

les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 70 - ETE 1995

ISSN 0758-234 X

Le CLEA – Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

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

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

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

Bureau du CLEA pour 1995

Présidents d'honneur

Jean-Claude PECKER

Evry SCHATZMAN

Présidente

Lucienne GOUGUENHEIM

Vice-Présidents

Agnès ACKER

Marie-France DUVAL

Hubert GIE

Jean RIPERT

Jacques VIALLE

Secrétaires-trésoriers

Catherine VIGNON

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

Été 1995

	page
Mars...sur orbite - Deuxième acte.....	2
SETI et la bioastronomie (III).....	10
Zététique et influence de la Lune.....	17
Astronomie et histoire des sciences	18
Kepler, Newton... et Mercure	21
Astroqueyras	28
Lectures pour la Marquise et pour ses Amis	30
Le dialogue Enseignants-Astronomes est perfectible.....	35
Un compas à ellipses...?.....	37
Courrier des lecteurs	40

EDITORIAL

Le secrétaire reçoit toujours avec beaucoup de plaisir le courrier que vous lui adressez, et il en rend fidèlement compte dans la rubrique correspondante. Son plaisir est encore plus grand quand ce courrier contient un projet d'article ! Les impératifs de la mise en page nous conduisent, lors du bouclage de chaque numéro, à effectuer des choix, qui s'efforcent aussi de respecter l'équilibre des divers types de rubriques et à repousser parfois certains projets au numéro suivant.

Nous continuons ici le feuilleton "Mars sur orbite" (Francis vient de nous promettre un troisième épisode) et terminons celui sur SETI. Nous sommes heureux de publier plusieurs expériences pédagogiques nouvelles. Guy Boistel présente son enseignement d'Astronomie et histoire des sciences en classe de 1^{er}L et 1^{er}ES. Jean-Paul Rosenstiehl propose un travail pratique sur l'orbite de Mercure et les lois de Kepler, adapté au programme de Terminale scientifique. Enfin, Jean-Louis Colas présente son "Compas à ellipses". Merci encore à Roger Roussel, qui décrit les activités de l'association Astroqueyras et les possibilités offertes de formation à l'observation astronomique.

Petit à petit l'Association Européenne pour l'Education en Astronomie se met en place. Le Conseil provisoire, qui s'est réuni en mai à Garching, a finalisé les projets de statuts. On envisage que chaque pays ait un représentant national et peut-être aussi un petit comité chargé de la diffusion de l'information. La première "Newsletter" de l'association est sous presse : il sera intéressant pour les Cahiers d'envisager des échanges d'articles. Les anglicistes seront donc les bienvenus au sein du comité national français ! La conférence constitutive de AEEA aura lieu en novembre prochain, à Athènes ; la date choisie correspond à celle de la semaine européenne de la science, ce qui permet d'espérer un financement du Conseil de l'Europe. Le trésorier nous demande de ne pas lancer de campagne d'adhésions avant cette conférence où seront fixées les modalités d'adhésion et surtout de collecte des cotisations : c'est le représentant national qui en aura la charge, de telle sorte que le transfert puisse se faire globalement pour éviter de devoir payer trop de taxes (en attendant la monnaie unique ...).

Bonnes vacances à tous!

La Rédaction

Mars ... sur orbite - Deuxième acte (séance de 3 heures)

par Francis Berthomieu - Lycée Jean Moulin - Place de la Paix - 83300 Draguignan

Note de la Rédaction: Nous rappelons aux lecteurs intéressés que les différents logiciels dont il est fait mention ici ("Copernic", "Kepler",...) font parti d'un ensemble intitulé INFOLABO, réalisé par l'auteur. On peut obtenir auprès de lui une disquette de démonstration, sur simple demande.

Les élèves sont accueillis dans la salle informatique du Lycée. Les ordinateurs sont équipés d'un logiciel de traitement de données expérimentales, bien connu des professeurs de sciences physiques (REGRESSI).

Activité 1.

Un fichier de données est déjà en place: il contient les coordonnées de la planète Mars relevées par les élèves lors de la séance antérieure, assorties de quelques calculs que REGRESSI a bien voulu fournir en quelques fractions de seconde, et que les élèves admettent sans difficultés...

Ils ont sous les yeux, un tableau des données suivantes:

date, ascension droite de Mars, déclinaison de Mars, ascension droite corrigée (on a ajouté 360° lorsque Mars a effectué un nouveau "tour du ciel"), mais aussi longitude écliptique géocentrique et latitude écliptique géocentrique...

Le logiciel permet de tracer à la demande n'importe laquelle des courbes donnant l'un des paramètres connus en fonction d'un autre. On peut ainsi laisser naviguer "à vue" des élèves souvent bien plus familiarisés que nous à l'utilisation d'un ordinateur et d'un tel logiciel. Un bon nombre de tentatives seront sans intérêt, mais une bonne canalisation des initiatives mènera inévitablement aux graphes les plus intéressants:

Le graphe n°1 fait apparaître en abscisse l'ascension droite (convertie en degrés) de Mars et en ordonnée sa déclinaison, pour la période allant de 1990 à 1993... On y voit se superposer les boucles étudiées dans le premier acte... Leur forme est inversée, par rapport aux tracés manuels, mais une utilisation rapide du "parapluie astronomique" (On peut s'en procurer un à la Cité des Sciences de la Villette ou le fabriquer selon les recettes du C.L.E.A.), ou d'une carte du ciel, permet de comprendre que si l'on parcourt l'équateur céleste dans le sens direct, on se dirige bien sûr... de droite à gauche alors que notre axe est gradué de gauche à droite...

Un coup de zoom sur les zones intéressantes (graphe n°2) est alors effectué, pour mieux convaincre les sceptiques:

L'utilisation de l'ascension droite "corrigée", c'est à dire augmentée de 360° après le premier "tour du ciel", permet de séparer les deux boucles: Une allure globale vaguement "sinusoïdale" est alors généralement proposée, et la recherche (presque instantanée avec REGRESSI) du modèle sinusoïdal le plus proche des points "expérimentaux" mène à une "amplitude" tellement proche de 23° qu'il y a souvent un élève suffisamment au fait de la géographie pour se souvenir que c'est un angle fort proche de celui dont le plan équatorial terrestre est incliné par rapport au plan de l'écliptique... Quelques explications permettent, saladier de plastique transparent et stylo feutre en main, de faire comprendre ce que sont l'équateur céleste et l'écliptique, et de les visualiser en les traçant... puis en les repérant sur le parapluie astronomique!

On peut aussi retrouver l'écliptique sur les cartes de la zone du Taureau et celle des Gémeaux, et s'interroger sur son aspect rigoureusement... rectiligne! Coiffés du saladier, les élèves comprennent très facilement qu'un grand cercle, tracé sur une sphère, et observé depuis son centre, apparaît nécessairement à l'observateur comme... une droite!

Le calcul qui a permis de passer des coordonnées équatoriales aux coordonnées écliptiques n'est pas développé: On peut se contenter d'expliquer qu'une rotation de $23,5^\circ$ de la sphère des étoiles autour d'un grand axe dirigé vers le point vernal permettrait d'amener l'écliptique là où se trouvait auparavant l'équateur... Ce changement de référentiel provoque bien entendu un changement des coordonnées des étoiles ou de Mars: l'ascension droite des coordonnées équatoriales se voit remplacée par la longitude écliptique; la déclinaison équatoriale cède la vedette à la latitude écliptique (écart angulaire, mesuré sur un méridien, entre l'étoile et l'écliptique... c'est en dire en simplifiant, sa "distance" à l'écliptique)... Le changement de coordonnées est confié au logiciel...

Le graphe n°3 représente ainsi le mouvement de Mars en coordonnées écliptiques:

Attention, l'abscisse évolue de -100° à -500° alors que l'ordonnée évolue, pour la période étudiée entre -2° et $+4^\circ$.

Autant dire que Mars se déplace SUR l'écliptique, en ne s'en écartant que fort peu...

Un nouveau graphique intéressant est alors instantanément disponible: celui qui donne l'écart de Mars avec l'écliptique... au cours du temps, mesuré en jours: graphe n°4.

Il est alors possible de mesurer à l'aide d'un curseur, et directement sur le graphe, la "périodicité" du passage de Mars sur le plan de l'écliptique, en allant dans un sens (montant par exemple, ou descendant si l'on préfère...). Si l'on est convaincu que le mouvement de Mars est périodique, et sa trajectoire immuable, il est raisonnable de penser que le temps séparant deux tels événements est sa "vraie" période (période sidérale). Les mesures en donnent un bon ordre de grandeur de T_M : on trouve entre 680 et 690 jours.

Un dernier calcul du logiciel permet de dériver la longitude écliptique géocentrique de Mars par rapport au temps: nous dirons, avec des élèves de première, que l'on calcule la vitesse angulaire apparente de Mars le long de la ligne écliptique...

Le graphe n°5 donne cette vitesse angulaire au cours du temps.

On y distingue bien les vitesses négatives correspondant aux "rétrogradations" étudiées, et l'on peut dater les instants où cette vitesse négative est la plus grande (en valeur absolue): on peut alors faire réfléchir les élèves à la signification de cet extremum: c'est l'instant précis de l'opposition. Une analogie quotidiennement vécue par les élèves est un bon support: la vitesse angulaire apparente du véhicule que l'on dépasse sur l'autoroute semble négative et maximale lorsqu'on atteint sa hauteur, c'est à dire lorsqu'on en est le plus proche... C'est ici exactement le même phénomène.

La mesure au curseur fait apparaître un écart temporel de 780 jours (appelé par les spécialistes période synodique de Mars).

Le petit calcul classique permettant de relier période héliocentriques de la Terre ($T_T = 365,25$ jours) et de Mars (T_M) à la période synodique de Mars ($T_S = 780$ jours) peut alors être vérifié. Il fait appel aux connaissances acquises en étudiant la stroboscopie et s'exprime par la relation:

$$\frac{1}{T_M} = \frac{1}{T_T} - \frac{1}{T_S}$$

On en tire $T_M = 687$ jours...

Nous avons obtenu ainsi les données nécessaires à la construction de l'orbite de Mars par la méthode de KEPLER. Chacun comprend aisément que Mars se trouve au même endroit de son orbite tous les 687 jours, mais que le point de vue du Terrien que nous sommes n'est pas le même: la Terre, elle, n'est pas au même endroit de son orbite au bout de 687 jours... Mars nous semble alors disposée différemment sur le fond du ciel supposé immuable...

Activité 2.

On peut alors fournir un tableau des longitudes HELIOCENTRIQUES de la Terre et des longitude GEOCENTRIQUES de Mars et construire à partir de quelques couples de mesures (dates séparées par 687 jours) quelques points de la trajectoire de Mars.

Nos élèves n'étant pas toujours extrêmement doués pour les constructions géométriques "à main levée", et l'usage du rapporteur étant chaque jour plus problématique, on s'expose cependant à des résultats aussi aléatoires que peu significatifs.

Il m'a paru plus convaincant et plus ludique d'écrire un logiciel qui permet d'effectuer avec précision ces constructions: KEPLER.

Un "longitudomètre" permet de placer la Terre convenablement sur son orbite, puis de viser, toujours en longitude, et avec une importante précision dans la mesure de l'angle visualisé sur l'écran, la direction de la planète Mars à la même date t . Les mêmes constructions pour l'instant $t + 687j$ permettent le positionnement d'un point de l'orbite. En répétant au moins trois fois cette manoeuvre (il faut environ 5 minutes à un manipulateur non expérimenté et nul ne rechignera s'il doit traiter quatre ou cinq couples de mesures), on est capable, grâce au "traceur de cercles circonscrits", et en pointant successivement à l'aide du curseur de la souris, trois des points obtenus, de tracer une trajectoire circulaire et d'en découvrir le centre, séparé de façon significative du centre de l'orbite terrestre... La discussion sur l'ellipticité des orbites est alors ouverte...

Nota:

Si l'on fait effectuer ces constructions avec des données contemporaines puis avec celles dont disposait KEPLER, on découvre, assez facilement que l'orbite de Mars a tourné par rapport au point vernal... à moins que ce ne soit le point vernal qui se soit déplacé par rapport à notre système solaire... et ce, en 400 ans environ... Porte ouverte, avec des élèves enthousiastes et motivés à une étude qualitative, voire même quantitative (?) de la précession des équinoxes...

Une deuxième heure s'est donc écoulée...

Activité 3

Il faut maintenant rassurer les curieux: Pourquoi Mars s'écarte-t-elle de la ligne écliptique, au cours de son mouvement.

Les livres disent que c'est à cause de l'inclinaison du plan de sa trajectoire par rapport au plan de l'écliptique...

Le document 3 permet de construire "en relief" la maquette du système Terre-Mars-Constellations...

Le rectangle portant l'inscription "orbite de la Terre" doit être assemblé de façon à former un petit cylindre, qui s'adapte parfaitement au tracé de l'orbite de la Terre par la méthode de Kepler: le bord circulaire supérieur du cylindre matérialise l'orbite de la Terre, et le plan de l'écliptique.

Le découpage de la figure comportant l'inscription "orbite de Mars", puis son assemblage en cylindre, permet de matérialiser une orbite "inclivée" par rapport à celle de la Terre.

Le parapluie astronomique peut alors coiffer le tout, de façon à ce que le point gamma soit correctement situé...

On peut alors retrouver sans difficulté l'orientation correcte de l'inclinaison de la trajectoire de Mars, pour que les observations effectuées sur les diapositives soient correctement expliquées... On situe alors correctement le "noeud ascendant" de l'orbite de Mars...

DOCUMENT: Quelques chiffres sur le mouvement de la planète MARS

années 1585 à 1593	écart j	longitude écliptique géocentrique du Soleil		long. hél. de Terre	longitude écliptique géocentrique de Mars			
		°	'	° déc	°	'	° déc	
2/17/85	687	339	23	339.4	159.4	135	12	135.2
1/5/87		295	21	295.4	115.4	182	8	182.1
9/19/91	687	185	47	185.8	5.8	284	18	284.3
8/6/93		143	26	143.4	323.4	346	56	346.9
12/7/93	687	265	53	265.9	85.9	3	4	3.1
10/25/95		221	42	221.7	41.7	49	42	49.7
3/28/87	687	16	50	16.8	196.8	168	12	168.2
2/12/89		333	42	333.7	153.7	218	48	218.8
3/10/85	687	359	41	359.7	179.7	131	48	131.8
1/26/87		316	6	316.1	126.1	184	42	184.7

document 1

dates des photos	jours	Longitude écliptique héliocentrique de la Terre et de Mars		Vitesses angulaires Terre Mars (degrés par jour)				
		°	'	° déc.	° déc.	°	'	° déc.
9/15/90	0	-8.1						23.5
9/25/90	10	1.7				0.980		29.5
10/9/90	24	15.4				0.979		37.6
10/21/90	36	27.3				0.992		44.5
11/7/90	53	44.3				1.000		54.0
11/27/90	73	64.5				1.010		64.9
12/14/90	90	81.7				1.012		73.8
1/1/91	108	100.1				1.022		83.0
1/15/91	122	114.3				1.014		89.9
1/29/91	136	128.6				1.021		96.7
2/17/91	155	147.8				1.011		105.8
3/3/91	169	161.9				1.007		112.3
3/13/91	179	171.9				1.000		116.9
3/30/91	196	188.8				0.994		124.6
4/5/91	202	194.7				0.983		127.3
6/22/91	280	270.1				0.967		161.6

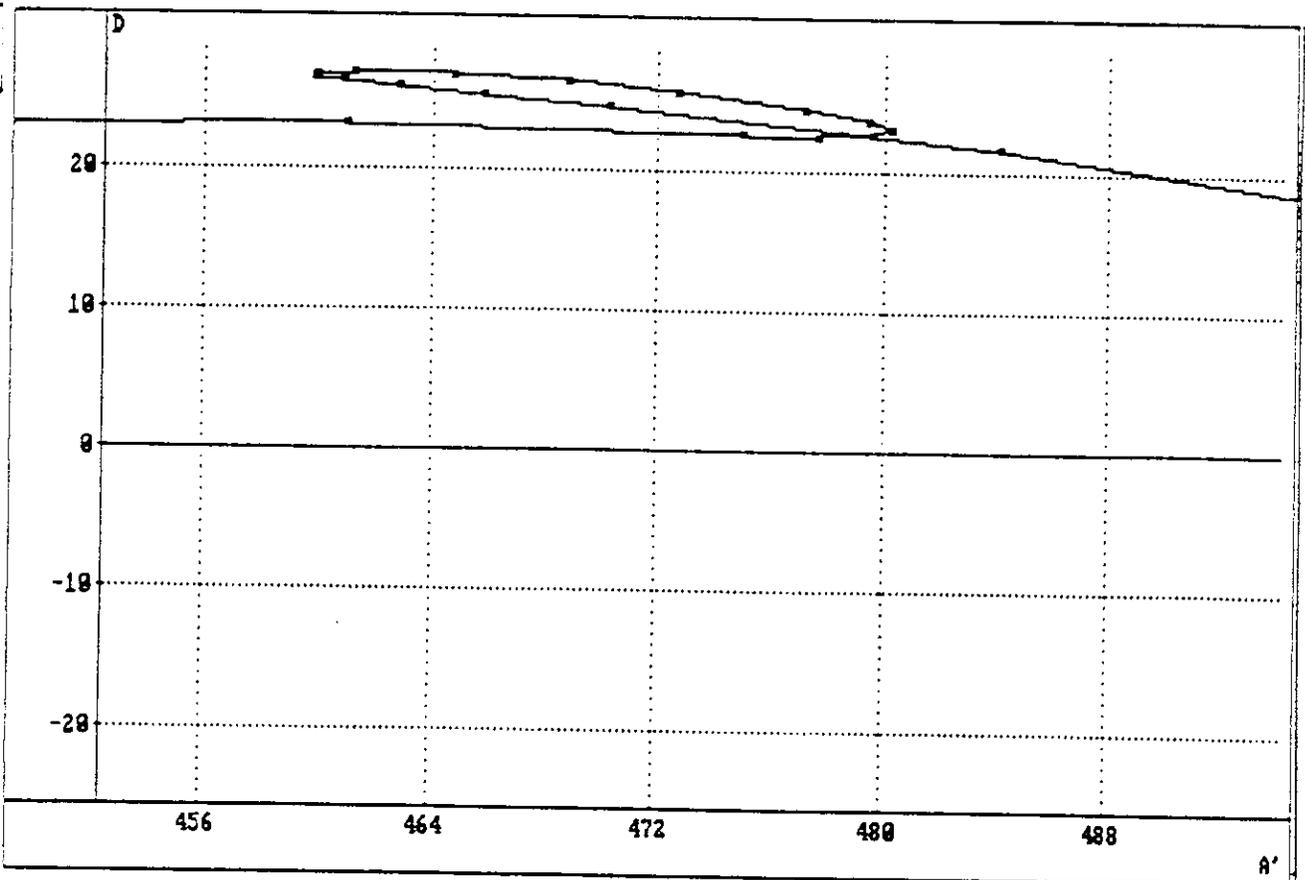
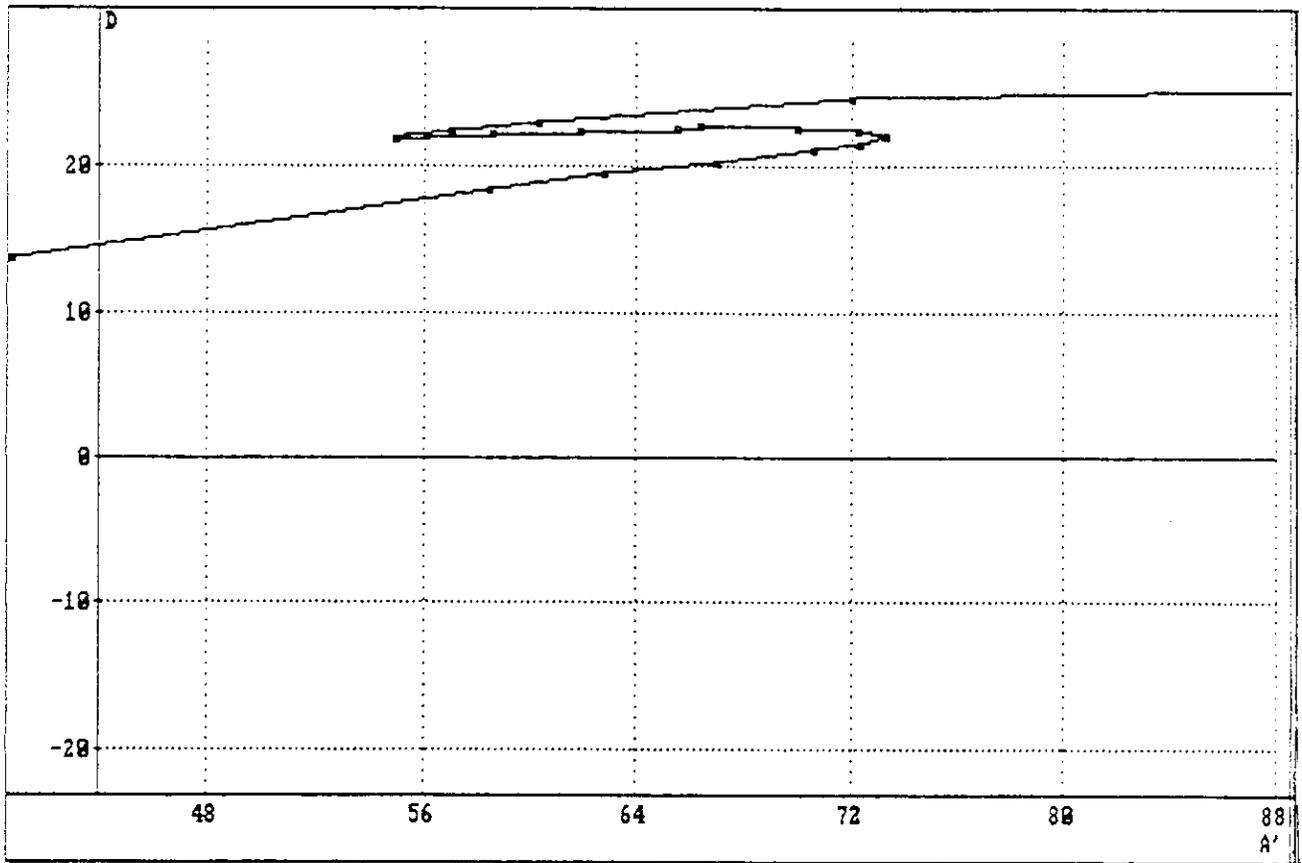
document 2

Les zones encadrées peuvent être remplies par les élèves... ou par un ordinateur muni d'un tableur... À chacun ses goûts!



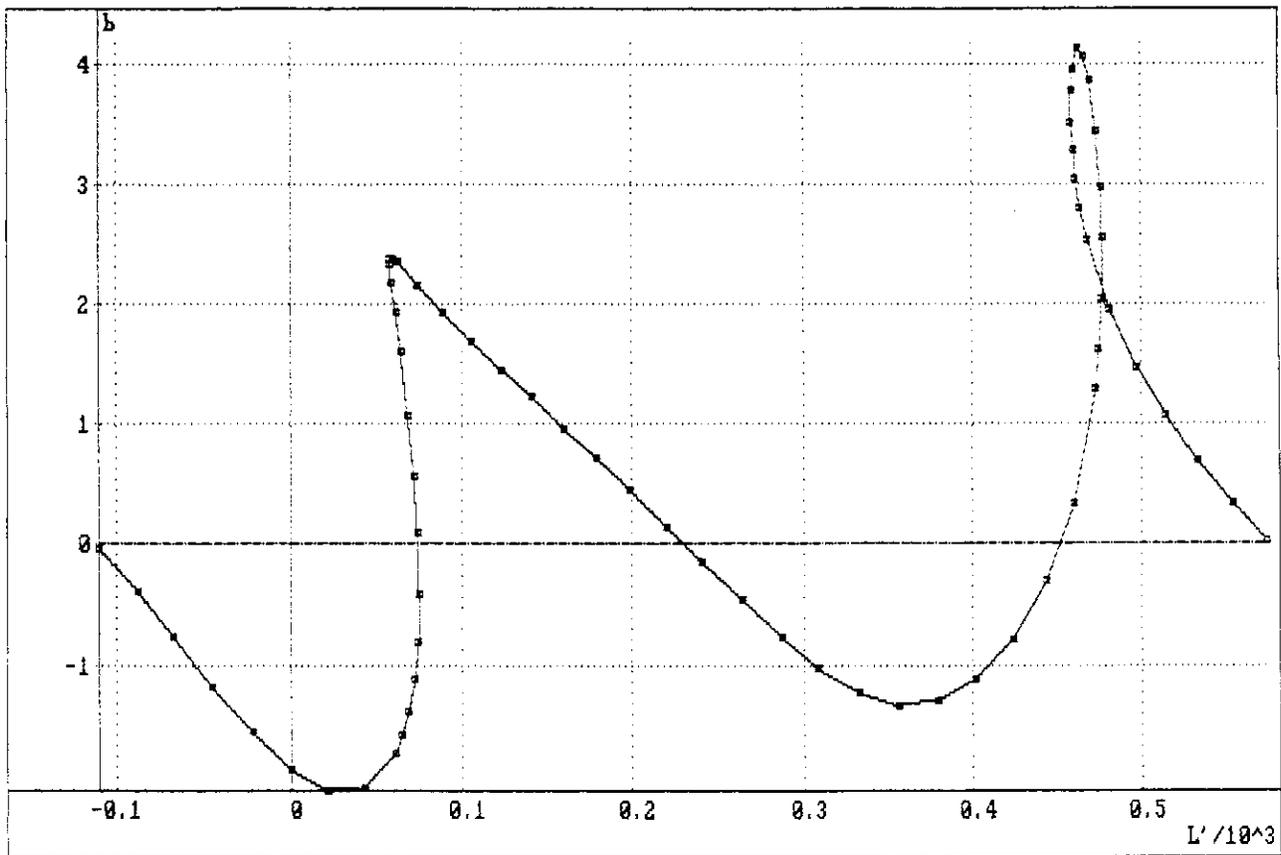
DOCUMENT: PLANETES... Astres errants!

Graphes N°2

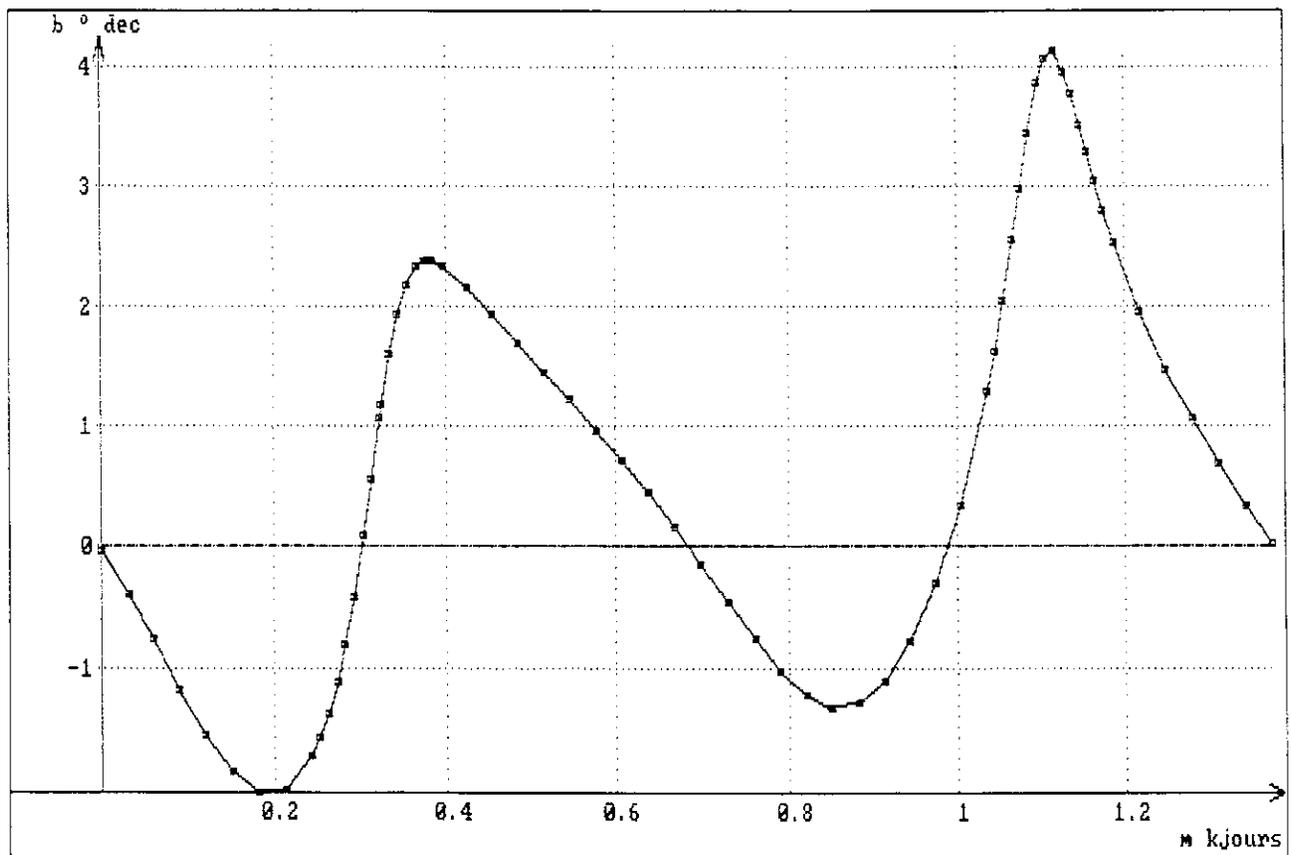


DOCUMENT : PLANETES... Astres errants!

③

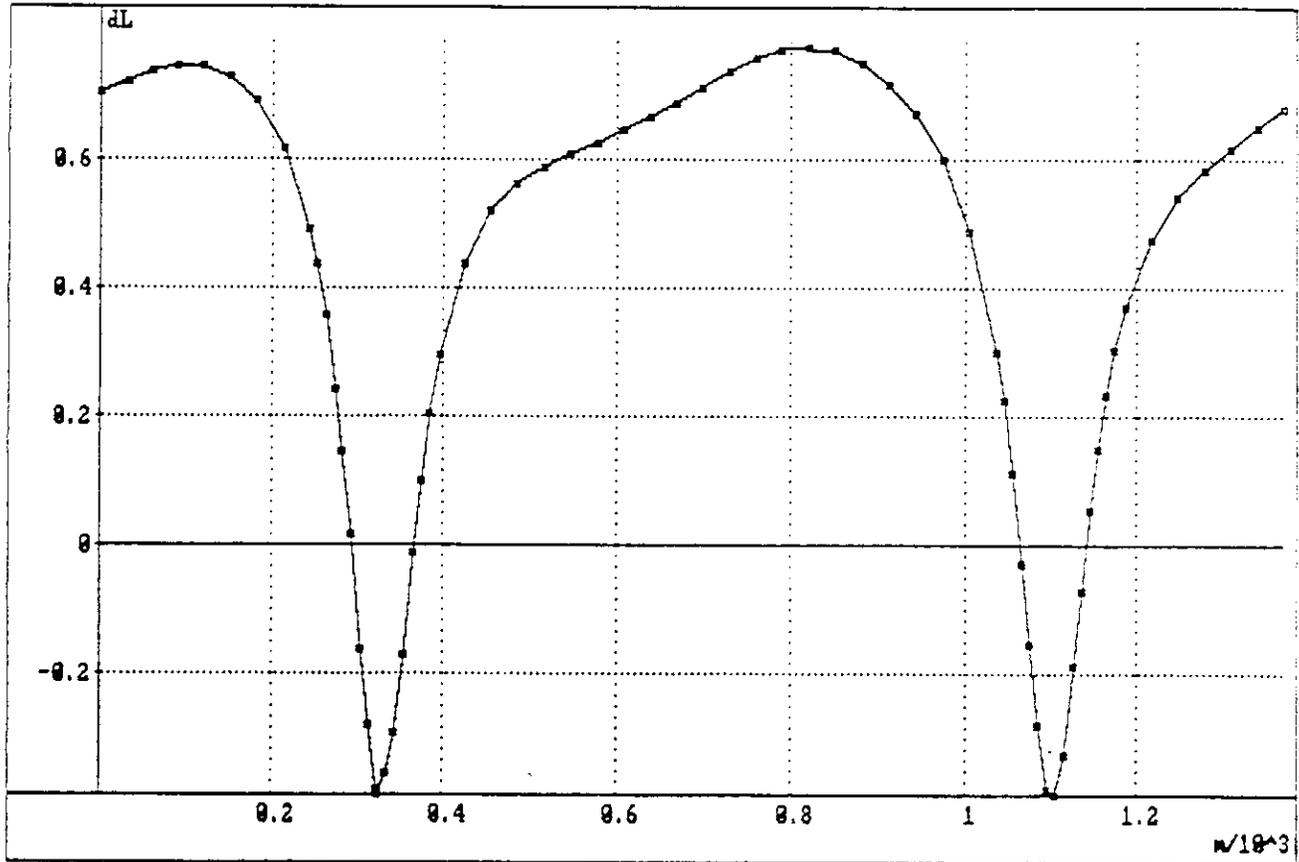


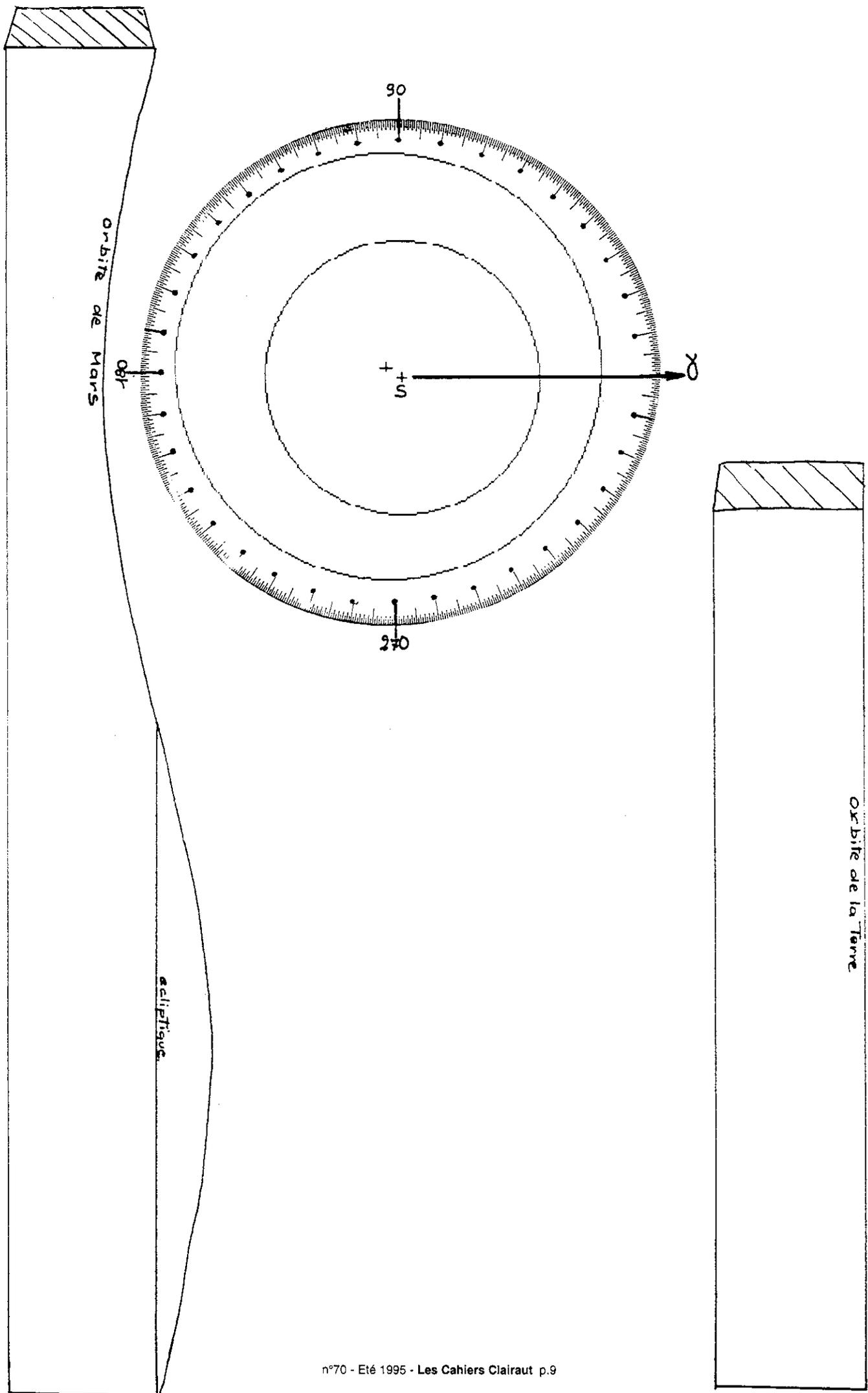
④



DOCUMENT : PLANETES... Astres errants!

5





SETI ET LA BIOASTRONOMIE (III)

Jean Heidmann - Observatoire de Paris

Nous présentons ici et pour la troisième et dernière fois quelques extraits remis à jour ponctuellement du manuscrit original du livre de Jean Heidmann **Intelligences Extra-Terrestres** publié par les Editions Odile Jacob en octobre 1992 (copyright 1994 J.Heidmann & Odile Jacob).

POURQUOI DES ONDES RADIO ?

Pourquoi SETI cherche-t-il à détecter des ondes décimétriques ? Cela provient de questions pratiques. Pour les ondes plus longues, le ciel devient brutalement très "lumineux" car des astres de toutes sortes émettent, naturellement et intensément, dans les ondes métriques ou plus longues encore, qu'ils soient des nébuleuses gazeuses, des radiogalaxies, des quasars, des pulsars, des supernovae, des restes de supernovae. Donc tenter de détecter une émission émanant de civilisation en ondes métriques reviendrait à vouloir photographier des étoiles en plein jour : le fond du ciel masquerait, par son intensité, le faible éclat provenant d'une étoile. Cet effet "plein jour" est donc à éviter.

D'autre part, pour les ondes plus courtes que le centimètre, un phénomène défavorable, lié à la double nature onde-corpuscule des ondes électromagnétiques, entre en jeu. Selon la Physique Quantique, toute onde est associée à des corpuscules (les photons au sens large) dont elle régit la répartition et les mouvements dans l'espace. On trouve la plus grande probabilité de présence des photons associés là où l'onde est plus intense. En outre, l'énergie de chaque photon est proportionnelle à la fréquence de l'onde associée. Par conséquent, pour une énergie totale donnée transportée par une onde, il y aura, à cause de cet "effet quantique", d'autant moins de photons associés que la fréquence est plus élevée.

Revenons à une civilisation envoyant intentionnellement des signaux. Si elle utilise des ondes de fréquences élevées, elle aura, pour un budget énergétique donné, un nombre de photons disponibles pour sa transmission relativement réduit. Or ce sont en définitive les photons qui véhiculent l'information : si on reçoit un photon on note "1", si on n'en reçoit pas on note "0" ; les suites de 0 et de 1 forment des suites de bits servant à coder l'information. En conséquence, une civilisation, désirant transmettre le maximum d'information (donc de photons) pour un budget énergétique donné (l'énergie fournie par un émetteur), ne doit pas utiliser des ondes de fréquence élevée.

C'est ici, pour clore cette importante question des ondes SETI les plus favorables, qu'entre en jeu de façon inattendue le Big Bang ! Le fond d'ondes radio reçu de toutes les directions du cosmos (le rayonnement cosmologique à 2,7 K) est le résidu fossile du

rayonnement intense qui emplissait l'Univers juste après le Big Bang. Ce fond du ciel est évidemment gênant, quoique faible, mais inévitable. Quand on le place dans le bilan général, on trouve que l'inconvénient "quantique" relatif aux fréquences élevées ne surpasse l'inconvénient "Big Bang" que pour les fréquences supérieures à la trentaine de gigahertz (longueurs d'onde inférieures à 1 cm).

Ces trois effets "plein jour", "quantique" et "Big Bang" impliquent que la bande de fréquences la plus favorable pour entreprendre SETI est celle allant de 1 à 30 GHz.

Cependant, la vapeur d'eau contenue dans notre atmosphère empêche les observations depuis le sol dans la bande des 20 GHz. En définitive, si l'on ajoute cet effet "vapeur d'eau" aux trois effets précédents, tant qu'on ne peut installer de grands radiotélescopes dans l'espace, la plage favorable pour SETI est celle de 1 à 10 GHz, celle des ondes décimétriques. Comme les radioastronomes sont des débutants dans ce métier de détective cosmique, et qu'en plus ils ont l'esprit pragmatique, c'est pas leur intermédiaire qu'en premier lieu ils vont chercher.

HABITATS COSMIQUES

La structure spirale de notre Galaxie va nous ramener à SETI. Si les lois de l'hydrodynamique imposent que les spires de gaz et de poussières tournent d'un bloc, sans se déformer, à la façon d'un sillage suivant un bateau, à raison d'un tour tous les 200 millions d'années, les étoiles tournent d'autant moins vite qu'elles sont plus loin, comme le font nos planètes avec des périodes allant de 88 jours pour Mercure à 250 ans pour Pluton. Et voici le fait extraordinaire : le Soleil, situé à 30 000 années lumière du centre, met aussi 200 millions d'années pour faire son tour galactique, à quelques pour-cent près seulement.

Cette coïncidence exceptionnelle a attiré l'attention de L.S.Marochnik et L.M.Muhkin, de l'Institut de Recherche spatiale de Moscou, et B.Balács, de l'Université Eötvös de Budapest. Lors du symposium de Bioastronomie de Balaton, en 1987, ils ont fait part de leurs résultats. Tout cela implique qu'une étoile comme le Soleil traverse très rarement un bras spiral. Actuellement, il a dépassé le milieu du parcours entre le bras du Sagittaire et le bras de Persée ayant quitté le premier il y a 4,6 milliards d'années et devant atteindre le second dans 3,3 milliards d'années. Ces scientifiques pensent donc que notre système solaire est né dans la zone active de formation d'étoiles du bras du Sagittaire.

D'autre part, développant des idées de J.S.Shklovskii de 1976, ils pensent que la prochaine traversée de la zone active du bras de Persée amènera notre système à côtoyer des supernovae. Si on s'approche à moins de 30 années lumière de l'une d'elles, le taux de rayons cosmiques sur Terre augmentera cent fois, entraînant des doses de radioactivité telles que, en dix mille ans de ce régime, toute la population humaine aura disparu, à moins que son taux de croissance ne soit suffisant pour contrebalancer les morts.

Ils estiment qu'au Paléolithique la population doublait en 200 000 ans, alors qu'il suffit de 30 ans actuellement, ce qui permettrait de compenser de futurs effets de supernovae. Par contre, dans un avenir très proche, notre taux de croissance baissera à nouveau, car la population humaine peut difficilement dépasser largement dix milliards d'individus. Conséquence : dans 3,3 milliards d'années, notre civilisation sera détruite.

Ces résultats amènent donc à penser que seules les étoiles tournant à peu près à la vitesse des bras spiraux peuvent accueillir des civilisations au moins comparables à la nôtre. Les calculs montrent que, pour échapper aux effets dévastateurs de ces traversées de bras spiraux pendant un temps suffisamment long pour que ces civilisations puissent se développer, il faut se trouver dans une zone galactique étonnamment étroite, un anneau large de 1 500 années lumière, situé à 30 000 années lumière du centre.

Cette "route des civilisations avancées" ne contient qu'un milliard d'étoiles, dont cent millions seulement peuvent avoir des zones habitables (stellaires) favorables. Ce serait donc uniquement dans cette "couronne de vie" que SETI devrait trouver ses cibles candidates.

Balâcs a étudié leur distribution dans le ciel ; elle suit la Voie Lactée, est maximum tangentiellement à l'orbite galactique du Soleil, est plus faible dans la direction opposée au centre galactique et est nulle vers le centre. Un degré carré contiendrait mille candidats dans le cas favorable, contre un ou zéro, dans les deux autres. J'en ai donné plus récemment une étude plus détaillée.

Ces considérations galactiques, en parallèle avec celles que je propose de baser sur l'utilisation des pulsars, sont donc essentielles pour l'élaboration des stratégies SETI. De plus elles sont applicables à toutes les galaxies spirales, elles ouvrent des perspectives nouvelles sur les conditions astrophysiques complexes intervenant dans l'apparition et l'évolution de la vie dans le cosmos.

Il y a une décennie, quand j'ai quitté mon domaine de recherches sur des galaxies très spéciales, les galaxies à grumeaux, pour me consacrer à SETI, je pensais, pour faire une transition amusée, écrire un article "Sur l'impossibilité de l'apparition de la vie dans les galaxies à grumeaux", car celles-ci sont de véritables nids d'innombrables et mortelles supernovae...

SETI ET NANCAY

En pleine forêt solognote, à 200 km au sud de Paris, s'élèvent les grands panneaux grillagés du radiotélescope de Nançay. Cette forêt de bouleaux et de pins, au sol tapissé de bruyères, parsemé d'étangs discrets, d'anciens manoirs cachés au détour d'un chemin se lovant sous les ombrages, a été choisie, il y a une génération, pour abriter la naissante radioastronomie française.

Sous l'impulsion clairvoyante d'Yves Rocard, professeur de physique à l'Ecole Normale Supérieure, du tout jeune Jean-François Denisse, qui devait bientôt devenir Directeur de

l'Observatoire de Paris, théoricien des ondes et des plasmas, et de Jean-Louis Steinberg, le futur créateur de la radioastronomie spatiale française. L'Ecole Normale acquérait en Sologne un vaste terrain triangulaire d'un kilomètre et demi de côté pour y réserver un havre dégagé au maximum des parasites radio des entreprises humaines. Cet isolement minimisait aussi le prix du mètre carré, atout essentiel pour amorcer en France une technologie observationnelle, financièrement alors très peu soutenue. Les pionniers doivent commencer "petit".

Consacré à l'étude radio du Soleil dès ses débuts, l'entreprise commençait à aligner de longues suites de corolles métalliques pour capter, de conserve, les plus fins cataclysmes agitant notre étoile : les interféromètres Est-Ouest et Nord-Sud, alignés au fil de longues allées. Tapis blanc, assourdi, immaculé de la neige l'hiver, tapis flamboyants des bruyères de l'été, brises légères de la nuit agitant les feuillages, brumes du matin sur les herbes luisantes, tout dans la nature de ce refuge apaisant incite à lever vers le ciel les yeux, les pensées et...les instruments ! Beaucoup d'entre nous aiment quitter l'observatoire de Meudon, pourtant un site merveilleux, pour mener à Nançay leurs semaines d'observation.

Vers la fin des années 50, les premiers succès astrophysiques étaient enregistrés par l'intermédiaire de la raie de 21 cm de l'hydrogène neutre. Les pionniers de l'Ecole Normale, accueillis à l'Observatoire de Paris par son Directeur, André Danjon, le Roi Soleil de l'Astronomie Française du XXème siècle, décidaient alors de doter la France d'un radiotélescope pour sonder le monde des galaxies.

Dans une large clairière de vingt hectares dégagée dans le sud du terrain réservé, ils montaient par morceaux le vaste ensemble métallique qu'ils avaient conçu et l'équipaient peu à peu de récepteurs de plus en plus sensibles.

Le 15 mai 1965, le Président Charles De Gaulle, guidé par J.-F. Denise, inaugure "le plus grand radiotélescope du monde" d'alors. Il est amusant de noter que leur première conversation, selon une enquête récente des journalistes Gérard Chevalier et Nicolas Journet, ait tourné autour de SETI :

"Mais dites moi, Denisse, vous savez que les Russes ont récemment annoncé avoir recueilli des signaux en provenance d'extraterrestres. Avec votre "engin", vous pouvez savoir si cette histoire ne ressemble pas à un coup de bluff ?"

"Bien sûr, mon général. Vous pensez bien que, dès la mise en route de cet instrument, nous l'avons pointé dans la direction indiquée par les Russes. Je peux vous assurer qu'il ne s'agit en fait que d'une émission continue, identique à bien d'autres dans le ciel."

"Vous en êtes sûr ?"

"Absolument certain, mon général, la sensibilité inégalée de cet instrument me permet de l'affirmer, sans crainte de me tromper."

"Parfait, je téléphone dès ce soir à Abrasimov, l'ambassadeur soviétique, pour lui montrer qu'en France, on ne peut pas nous raconter n'importe quoi..."

On s'en souvient, le 14 avril 1965, un mois avant cette inauguration, la **Pravda** avait annoncé que CTA 102 pouvait être d'origine artificielle.

UN SIGNAL APPARTIENDRA A L'HUMANITE ENTIERE

Ce sont les aspects de sauvegarde du sérieux de la science et de protection contre les erreurs qui ont suscité la mise sur pied d'un protocole d'annonce en cas de détection de signaux artificiels extraterrestres.

Un tel signal concernera l'humanité entière, aussi bien philosophiquement que dans ses conséquences pratiques. En démontrant la petitesse de notre civilisation terrienne, il contribuera à l'émergence d'une conscience planétaire devant conduire à ce que sa surface n'abrite plus qu'une seule famille ou tribu, stoppant, on peut l'espérer, les luttes dévastatrices de ces derniers dix mille ans.

Enfin, la mise sur pied d'un protocole d'annonce nous a semblé un élément moteur pour rallier l'opinion publique et lui montrer le sérieux et l'intérêt de SETI.

Là encore, tout est parti du comité SETI de l'Académie Internationale d'Astronautique qui a suscité la présentation de réflexions sur la question, provenant de toutes disciplines : science-fiction, sociologie, droit, politique. Publiées dans un volume spécial d'**Acta Astronautica**, ces contributions traitent de la réception et de la vérification d'un signal, puis de l'annonce et de son impact, enfin des aspects légaux de ce contact, et se termine par la question : *"Qui parlera pour la Terre ?"*

Après plusieurs versions préliminaires, un texte a été adopté par l'IAA et l'Institut International de Droit Spatial en 89, par la Commission de Bioastronomie de l'IAU en 91, et par le Comité de Recherche spatiale (COSPAR) et l'Union Radio Scientifique Internationale. Cette Déclaration SETI a des points communs avec la Déclaration sur la Protection des Planètes introduite par le COSPAR en 1984. L'évolution de notre texte s'est inspirée du Traité sur l'Exploration et l'Utilisation de l'Espace, qui engage les Etats membres à *"informer le Secrétaire Général des Nations Unies, aussi bien que le public et la communauté scientifique internationale, sur la nature, la conduite, les lieux et les résultats de leurs activités dans l'exploration spatiale."*

Voici le préambule de la Déclaration SETI :

"Nous, institutions et individus participant à la recherche d'intelligence extraterrestre,

Reconnaissant que la recherche d'intelligence extraterrestre est une partie intégrante de l'exploration spatiale et est entreprise dans des buts pacifiques et dans l'intérêt commun de toute l'humanité,

Inspirés par la signification profonde pour l'humanité de la détection de preuves de l'existence d'intelligence extraterrestre, même si la probabilité de détection peut être faible,()

Reconnaissant qu'une détection initiale peut être incomplète et ambiguë et requiert alors un examen minutieux et aussi confirmation, et qu'il est essentiel de maintenir les plus hauts

niveaux de responsabilité et crédibilité scientifiques.

Sommes d'accord pour..."

Suivent alors plusieurs points relatifs à l'annonce :

- tout d'abord la vérification par le découvreur.
- puis par les parties signataires, avec l'établissement d'un réseau pour le suivi continu du signal candidat, avant toute annonce publique, sauf aux autorités nationales du découvreur,
- en cas de crédibilité du signal, annonce aux autres observateurs, au Secrétaire Général des Nations Unies et à diverses Unions scientifiques internationales,
- en cas de confirmation, dissémination de l'information rapide, ouverte et large par tout canal scientifique et par les media.

Ensuite viennent des dispositions relatives au suivi, au stockage et à la diffusion des signaux reçus, à leur protection contre les parasites et à leur étude continue par le Comité SETI de l'IAA, en coordination avec la Commission de Bioastronomie de l'UAI. Enfin, un comité international pluridisciplinaire sera créé par le Comité SETI de l'IAA pour servir de point focal à l'analyse et la diffusion publique à plus long terme.

CONFUSIONS EPIQUES

Sans être opposé a priori aux ovnis, je veux absolument revenir sur le tort créé à SETI par la confusion faite souvent dans le grand public entre les deux. Je m'aperçois de cette confusion lors de mes conférences ; toujours m'est posée la question : et les ovnis ?

Un exemple récent du caractère néfaste des soucoupes volantes a été fourni à la Chambre des Représentants des Etats-Unis, le 28 juin 1990, à propos des crédits demandés par la Maison Blanche pour SETI. Deux Représentants, dont je tairai les noms par gentillesse, proposent de supprimer totalement ce financement : *"Nous ne devons pas dépenser de précieux dollars pour rechercher des petits hommes verts à la tête informe () : il est temps de jeter ce chien estropié hors de sa misère et de le tuer d'un coup violent.() Notre amendement nous donne une chance de prouver qu'il y a encore de la vie intelligente sur terre.() (Sinon) il nous faudrait financer SCI : Search for Congressional Intelligence (recherche d'intelligence au Congrès)".*

Le pire est que pour fournir des preuves, les deux Représentants présentent cinq rapports favorables aux ovnis, transcrits intégralement dans les comptes-rendus de la Chambre. Et de dire, assimilant alors ovnis et SETI : *"Bien sûr, il y a des ovnis et des civilisations avancées dans l'espace extérieur. Mais nous n'avons pas besoin de dépenser 6 millions de dollars cette année pour trouver des preuves de l'existence de ces créatures coquines. Il suffit de dépenser 75 cents pour acheter un quotidien au supermarché local".*

Et l'amendement est voté !

Le SETI Institute a diffusé par la suite une note pour rétablir l'information : *"Cette (dernière) remarque démontre l'incapacité de distinguer la science-fait de la science-fiction.*

Le programme SETI n'est impliqué en aucune façon dans les rapports sur les ovnis ou toutes autres fictions qui sont la nourriture des quotidiens de supermarchés. Cette remarque en particulier a semé la confusion au Congrès et est une démonstration supplémentaire de la nécessité d'augmenter l'éducation scientifique générale aux Etats-Unis".

Lors de sa séance du 26 septembre, présidée par la Sénateur Barbara Mikulski, le Sénat, en un coup de pendule complet, rétablit les crédits au maximum de 12 millions de dollars demandés par le Président des Etats-Unis. Il ajoute même une note spéciale : *"Aucune réduction ne doit être opérée, sur la demande SETI. () Le Comité des Finances réaffirme son appui pour le mérite scientifique de base de l'expérience de surveillance de portions du spectre radio comme moyen efficace d'explorer la possibilité de l'existence de vie extraterrestre intelligente. Alors que cette aventure spéculative suscite un large intérêt et stimule l'imagination, la recommandation du Comité est basée sur son évaluation des avances en technologie et engineering associées au développement du programme. Le caractère fondamental du programme SETI fournit des occasions uniques pour expliquer les principes de disciplines scientifiques telles que la biologie, l'astronomie, la physique et la chimie, et de plus confronte les étudiants avec le développement et l'application de la technologie micro-électronique"*

Malheureusement, en octobre 1993, le Congrès coupe à nouveau les crédits de la NASA pour SETI : cette fois-ci un institut privé, le SETI Institute créé il y a dix ans, réussit en quelques mois à lever 7 millions de dollars de donations privées et à reprendre en main la moitié de l'ex-programme de la NASA, sa partie recherche sur cibles. En 1995 il s'établira derrière le radiotélescope de Parkes, en Australie, en attendant de venir, espérons-le, derrière le grand radiotélescope de Nançay, pour les dernières années du deuxième millénaire. A moins que nos autorités de tutelle, après avoir décidé de fermer un de nos quatre observatoires nationaux, l'excellent Pic-du-Midi, ne décident d'en fermer encore un, celui de Nançay. Ce contre quoi nous luttons de toutes nos forces.

Zététique et influences de la Lune

"La question de l'influence de la Lune sur les plantes est vieille comme le monde et tous les 25 ans il se rencontre quelque esprit hardi ne dédaignant pas de rompre des lances en sa faveur... Il résulte des enquêtes que j'ai faites un peu partout que cette opinion (l'influence des phases de la Lune sur les plantations, les semis, ...) peut être taxée de générale ; on la retrouve presque telle quelle dans tous les pays du monde. Mais, et c'est là le point capital de l'histoire, cette même opinion a été battue en brèche par bon nombre de savants et les vulgarisateurs ont bravement emboîté le pas. – Ce sont, disent-ils, des préjugés de bonne femme dont il ne faut pas tenir compte. – Les astronomes en général traitent avec mépris les influences possibles de la Lune sur la végétation, les météorologistes en font à peu près autant.

Si l'explication d'un fait n'existe pas, on refuse de croire à son authenticité. Toute l'histoire des sciences nous en fournit de nombreux exemples. Rappelez-vous les académiciens d'antan niant les chutes de pierre tombées du ciel... Il m'est avis qu'il se passe quelque chose d'analogue pour la Lune : au lieu de prendre la méthode expérimentale, on se contente de dissenter et on imite les péripatéticiens et les scolastiques dont on raille les méthodes ! On pourrait instituer des séries d'expériences scientifiques dûment contrôlées, mais je ne connais pas d'astronomes ni de météorologistes qui se soient résignés à pareille besogne pour étudier le sujet qui nous occupe."

Ce texte date de 1912 et est extrait du livre de l'abbé Moreux, bien connu pour ses nombreux ouvrages de vulgarisation de l'astronomie. Il me semble toujours d'actualité, même si quelques expériences ont été menées depuis.

Un **Cercle Zététique** a été fondé cette année, justement pour *"appliquer les principes de la recherche méthodique à la poursuite d'investigations relatives aux phénomènes réputés paranormaux et à l'histoire dite mystérieuse"* et *"diffuser la méthode et les enquêtes zététiques dans tous les milieux."* On peut définir la Zététique comme l'art du doute et de la recherche méthodique, menée sans dogme ni a priori. Je me propose, dans ce cadre, de lancer une étude sur les éventuelles influences de la Lune. Il s'agirait de récapituler tous les dictons sur ce sujet ainsi que les études déjà faites puis de monter quelques expériences (dates de naissance, plantes, ...). Un dossier devrait en résulter.

Nos élèves posent très souvent des questions sur les influences de la Lune ou des planètes et semblent de plus en plus attirés par tout ce qui est mystères, parasciences, etc. Que répondre ? Un exemple connu est celui du linge qui est décoloré si on l'expose à la Pleine Lune. Quelques-uns ont sûrement déjà affirmé que ce n'était pas possible donc que le phénomène n'existait pas. Alors qu'il est tout à fait réel et a été expliqué par Jean-Paul Parisot par une formation d'eau oxygénée dans les gouttes de rosée dans certaines conditions de temps clair, la Lune pouvant être visible. On ne peut pas nier toute influence sans l'avoir étudiée, même si dans ce cas, il ne s'agit que de la juxtaposition de deux phénomènes, blanchiment du linge et visibilité de la Lune.

Avec nos élèves, le plus important me paraît la recherche avec eux d'une méthode d'investigation plutôt que les résultats bruts. Les dossiers zététiques seront faits pour aider à cette réflexion. Une des réponses à la montée de l'irrationnel devrait être le développement de l'esprit critique. Si vous connaissez des études sur les influences de la Lune ou si le sujet vous intéresse, n'hésitez pas à m'écrire.

Pierre Causeret, sentier du Mordain, 21170 ESBARRES

Le Cercle Zététique - Président d'honneur : Henri Broch ; Membres d'honneur : Albert Jacquard, Jean-Claude Pecker ; Président : Paul-Éric Planrue. Le Cercle Zététique édite un cahier par saison. Sommaire du premier numéro (hiver94-95): A Cannes, cet été, les tables ne tournaient pas rond/ Stage MAFPEN "Les enseignants face à l'irrationnel"/ Expérience de voyance par objet/ Les influences de la Lune, un futur dossier ?/L'influence de la Lune sur les naissances au lycée agricole de Neuvic en Corrèze/ Lucie, le fantôme du Château de Veauce/Des méthodes/ La baguette du sourcier/ Le mythe de la corneille de mer, auxiliaire des marins grecs/ L'astrologie face à la science/ Louis XVII s'est-il évadé du Temple ?.

Adhésion 200 F par an. Adresse : Cercle Zététique, 12 rue David Dietz, 57000 METZ.

Astronomie et histoire des sciences

en classe de 1^oL et 1^oES

Guy BOISTEL (St Etienne de Montluc)

INTRODUCTION

Depuis plus de deux ans, j'enseigne les sciences physiques dans les classes littéraire et de sciences économiques et sociales (option). La nécessité de m'adresser à un public ayant des motivations très diverses vis à vis des sciences et le désir d'enseigner "autrement" m'a conduit à rechercher dans l'astronomie et l'histoire des sciences une nouvelle dynamique de cet enseignement. Ainsi, après un choix (pas toujours libre...) des élèves parmi une liste de thèmes, les plans de cours pour les classes de 1^oL et 1^oES dont j'avais la responsabilité au lycée Albert Camus de Nantes, furent les suivants :

1^oL

- 1 - Radioactivité (radioprotection et emploi des radioisotopes en médecine)
- 2 - GALILEE et les lois de la chute des corps
- 3 - La mesure du temps : les calendriers ; les mouvements de la Terre

1^oES

- 1 - Radioactivité (fission nucléaire et centrales nucléaires)
- 2 - La fusion nucléaire, énergie stellaire. Le Soleil
- 3 - Chimie expérimentale : les colorants histoire, synthèse d'un colorant et séparation de pigments végétaux par chromatographie

Dans cet article, je ne présenterai que la progression suivie pour le thème "mesure du temps : les calendriers". Cette partie aura été traitée à la rentrée 94-95 dans le cadre du thème "L'Homme dans l'Univers".

1. PROGRESSION ET PLAN DU COURS

Compte tenu des horaires, des emplois du temps et des séances qui ne peuvent avoir lieu pour diverses raisons (et il n'en manque pas...), il faut faire des choix dans ce que l'on veut traiter, et ce ne sont pas toujours les meilleurs. Malgré tout, l'esprit dans lequel j'ai abordé cette partie du cours pour les 1^oL est le suivant :

- Expliquer l'origine des calendriers, les différents types de calendriers et rattacher ces éléments de façon (la plus ?) simple aux différents mouvements de la Terre puis envisager les conséquences des irrégularités de ces mouvements (éventuellement, susciter la discussion autour de la confusion entre astrologie et astronomie).

- Illustrer de façon agréable ces différents aspects en utilisant des supports divers : diapositives, documents historiques, T.D., construction d'un astrolabe simplifié, biographie(s), recherche en CDI.

Le plan suivi a été :

1. LES CALENDRIERS

1.1. Histoire des calendriers (C2D, C5D) : lunaison, saisons, les Babyloniens, les Chaldéens, l'Égypte, la Grèce et la Rome antique. (supports : diapositives (iconographie) extraites de C7D et de C5D)

1.2. Les différents calendriers (C1D, C3D) : la réforme julienne, la réforme grégorienne, le calendrier musulman, le calendrier israélite, la Chine (support : T.D sur le calendrier musulman)

2. LES MOUVEMENTS DE LA TERRE, LES ECHELLES DE TEMPS

2.1. Les mouvements de la Terre : précession, nutation, irrégularités (supports : figures commentées C1D et CELESCOPE)

2.2. La Terre décrit une orbite autour du Soleil : première et deuxième lois de Kepler, inégalités des saisons, variation de la hauteur du Soleil dans le ciel, solstices et équinoxes (C1D,C2D,C6D) (supports : astrolabe du débutant C6D et CELESCOPE)

2.3. Jour solaire et jour sidéral

2.4. Temps solaire/civil/ universel (exposé succinct)

2.5. Les échelles de temps. L'heure légale en France (exposé succinct)

Il est clair que les "points forts" de cette partie sont le paragraphe 1 en entier et le paragraphe 2.2.

2. ACTIVITES ET TD PROPOSES

2.1. Les calendriers

Le TD proposé pour illustrer cette étude est une adaptation d'un exercice proposé dans les devoirs posés dans le cadre de la formation au D.U. de formation de base en astronomie et astrophysique dispensé par le CNED. Il consiste à étudier les phases de la Lune dans le calendrier des Postes (1989 et 1990) et de faire le lien avec le calendrier musulman (et/ou israélite), tel qu'il figure dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes (C9D). On illustre ainsi le caractère lunaire du calendrier musulman. C'est l'occasion de demander quelques éclaircissements sur certains termes arabes si l'on a des élèves de cette origine dans sa classe ; c'est aussi l'occasion de nombreux échanges culturels, essentiels.

2.2. Les mouvements de la Terre

Pour illustrer les notions de midi vrai, solstices et équinoxes, j'ai choisi la voie de la construction en classe d'un astrolabe simplifié, dit "astrolabe du débutant", sur le modèle de celui proposé par Cécile Schulman (C6D). Le tympan est reproduit à la même échelle sur une feuille blanche, l'araignée et la "baguette-Soleil" sur un transparent spécial pour photocopieur (épais et rigide).

Afin de limiter les frais en transparents, on peut reproduire 3 araignées sur une feuille de format A4 et il en va de même pour le Tympan. Ainsi avec 7 à 8 transparents, et 7 à 8 feuilles A4, on peut réaliser un astrolabe du débutant par élève. Les élèves assemblent en classe cet astrolabe sous la direction du professeur. (Attention : ne pas oublier de se munir préalablement de compas, paire de ciseaux, petits boutons-pressions pour l'assemblage et l'articulation de l'astrolabe, gommettes jaunes pour le Soleil).

Le tympan fourni aux élèves est conçu pour la latitude de Nantes. Par ailleurs, je me suis construit un tel astrolabe à une plus grande échelle, sur transparent animé, destiné à la rétroprojection, ainsi que des tympan pour des lieux de latitudes différentes (C6D,C8D).

Ainsi, l'utilisation et l'exploitation de l'astrolabe est collective, les élèves plus vifs expliquant à leurs camarades plus lents le fonctionnement de l'astrolabe. Les aspects suivants sont alors abordés :

- points cardinaux,
- mouvement apparent et mouvement réel du Soleil.
- midi vrai.
- levers et couchers du Soleil
 - * à une époque donnée,
 - * selon les saisons,
 - * évolution au courant de l'année,
- durée du jour et de la nuit,
- solstices et équinoxes.

J'ai complété ces études par l'utilisation du CELESCOPE ⁽¹⁾ qui permet de passer de deux à trois dimensions puis en examinant avec les élèves ce qui se passe près du pôle (Soleil de minuit) et près de l'équateur (durées du jour et de la nuit).

2.3. Les lois de Kepler. Halley et les comètes

Parallèlement à ce travail en classe, j'ai distribué aux élèves, peu après le début du cours, des textes issus de C7D (pp 77-87), prétexte à l'interprétation du

mouvements des comètes par E.Halley, afin de compléter le paragraphe 2.2. (et l'étude antérieure sur Galilée. Les élèves devaient suivre les consignes suivantes, conduisant à rédiger et rendre un petit dossier, illustré, à caractère volontairement encyclopédique :

1°) Biographie de J.Kepler.

Les lois du mouvement des planètes (2).

2°) Biographie de E.Halley :

la "comète de Halley" - interprétation du mouvement des comètes : est-ce cette même comète observée en 1664 dont il est question dans le premier texte ?

(Citer les références des ouvrages consultés).

Ce dossier entré en ligne de compte pour l'évaluation, en plus d'un contrôle portant sur les parties du cours traité.

3. CONCLUSION

En fin de compte, cette partie peut se révéler délicate si l'on ne se fixe pas de limites strictes ou des choix clairs dès le départ. On est toujours tenté de trop en dire ! Tout cela est si intéressant... Il est nécessaire de multiplier les activités concrètes et les supports divers afin de faciliter les représentations chez les élèves. Des documents historiques concernant les calendriers (C3D,C5D,C7D), les comètes ou l'astrologie (C5D,C7D) sont des moyens d'aborder les principales notions à traiter dans ce thème, sous différents angles. Les dimensions historiques et l'évolution des idées séduisent les élèves des classes littéraires, par l'apport d'éléments culturels dans l'enseignement scientifique dispensé.

NOTES : (1) Le CELESCOPE : cet admirable appareil, inventé par un Nantais, n'est malheureusement plus disponible: C'est mon exemplaire personnel que j'utilise en classe.

(2) En ce qui concerne les lois de Kepler, les différents systèmes du monde (de Ptolémée à l'après Kepler) ont été étudiés dans le cadre des études menées au second trimestre sur Galilée.

BIBLIOGRAPHIE (non exhaustive et limitée au travail présenté)

C1D ACKER. A. "Astronomie" , Masson éd.

C2D COUDERC. P. "Le Calendrier" Que Sais-je ? n°203 PUF.

C3D DU BREUIL. I. "Les maîtres du temps en Chine", Ciel et Espace n°195 sept.92.

C4D MAURY. J-P. "E.Halley, le navigateur des étoiles", Ciel et Espace sept 92

C5D PICHOT. A. "La naissance de la science", T1. mésopotamie Egypte, Folio Essais 154

C6D SCHULMAN. C. "L'astrolabe simplifié" **Cahiers Clairaut** n° 48 (hiver 1989-90)

C7D VERDET. J-P. "Le Ciel, Ordre et désordre", Découvertes Gallimard n°26

C8D "L'astrolabe planisphérique" **Cahiers Clairaut** (Automne 1989)

C9D Annuaire du Bureau des Longitudes pour la SAF. années 1989, 1990, etc...

KEPLER , NEWTON ... et MERCURE

Le tracé de l'orbite de la planète Mercure permet d'étudier les lois de Képler et celle de la gravitation due à Newton. Pour le nouveau programme de TS ce TP, qu'il est possible de scinder en deux parties, s'intègre très bien dans le chapitre " Interaction gravitationnelle".

I. La trajectoire de Mercure:

On trace au milieu d'une feuille de format A3 (42 × 28.7) une ligne x'x dans le sens de la longueur et on place S (le Soleil) à 18 cm du bord droit (figure 1)

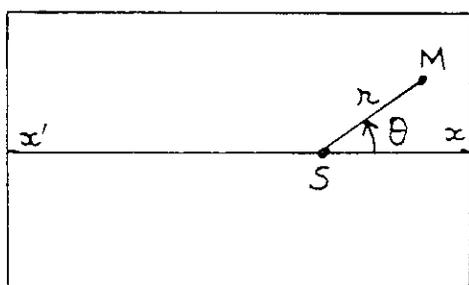


figure 1

Les positions successives de Mercure (point M) sont reportées grâce aux valeurs figurant dans le tableau de l'Annexe.

avec $r = SM =$ distance entre Soleil et Mercure en unité astronomique U.A. ; $1 \text{ U.A.} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

$\theta = (Sx , SM) =$ anomalie vraie de Mercure.

Echelle conseillée: 30 cm \Rightarrow 1 U.A.

On trace ensuite soigneusement la trajectoire par continuité. On obtient la figure 2.

II. Lois de Képler:

1. Nature de la trajectoire:

Manifestement, il ne s'agit pas d'un cercle de centre S. Montrons qu'il s'agit d'une ellipse dont S est l'un des foyers. La position de Mercure la plus proche du Soleil (c'est le point de départ de la construction) est le périhélie P. On trace PS qui coupe la trajectoire en un deuxième point : l'aphélie A qui est la position de Mercure la plus éloignée du Soleil. On mesure $PA = 23.2 \text{ cm} = 2a$ avec $a =$ demi-grand axe. Soit O le milieu de PA et S' le symétrique de S par rapport à O .

On mesure $OS = c = 2.4 \text{ cm}$

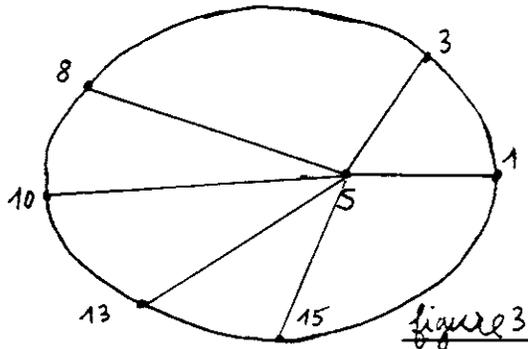
L'excentricité est $e = c/a = 2.4/11.6 = 0.207$

Soit M un point de la trajectoire . On vérifie que $SM + S'M = 2a = 23.2 \text{ cm}$

et ceci, quel que soit le point M choisi : cela prouve que la trajectoire est bien une ellipse dont S est l'un des foyers (première loi de Képler)

2. Loi des aires

On place une feuille de papier calque de format 24×32 sur la trajectoire obtenue. On y marque les positions de S et celles de Mercure pour les indices 1, 3, 8, 10, 13 et 15.



Ce calque est ensuite placé sur du carton épais et on y reporte à l'aide d'une épingle à tête plate (dite de signalisation) les contours des surfaces S,1,3 S,8,10 et S,13,15. (*figure 3*)
Après découpage au cutter on réalise les pesées.

Le carton étant homogène et d'épaisseur constante, l'égalité des masses montre l'égalité des surfaces. Ainsi, le rayon vecteur SM a balayé des surfaces égales pendant des durées égales à 10 jours. C'est la seconde loi de Képler. Nous avons obtenu 8 grammes pour 10 jours (carton d'épaisseur 3.5 mm)

3. Loi harmonique :

* Pour Mercure : $a = 11.6$ cm sur le dessin soit en tenant compte de l'échelle $11.6/30 = 0.387$ U.A.

La période de révolution sidérale s'obtient à partir de la trajectoire : entre les positions 1 et 18 il s'est écoulé $17 \times 5 = 85$ jours mais la planète n'a pas totalement bouclé son tour. Une interpolation entre les points 18 et 19 donne la valeur à ajouter : $3/5 \times 5 = 3$ jours. Ainsi $T = 88$ jours.
Exprimons cette période en année terrestre $T = 88/365.25 = 0.241$ an

$$\text{d'où } a^3 / T^2 = (0.387)^3 / (0.241)^2 \approx 1 \text{ UA}^3 \text{ an}^{-2}$$

* Pour la Terre : $a' = 1$ U.A. $T' = 1$ an

$$\text{d'où } a^3 / T^2 = 1 \text{ UA}^3 \text{ an}^{-2} \quad \text{La 3}^{\text{e}} \text{ loi de Képler se trouve vérifiée.}$$

Exercice complémentaire : Sachant que la période de révolution sidérale de Mercure est de 88 jours et en utilisant les résultats du paragraphe 2, quelle est la masse de la plaque de carton obtenue en découpant l'ellipse complète? (réponse : loi des aires $\Rightarrow 0.8 \times 88 = 70.4$ g). A vérifier par pesée.

III. Loi de Newton :

1. Tracé de vecteurs accélération :

On trace le vecteur accélération en plusieurs points de la trajectoire ;

Exemple : point M_3

Construire en M_3 le vecteur $\vec{v}_4 \parallel \overrightarrow{M_3M_5}$

puis à partir de son extrémité tracer $-\vec{v}_2 \parallel \overrightarrow{M_3M_1}$

d'où $\Delta\vec{v} = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$ et $\vec{a}_3 = \Delta\vec{v}/\Delta t$

Echelle conseillée : 1 cm \Rightarrow 10 km.s⁻¹

On utilise pour faire ces tracés la méthode de " l'équerre et de la règle"

La mesure donne $\Delta v \Rightarrow 4.5 \text{ cm} \Rightarrow 45 \text{ km s}^{-1}$ et $\|\vec{a}_3\| = 5.2 \times 10^{-2} \text{ m.s}^{-2}$

On fait de même pour d'autres points (indices pairs pour la moitié des élèves et impairs pour les autres)

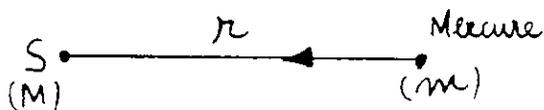
Résultats :

point	Δv (km s ⁻¹)	$\ \vec{a}\ $ (m s ⁻²)	r (m)	a r ² 10 ²⁰ (SI)
M_3	45	$5.2 \cdot 10^{-2}$	$5.04 \cdot 10^{10}$	1.32
M_5	33	3.8	5.88	1.31
M_7	27	3.1	6.60	1.35
M_9	23	2.7	6.96	1.29
M_{11}	25	2.9	6.93	1.39
M_{13}	27	3.2	6.50	1.34

etc...

Tous les vecteurs \vec{a} sont dirigés pratiquement vers S: l'accélération est radiale et on vérifie que les produits a r² sont pratiquement égaux et de valeur moyenne $\cong 1.33 \times 10^{20}$ SI

2. Calcul de la masse du Soleil:



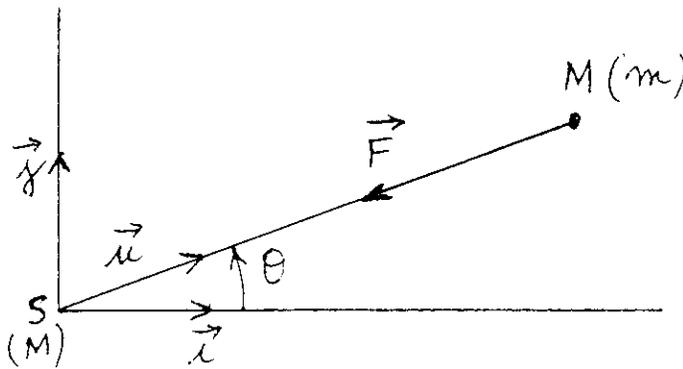
$$F = G M m / r^2 = m a$$

$$\text{Ainsi } a r^2 = G M \Rightarrow M = 1.33 \cdot 10^{20} / 6.67 \cdot 10^{-11} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

IV. De Newton à la trajectoire avec une calculette

1. Principe de la méthode :

On se donne la position d'un point $M (x_0, y_0)$ et son vecteur vitesse $\vec{v}_0 (v_{x_0}, v_{y_0})$ à un instant t_0 . Puis on fait agir sur M (de masse m) pendant une durée Δt la force de gravitation considérée comme constante pendant cette durée : ainsi le vecteur accélération \vec{a} sera lui aussi constant pendant cette durée ; ainsi $\vec{a} = \vec{F} / m = \Delta \vec{v} / \Delta t = - G M / r^2 \cdot \vec{u}$



$$\vec{u} \left| \begin{array}{l} \cos \theta = \frac{x}{r} \\ \sin \theta = \frac{y}{r} \end{array} \right.$$

$$\vec{a} \left| \begin{array}{l} a_x = - G M \frac{x}{r^3} \\ a_y = - G M \frac{y}{r^3} \end{array} \right.$$

la nouvelle vitesse sera $\vec{v}_1 = \vec{v}_0 + \Delta \vec{v}$
et la nouvelle position de M s'en déduit :

$$\vec{v}_1 \left| \begin{array}{l} v_{x_1} = v_{x_0} + a_x \Delta t \\ v_{y_1} = v_{y_0} + a_y \Delta t \end{array} \right.$$

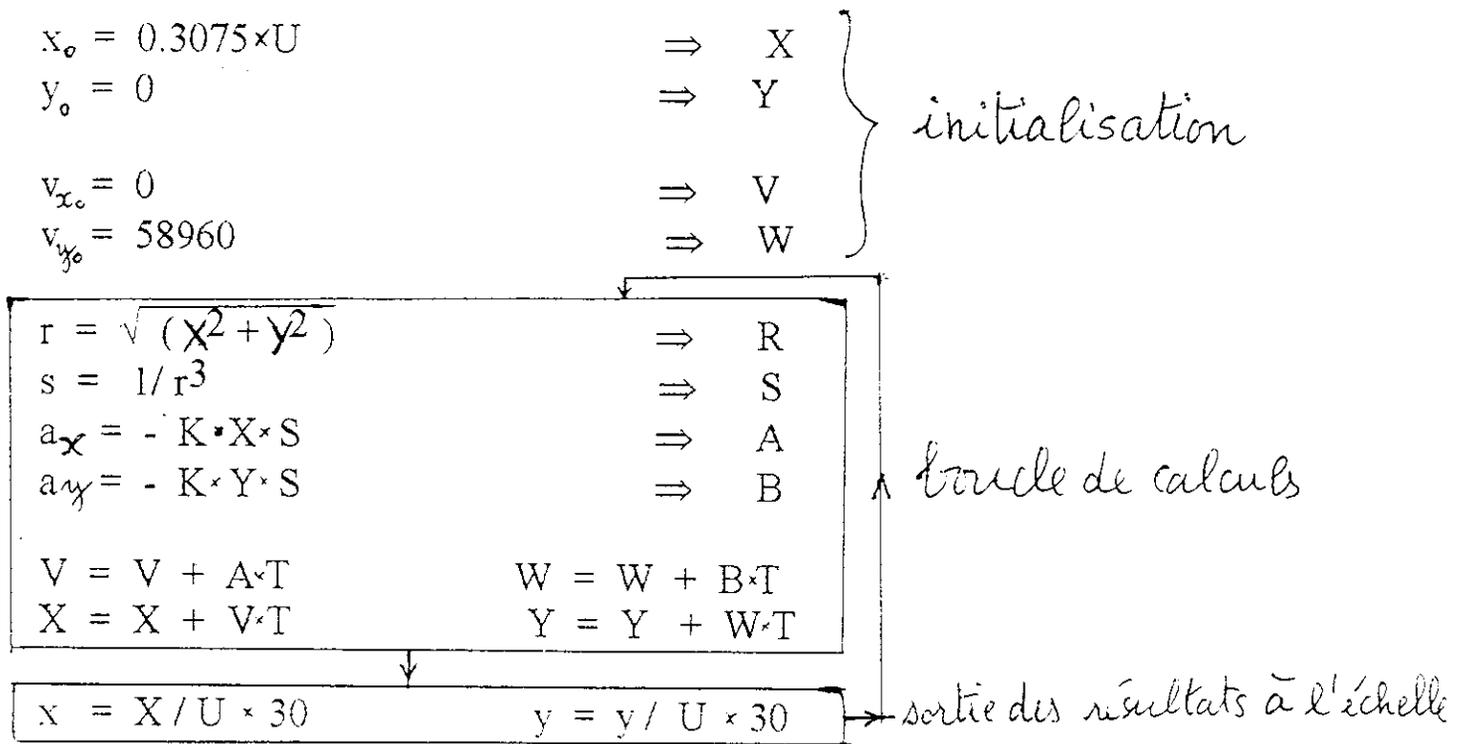
$$x_1 = x_0 + v_{x_1} \Delta t \qquad y_1 = y_0 + v_{y_1} \Delta t$$

Ensuite, on refait le même raisonnement à partir de cette nouvelle position et, de proche en proche, on obtient les positions successives que l'on reporte sur papier millimétré. Cette méthode d'intégration numérique met très bien en évidence le raisonnement physique (c'était d'ailleurs également celui de Newton lui-même !) sans utiliser un formalisme mathématique compliqué. La méthode est d'autant plus performante que la durée Δt est plus petite.

2. Application à Mercure :

$$\begin{array}{lll} G M = 1.3267 \times 10^{20} \text{ S.I.} & \Rightarrow & K \\ \Delta t = 10\,800 \text{ s (soit 1/8 de jour)} & \Rightarrow & T \\ U = 1.5 \times 10^{11} \text{ m} & \Rightarrow & U \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} G M \\ \Delta t \\ U \end{array}} \right\} \text{ constantes}$$

l'organigramme s'écrit :



On obtient pratiquement la même trajectoire que dans la partie I.

BIBLIOGRAPHIE :

Gravitation et lumière : hors série n°5 des Cahiers Clairaut

Ephémérides astronomiques : Annuaire du Bureau des longitudes

Astronomie et ordinateur - Guy Sérane - Dunod

De Newton à Képler avec une calculette : Cahiers Clairaut n°21.

Jean-Paul ROSENSTIEHL
Lycée Montesquieu
Le Mans

ANNEXE : positions et vitesses de Mercure

Indice	date	angle θ ($^{\circ}$)	distance r U.A.	vitesse v km-s $^{-1}$
1	1995.0720	0	0.3075	58.9
2	1995.0725	31	0.315	57.8
3	.0730	60	0.336	54.6
4	.0804	85	0.363	50.9
5	.0809	106	0.392	47.3
6	.0814	124	0.418	44.2
7	.0819	140	0.440	41.7
8	.0824	155	0.455	40.1
9	.0829	169	0.464	39.1
10	.0903	183	0.467	38.8
11	.0908	197	0.462	39.3
12	.0913	211	0.450	40.6
13	.0918	227	0.432	42.6
14	.0923	244	0.408	45.4
15	.0928	263	0.381	48.6
16	.1003	286	0.352	52.4
17	.1008	312	0.326	56.1
18	.1013	342	0.310	58.6
19	.1018	13	0.309	58.7

Date: AAAA.MMJJ 1995.0903 et le
3 septembre 1995.

ORBITE DE MERCURE

Echelles:

0,1 U.A.

0 10 20 30 $\text{km} \times \text{s}^{-1}$

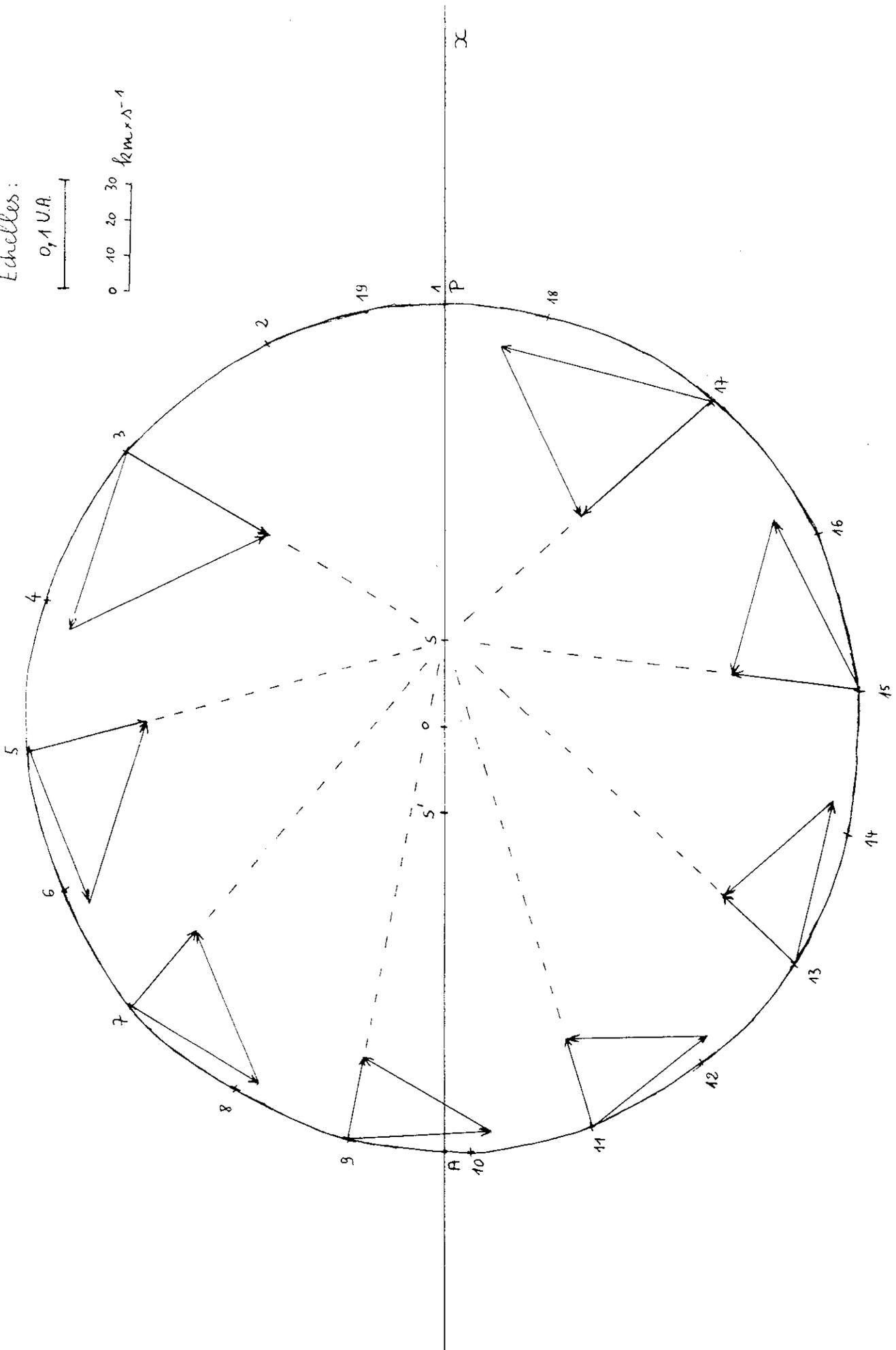


figure 2

ASTROQUEYRAS

Roger Roussel est professeur de physique en IUFM. Il y organise régulièrement des stages de formation en astronomie; il pense que ce domaine qui constitue le berceau de la physique et dont l'étude permet un immense voyage dans le monde physique et le monde de la physique est insuffisamment exploité à tous les niveaux de la scolarité. Il sait qu'un des principaux obstacles pour entreprendre des activités dans ce domaine est l'absence de formation pratique des enseignants. Il est aussi président de l'association Astroqueyras qu'il nous présente ici et dont les activités pourraient intéresser nos lecteurs.

Astroqueyras est une association astronomique un peu particulière: elle réunit des astronomes amateurs, des astronomes professionnels et des enseignants concernés par l'astronomie, son enseignement, sa pratique et sa vulgarisation, autour d'un site bien réel, qui est celui de Château Renard dans le Queyras. Située à près de 3000 m d'altitude, la station domine le village de Saint Véran qui est déjà à plus de 2000 m (et constitue la plus haute commune d'Europe).

Il faut dire que cette région est plus que favorisée par le ciel puisque au terme d'une étude comparée de sites astronomiques européens menée par les instances astronomiques nationales en 1970, en vue de l'installation d'un télescope de 4 m, il avait été conclu que le meilleur site potentiel d'Europe continentale se trouvait dans le Queyras, sur la commune de Saint Véran. En plus d'un site exceptionnel, nous avons la chance d'avoir à notre disposition un télescope de 62 cm (Cassegrain, focale primaire 9 m) et les installations qui l'abritent; cet équipement est dû à l'Observatoire de Haute Provence en ce qui concerne le télescope, et à l'Observatoire de Paris en ce qui concerne les installations. Nous sommes bien conscients de la chance que nous avons de disposer d'un tel ensemble mais nous sommes tout aussi conscients de l'énorme responsabilité qu'impliquent sa gestion et son exploitation.

Pour ce faire, l'association s'est donnée 4 axes de travail :

1°) Développer et animer le site : nous voudrions que pour St Véran et sa région, le site de Château Renard soit de plus en plus connu et reconnu et qu'à terme, la visite au sommet, le jour, constitue une promenade attractive dans un site astronomique à vocation pédagogique. Le site pourrait être un vrai parc astronomique avec expositions permanentes de résultats d'observations et d'instruments, consoles interactives, cadrans solaires géants etc. Nous voudrions même que des individus ou des groupes puissent, à l'occasion, s'inscrire pour une nuit d'observation.

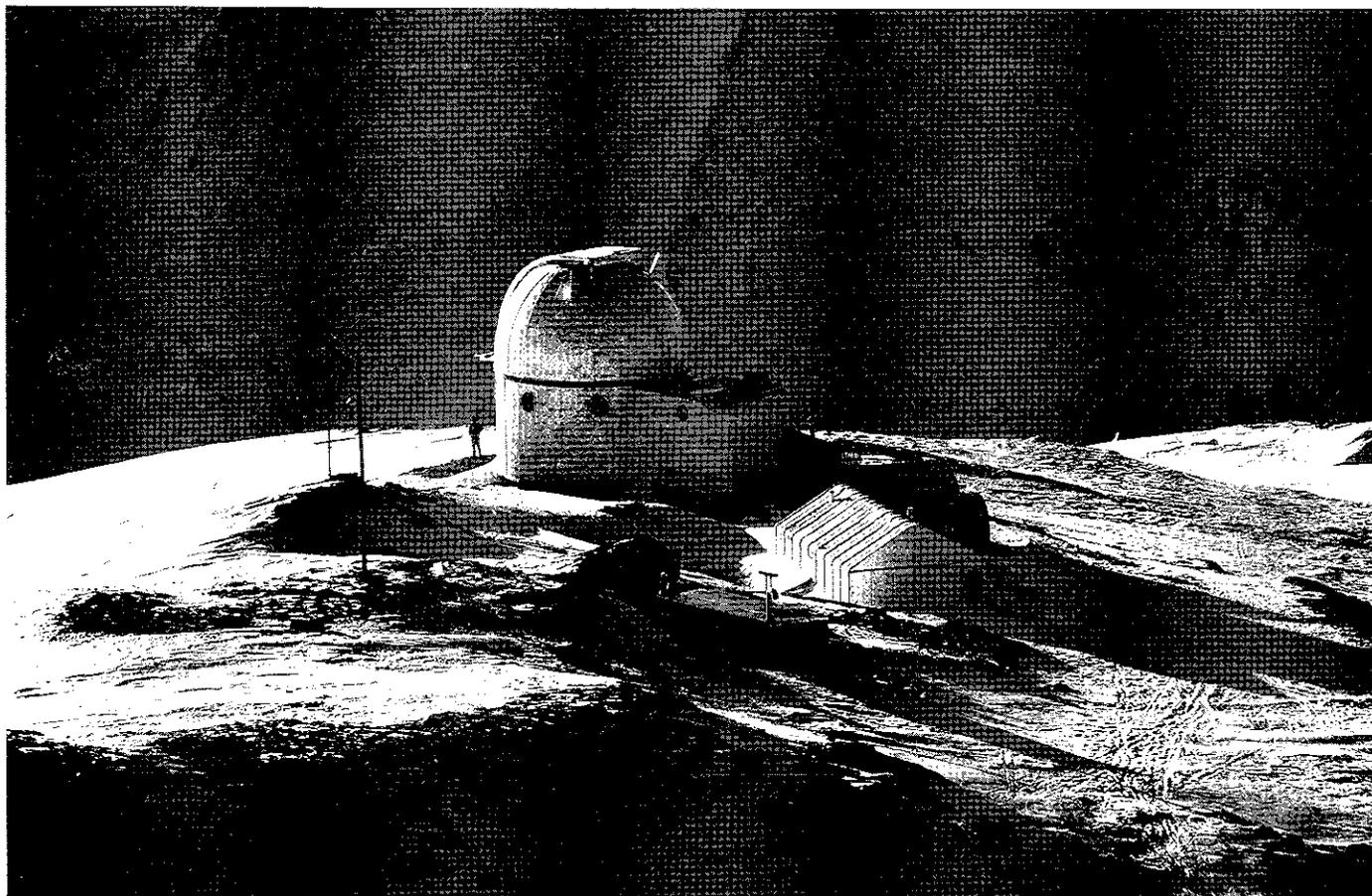
2°) Développer et améliorer l'instrumentation et le guidage pour que les installations puissent constituer un outil de travail aux caractéristiques professionnelles et continuer être utilisées par les astronomes amateurs qui en font la demande avec un projet précis de travail. Nous savons bien que l'instrumentation est sans commune mesure avec celle dont ils disposent généralement dans leur club et nous nous faisons un réel plaisir d'offrir cette possibilité au maximum d'astronomes amateurs de France, d'Europe et d'ailleurs. Nous pensons même que des astronomes professionnels pourraient être intéressés par les installations de Château-Renard.

3°) Développer les activités de formation ; nous voudrions en particulier que le site puisse être utilisé pour la formation d'enseignants. Notre idée est que des classes d'astronomie devraient pouvoir être organisées dans toute la France, aussi bien par les écoles que par les lycées et collèges. Le principal problème à résoudre pour que cette idée puisse se réaliser est la formation des enseignants (les professeurs de physique notamment) et des animateurs dans le domaine de l'astronomie. Notre station pourrait constituer une base essentielle pour cette formation.

4°) Organiser des séminaires : il s'agit là d'actions de formation en direction de nos adhérents eux-mêmes. L'accès à un télescope professionnel ne s'improvise pas, pas plus que l'utilisation de son instrumentation, qu'il s'agisse des ordinateurs, de caméra CCD, de photomètre ou (prochainement) de spectromètre. C'est dans cette perspective et parce que notre association comporte de nombreux professionnels et des amateurs très qualifiés que nous voulons organiser régulièrement et gratuitement des rencontres. Nous travaillons déjà suivant ces quatre axes mais pour des raisons logistiques, climatiques et financières, le site n'est actuellement ouvert que 10 semaines par an (ce qui permet une dizaine de missions). Plusieurs ouvertures expérimentales ont eu lieu en hiver et même s'il apparaît que pour l'instant, et dans un proche avenir, celles-ci restent et resteront réservées à des personnes relativement expérimentées en montagne, nous espérons bien qu'un jour prochain, la station pourra fonctionner pendant toute l'année.

En attendant, si vous étiez intéressé par nos activités ou par une mission au Pic, joignez nous rapidement et présentez votre candidature ; et si pendant l'été vous passiez dans le Queyras, vous pouvez, bien entendu, visiter de jour notre station.

Roger ROUSSEL
Président Astroqueyras
31 av gal Leclerc
75014 PARIS



Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

ENSEIGNEMENT ET HISTOIRE DES SCIENCES

Vous savez de quelle manière désinvolte a été et est encore traitée l'histoire des sciences dans l'enseignement. J'ai sous la main un vieux manuel, – périmé je vous l'accorde –, qui présentait "le principe de l'action et de la réaction" en juxtaposant à ce titre, entre parenthèses, le nom de Newton*. L'appel de note envoyant à la seule précision (1642–1727), les élèves étant assez intelligents pour comprendre que ce n'était pas le numéro de téléphone du grand savant. En tout cas, rien sur le personnage et la portée de son oeuvre, ce qui d'ailleurs n'était pas au programme de mécanique de la classe de Terminale pour laquelle ce manuel était écrit. Les cours de mathématiques se bornaient (et se bornent encore souvent, je le crains) à mentionner quelques noms propres établissant une curieuse hiérarchie dans la popularité, Roberval grâce à sa balance, Eratosthène grâce à son crible l'emportant largement sur Clairaut avec son équation située hors des limites du programme.

Je crois qu'il y a un commencement de changement à ce sujet dans l'enseignement des sciences et l'astronomie n'y est pas pour rien. S'il y a une science enracinée dans son histoire, c'est bien elle, et de la meilleure façon. Pensez à l'évolution de la conception générale de l'Univers au cours des siècles. N'importe quel traité d'astronomie est un ouvrage marqué par sa date d'impression et dans une large mesure il est rapidement périmé. Ouvrez l'**Astronomie** de Lalande (1751) et comparez avec l'**Astronomie populaire** d'Arago ; entre les deux il y a eu les découvertes de Herschell, de Le Verrier, les travaux de Laplace, la mesure de la première distance stellaire, etc On comprend l'enthousiasme avec lequel Arago présentait ces conquêtes. Mais il n'y a pas, dans l'histoire des sciences que cette exaltante constatation de l'enrichissement des connaissances. Je dirai même que ce n'est que son aspect le plus superficiel. Ce qu'elle porte en elle de plus instructif se situe en profondeur dans l'analyse des méthodes et, plus que la glorification des succès, dans la compréhension des échecs.

Là se situe, je crois, la place spécifique de l'histoire des sciences dans l'enseignement des sciences. Depuis longtemps, l'Histoire générale occupait une place importante dans l'enseignement de la littérature, on n'imaginait pas pouvoir comprendre Montaigne en ignorant les guerres de religion du seizième siècle et le climat aquitain. Dans l'enseignement des sciences, l'histoire doit jouer un autre rôle, apporter une autre dimension à l'apprentissage des connaissances, ne plus se limiter à l'explication des grandes théories et à la bonne formulation des théorèmes ou des grandes lois physiques, mais faire pénétrer les élèves ou les étudiants dans la vie même de la science. Telle qu'elle est aujourd'hui, telle qu'elle était hier à ses successives étapes. Peu à peu faire comprendre la genèse des découvertes ou des inventions. Non seulement l'enseignement y gagne en profondeur mais plus encore en attrait : faire percevoir à l'élève ce qu'il y a de travail persévérant et de joies dans la recherche scientifique. Lors d'une récente émission télévisée, à l'occasion du transfert au Panthéon des cendres de Pierre et Marie Curie, Georges Charpak a très bien dit le prix de ces peines et la valeur de ces joies du chercheur.

Tout ce discours – qu'on me le pardonne – pour signaler une floraison d'ouvrages sur l'histoire des sciences. Chacun y trouvera à glaner, sans se limiter à l'astronomie car l'histoire nous invite plus souvent à transgresser les limites disciplinaires qu'à les respecter.

En tête de la liste de ce trimestre, le livre de Jacques ROGER, **Pour une histoire des sciences à part entière** (texte établi et présenté par Claude Blanckaert, postface de Jean Cayon ; 476 p. ; Bibliothèque Albin Michel–Idées 1995 ; 160 F). L'Auteur était un agrégé de lettres classiques qui avait soutenu une thèse sur "les sciences de la vie dans la pensée française du XVIII^{ème} siècle". L'heureuse conjonction de la curiosité et de la rigueur historique conduisit ce littéraire passionné par les problèmes de la biologie à consacrer toute sa carrière, qui fut longue et féconde, à de nombreuses publications dans ce domaine. Et comme Jacques Roger eut toujours en tête de donner à ses recherches un impact dans l'enseignement, nous pouvons profiter de son expérience. Il la résume dans le premier chapitre du volume, sous le titre "*Pour une histoire historique des sciences*". Il entendait réagir contre une conception superficielle de l'histoire des sciences (du genre anecdote sur la pomme de Newton ou récit hagiographique de la vie des savants). Même quand on s'oriente vers l'histoire des grands problèmes, il

faut se garder de ne mentionner que les réussites, il y a des grandes leçons à tirer des échecs.

Autres textes dans ce riche volume, par exemple "La théorie de la Terre au XVII^{ème} siècle", "Buffon et le transformisme", "Diderot et Buffon en 1749", etc.

Le centenaire de la mort de Pasteur est l'occasion de la publication de nombreux ouvrages parmi lesquels, faute d'être complet, je retiens trois titres. René DUBOS, dans son **Louis Pasteur, franc-tireur de la science** (Préface de Bruno Latour, traduction de l'anglais-USA par Elisabeth Dussauze ; 456 p.; éd La Découverte 1995 ; 150 F – Réédition complétée d'un livre paru en 1955 aux PUF) s'intéresse à un Pasteur qui "*personnifie la position prise par la science en 1850 : la technologie expérimentale y avait remplacé la philosophie de la nature.*" Rappelons d'ailleurs ce qu'en disait Pasteur lui-même : "*Cette merveilleuse méthode expérimentale dont on peut dire avec vérité, non qu'elle suffit à tout, mais qu'elle trompe rarement, et ceux-là seulement qui s'en servent mal*". Ainsi le chimiste expérimentateur expert va-t-il découvrir la dissymétrie moléculaire (dont Jean JACQUES nous a conté la passionnante histoire dans son livre **La molécule et son double**) ce qui enflamme son imagination : "*L'Univers est un ensemble dissymétrique, et je suis persuadé que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, est fonction de la dissymétrie de l'Univers ou des conséquences qu'elle entraîne... Le magnétisme terrestre... les deux électricités positive et négative ne sont probablement que les résultantes d'actions et de mouvements dissymétriques*". Je donne ces citations en souhaitant qu'elles donnent une petite idée de l'intérêt du livre de Dubos, un monument à la gloire de l'expérimentation scientifique ; jointe à l'imagination du chercheur, elle explique la fécondité de l'oeuvre de Pasteur.

Qui est encore illustrée par le livre que publie Françoise BALIBAR et Marie-Louise PREVOST **Pasteur, cahiers d'un savant** (258 p. grand format ; éd CNRS 1995 ; 265 F). L'ouvrage reproduit des pages significatives des cahiers d'expérience écrits de la main de Pasteur, écrits sur le vif, au laboratoire, dans la fièvre de la recherche. Le document photographique fait face à sa transposition imprimée et rendue parfaitement lisible. Rien qu'à feuilleter ces pages, on sent ce qu'il y eut de réflexion, d'inquiétude, d'angoisse même parfois, de joies aussi dans ce reflet authentique des longues journées de laboratoire. Des textes de présentation ont été rédigés par des spécialistes divers dont Françoise Balibar, Jean Jacques, etc. La réussite remarquable de cette édition fait souhaiter qu'elle soit imitée, on pense à ce que seraient des pages manuscrites de Marie Curie, de Jacques Monod, ...

Le troisième Pasteur que je vous recommande est celui de Daniel RAICHVARG, **Louis Pasteur, l'empire des microbes** (collection Découvertes-Gallimard n° 235 ; 144 p. ; 1995). Les deux volumes précédents ayant retenu toute notre attention sur les questions de méthode, pensons un peu aussi à la vie des savants. Or celle de Pasteur fut riche en événements passionnants, de la polémique sur la génération spontanée à la vaccination contre la rage. Raichvarg qui est un habile vulgarisateur, a su choisir et nous présenter de nombreux documents illustrant à merveille l'oeuvre et la vie du grand savant.

Il y a aussi des événements concernant l'histoire des sciences elle-même, comme la réédition du tome II de l'**Histoire Générale des Sciences** dirigée par René TATON qui était depuis longtemps épuisé. Le voici aujourd'hui, sous le titre **La science moderne de 1450 à 1800** (dans la collection Quadrige des Presses Universitaires de France ; 870 p.; 1995 ; 129 F). Le format est un peu plus petit que celui de l'édition originale qui date de 1958. L'ensemble de l'Histoire générale se trouve ainsi disponible, et c'est un ouvrage de référence, en quatre volumes et pour un prix plus abordable.

Après ou avant les livres, l'enseignement de l'histoire des sciences tire aussi profit des musées ou des expositions. Par exemple, celle de l'Observatoire de Paris sur **La longueur du mètre (1795-1995)**. Une très riche documentation y a été réunie par N.DALIES et S.DEBARBAT, allant de la mesure du méridien de Sourdon à Malvoisine par Picard (1670), aux mètre révolutionnaire, aux mesures de La Caille, Delambre et Méchain jusqu'au schéma de la fontaine à césium en fonctionnement à l'Observatoire de Paris depuis 1993, espace et temps étant désormais inséparables. La brochure-catalogue de l'exposition apporte à ceux qui n'ont pu visiter l'exposition une compensation appréciable. Une autre exposition, de très courte durée malheureusement, a eu lieu sur le thème **Le Globe et son image** à la Bibliothèque Nationale de France (galerie Colbert), en mai.

C.W.

CIEL DE NUIT par Robin Kerrod, traduit de l'anglais par Jean Aboudarkhan ; 160p.; éd Nathan 1994.

Ce livre nous rappelle que l'Astronomie reste une science d'OBSERVATION et son but semble atteint : une présentation soignée, des repérages faciles, une présentation progressive des objets célestes et une qualité de photos et de dessins irréprochable. De l'hémisphère Nord à l'hémisphère Sud, nous pouvons découvrir un tour complet de l'Univers. Les nombreuses cartes célestes nous renvoient, grâce à des icônes expressives, vers de pages détaillées sur le Soleil, la Lune, les comètes, les astéroïdes... Ces pages sont riches d'histoire de l'astronomie, riches des dernières explorations spatiales, riches des dernières découvertes. Mais l'observation seule ne saurait suffire : des retours aux mythes gréco-romains et de brefs rappels historiques replacent l'astronomie dans la construction des sciences. Les figures mythologiques qui n'ont aucune réalité physique, le mouvement de la Terre autour du Soleil (et non l'inverse)..., autant de vérités actuelles, *mais suffit-il de le dire ?*

En bref, un livre d'astronomie pratique pour reconnaître et connaître ; il se lit comme un roman et s'utilise comme une encyclopédie (l'outil "carte mobile" est simple, efficace et bien conçu). A n'en pas douter, un livre qui plaira aux adolescents passionnés par les mystères du ciel.

Michel Royer

L'AIR DE NOTRE TEMPS, le climat, les hommes et les molécules par Gérard LAMBERT ; collection "Science ouverte", 252P.; éd Seuil 1995 (130 F)

Dans un court prologue, Pierre-Gilles de Gennes nous invite à prendre au sérieux les mesures effectuées par Gérard Lambert grâce auxquelles *"il construit le passé et le présent de nos climats sur des bases solides"*. Car mieux vaut en effet une bonne information sur la science de l'atmosphère et des océans que la plongée à l'aveugle dans le brouillard des catastrophes annoncées par la presse à sensation.

LE SOLEIL, LE GRAND HORLOGER DE LA TERRE dossier réalisé par Lucienne GOUGUENHEIM et Jacqueline LAVAUD - Collection Textes et Documents pour la Classe n°691, mars 1995 ; 38 p. (20 F).

L'étude astrophysique de notre étoile conduit à tous les grands problèmes de l'astrophysique qui sont illustrés par des documents en couleur. Les données sont évidemment actualisées, comme par exemple sur la couronne solaire. Le sous-titre est un clin d'oeil à une expression du temps des lumières mais elle prend, dans la science d'aujourd'hui tout son sens. On sait démontrer le fonctionnement interne de l'horloger et maintenant la sonde Ulysse, après un périple un peu compliqué (avec un tel pilote !), vient le surveiller sur ses pôles. Ce TDC contient évidemment une bibliographie bien adaptée avec mention des publications CLEA.

LE GUIDE DU CIEL 1995-1996 par Guillaume CANNAT ; 240 p. ; éd Nathan 1995.

Ce guide donne le programme complet des spectacles célestes d'avril 1995 à juin 1996 ainsi que des conseils pratiques aux observateurs, débutants ou non, en particulier pour le bon usage des instruments d'observation. Premier conseil pour la photographie astronomique.

ATLAS DE L'ASTRONOMIE par Joachim HERRMANN, traduit de l'allemand par Yvonne SERIES ; version française revue par Martine Meslè-Gribenski et Michèle Sénéchal-Couvercelle. Collection "Encyclopédies d'aujourd'hui" ; 288 p.; Le livre de poche "La Pochothèque" (75 F)

Toute l'astronomie dans un très petit volume. Une typographie de caractères très petits mais très lisibles ; les schémas en couleur sont très clairs. On doit souligner le prodige de faire tenir tant d'information sous un aussi petit volume.

PHASES ET ECLIPSES de la Lune aux étoiles. Document vidéo (durée 21 minutes), collection Bâtisciences, référence 340DC903 (100 F) - CRDP Languedoc-Roussillon - CNED.

Un document pédagogique pour expliquer les phénomènes des phases et des occultations pour le couple Terre-Lune et pour les planètes. Application ensuite aux étoiles variables dites "à éclipses".

EPPUR SI MUOVE les mouvements de la Terre et leurs conséquences. Document vidéo (durée 15 minutes). Collection Bâtisciences référence 340DC830 (100 F) – CRDP Languedoc-Roussillon – CNED

On se propose d'expliquer ce qu'on observe puis comment ces apparences s'interprètent par les mouvements de la Terre.

LA LUMIERE DES NEUTRINOS

par Michel CRIBIER Michel SPIRO et Daniel VIGNAUD ; collection "Science ouverte", 320 p.; éd Seuil 1995 (160 F)

Quel beau sujet ! En traitant de "*la plus petite particule de matière jamais imaginée*", on passe en revue tous les problèmes actuels de l'astrophysique, de la cosmologie et de la physique des particules en revivant les grands événements scientifiques du dernier quart de siècle. Car les chercheurs sont très actifs dans ces domaines et depuis 1970 il ne se passe pas d'année sans grand changement. On comprend que les trois auteurs de ce livre, physiciens des particules et astrophysiciens, aient eu plaisir à se réunir pour en discuter. On imagine des débats souvent animés, toujours passionnants et la rédaction qui en porte le reflet est d'autant plus vivante.

Pour nous, au CLEA, ce sujet n'est pas neuf. Il y a douze ans, – c'était le 22 janvier 1983 – Evry Schatzman nous avait révélé toutes les questions soulevées par les neutrinos solaires (Cf **Cahiers Clairaut** n°21 été 1983 et 22 automne 1983). Notre Président d'honneur concluait son brillant exposé en nous promettant de vastes prolongements grâce aux futurs détecteurs de neutrinos alors en projet. En douze années, il y a eu en effet de fantastiques avancées et le livre actuel en prend un singulier relief.

Les Auteurs, en bonne connaissance de l'étendue du sujet et des questions difficiles à aborder, ont voulu éviter l'aridité d'un exposé trop théorique ou austèrement encyclopédique. Ils ont choisi d'en structurer les grands thèmes autour d'événements comme la supernova du Grand Nuage de Magellan (23 février 1987) ou des problèmes théoriques, Big Bang et matière invisible. Le lecteur est ainsi entraîné de progrès en découvertes et au bout des 300 pages il se trouve un peu ahuri mais satisfait, ayant acquis plus de familiarité avec le modèle standard de constitution de la matière et persuadé, comme les Auteurs, que "*le modèle des quarks est trop beau pour être faux*".

J'ouvre une parenthèse sur le style de nos excellents vulgarisateurs. Au départ, j'étais un peu réticent devant certaines imprudences de rédaction. A propos de la dernière phase d'évolution d'une supernova, écrire "*La mort est brutale et l'âme de l'étoile se disperse à jamais dans l'Univers*", cette "dispersion d'âme" me paraissait pour le moins incongrue. Mais, finalement, je dois reconnaître que certaines audaces sont souvent ici plus plaisantes et favorables à la compréhension que contraires à la rigueur généralement exigée d'un texte scientifique. Au total, ce livre de haute vulgarisation s'adresse à un public de lecteurs qui doit savoir faire le tri et retenir l'essentiel, ici une information très sûre.

Passons donc en revue – forcément trop rapide – les douze chapitres qui, dans une large mesure, pourraient être lus indépendamment les uns des autres. Je ne sais attribuer à l'un des auteurs plutôt qu'à tel autre tel chapitre. Il y a uniformité de style, ce qui s'explique par des relectures collectives. Malgré cela, en cherchant bien, on trouverait dans le chapitre n ce qu'on croit avoir déjà lu dans le chapitre n-x (avec $x > 0$) ; est-ce une redite ? On s'aperçoit souvent que la remarque présentée au rang n-x prend plus de sens au rang n.

"*L'invitation au voyage*" part donc, le 23 février 1987, par le repérage visuel tout à fait imprévu de la supernova du Grand Nuage de Magellan. Événement considérable pour les astrophysiciens car le phénomène s'est produit dans la "banlieue" de notre Galaxie, à 150 000 années de lumière seulement donc beaucoup plus proche que les supernovae observées dans les galaxies lointaines. Mieux encore, on a vérifié qu'avant même l'observation visuelle et photographique de l'éclat de l'explosion stellaire, la détection d'une brève mais intense bouffée de neutrinos émis en quelques secondes a été observée, enregistrée, dans les récepteurs conçus à cet effet et installés, l'un au Japon, l'autre aux Etats-Unis. Grâce à cette bouffée de neutrinos, prévue par la théorie mais encore jamais observée auparavant, nous avons pu en quelque sorte vivre l'explosion de l'étoile massive (le phénomène

supernova) en direct avec, pour seul retard, le "décalage horaire" des 150 000 années de lumière qui nous séparent du Grand Nuage de Magellan.

Les neutrinos sont des particules presque insaisissables. Conçues ou si l'on veut inventées par Pauli en 1930, dans l'indifférence générale, elles sont adoptées par Fermi en 1933 qui leur donne leur nom définitif mais elles ne seront effectivement découvertes qu'en 1956 par Reines et Cowan. Pourquoi cette naissance aventureuse ? Principale raison, ces particules ne réagissent avec presque rien ; pensez, alors que les photons produits au centre du Soleil mettent peut-être un million d'années pour en sortir, les neutrinos produits en même temps que ces photons sortent du Soleil et quelques secondes. Et comment les saisir ? Certains traversent toute la Terre sans être en rien troublés, un flot de neutrinos nous traverse à tout moment sans réaction de notre organisme. Et pourtant leur existence a paru nécessaire à Pauli pour équilibrer le bilan énergétique de la radioactivité β (pensez que pour résoudre la même difficulté Niels Bohr proposait tout simplement d'abandonner le principe de la conservation de l'énergie, c'est à dire remettre en cause toute la physique). Si les neutrinos ont une masse, elle sera certainement très petite et on ne sait répondre à ce sujet ni par oui ni par non, mais si cette masse existe, aussi minime soit elle, par leur nombre les neutrinos peuvent équilibrer le bilan massique de l'Univers, la masse de l'ensemble des neutrinos serait la fameuse "masse cachée".

En nous faisant suivre l'aventure des neutrinos depuis les années 1970, nos Auteurs nous promènent dans les grandes questions scientifiques d'actualité, le modèle standard dit du "Big Bang", les phases de la nucléosynthèse c'est à dire de la formation des "corps simples" de notre chimie. L'évolution des étoiles, celle de notre Soleil en particulier, sont aussi des domaines où interviennent les neutrinos. Ceux-ci sont présents dans notre corps, ne serait-ce que par les traces infimes de potassium-40 que nous contenons; sa radioactivité naturelle nous fait émettre en toute innocence 4000 neutrinos par seconde. Question : le fait que le neutrino soit lévogyre a-t-il joué un rôle dans la synthèse de la vie qui est marquée par la chiralité de ses molécules ?

Excusez, lecteur, et la longueur de cette note et son désordre ; je voudrais être complet et j'ai l'impression d'escamoter l'essentiel. Vérifiez, allez au livre.

J'ai encore à dire. Après avoir raconté l'histoire du neutrino (chap.9), épisode passionnant de l'histoire de la physique des particules, le chapitre 10 portrait de famille avec neutrinos mérite une attention particulière. En ce qui me concerne, au lendemain de la découverte effective du sixième quark, le top t , le moment me paraît bien venu d'acquiescer une certaine familiarité avec ce petit monde merveilleux des particules élémentaires (et qui resteront élémentaires tant qu'on n'aura pas trouvé moyen de les dissocier en morceaux plus élémentaires encore). Ce tableau de famille est un précieux document à conserver, à admirer, à bien connaître.

Il couronne beaucoup de coûteux efforts. Il a fallu construire le LEP (collisionneur électro-positron) au CERN de Genève pour avoir l'assurance qu'existent trois catégories de neutrinos associés aux trois leptons que sont l'électron, le muon et le tau, et trois seulement. Ces énormes machines sont indispensables pour nous aider à comprendre enfin ce que signifient les deux concepts de matière et d'énergie que, depuis Einstein, nous avons appris à lier. Le livre se termine par un chapitre sur la grande unification, le rêve peut-être inaccessible des physiciens. Les neutrinos, particules de matière peut-être sans masse seront-elles des clefs qui nous manquaient pour comprendre cette étrange machine qu'est l'Univers ?

G.W.

REEDITIONS

Astronomie, méthodes et calculs, exercices corrigés par Agnès ACKER et Carlos JASCHEK ; collection "De Caelo", 304 p. ; 3^{ème} édition Masson 1995 (179 F) – la première édition ne comptait que 212 pages.

Les Constantes universelles par Gilles COHEN-TANNOUDJI ; collection "Questions de science", 144 p. ; éd Hachette 1995 (59 F). Cette collection qui fut un temps coéditée par la Cité des Sciences et de l'Industrie, prend un nouveau format livre de poche et à cette occasion réédite ce livre vraiment remarquable sur les constantes de la physique.

Le dialogue Enseignants-Astronomes est perfectible

Nous aurions préféré ne trouver que des qualités à l'album "HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE" récemment publié aux PEMF (Publications de l'Ecole Moderne Française) par les frères Delobbe. D'abord, parce que les Histoires de l'Astronomie spécifiquement pédagogiques ne sont pas légion, et qu'il y avait presque une lacune à combler. Ensuite, parce que les auteurs nous avaient fait l'amitié de nous envoyer leur premier manuscrit, en nous demandant de le critiquer, ce que nous avons essayé de faire dans un esprit constructif. Deux Oronte auraient-ils alors rencontré deux Alceste? Toujours est-il que le dialogue a tourné court, sans pouvoir apporter à la publication finale une réelle amélioration.

L'ouvrage est pourtant attrayant, bien illustré, et en maint endroit sa lecture est agréable. Les pages sur l'astronomie préhistorique, antique et médiévale, de loin les meilleures, seront appréciées. De nombreux encadrés, avec de bons schémas, clarifient des notions telles que précession, parallaxe, etc... Glossaire et index sont bienvenus en fin de texte.

Mais il y a un déséquilibre chronologique, puisque le XIX^{ème} et le XX^{ème} siècles n'occupent qu'un huitième du volume. Quelle que soit la fascination de Stonehenge, des dieux égyptiens Nout et Shou, et des enluminures de Sainte-Hildegarde, est-il satisfaisant de passer en 6 pages de Laplace et d'Herschel au Télescope spatial - qui n'est évoqué d'ailleurs que sous le seul aspect de son acrobatique réparation?

Soit qu'elles nous aient échappé, soit que les auteurs les aient maintenues, ou rajoutées, il y a beaucoup d'erreurs:

- une même étoile ne passe pas au sud toutes les nuits à la même heure; elle y passe un peu plus tard chaque nuit (page 3)

- la vraie valeur de la distance Terre-Soleil est d'environ 12 000 rayons de la Terre (p. 19) (c'est 23 500)

- selon les anti-coperniciens, toutes les planètes y compris la lune, tournent autour du Soleil (p. 31)

- en 1846, les astronomes s'aperçoivent que Jupiter n'est pas la seule planète à avoir des satellites (p. 41) (à cette date, on en connaissait déjà 7 à Saturne et 2 à Uranus, découverts de 1655 à 1789)

- il y a une orbite qui manque entre Mars et Saturne (p. 41)

- la fusion de deux noyaux d'atome d'hydrogène forme un noyau d'atome d'hélium (p. 44)

- la densité des poussières interstellaires peut varier de 3000 particules par m³ à 10 000 particules par cm³ (p. 44) (à travers un tel brouillard de grains interstellaires, on ne verrait pas les étoiles. Il y a probablement confusion avec le nombre de molécules du gaz, par unité de volume; les particules de poussière sont au moins 10¹⁰ fois plus rares).

Le mélange entre dispersion et diffraction, à propos de la décomposition de la lumière par un prisme (p. 37) est fâcheux. D'autres passages, où il n'y a pourtant pas d'inexactitude au sens strict, sont fort déroutants, ainsi page 40: "Ce n'est qu'en 1727 que Bradley découvre une preuve indirecte du déplacement de la Terre. Il observe la position d'une étoile proche par rapport à celles qui l'entourent: elle semble décrire une petite ellipse due justement à ce déplacement de la Terre". Ces quatre affirmations sont certes exactes. Mais présenter ainsi la découverte de l'aberration, ce n'en est pas moins créer toutes les conditions d'une confusion entre l'ellipse de parallaxe (que Bradley chercha vainement) et l'ellipse d'aberration (qu'il a trouvée). Combien y aura-t-il de lecteurs, en effet, pour faire le rapprochement avec l'encadré de la page 43, qui dit à juste titre que la première parallaxe stellaire date de 1838? L'ellipse observée en 1727 n'avait donc rien à voir avec la proximité de l'étoile - proximité que Bradley ne pouvait d'ailleurs que supposer, et qui est invoquée ici le plus maladroitement du monde. Alors qu'il suffit, on le sait, d'un parapluie pour faire comprendre très concrètement ce qu'est l'aberration annuelle, avec sa propriété d'affecter toutes les étoiles indépendamment de leur distance (voir plusieurs articles fort clairs dans les Cahiers Clairaut, notamment de G. Walusinski; ainsi que la biographie de James Bradley par R. Barthalot dans un récent "Ciel et Espace").

Que dire, enfin, de la sphère céleste de la page 7, avec un beau zodiaque colorié, défini dans la légende comme "l'ensemble des constellations voisines de l'écliptique"? - pourquoi pas, mais ce que l'on voit sur la figure, ce ne sont pas les constellations, ce sont les signes; et là où il y a écrit BELIER se trouve actuellement la constellation des POISSONS, etc... Nous l'avions dit: il fallait faire glisser l'ensemble d'une trentaine de degrés pour suivre la précession (pourtant bien expliquée à la page 20), faute de quoi cette figure est une figure pour astrologues.

La liaison Enseignants-Astronomes - raison d'être même du CLEA a suffisamment mal fonctionné en l'occurrence, pour que nous souhaitions poser ici quelques questions. Le rôle des astronomes est-il de cautionner, un peu malgré eux, des ouvrages dont ils n'ont vu qu'une ébauche très partielle, cependant que leurs suggestions et objections vont pour une bonne part à la trappe? Le rôle des enseignants est-il de publier - même à un niveau élémentaire - sur des sujets qu'ils ne maîtrisent pas tout-à-fait, et de sacrifier eux aussi à la tendance, déjà trop générale, à déverser du flou, du négligé et du superficiel?

René Dumont (Observatoire de Bordeaux)

Jean-Pierre Brunet (Observatoire Midi-Pyrénées)

UN COMPAS A ELLIPSES ... ?



Où placeriez-vous les clous ? et la ficelle ?

Nommez le grand axe :

le petit axe :

les foyers :

Est-ce que l'on peut tracer un cercle en utilisant les mêmes instruments que pour l'ellipse ?

Peut-on dire qu'un cercle est une ellipse particulière ?

Un cercle est connu quand on a son centre et son rayon . Que doit-on se donner pour déterminer une ellipse ?

Comment tracer d'autres ellipses ? On conserve la même longueur de ficelle : que peut-on changer d'autre ?

Comment comparer l'aplatissement de deux ellipses ? Essayez de trouver une grandeur qui augmente quand l'ellipse s'aplatit et qui diminue quand l'ellipse devient plus ronde .

On voudrait représenter les orbites de Mars et de la Terre à la même échelle : ce sont des ellipses dont l'un des foyers est au centre du Soleil .

Voici des renseignements : Terre : $a = 1 \text{ UA}$
 $e = 0,017$

Mars : $a = 1,524 \text{ UA}$
 $e = 0,093$

échelle : $1 \text{ UA} \mapsto 5 \text{ cm}$

et on suppose que les grands axes des deux orbites sont colinéaires .

Lorsque Mars est "en opposition", il y a alignement Soleil-Terre-Mars ; quelle est la plus courte distance Terre-Mars lors d'une opposition ? et la plus grande ?

L'éclat d'un astre est inversement proportionnel au carré de sa distance à l'observateur : $E = k / d^2$

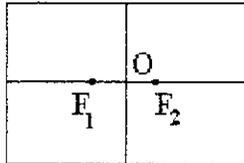
Comparez les éclats de Mars lors d'une opposition proche et lors d'une opposition lointaine .

MODE OPERATOIRE

Pourquoi s'occuper des ellipses en astronomie ?... Qui a découvert cela ? (parler de Képler , Tycho Brahé , Copernic) . Savez-vous en tracer avec 2 clous et une ficelle ?

Pour avoir un fil de 20 cm fixé aux épingle : enfoncer les 2 épingle sur le côté de la planche à 20 cm l'une de l'autre . Nouer le fil sur chaque épingle par 4 à 5 noeuds , fil tendu . A la fin mesurer la valeur réelle de la longueur du fil tendu sans excès et la noter ($L = \dots$)

Placer la feuille sur la planche , tracer ses lignes médianes et placer les épingle en F_1 et F_2 telles que $OF_1 = OF_2 = 5 \text{ cm}$:



Tracer l'ellipse fil tendu sans excès en contrôlant l'angle du stylo par rapport au plan de la feuille : légèrement incliné vers l'extérieur de l'ellipse .Changer le fil de côté quand c'est nécessaire ...

Appellations : $A_1 A_2 = 2a$; $B_1 B_2 = 2b$; $F_1 F_2 = 2f$

Comment définir une ellipse ? C'est une courbeformée d'un ensemble de pointsqui sont placés de telle sorte que $MF_1 + MF_2 = ?$

Faire écrire une définition mathématique de l'ellipse .

Les élèves répondent ensuite aux questions de leur feuille .

Faire tracer 2 autres ellipses avec la même longueur de fil mais des foyers (pourquoi on les appelle foyers ?) plus rapprochés F'_1 , F'_2 et des foyers plus éloignés F''_1 , F''_2 .

Pourquoi obtient-on les mêmes points A_1 et A_2 ? Montrer la propriété $A_1 A_2 = L$

Quand les foyers sont plus proches , l'ellipse est-elle plus aplatie ou moins ? Est-ce normal ?

Et si l'on plaçait les foyers le plus loin possible ?...

Excentricité : sens du mot ...

Si l'on fait intervenir b : a/b ou b/a sont-ils satisfaisants ? ...

Si l'on fait intervenir f et a : valeur de f/a dans les cas extrêmes ...

$e = f/a$: mesurez l'excentricité des ellipses que vous avez tracées : e , e' , e''

Facultatif : faire découvrir la propriété (et la faire noter) que $B_1 F_1 = a$ d'où l'on tire $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$

La 2ème partie est l'objet d'un autre TP

Représenter à la même échelle les orbites de la Terre et de Mars : laisser les élèves se débrouiller avec les données de la feuille .

Aide éventuelle : pour placer les foyers de la Terre et de Mars , calculez f pour chaque cas

(on trouve pour la Terre $f \mapsto 0,09 \text{ cm} \sim 1 \text{ mm}$ et pour Mars $f \mapsto 0,7 \text{ cm}$; $2a \mapsto 10 \text{ cm}$ pour la Terre et $15,2 \text{ cm}$ pour Mars)

Pour les éclats lors des deux types d'opposition : $E' = 3,3 E$ ou $E = 0,3 E'$.

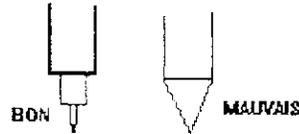
MATERIEL POUR TP ELLIPSE EN 1ère L

par élève : 1 planchette bois

2 épingles de signalisation
1 morceau de fil de couture noir
1 feuille A4



1 stylo terminé par un fût cylindrique
(genre Pilot V5 ou stylo-mine) : avec un bout conique le fil glisse



1 règle graduée 30 cm
1 équerre (on peut s'en passer)

au bureau : bobine de fil noir (se voit mieux sur le papier blanc)
épingles de signalisation
ciseaux
1 marteau
1 mini-pince ou une tenaille (pour éventuellement enlever les épingles enfoncées trop vigoureusement)

A propos des kits: **Pour la mesure de la constante solaire** (nouvel épisode)

A notre très grand regret, nous devons annuler ici l'information parue dans le précédent numéro des Cahiers. La société contactée s'était engagée à réaliser les kits sur un devis qu'elle nous avait soumis et que nous avons accepté; ceci nous avait permis d'annoncer les prix indiqués. La société vient de revenir sur ce devis, proposant une augmentation de prix qui nous a paru excessive et non justifiée. Nous avons donc décidé de retirer définitivement la diffusion du kit de la liste des produits CLEA. Nous le regrettons d'autant plus que nombreux ont été les acquéreurs de l'instrument à nous signifier leur satisfaction.

C'est l'occasion pour nous de rappeler ici le mode de fonctionnement du CLEA et de son Groupe de Recherche Pédagogique: le matériel pédagogique réalisé et diffusé résulte d'un travail d'équipe, reposant sur un total bénévolat, à tous les niveaux. Nous sommes particulièrement attachés à ce que les membres du CLEA puissent ainsi acquérir des outils pédagogiques de qualité et bon marché.

Nous recherchons actuellement une solution à la diffusion du kit extérieure au CLEA.

Pour le CLEA, la Présidente, Lucienne Gouguenheim

Chronique du C.L.E.A. – Courrier des Lecteurs

PREMIERE ANNONCE – L'Assemblée générale 1995 du CLEA aura lieu le dimanche 19 novembre 1995 à Strasbourg. L'organisation sera assurée par les Amis du Planétarium.

L'inscription préalable est demandée aux participants pour faciliter l'organisation en particulier celle du repas de midi et éventuellement une réservation d'hôtel. Inscription à adresser au Planétarium de Strasbourg, rue de l'Observatoire, 67000 Strasbourg (tél 88 21 20 44) avec chèque de 50 F par personne, comportant le repas ; pour toute réservation d'hôtel, prendre directement contact avec le Planétarium dès que possible, la ville de Strasbourg, siège du Parlement européen, étant souvent lieu de congrès.

NOUVELLES EAAE – La première circulaire de l'Association Européenne pour l'Enseignement de l'Astronomie (EAAE) a paru en janvier. Elle traite de la répartition des tâches entre les organisateurs de la conférence de fondation qui aura lieu en 1995 et qui devra adopter les statuts définitifs. Cette conférence inaugurale aura probablement lieu en Grèce, ou sinon en Italie.

Le premier numéro de **EAAE Newsletter** est prévu pour paraître en mai.

VOLCANS DU SYSTEME SOLAIRE – Le monde fascinant des volcans sera à l'honneur au Planétarium de Strasbourg à compter du 19 mai 1995. Des fureurs de la Terre aux immenses volcans martiens et vénusiens, de la "Ceinture de feu" aux mystérieux mécanismes volcaniques des satellites Io et Triton, des méthodes d'exploration des volcanologues aux découvertes des sondes spatiales Viking, Magellan et Voyager, le Planétarium de Strasbourg conduira le public à la découverte des "Forges de Vulcain" et des volcans du système solaire.

Exposition réalisée en collaboration avec l'ADIS (Association de Diffusion de l'Iconographies Scientifique) animée par le volcanologue François Le Guerne.

Quatre maquettes originales (planète Mars–Olympus Mons, Mont Erebus, Hawaï) illustreront les liens étroits qui existent entre chaque planète concernée par le volcanisme...

TERRE ET UNIVERS – Pratique de l'Astronomie et des géosciences dans les nouveaux programmes : université d'été 1995 du 9 au 16 août 1995 à l'Observatoire astronomique d'Aniane (Hérault) organisée par l'Institut des Sciences de la Terre, de l'Eau et de l'Espace de Montpellier (ISTEEM) et le Géospace observatoire d'Aniane. Renseignements en écrivant au Geospace observatoire d'Aniane, 929 rue d'Alco, 34080 Montpellier ; tél 67 03 49 49 ; Fax 67 75 28 64

RECHERCHE DE PATERNITE – Pour répondre complètement à une question qui lui a été posée, notre Collègue Géraud Bazin, de Reims, nous demande quelle est l'origine des symboles affectés aux planètes, par exemple dans les Ephémérides du Bureau des Longitudes.

- A-t-on utilisé ces symboles avant Erasmus Reinhold (1550) ?
- La relation avec les symboles alchimiques est-elle antérieure à cette date ?
- Quelle est l'origine du symbole d'Uranus ?

Les réponses des lecteurs du CLEA seront les bienvenues.

ERRATA – Dans le Courrier du Cahier 69 de printemps, nous avons écrit "Ce n'est pas en 1995 que Huygens aurait découvert les anneaux." L'Ami Carmagnole me fait gentiment remarquer que Huygens, c'est Titan qu'il a découvert, pas les anneaux que Galilée avait observés et dessinés aussi bien que sa médiocre lunette lui permettait de les voir.

Notre Collègue Pichereau, de Saint-Yriex, nous rappelant que pour tout x positif

$$\pi/2 = \arctan x + \arctan 1/x$$

il n'y a rien d'anormal à ce que cette égalité soit vraie pour $x = 1995$

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

CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 1995. :

Cotisation simple au CLEA pour 1995	30 F
Abonnement simple aux <i>Cahiers</i> n° 69 à 72	120 F
Abonnement aux <i>Cahiers</i> n°69 à 72 ET cotisation au CLEA pour 1995	150 F
Contribution de soutien au CLEA (par an)	50 F
Le numéro des <i>Cahiers</i> (port compris)	40 F

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

COLLECTIONS DES *CAHIERS CLAIRAUT*

C1. Collection complète du n° 1 au n° 68 (990 F - 1100 F)

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

C90. à C94. Collection 1990, 91, 92, 93 ou 94 (chaque 90 F - 100 F)

N-B. Comme pour toutes les publications 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.

FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

N-B. Le stock de certains de ces fascicules est en voie d'épuisement ;
avant de passer commande, s'assurer que le numéro désiré est
encore disponible

1. L'observation des astres, le repérage dans l'espace et dans le temps (20F - 25F)
2. Le mouvement des astres (25F - 30F)
3. La lumière messagère des astres (30F - 35F)
4. Naissance, vie et mort des étoiles (30F - 35F)
5. Renseignements pratiques, bibliographie pour l'astronomie (25F - 30F)
- 5 bis . 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)

PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

- 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)

Commandes à adresser au service librairie, Planétarium de Strasbourg.

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

Dépot légal : 1er trimestre 1979
Numéro d'inscription CPPAP 61660