée celle de g. Par conséquent, les coordonnées cartésiennes de ce point sont les suivantes ;

$$M \left\{ \begin{array}{l} x = \rho' \sin a \\ y = \rho \cos a \end{array} \right.$$

soit, plus explicitement, en fonction des longueurs l et l' et des coordonnées horizontales a et h du Soleil :

$$M \left\{ \begin{array}{l} x = l' \sin a \cotg h \\ y = l \cos a \cotg h \end{array} \right. \quad (I)$$

b) Position du point d'ombre selon les coordonnées horaires du Soleil.

Pour passer aux coordonnées horaires (H, δ), on utilisera les relations classiques suivantes, où φ désigne la latitude du point O :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H \\ \cos h \cos a = -\cos \phi \sin \delta + \sin \phi \cos \delta \cos H \\ \cos h \sin a = \cos \delta \sin H \end{array} \right.$$

On en déduit facilement, par des substitutions élémentaires qu'il serait fastidieux de transcrire en détail, les nouvelles coordonnées du "point d'ombre" :

$$M \left\{ \begin{array}{l} x = l' \frac{\cos \delta \sin H}{\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H} \\ y = l \frac{\sin \phi \cos \delta \cos H - \cos \phi \sin \delta}{\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H} \end{array} \right. \quad (II)$$

Telles sont les coordonnées de M dans le repère (O, i, j), en fonction des longueurs l et l', des coordonnées horaires du Soleil (H, δ) et de la latitude φ. Nous allons en déduire l'équation des lignes horaires, par rapport auxquelles la position de M sera repérée sur le plan (H)

4. EQUATIONS DES LIGNES HORAIRES

a) Principes

Il s'agit maintenant de tirer des équations paramétriques précédentes, une relation aussi simple que possible, entre les coordonnées (x,y) de M, ne contenant pas la déclinaison du Soleil, afin que l'équation définissant les "lignes horaires" qui résultent de cette élimination, ne dépende plus désormais que de H et que, dès lors, le réseau de ces lignes soit immuable tout au long de l'année, ce qui permettra de graver une fois pour toutes sur le cadran autant de lignes horaires qu'on le voudra. On optera, évidemment, pour la solution pratique optimale.

b) Calculs

En divisant simultanément les termes des fractions de la relation (II) par $\cos \delta$, on

obtient les égalités équivalentes :

$$M \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{\sin H}{\sin \phi \operatorname{tg} \delta + \cos \phi \cos H} \times l' \\ y = \frac{\sin \phi \cos H - \cos \phi \operatorname{tg} \delta}{\sin \phi \operatorname{tg} \delta + \cos \phi \cos H} \times l' \end{array} \right.$$

(la division par $\cos \delta$ est légitime, car, pour le Soleil on n'a jamais $\delta = 90^\circ$)

Ces égalités conduisent à leur tour aux suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} x(\sin \phi \operatorname{tg} \delta + \cos \phi \cos H) = l' \sin H \\ y(\sin \phi \operatorname{tg} \delta + \cos \phi \cos H) = l'(\sin \phi \cos H - \cos \phi \operatorname{tg} \delta) \end{array} \right.$$

On en tire :

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg} \delta = \frac{l' \sin H - x \cos \phi \cos H}{x \sin \phi} \\ \operatorname{tg} \delta = \frac{l' \sin \phi \cos H - y \cos \phi \cos H}{y \sin \phi + l' \cos \phi} \quad (\text{avec la condition } \phi \neq 0) \end{array} \right.$$

D'où par transitivité et par application des calculs sur les rapports égaux, l'égalité suivante, où δ ne figure pas :

$$(l' \sin H - x \cos \phi \cos H)(y \sin \phi + l' \cos \phi) = x \sin \phi (l' \sin \phi \cos H - y \cos \phi \cos H)$$

Après disparition du "terme rectangle" $-xy \sin \phi \cos \phi \cos H$, il reste :

$$x - y \operatorname{tg} H \left(\frac{l'}{\sin \phi} \right) - l' \operatorname{tg} H \cos \phi = 0$$

ce qui est l'équation d'une droite (ou plutôt d'une famille de droites).

Mais si l'on choisit le rapport $l'/l' = \sin \phi$, l'équation paramétrique de ces droites prend une forme particulièrement simple :

$$(\Delta) : \quad x - y \operatorname{tg} H - l' \operatorname{tg} H \cos \phi = 0 \quad (\text{paramètre, } m = \operatorname{tg} H)$$

On voit que ces droites ont pour pente $1/\operatorname{tg} H$, où n'apparaît plus que l'angle horaire du Soleil, c'est à dire l'heure solaire vraie. Cette circonstance facilite grandement leur tracé, qui devient presque immédiat. Nous allons d'ailleurs donner à l'équation des lignes horaires une forme réduite encore plus simple.

c) Equation réduite des droites horaires.

Ecrivons l'équation (Δ) sous la forme suivante :

$$x - \operatorname{tg} H(y + l' \cos \phi) = 0$$

Elle est vérifiée pour tout H , si et seulement si, on a simultanément

$$C \quad (x = 0 \text{ et } y = -l' \cos \phi)$$

Ainsi les droites horaires forment-elles un faisceau de droites concourantes (rappelons la condition du calcul $\phi \neq 0$), ayant C pour sommet.

Il est alors possible et commode d'en rapporter l'équation à un nouveau repère (C, \vec{i}, \vec{j}) déduit du repère initial (O, \vec{i}, \vec{j}) par la translation de vecteur directeur \vec{OC} . Les formules de changement d'axes étant :

$$x = 0 + X \quad \text{et} \quad y = -l' \cos \phi + Y$$

Il en résulte l'équation réduite des droites :

$$(h) : \quad X - Y \operatorname{tg} H = 0 \quad \text{ou} \quad Y = X \operatorname{cotg} H \quad (\text{fig. 3})$$

qui permet de les tracer très simplement. Il est alors évident que les "heures rondes" correspondant à des multiples de 15° pour H sont régulièrement écartées (de 15° en 15°).

5. TRACE DES LIGNES HORAIRES

a) Selon l'usage, on trace les droites qui marquent les heures rondes, les demies, etc, en donnant à l'angle horaire du Soleil ou temps solaire vrai les valeurs $H : 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, \dots$ (post méridien, PM). Pour les heures qui précèdent le midi vrai (local), (ante méridien, AM), on prend pour H les valeurs $-15^\circ, -30^\circ, \dots$ etc que l'on marque ordinairement XI, X, etc

On sait que les astronomes, les navigateurs, etc, mesurent l'angle horaire en heures, selon la convention que $360^\circ = 24$ heures, donc $15^\circ = 1$ heure ; etc... Mais il importe

d'insister sur le fait que H est un angle et non une durée, en dépit du mot ambigu "heure" que lui attribue cette convention. Cependant on peut admettre que H varie linéairement avec le temps, en raison de la quasi-uniformité du mouvement diurne ; si bien que, finalement, le mot "heure" n'est pas inadapté.

Cela dit, le cadran bifilaire donne l'angle horaire du Soleil ou temps solaire vrai, comme la plupart des cadrans ordinaires, par lecture directe. On pourrait, moyennant certains artifices, lui faire donner l'heure légale mais alors les lignes horaires ne seraient plus des droites et le cadran perdrait sa qualité essentielle, c'est à dire la simplicité.

On a déjà remarqué que les lignes rondes se succèdent régulièrement de 15° en 15° et que celles du matin (AM) sont symétriques des heures correspondantes de l'après-midi (PM) par rapport à la méridienne qui porte l'heure de midi (XII). Remarquons aussi que la ligne VI-XVIII est perpendiculaire à la méridienne.

b) Epure du cadran. On donnera au cadre du cadran une ampleur convenable. Pour tracer les droites horaires, il sera commode de subdiviser un cercle de centre C en arcs de 15°, à la règle et au compas (construction classique). Enfin, on ne tracera ces droites que jusqu'aux heures extrêmes, calculées pour le jour le plus long à la latitude ϕ comme on le fait pour les cadrans horizontaux ordinaires.

6. CADRANS BIFILAIRES SPECIAUX

On pourrait envisager un cadran vertical non déclinant, sur le même principe sans faire d'autres calculs que le remplacement de ϕ par $\pi/2 - \phi$ dans ceux que l'on vient de faire. Il faudrait alors prendre $l/l' = \sin(\pi/2 - \phi) = \cos \phi$. Et le centre C du cadran serait défini par C (O, $-\text{lsin}\phi$) sur la verticale descendante. Mais un tel cadran ne bénéficie pas du même ensoleillement que son homologue horizontal.

Pour un cadran vertical déclinant, il faudrait tenir compte de la déclinaison gnomonique. Mais c'est une autre affaire, conduisant à coup sûr à un écheveau de calculs passablement inextricables. Nous ne parlerons pas, non plus, des cas de l'équateur ($\phi=0^\circ$) ou du pôle sans grand intérêt ni véritable originalité.

7. COMPLEMENTS (sur un exemple particulier).

Application de l'algorithme des fractions continuées au calcul du rapport $l/l' = \sin \phi$ et à la détermination du centre du cadran.

Lieu : Nice (Observatoire du Mont Gros)

$$\phi = 43^\circ 44' ; \sin \phi = 0,6 \ 913 \ 028 \ 994$$

a) Algorithme d'Euclide :

$$\begin{aligned} 10 \ 000 \ 000 \ 000 &= 6 \ 913 \ 028 \ 994 \times 1 + 3 \ 086 \ 971 \ 006 \\ 6 \ 913 \ 028 \ 994 &= 3 \ 086 \ 971 \ 006 \times 2 + 793 \ 086 \ 982 \\ 3 \ 086 \ 971 \ 006 &= 739 \ 086 \ 082 \times 4 + 130 \ 623 \ 078 \\ 739 \ 086 \ 982 &= 130 \ 623 \ 078 \times 5 + 85 \ 971 \ 592 \\ 130 \ 623 \ 078 &= 85 \ 971 \ 592 \times 1 + 44 \ 651 \ 486 \\ 85 \ 971 \ 592 &= 44 \ 651 \ 486 \times 1 + 41 \ 320 \ 106 \\ 44 \ 651 \ 486 &= 41 \ 320 \ 106 \times 1 + 3 \ 331 \ 380 \\ 41 \ 320 \ 106 &= 3 \ 331 \ 380 \times 12 + 1 \ 343 \ 546 \end{aligned}$$

b) Tableau des réduites. (Cf Jean Itard, **Arithmétique et théorie des nombres**, Que sais-je ?)

	1	2	4	5	1	1	1	12
0 1...	1	3	13	68	81	149	230	28669	
1 0...	1	2	9	47	56	103	159	19819	
$\alpha = 43^\circ \dots$			48'	43'	44'	43'	44'		
			47"	23"	15"	52"	00"		

D'où les approximations rationnelles irrédicibles pour $\sin \phi$, par excès et par défaut alternativement :

1/1 ; 2/3 ; 9/13 ; 47/68 ; 56/81 ; 103/149 ; 159/230 ; 19819/28669 ; ...

α désigne l'angle dont le sinus a pour valeur la réduite correspondante.

c) Choix des longueurs l et l' : on choisira pour rapport l/l' l'une ou l'autre des réduites.

Par exemple, 159/230 représente, avec toute la précision possible, le sinus de $\alpha=43^{\circ}44'00''$ égal à la minute près, à ϕ . En prenant, par exemple, $l = 159$ mm et $l' = 230$ mm, on trouverait sans peine la position du centre C du cadran, on obtiendrait pour ordonnée de C : $y = -166,18$ mm soit à très peu près -166 mm. Il est inutile de dire que ce luxe de précision ne correspond pas aux possibilités réelles du cadran ; ce n'est qu'un exercice de style qui montre quand même la puissance de ce bel algorithme.

8. ARCS DES SIGNES

a) Généralités : En admettant que la déclinaison δ du Soleil reste constante tout au long d'une journée, on peut se proposer de tracer, sur la table du cadran, la courbe $\Gamma(\delta)$ qu'y décrit le "point d'ombre" M, ce jour-là ; on obtient ainsi ce que l'on nomme parfois un arc de déclinaison. Mais, selon un usage ancien en gnomonique, on n'y représente, en fait, que les courbes nommées encore aujourd'hui arcs des signes, en souvenir d'une époque, hélas nullement révolue, où l'astrologie interférait avec l'astronomie. Ces arcs correspondent à peu près à l'entrée du Soleil dans les signes du Zodiaque et, en particulier aux solstices et aux équinoxes. Pour les arcs des solstices, on prend $\delta = \pm 23^{\circ}26'$ et pour les équinoxes $\delta = 0^{\circ}$; pour les autres arcs, on jumelle les valeurs de la déclinaison en lui donnant $\pm 11^{\circ}29'$ et $\pm 20^{\circ}20'$. Cela fait en tout six arcs proprement dits et une ligne droite, appelée équinoxiale. Cette droite qui correspond à la déclinaison nulle du Soleil, est perpendiculaire à la ligne de midi. Elle porte à sept le nombre des arcs des signes.

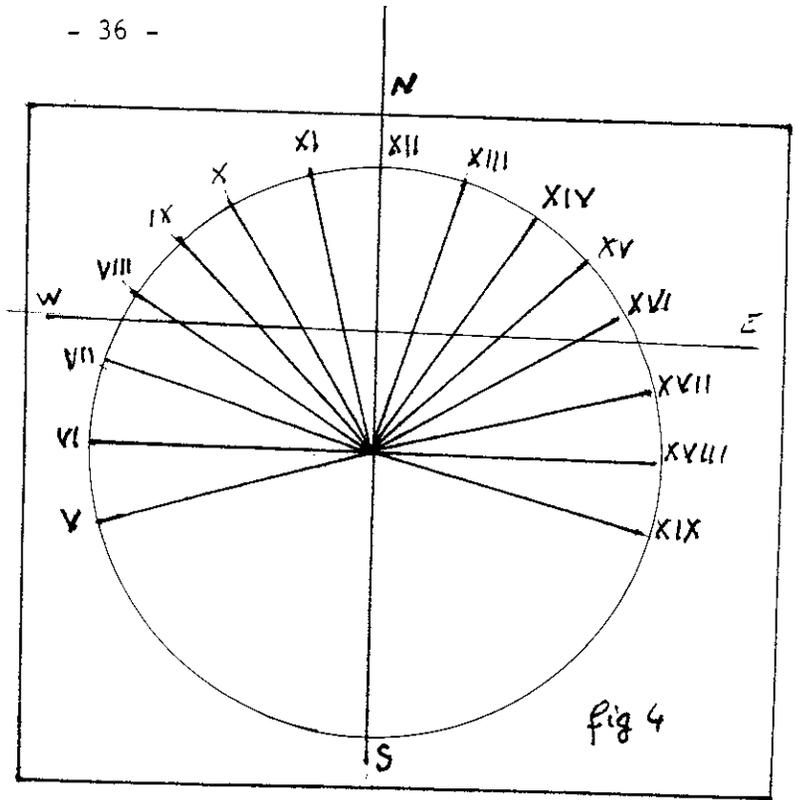
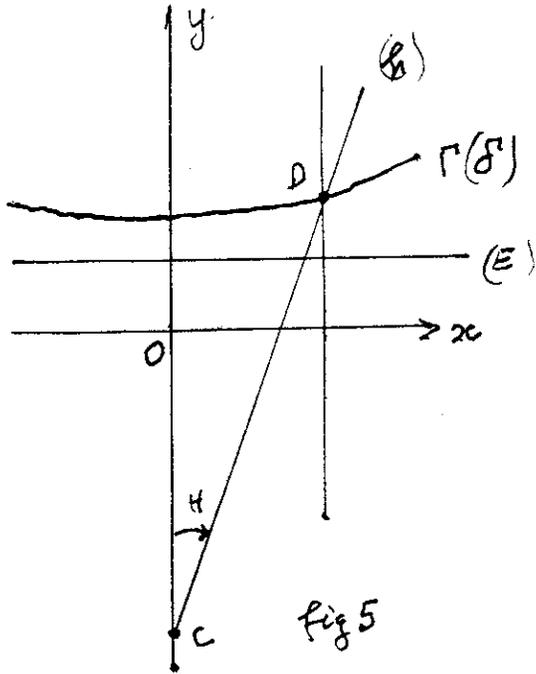
b) Nature des arcs $\Gamma(\delta)$: On pourrait en faire l'étude du point de vue de la géométrie analytique, à partir des coordonnées paramétriques de M, en y faisant varier H, une fois (ϕ, δ, l) fixés. Et l'on verrait que ce sont des arcs de coniques dont le genre dépend de ϕ , sous nos latitudes ce sont des arcs d'hyperboles. Nous nous en tiendrons à l'énoncé de ce résultat global sans entrer dans le détail du calcul et de la discussion.

c) Tracé pratique : Pour tracer les arcs $\Gamma(\delta)$ point par point, on met d'abord en place le faisceau des droites horaires qui convergent au centre C du cadran, comme on l'a vu. Soit (h) l'une de ces droites associée à la valeur H de l'angle horaire. La parallèle à Oy (D), d'abscisse x, coupe (h) en D. Or l'abscisse de D est fonction de δ seulement, une fois fixés (l, ϕ et H), comme cela résulte de l'expression des coordonnées de M dont D n'est qu'un cas particulier. Ainsi, la valeur numérique de l'abscisse de D, pour les valeurs des paramètres en cause (H, ϕ, δ, l') conduit-il à la construction de ce point qui appartient à $\Gamma(\delta)$ (Fig.5)

Equation de l'équinoxiale (E) : $y = l \operatorname{tg} \phi$

(Nice, le 30 avril 1993)

* Michnik H., Theorie einer Bifilarsonnenhur (Astronomische Nachrichten, volume 216, Berlin 1923). Cité par R.J.Rohr, Les Cadran solaires (éd Oberlin, Strasbourg 1986) pp 163 et 164 mais sans développement de la théorie dont l'auteur de cette référence donne cependant la photographie d'un beau spécimen de cadran bifilaire.



Une page de Kepler

La vérité est fille du temps, et je n'ai pas honte de lui servir de sage-femme, pour prouver ainsi que mon jugement sur le fœtus n'était pas vain et pour délivrer les autres de leur inquiétude quant à l'issue de la gestation...

Ainsi donc, au matin du 30 août 1610, j'observai Jupiter entre les nuages, en présence de Benjamin Ursinus, passionné d'astronomie et qui, parce qu'il aime cet art et a décidé de le pratiquer en spécialiste, ne songe nullement à ruiner dès le début par quelque faux témoignage le crédit nécessaire à un futur astronome...

Nous observâmes Jupiter à son lever et nous réussîmes pour la première fois une observation indubitable et très belle des astres Médicées. Nous adoptâmes la méthode suivante : chacun de nous dessinait à la craie sur un mur hors de la vue de l'autre, ce qu'il avait pu observer, ensuite nous allions au même moment regarder chacun le dessin de l'autre, pour chercher s'il y avait accord... Nous sommes sûrs de trois satellites, pour le quatrième, obscur, qui était plus près de Jupiter, nous avons eu des doutes, et Ursinus plus que moi. Nous en avons vu très clairement deux à l'ouest, presque contigus, jusqu'à ce que l'aurore soit bien avancée. Alors pour finir il n'y en avait certainement plus que deux de visibles, et non trois....

Extrait de **Rapport sur ses observations des quatre satellites de Jupiter**
par Johannes Kepler, traduction par Isabelle Pantin (édition Les Belles
Lettres 1993)

Les exposciences

Jeanine Chappelet (Nice)

Certains d'entre vous ont peut-être déjà participé avec des élèves à une exposcience. J'en définirai le concept pour les autres.

C'est avant tout une exposition active où les acteurs sont des jeunes. C'est la mise en valeur de loisirs ou de travaux scolaires scientifiques menés par des jeunes, individuellement ou mieux en petites équipes. Cela tient en même temps d'une foire artisanale, d'une foire-exposition, d'une exposition d'innovations technologiques, d'un Jamborée et d'une joyeuse kermesse à laquelle participent jeunes, adultes responsables et public de tout âge.

Normalement, des jeunes devraient d'abord participer à des exposciences locales au cours desquelles des équipes seraient sélectionnées pour participer à des exposciences régionales puis à une exposcience nationale et, suprême honneur, à une exposcience internationale réunissant tous les deux ans près de mille jeunes originaires de tous les pays. Mais il manque parfois des étapes...

Chacune de ces manifestations demande une organisation de plus en plus complexe selon le niveau, surtout lorsqu'elles s'allongent dans le temps et qu'elles sont l'occasion d'un colloque pédagogique ou scientifique, d'une partie touristique (visite d'installations scientifiques ou historiques de la région), d'une partie festive, de rencontres entre animateurs, de projections de films, etc. C'est donc un collectif d'associations, de personnalités et de services publics, petit groupe au départ qui s'étoffe peu à peu, qui organise, recherche les fonds nécessaires... aidé par le C.I.R.A.S.T.I. pour les exposciences régionales en France, par le M.I.L.S.E.T. (Mouvement international des loisirs scientifiques et techniques) pour les exposciences internationales.

J'ai déjà accompagné ou envoyé des jeunes dans plusieurs de ces expositions internationales et j'ai mesuré l'impact de ces contacts entre des centaines de jeunes, la dynamique et les initiatives qu'elles engendraient, y compris le besoin d'apprendre les langues... A Québec, j'ai vu une jeune Chinoise de seize ans faire comprendre ses découvertes mathématiques à un Niçois de onze ans qui bredouillait à peine quelques mots d'anglais !

Mais je voudrais plus particulièrement parler des exposciences locales. Au départ, elles peuvent être modestes. Pourquoi ne pas profiter, par exemple, de la fête officielle de la science pour prendre l'initiative d'en organiser une, juste un samedi après-midi pour commencer. Des tables de classe vont délimiter des stands, des planches ou des panneaux électoraux serviront de support à des photos, à des graphiques, à des textes très limités (dix lignes au maximum) écrits en gros caractères. La seule exigence, ici, est que chaque stand soit conçu et réalisé par les jeunes eux-mêmes, ce qui n'empêche pas les conseils donnés par les professeurs d'art plastique pour l'esthétique de la présentation, les corrections des fautes de calcul par les professeurs de mathématiques ou même la correction des fautes d'orthographe. Tout doit être expliqué, depuis le choix du sujet, les détails de la réalisation ce que l'exposé scientifique oral devant les maquettes ou les expériences présentées doit compléter.

La mise en place de telles "*Fêtes de la science des jeunes*" ne demande pas un gros supplément de travail, l'important étant de motiver les jeunes, de les encourager à participer. A une équipe qui a fait un bon exposé sur les volcans, sur l'érosion ou sur tout autre thème, lui suggérer de confectionner une maquette pour présenter le sujet à la fête prévue. Toutes les disciplines peuvent être concernées? Cette année, nous avons eu une exposition de dessins sur la décomposition du mouvement dans les différentes étapes d'une partie de rugby et, à côté,

une présentation, après recherches faites en étude des langues, sur la vie et les travaux de Newton, de Galilée et des savants du dix-septième siècle.

L'astronomie tient une très grande place dans les projets choisis par les jeunes. Si l'on en croit les organisateurs des exposciences régionales, les jeunes proposent tellement de stands dans ce domaine qu'ils sont obligés de faire une sélection sévère et d'en éliminer plus de la moitié.

Dans une fête de la science locale, on peut laisser le choix complètement libre aux jeunes ou bien choisir l'astronomie comme thème central. Après avoir fait l'expérience d'une fête de l'astronomie, nous sommes revenus à l'acceptation de toutes les initiatives. Nous acceptons même plusieurs stands sur le même thème ; on les place dans des coins opposés de la cour et chaque équipe sort de la fête enrichie des trouvailles de l'autre. En 1993, nous avions 38 stands sur l'astronomie sur les 56 stands des collégiens.

Pour ouvrir la fête sur l'extérieur, parents, lycéens classiques ou techniques, collectionneurs passionnés sont invités quel que soit leur âge. Cette année, par exemple, un opticien montrait comment se servir d'un télescope ; une maman proposait un stand "*Etes-vous un NEZ ?*" (un des métiers les mieux payés sur la Côte d'Azur), il fallait deviner les noms des plantes enfermées dans 22 sachets odoriférants ; un lycéen de Terminale hôtelière fabriquait du beurre ; une collégienne organaisait des concours avec le "jeu fou des tortues" ou le "jeu de la Comète" qui est une sorte de jeu de l'Oie qui se joue par équipes de trois et les réponses aux questions posées dans les jeux pouvaient toutes se trouver dans les stands ou dans le coin "lecture" organisé par la documentaliste du Collège. Le foyer abritait les dessins, les "robots" et un spectacle de quelques textes de théâtre relatifs à la science avec pour tout décor "cette grande lunette à faire peur aux gens"!

A l'approche de la fête, les initiatives se multiplient, l'ardeur des participants va croissant. Les demandes les plus extraordinaires se formulent comme dans un poème de Prévert : "*Vous n'auriez pas un oeil à nous prêter ? Nous cherchons une fourmi. Auriez vous un poster de Jupiter ? Qui pourrait nous prêter un oscilloscope ?*"

Pendant la fête, ne manquez pas d'écouter les enseignants s'extasier devant les réalisations de leurs élèves. "*Je découvre les élèves sous un tout autre jour que dans la classe habituelle... Je suis étonné par Untel, je ne croyais pas ce gamin capable de faire ce qu'il a présenté à la fête... Formidable, le gamin des dinosaures.*" Il ne faut pas nier que la fête apporte un surcroît de travail et de disponibilité pour la petite équipe qui en a pris la direction mais ce fut une réussite et tous les participants ont envie de recommencer l'année suivante.

Je terminerai en rappelant le visage ébloui de fierté d'une fillette timide dont les yeux pétillent de joie malgré la fatigue. Elle nous dit : "*Au début, j'avais peur, je n'arrivais pas à avaler ma salive, les gens passaient devant mon stand et allaient plus loin, je voulais partir et abandonner mais peu à peu il y avait beaucoup de personnes qui me posaient des questions et je n'arrêtais pas de parler. Qu'est-ce que j'ai soif !*" Merveilleux coup de gomme sur la fatigue des organisateurs.

L'expérience nous a d'ailleurs montré que si la fête s'institutionnalise, elle croît en quantité de participants et aussi en qualité des présentations, surtout si, à la clef, il y a une sélection pour la prochaine exposcience régionale et un compte rendu dans le journal local.

Un conseil pour finir : avant de vous lancer, vous pouvez contacter le collectif régional des exposciences. Il y en a dans toutes les régions, demandez l'adresse qui vous concerne auprès de

C.I.R.A.S.T.I.
Cité des Sciences et de l'Industrie
75930 PARIS CEDEX 19
tél 40 05 79 14 télécopie 40 05 79 21

Chronique du CLEA – Courrier des lecteurs

Errata – Dans le Cahier 64, hiver 1993–94 :

* page 17, lire longitudes héliocentriques (et non géocentriques) ; d'autre part compléter les données, longitude héliocentrique de la Terre au 1er janvier 1994 : 100,3° ; celle de Mars : 278,2°

* page 19, à la septième ligne à partir du bas, lire : "fin octobre, le soir; ensuite croissant le matin."

Rosa Maria Ross dont nous nous rappelons la passionnante intervention à notre assemblée générale de Marseille (novembre 1991, cf Cahier 56, p.10 et 28) nous écrit qu'elle a parlé du CLEA à Alicante lors d'une réunion sur l'enseignement de l'astronomie en Espagne. Avec des membres de la Sociedad Española de Astronomía (SEA), elle envisage la création d'une association semblable au CLEA. Bon courage à Rosa Maria et tous nos vœux à nos Collègues espagnols. Dans dix ans, peut-être moins, il faudra penser à l'Internationale des CLEA.

Roland Szostak nous a écrit son regret de ne pouvoir se joindre à nous pour l'assemblée de La Rochelle, le voyage depuis Münster lui aurait pris trop de temps. Il prépare une activité sur la mesure à 1% près de l'excentricité de l'orbite terrestre et il espère bien pouvoir la présenter lors de la prochaine université d'été.

Boriana Pontcheva, Présidente de l'Association Astronomique de Sofia, en envoyant ses vœux au CLEA, nous annonce la création de la première association astronomique de Bulgarie et la prochaine édition de sa revue. Nos félicitations à notre Collègue et nos vœux pour elle-même et tous ses collaborateurs.

Jacques Vialle (La Rochelle) a trouvé dans la revue américaine **Astronomy** (22, 123, January 1994) une annonce concernant un certain CLEA. Mais il ne s'agit pas de nous ; en la circonstance, ce sigle signifie Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy qui dépend du Department of Physics, Gettysburg College, Gettysburg, PA 17 325, USA. Il s'agit concrètement d'un certain nombre de logiciels pour l'enseignement de l'astronomie. Jacques va essayer de se les procurer et il nous en parlera ensuite.

Nouvelle année – C'est l'époque du renouvellement des abonnements et des cotisations. beaucoup de Collègues en profitent pour commander les publications du CLEA qui leur manquent et certains ajoutent même des propos sympathiques d'encouragement. Ainsi Annie Datry (Eybens, Isère) écrit :
"Je profite de mon réabonnement pour remercier le CLEA pour tout ce qu'il m'a apporté... J'ai quatre groupes d'option science expérimentale en Première et, grâce à ce que j'ai appris aux Universités d'été en particulier, je me suis sentie parfaitement à l'aise. Tout s'est parfaitement bien passé avec les élèves et le temps passe trop vite pour tout faire et répondre aux questions."

Comment les responsables du CLEA et des Universités d'été ne jubileraient-ils pas à recevoir de tels encouragements. Mais attention, ne les laissez pas s'endormir dans l'autosatisfaction. Soumettez-leur vos projets ou vos besoins, et critiquez leurs insuffisances.

Des stages... De bonnes nouvelles des stages qui s'organisent dans beaucoup de régions, en Côte d'Armor avec André Simon, à l'IREM d'Orléans avec Eric Varanne, dans l'académie de Nancy avec Bernadette Durieux, dans celle de Lille avec Denise Wacheux, ... Il y en a sûrement d'autres que nous ignorons. Bon courage à tous. Le secrétariat apprécie l'efficacité des stages à leur effet sur les commandes de matériel. Il a fallu refaire un tirage de D5, la "rétrogradation de Mars" se porte beaucoup cet hiver comme disent les choniques mondaines mais les "taches solaires" pourraient bien les imiter au printemps...

Sur l'astrologie – D'une lettre de Paul Perbost (Nice) cette pertinente remarque : *" Sur le cerle polaire proprement dit, $\phi = 66^{\circ} 33'$, lorsque le temps sidéral vaut 18 heures, l'écliptique se confond avec l'horizon ; d'où il résulte que, dans ces conditions extrêmes l'ascendant est partout et nulle part à la fois. Les gens nés sous de tels cioux seraient-ils les SDF de l'horoscope ?"*

Jean Fort (Paris) s'indigne que dans l'almanach du facteur, une page soit consacrée à l'astrologie sous le titre "Pour mieux se connaître, connaître son ascendant". Jean s'indigne, il a raison, il est absolument scandaleux qu'une administration publique comme celle des Postes favorise ainsi la diffusion dans la vaste clientèle des facteurs des idées fausses et soit du même coup indirectement complice du mauvais commerce des horoscopes. Nous tenterons d'extérioriser au mieux notre indignation auprès des autorités de l'administration des Postes. Mais sans attendre, à nous dans nos classes de dénoncer cette mode stupide qui a pour unique but de pervertir la mentalité publique et de favoriser les gains de ce bas commerce.

Notre Collègue Jocelyne Durand qui habite la Seine Maritime nous écrit : "*Lu dans le métro, ce week-end je vous donne vos horoscopes sur minitel 3615 CLEA. Qu'en pensez-vous ? Personnellement, j'ai bien ri.*" Tu as raison, chère Jocelyne, nous connaissant, de le prendre de cette façon. Mais tu sais, pour les amis du CLEA, le vrai où A = Astronomes, quand ils lisent cette pub dans le métro, ils rient jaune.

Congrès de l'APLF les 6, 7 et 8 mai 1994 à Poitiers sur le thème Planétariums, Education et Pédagogie.

Parmi les nouveaux planétariums, nous avons le plaisir de signaler le développement du Planétarium de la Drôme provençale (Le Val d'Oule, 26470 La Motte Chalançon). Dans sa nouvelle organisation, il présente un local de 200 m² avec un planétarium fixe, deux salles d'ateliers équipés d'outils pédagogiques, une bibliothèque et vidéothèque, une salle informatique sans oublier l'ensemble itinérant.

Les futurs astronomes de l'Europe – Dans le cadre de la Semaine européenne de la Culture scientifique, l'Observatoire européen austral (ESO) a organisé un concours relayé dans dix-huit pays. Le jury a sélectionné 32 dossiers et rangé les neuf premiers. Le lauréat, Nicolas Leterrier (de Omonville la Rogue, dans la Manche) a bénéficié d'un séjour de quinze jours sur le site de La Silla (Chili) après une courte initiation à Garsching au siège de l'ESO.

Réformer l'enseignement scientifique : histoire et problèmes actuels – Sous ce titre, un colloque a réuni environ cent cinquante participants à l'INRP (29 rue d'Ulm, 75005 Paris) les 17, 18 et 19 janvier. En fait les questions soulevées n'ont concerné que l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques. En arrière plan ont été évoquées les réformes de 1902 et, pour les périodes plus récentes, les réformes issues des commissions Lichnérowicz et Lagarrigue.

L'évolution des idées et des conditions sociales et matérielles de l'enseignement ayant entraîné l'échec des réformes engagées par les susdites commissions, dans chaque cas pour des raisons particulières à chaque discipline, on a inévitablement tendance à grossir les défauts de chacune des réformes. Alors qu'il y a eu, dans un cas comme dans l'autre, des travaux réalisés dont le fruit n'est pas épuisé.

L'exposé de Nicole Hulin, "D'une réforme à l'autre, permanences et décalages" dressait un parallèle fort instructif entre réforme de 1902 et réforme Lagarrigue en physique. Ce que faisait également Rudolf Bkouche pour l'enseignement de la géométrie de 1902 à Lichnérowicz 1970 en passant par les travaux de Piaget. Je vous livre une remarque que j'ai notée sans préciser qui l'a faite : "*Dans l'esprit de l'élève, la construction de la rationalité est irrationnelle*".

Sans doute parce que j'avais été personnellement trop impliqué dans la réforme dite des maths modernes, j'ai été plus intéressé, au cours du colloque, par les communications relatives à l'enseignement de la physique. L'exposé de Françoise Balibar sur les idées de Paul Langevin en faveur d'un enseignement vraiment culturel de la physique m'a paru correspondre exactement avec ce que nous cherchons à construire dans un enseignement d'initiation en astronomie. A partir de la constatation : "l'irraisonnable efficacité des mathématiques en physique", s'interroger, demandait Langevin sur la possibilité d'enseigner une physique qualitative pour tous. En tout cas, ne pas étouffer l'apport culturel sous un formalisme inévitablement imprégné de mathématiques.

Les organisateurs ont promis l'édition d'un compte rendu détaillé du colloque qui sera certainement plus instructif que ces notes succinctes et trop partielles. Un regret : que l'enseignement de la biologie, de l'astronomie et des sciences de la Terre n'ait pas été évoqué. Une réflexion plus générale sur les enseignements scientifiques est souhaitable.

G.W.

Les publications du C.L.E.A.

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

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

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

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

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

- HS1. L'astronomie à l'école élémentaire (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)
HS2. La Lune, niveau 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)

DOCUMENTS POUR LES FICHES CLEA-BELIN

- DCB. 10 exemplaires 40F (35F pour les abonnés) : 20 exemplaires 65F (60F pour les abonnés), port compris. Adresser les commandes pour DCB à Jean Ripert, les Combels Labéraudie, Pradines, 46090 CAHORS (avec chèque à l'ordre du CLEA)

TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

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

DIAPPOSITIVES (séries de 20 vues + livret de commentaires)

- D1. Les phénomènes lumineux (60F-65F) (50F-55F pour les abonnés)
D2. Les phases de la Lune (60F-65F) (50F-55F pour les abonnés)
D3. Les astres se lèvent aussi (60F-65F) (50F-55F pour les abonnés)
D4. Initiation aux constellations (60F-65F) (50F-55F pour les abonnés)
D5. Rétrogradation de Mars (60F-65F) (50F-55F pour les abonnés)
D6. Une expérience pour illustrer les saisons (série de 8 vues, 30F-35F)
D7. Taches solaires et rotation du Soleil (60F-65F) (50F-55F pour les abonnés)

FILTRES COLORES ET RESEAUX

- FCR. 6 feuilles de filtres et 1 feuille de réseaux 65F (55F pour les abonnés) port compris.

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

LES COMPTES RENDUS DES UNIVERSITES D'ETE : Grasse 1983 (58F-66F) ; Formiguères 1984(65F-75F) ; Formiguères 1985 ou 1986 (100F-110F); Gap 1990 (100F-110F)

Pour chaque publication, le deuxième prix est celui qui comprend les frais d'expédition et concerne donc les commandes par la poste. Chèques à l'ordre du CLEA envoyés au secrétaire. C.Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST CLOUD

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

CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 1994 :

Cotisation simple au CLEA pour 1994	25 F
Abonnement simple aux Cahiers n° 65 à 68	100 F
Abonnement aux Cahiers n° 65 à 68 ET cotisation au CLEA pour 1994	120 F
Contribution de soutien au CLEA (par an)	30 F
Le numéro des Cahiers (port compris)	35 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° 64 (890 F - 970 F)

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

C90. C91. C92. C93. Collection 1990 ou 1991 ou 1992 ou 1993 (chaque 90 F - 100 F)

N-B Comme pour toutes les publications autres que les abonnements, le deuxième prix indiqué 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.

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

SCPS1. Le système solaire, 10 cartes postales en couleurs (30 F)

SCPS2. "Les merveilles de l'Univers", 10 cartes postales en couleurs présentant quelques-uns des plus beaux objets célestes (30 F)

LS0. Catalogue des étoiles les plus brillantes, toutes les données disponibles au Centre des Données Stellaires de l'Observatoire de Strasbourg concernant 2000 étoiles visibles à l'oeil nu (75 F)

Vos commandes sont à adresser au Service librairie, Planétarium de Strasbourg,

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