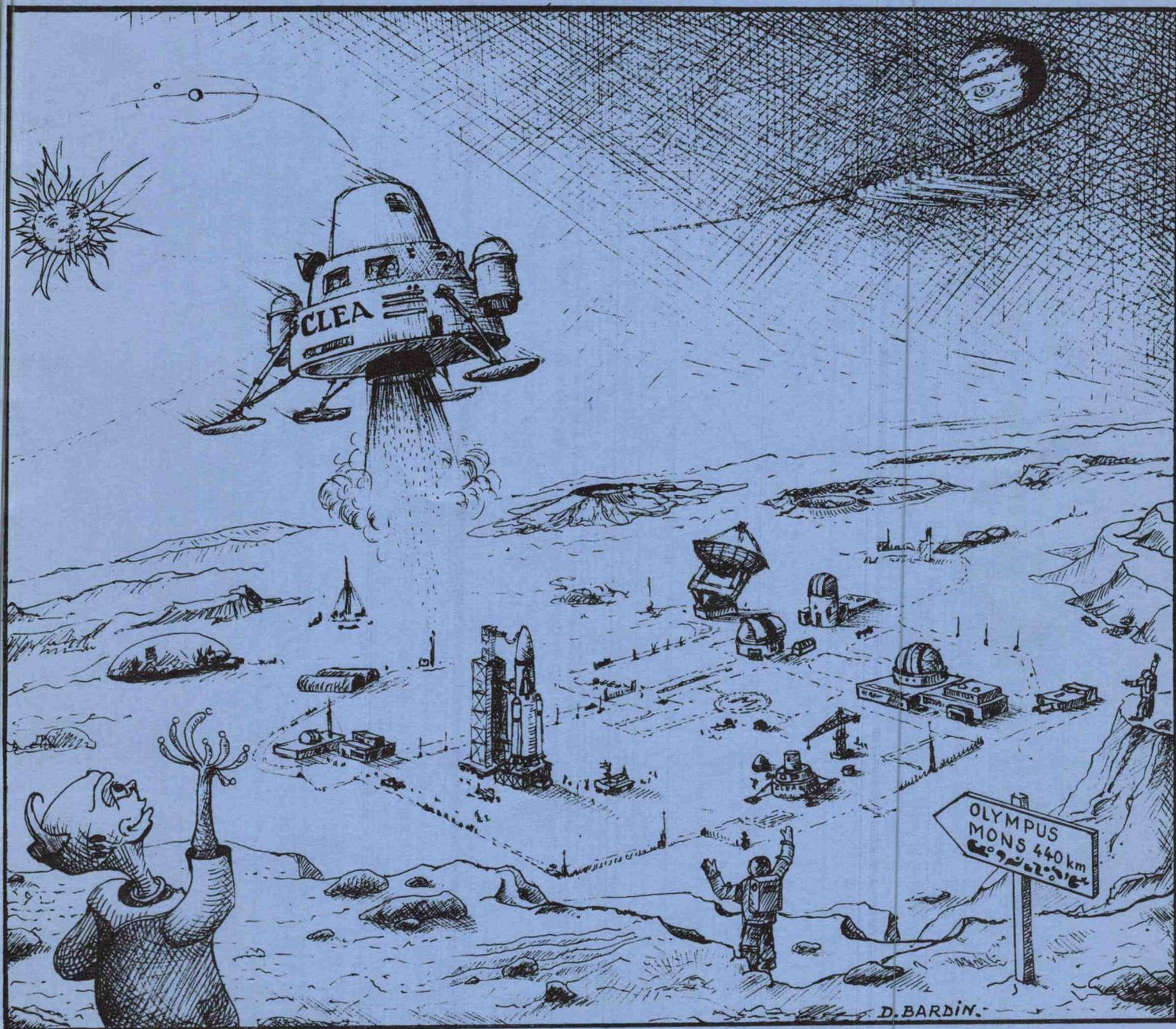


# les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison enseignants et astronomes



N° 66 - ETE 1994

ISSN 0758-234 X

# Le CLEA- Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

---

---

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

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

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

---

---

## **La liste des publications du CLEA**

---

---

### **figure en pages 3 et 4 de la couverture**

---

---

#### Bureau du CLEA pour 1994

*Présidents d'honneur* : Jean-Claude PECKER  
Evry SCHATZMAN

*Présidente* : Lucienne GOUGUENHEIM

*Vice-Présidents* : Agnès ACKER  
Marie-France DUVAL  
Hubert GIE  
Jean RIPERT  
Jacques VIALLE  
Catherine VIGNON

*Secrétaire-trésorier* : Gilbert WALUSINSKI

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

## LES CAHIERS CLAIRAUT

Été 1994

	Page
Le cratère d'impact météoritique de Rochechouart-Chassenon .....	2
Comment faire connaître le site de Rochechouart-Chassenon .....	13
Zéro-G .....	14
Un petit problème de gnomonique .....	17
La méridienne de la loggia di San Giovanni à Udine .....	18
Lectures pour la Marquise .....	31
A propos du cadran bifilaire .....	37
Chronique du CLEA - Courrier des lecteurs .....	39

### ÉDITORIAL

Nous ouvrons ce soixante sixième numéro des Cahiers avec un article qui réjouira les adeptes de la pluridisciplinarité - géologie et planétologie se rencontrent à propos d'un "astroproblème". Merci à Claude Marchat.

Jacques Vialle a beaucoup de cordes à son arc : après avoir traduit en anglais une grande partie des publications du CLEA - ce qui a permis d'en assurer une première diffusion, encore modeste, au planétarium de Delhi - il vient de terminer pour nous la traduction d'un article en italien de notre collègue et amie Nicoletta Lanciano. Nous espérons pour un prochain numéro un article de lui sur le beau travail de la conquête de Mars par des enfants - le programme ARES dont un aperçu nous a été donné à la Rochelle lors de la dernière Assemblée Générale du CLEA.

Merci encore à François Biraud qui nous raconte son vol en impesanteur ; à Martine Bobin et à Annie Laval pour leur contribution à la rubrique de la Marquise.

Le CLEA rencontre tour à tour des succès et des échecs. Pas d'Université cet été : le Ministère a fait savoir à l'équipe d'Orsay qu'il a pour politique de changer les thèmes et les équipes... Tant pis pour le nouveau matériel pédagogique dont nous envisagions de faire profiter de nouveaux stagiaires ! Le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA était partagée entre le découragement et l'obstination. En définitive une partie du GRP a décidé de se retrouver cet été à Gap pour réfléchir à son avenir, à l'utilisation du nouveau matériel, au bilan provisoire de l'option de sciences expérimentales, à la mise en route de nouveaux produits. Comme souvent par le passé, cette rencontre reposera sur le bénévolat, puisqu'elle se fait sans aucun moyen financier.

Nous sommes heureux, par contre des échos positifs que nous recevons à propos de nos productions, et en particulier des fiches pédagogiques CLEA-Belin et de la diffusion faite par le CLEA des documents contenus dans ces fiches, à l'usage des élèves. Le hors série n°4 des Cahiers sur l'astronomie en 4ème vient - enfin! - de sortir.

Bonnes vacances à tous.

La Rédaction

# **Le cratère d'impact météoritique de Rochechouart-Chassenon**

**Claude Marchat** Animateur géologie-environnement

La région de Rochechouart - Chassenon, à cheval sur les départements de la Haute - Vienne et de la Charente (schéma 1), possède une originalité qui a longtemps intrigué les géologues. En effet, il existe là des formations de roches inhabituelles sur le terrain des plateaux du Limousin. Ces formations sont constituées d'éléments rocheux anguleux liés par un ciment naturel. Dénommées "brèches", par les premiers auteurs (1808), nous savons aujourd'hui qu'elles sont le résultat de l'impact d'une météorite géante au Jurassique inférieur, il y a environ 165 à 200 millions d'années.

Comment les géologues ont-ils interprété l'origine de ces brèches ? Quelles sont leur nature et leur répartition ? Que peut-on dire de cet impact ? Quels sont les apports scientifiques de l'étude des impacts ? Quelles sont les caractéristiques de l'astroblème de Rochechouart et quelles perspectives d'avenir du site ? Telles sont les questions auxquelles nous allons tenter de répondre.

## **I - HISTORIQUE DE L'EVOLUTION DES INTERPRETATIONS GEOLOGIQUES :**

C'est dans la "Statistique de la FRANCE", publiée en 1808, qu'est mentionnée pour la première fois l'existence des brèches de Rochechouart.

Jusqu'à il y a une trentaine d'années, les géologues considéraient ces roches d'origine soit volcanique, soit tectonique, soit sédimentaire.

Sur la carte géologique au 1/80 000 publiée en 1967, feuille de Rochechouart, deux types de formations bréchiques sont reportés : les brèches de Chassenon et Montoume (du nom de deux villages de la région) d'origine volcanique, les autres brèches d'origine tectonique.

Mais la même année, F. KRAUT souligne des analogies entre les brèches de Chassenon et les suévites du RIES (Allemagne). Il émet alors l'hypothèse de la naissance de l'ensemble des formations bréchiques par impact d'une météorite géante. L'indice majeur qui le guide vers la solution de l'énigme géologique est la présence fréquente, au sein des éléments des brèches observés au microscope, de cristaux de quartz clivé qui présentent une alternance de zones claires et de zones sombres correspondant à des plans de dislocation très rapprochés, caractéristiques d'un effet de choc.

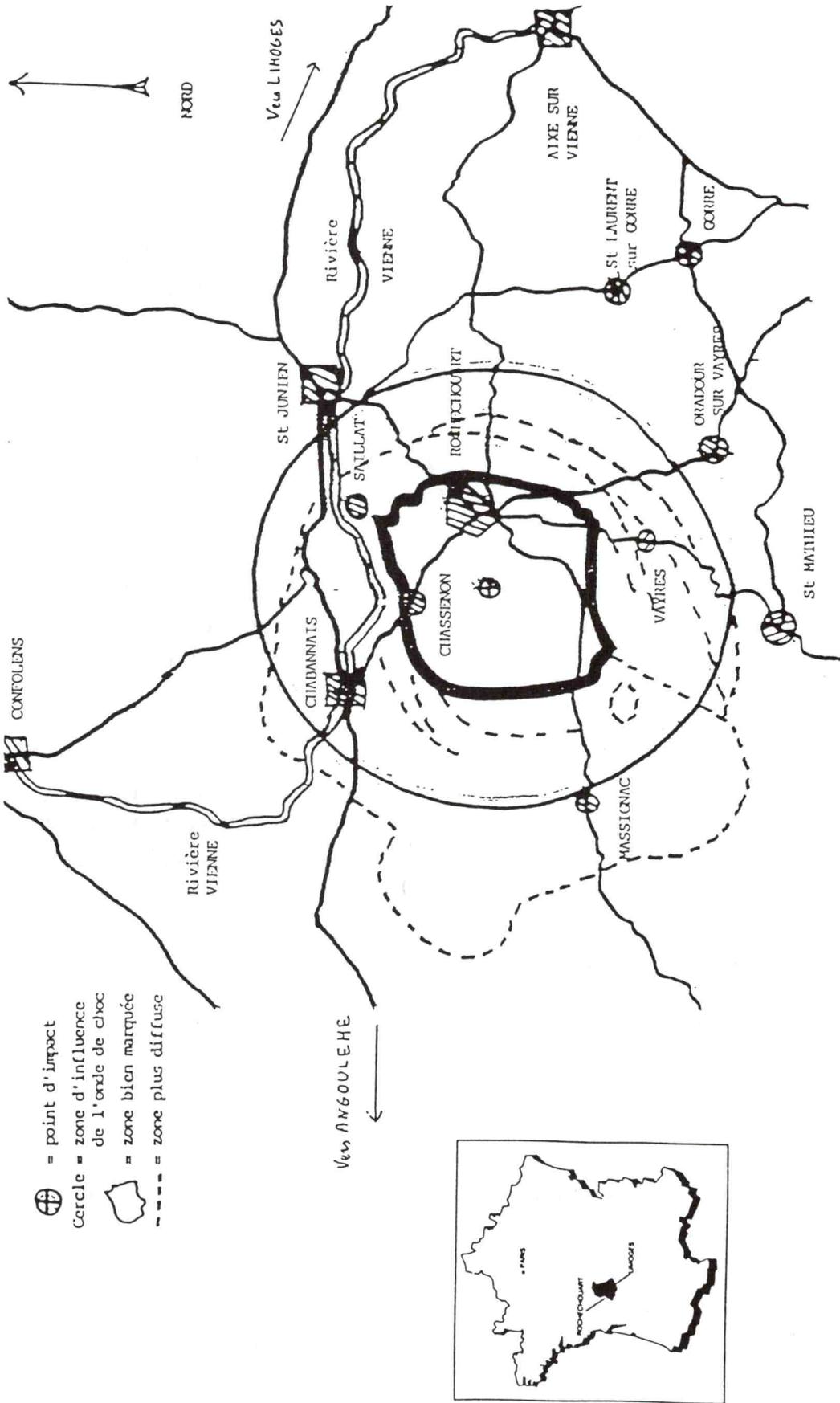


Schéma 1 : Zone géographique du cratère actuel - Interprétation d'une photo satellite, d'après Ph. LAMBERT

En 1969, F. KRAUT découvre des cônes de percussion (shattercones) dans un filon de microgranite. C'est le deuxième indice de métamorphisme de choc. Il retient définitivement l'hypothèse impactique des brèches de Rochechouart - Chassenon, hypothèse confirmée en 1972 par les travaux de E. RAGUIN, Pr. à l'Ecole des Mines de PARIS.

Enfin en 1974, 1977, dans deux thèses, Ph. LAMBERT confirme la réalité de l'astroblème de Rochechouart. Il apporte aussi des informations nouvelles sur la taille du cratère, son âge, sur la nature de la météorite et sur les phénomènes de choc dûs à l'impact.

Puis jusqu'à 1988 seuls des scientifiques étrangers se sont intéressés à Rochechouart ; leurs travaux (en particuliers ceux du Pr BISCHOFF, Université. de MUNICH) ne sont pas encore publiés.

## II - NATURE ET REPARTITION DES DIFFERENTS TYPES D'IMPACTITES, CONDITIONS DE FORMATION :

Au voisinage de l'impact de la météorite les roches cristallines du socle ont été partiellement fondues. Il s'est formé une brèche, où de petits morceaux de roches sont enrobés dans un ciment vitreux, qui ressemble à une roche volcanique. Plus loin le socle cristallin a volé en éclats et poussière qui sont retombés et se sont agglomérés en brèches clastiques.

A l'origine, le cratère avait une forme circulaire. Le fond plat était entièrement recouvert de brèches sur une épaisseur de 60 à 80 m. L'érosion, plus intense depuis le plissement alpin (19 à 20 millions d'années) a profondément modifié la structure du cratère dont on ne voit plus la forme. L'érosion a donné lieu à un exemple original d'inversion du relief : c'est essentiellement sur les plateaux que l'on trouve les lambeaux de brèches dispersés sur une surface elliptique de 12 km de grand axe pour 10 km de petit axe. Entre ces lambeaux, l'érosion a mis à nu le socle cristallin fortement disloqué sous l'effet de l'impact.

Les brèches peuvent être classées en deux familles :

- **les brèches polygéniques** dans lesquelles les éléments sont constitués de différentes sortes de roches,
- **les brèches monogéniques** dans lesquelles les éléments sont constitués d'une seule sorte de roche.

## **A - LES 4 TYPES DE BRECHES POLYGENIQUES :**

Sur le terrain, il est possible de distinguer 4 types différents de ces brèches dont la répartition est bien ordonnée (schéma 2).

### **1°) Brèches de type BABAUDUS (impact melts) :**

Au centre de l'astroblème, se trouvent des brèches polygéniques à fort taux de fusion. Leurs éléments sont petits, peu abondants et constitués de roches cristallines variées par suite d'un brassage important. Elles ont un aspect de roche volcanique, riche soit en vacuoles de toutes tailles, soit en microlites d'orthose. Elles se caractérisent géochimiquement par leur caractère ultra potassique (10,2 %  $K_2O$  en moyenne) et leur fort enrichissement en Nickel, en moyenne 40 fois plus que dans le socle granito - gneissique, Nickel provenant de la météorite. Ce type de brèches s'est formée à une température de 3 000 à 4 000°C et sous une pression de 600 à 800 kb (centre de l'impact).

### **2°) Brèches de type ROCHECHOUART : sans verre :**

Elles se situent tout autour des brèches précédentes dans un rayon de 6,5 km. Ce sont des brèches de retombées dont les éléments de nature variée ont une taille allant de 1 cm à 1 m. Le ciment clastique, sans verre, est formé de fins débris et de poussières de roches. Ce sont de loin les plus abondantes. Projetées dans le nuage d'explosion, elles sont retombées au fond du cratère où elles se sont soudées. Les meilleurs affleurements se trouvent à Rochechouart : ce sont le piton du château et le grand rocher situé sous le Roc du Boeuf.

### **3°) Brèches de type CHASSENON : brèche clastique et localement vitreuse :**

Elles surmontent localement les brèches type Rochechouart dont elles se distinguent par des éléments globalement plus petits et surtout par la présence de fragments de verre qui sont d'une teinte verte caractéristique. Les fragments vitreux proviennent de la zone d'impact et sont mêlés aux débris de roches pour former un type de brèches de retombées que l'on trouve essentiellement aux alentours de Chassenon. Elles sont surmontées elles-mêmes par des dépôts très finement lités, constitués de cendres et de très petits débris de verre, qui correspondent aux ultimes retombées.

### **4°) Brèches de type MONTOME: à pâte mixte :**

Elles couronnent la colline de Montome et se distinguent immédiatement de toutes les précédentes par leur teinte rouge. Ces brèches sont riches en verre et reposent directement sur le socle. La pâte est constituée d'un mélange de verre et de poussières. Du verre est également présent sous forme de fragments. La teinte rouge traduit une richesse anormale en fer, probablement due à une contamination par la météorite. Cependant, leur position excentrée pose un problème d'interprétation.

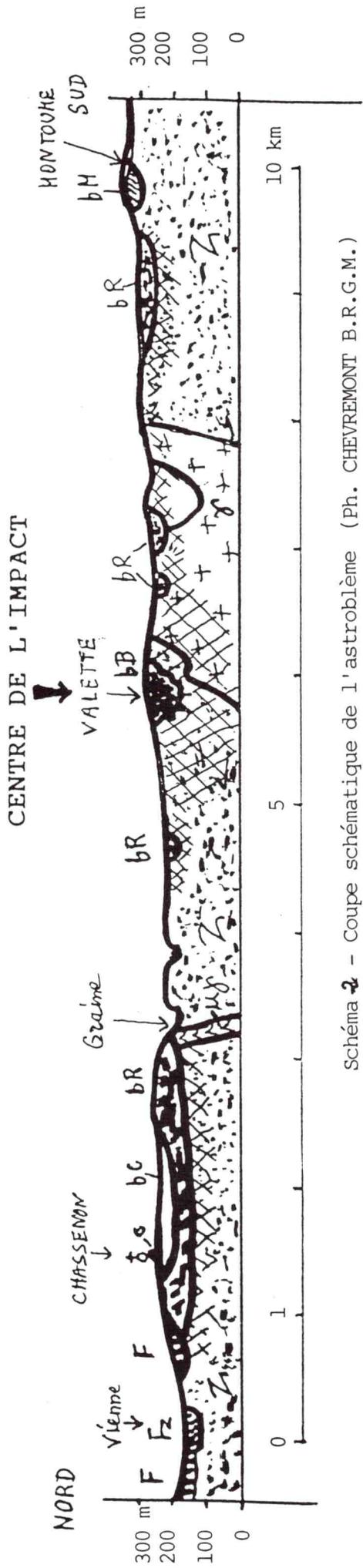


Schéma 2 - Coupe schématique de l'astrolème (Ph. CHEVREMONT B.R.G.M.)

Formations postérieures à l'impact

- Fz alluvions récentes
- F alluvions anciennes

IMPACTITES

- c - cendres
- brèches polygéniques
- de type : bC Chassenon
- bR Rochechouart
- bM Montoume
- bB Babaudus

Autres effets de l'impact

^ cônes de percussion

- brèches monogéniques (de dislocation)

Roches cristallines  
(socle hercynien)  
antérieures à l'impact

granite fin (filon)

granite  
gneiss

## **B - LES BRECHES MONOGENIQUES :**

Il s'agit rarement de brèches de retombées et généralement de brèches de dislocation ou de fragmentation situées dans le socle cristallin sous le plancher du cratère. Elles s'observent sur toute l'étendue de l'astroblème, là où l'érosion a enlevé les brèches polygéniques qui les recouvraient initialement. Les éléments sont constitués de la même roche finement broyée.

Une carrière, proche de Rochechouart, permet d'explorer en 3 dimensions des lambeaux de brèches monogéniques et le socle cristallin sous-jacent, constitué de paragneiss et de diverses roches magmatiques intrusives, fortement fracturé avec un développement intensif de pseudotachylites (verre formé par friction sans fusion) et de brèches hydrothermales (à quartz, carbonates, sulfures) liées à l'impact.

## **C - LES CONES DE PERCUSSION (shattercones) :**

Ils sont présents dans un rayon de 2,5 km autour du point d'impact au sein des roches cristallines adéquates (microgranites essentiellement). La hauteur des cônes varie entre 1 et 20 cm. Ils se forment dans les roches choquées à 250 kb. leurs pointes sont tournées vers le haut et vers le centre des structures d'impact.

## **III - LE PHENOMENE D'IMPACT DE METEORITE ET SES CONSEQUENCES :**

Le schéma 3 résume les phases principales d'un impact.

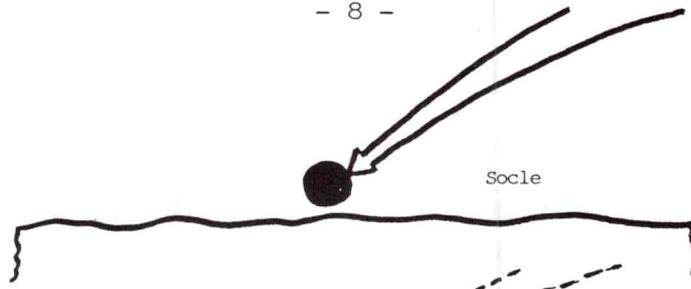
En ce qui concerne l'astroblème de Rochechouart, Ph. LAMBERT (1974), estimant le diamètre du cratère à un minimum de 20 km, a calculé certaines caractéristiques de la météorite et de l'impact.

Il obtient :

\* Energie libérée à l'impact :  $E = 1,2 \cdot 10^{28}$  ergs, égale à l'énergie cinétique de la météorite ( $E = 1/2 mv^2$ )

\* La vitesse de la météorite au moment de l'impact était au minimum de 20 km/s (cas général = 20 à 50 km/s)

I - Arrivée de la Météorite  
(20 km/s)



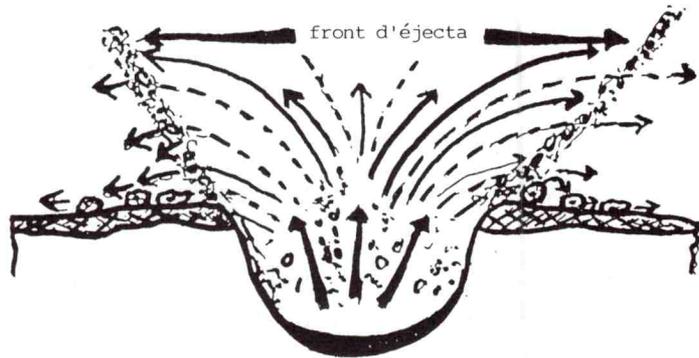
II - Impact  
t = 0



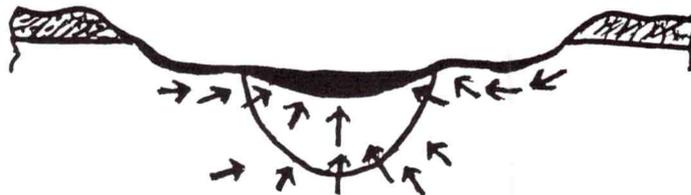
III - La météorite se vaporise  
t = 0,2 s  
p = 5 millions kb  
T° = 10 000°C



IV - Phase principale  
d'éjection  
t = < 2s



V - Phase finale de la  
formation du cratère  
t = 10 mn



↑ = détente

Schéma 3 représentation d'un impact de Météorite

( d'après David, Gall, Hüttner Kavasch, Pohl et Stöffler )

- \* La densité de la météorite = 3,4 (sidérite)
- \* Sa masse =  $6.10^9$  tonnes
- \* La masse correspondrait à une sphère de 1,5 km de diamètre
- \* 13 km<sup>3</sup> de socle ont été vaporisés
- \* 66 km<sup>3</sup> de socle ont été fondus

L'énergie libérée par l'impact de la météorite correspond à 1 000 fois celle libérée par les plus violents séismes jamais enregistrés (magnitude 9 sur l'échelle de Richter) soit à un séisme de magnitude 11 sur la même échelle.

La catastrophe naturelle provoquée par l'impact a dû être considérable. Les scientifiques qui travaillent sur le cratère du RIES, dans le sud de l'ALLEMAGNE, qui est de taille analogue, estiment que toute vie y a été rayée dans un rayon de 500 km par suite des phénomènes suivants : onde de choc dans l'air (quelques millièmes de seconde avant l'impact) puis une explosion, effet de souffle, émissions de vapeurs toxiques, nuée ardente, séisme.

#### **IV - LES APPORTS SCIENTIFIQUES DE LA RECHERCHE SUR LES IMPACTS DE METEORITES :**

Le développement rapide de cette recherche depuis les années 60 se poursuit de pair avec le développement des connaissances sur les effets de choc dans la matière, et avec les progrès de l'exploration spatiale.

L'évolution des conceptions des interactions entre la terre et les petits corps du système solaire a ouvert de nouveaux horizons à la géologie (planétologie, physique du solide) et à la paléontologie.

##### **A - PLANETOLOGIE :**

Le phénomène d'impact est général, il intéresse les surfaces planétaires et celle de tous les objets célestes. La densité d'énergie mise en jeu est colossale, et ses effets dépendent très peu de la nature du socle de la cible. La zone d'impact a un aspect en anneaux concentriques proéminents très caractéristiques. De ce fait le géologue a les moyens d'interpréter ces phénomènes à la surface des planètes, d'après les connaissances acquises sur leurs équivalents terrestres.

Le bombardement météoritique provoque une érosion de surface des astres, petits ou gros. C'est le seul processus géologique actif pour la majorité d'entre eux, à part des exceptions comme la Terre.

Les grands impacts peuvent déclencher le volcanisme (le volcanisme lunaire leur est dû en grande partie). Le cratère de Sudbury (CANADA) en est une manifestation authentique sur terre.

Ils sont des agents de pétrogénèse et leur rôle a probablement été primordial lors de l'accrétion des planètes de notre système.

## **B - PHYSIQUE DU SOLIDE : effets de choc**

La densité d'énergie dans la zone d'impact est beaucoup plus élevée que celle qui est mise en jeu dans tous les autres phénomènes naturels connus ou obtenus par expérimentation. On observe donc dans le cratère d'impact un domaine de contraintes et de déformations inhabituel, domaine où le solide tend à se déformer comme un gaz.

L'ordre de grandeur atteint par les paramètres physiques induit un métamorphisme de choc très différent du métamorphisme classique. Dans le métamorphisme classique le temps de compression est de l'ordre du million d'années, la pression ne dépasse pas 20 kb, la température 1 000 °C. Les compressions statiques sont prépondérantes, la mise en pression extrêmement lente. Dans ces conditions des réactions chimiques se produisent entre les minéraux présents et l'équilibre chimique est atteint ou au moins approché. Enfin la compression orientée suivant une direction préférentielle se traduit par une texture orientée de la roche.

Dans le métamorphisme de choc au contraire la pression atteint des milliers de kilobars, la température plusieurs milliers de degrés et la durée est largement inférieure à la seconde. Dans ces conditions peu de réactions chimiques ont le temps d'avoir eu lieu et il se produit majoritairement des transformations physiques. Par ailleurs le phénomène est isotrope.

Les modifications pétrographiques dues à ce métamorphisme sont extrêmement importantes. Pendant la montée en puissance du choc les altérations rocheuses varient de l'intense fracturation à la fusion et à la vaporisation. Des phénomènes exceptionnels peuvent se produire comme la transformation de roches en verre à l'état solide, sans fusion.

Les fortes pressions provoquent l'apparition de formes cristallines rares ; ainsi le quartz est transformé en partie en stishovite et coésite au delà de 80 et 300 kb respectivement.

Dans quelques cas exceptionnels il peut se former des diamants d'impact sur le graphite des gneiss quand la pression atteint 500 à 700 kb (Popigai en Sibérie).

Et ce ne sont que quelques exemples des transformations qui peuvent être provoquées par le choc d'une météorite.

### **C - PALEONTOLOGIE :**

Les impacts de météorites ont des conséquences climatiques importantes sur tout ou partie de la Terre en rapport avec la taille du cratère.

Les perturbations ainsi entraînées peuvent être à l'origine de disparitions massives d'espèces tant animales que végétales. Par exemple, les grandes extinctions de la limite Crétacé - Tertiaire, il y a 65 millions d'années, sont peut être le résultat de l'impact d'une ou plusieurs météorites dont les cratères n'ont pas encore été clairement identifiés.

Un champ de recherche important est ouvert aux paléontologues.

### **V - CARACTERISTIQUES DE L'ASTROBLEME DE ROCHECHOUART :**

Par rapport aux autres cratères d'impact terrestres, Rochechouart revêt un caractère exceptionnel grâce à un niveau d'érosion qui permet de "voir" le socle immédiatement sous la limite du fond du cratère et les lambeaux de brèches subsistantes qui tapissent le fond du cratère. En ce sens il est complémentaire des structures plus jeunes (Ries, ALLEMAGNE ; Popigai, SIBERIE ...)

Rochechouart a été la première structure d'impact érodée et le premier cratère terrestre de plusieurs kilomètres dont le projectile a été identifié (Ph. LAMBERT 1974) comme étant une sidérite. En 1981, des chercheurs allemands ont détecté de très fines particules d'un alliage de métaux : fer (75 %), chrome (17 %) et nickel (8 %) dans des fissures de roches situées immédiatement sous le plancher du cratère. La composition de cet alliage est probablement très proche de celle de la météorite.

### **VI - CONCLUSION :**

Les travaux de levé de la carte géologique de la France au 1/50 000, feuille de Rochechouart, effectués de 1988 à 1993 par Ph. Chévremont (SNG. BRGM Orléans) et J.M. Floc'h (laboratoire de géologie université de Limoges) ont provoqué un regain d'intérêts de la part des scientifiques français mais aussi étrangers.

Comme beaucoup de problèmes restent à résoudre des programmes de recherche sont en cours d'élaboration. Le champ de recherche est vaste aussi bien dans les domaines pétrographiques et minéralogiques que dans les domaines géologiques. Des études géologiques de terrain vont s'étendre aux terrains sédimentaires proches (Poitou - Charente) qui n'ont pas été étudiés à ce jour. L'étude systématique de coupes verticales à l'aide de sondages amèneront probablement des connaissances nouvelles sur le phénomène et sur son extension exacte.

L'astroblème de Rochechouart - Chassenon devrait devenir un terrain privilégié d'étude et de recherche pour les étudiants en Science dans différentes disciplines. Sa situation géographique, presque centrale par rapport aux universités françaises, rend son accès facile. Mais surtout il est unique en France et est l'un des rares sites, sinon le seul au monde, où il est possible d'observer toute la gamme des effets de choc provoquée par impact de météorite géante.

Enfin, actuellement, seul un public restreint accompagné par les animateurs en géologie de l'association Pierre de Lune peut avoir accès au site (scientifiques, enseignants, étudiants, élèves du secondaire dans le cadre de classes ou d'ateliers de géologie, géologues amateurs, ...). En effet, il n'est pas évident, pour un public non averti, de bien saisir toute l'importance de l'événement et de l'interpréter sur le terrain.

Donc, pour le plus grand nombre, il faudra attendre que soit mise en place toute une infrastructure destinée à lui faciliter la compréhension et l'accès à ce phénomène exceptionnel qui appartient à notre patrimoine géologique national.

#### **BIBLIOGRAPHIE :**

- \* Ph. CHEVREMONT Une météorite en France (Pour la Science 1993)
- \* J et W.D. KAVASCH The Ries Météorite Crater (éd. anglaise 1986) Ries Krater Museum Nördlingen
- \* Ph. LAMBERT La structure impactique de ROCHECHOUART. Effet des ondes de choc (Thèses 1974 et 1977)
- \* E. RAGUIN Les impactites de ROCHECHOUART (Bulletin du B.R.G.M. (2<sup>e</sup> série) section 1, N°3 - 1972)
- \* W. V. STOFFLER Petrologische Untersuchungen im Ries (Géologica Bavaria, 61 ; München - 1969)
- \* S. VICHNEVSKII (1991) The Popigai astroblema (non publiée) Branche Sibérienne de l'Académie des Sciences Novosibirsk (Sibérie)

## **Comment faire connaître le site de Rochechouart-Chassenon**

Le caractère exceptionnel de l'astroblème de ROCHECHOUART, qui est aussi, actuellement, l'unique site français d'impact de météorite géante, fait qu'il doit maintenant sortir du domaine scientifique pour entrer dans le domaine public. Pour cela, il est nécessaire de procéder dans un premier temps à la protection de ce site fragile, puis de prévoir des aménagements permettant un accès en toute sécurité du public.

Des personnes de diverses origines professionnelles, dont des universitaires, des chercheurs, des enseignants, des géologues se sont regroupés dans une association : PIERRE DE LUNE. Ses buts sont de protéger, de valoriser, de faire connaître le site de ROCHECHOUART, mais aussi, d'une manière plus générale, toutes les richesses géologiques de la Haute-Vienne. Nous considérons que ces ensembles géologiques sont une mémoire de la Terre où s'inscrit à la fois l'histoire de la Terre et celle de l'Homme. En ce sens, il s'agit d'un véritable patrimoine au même titre que le patrimoine culturel et que le patrimoine naturel, LE PATRIMOINE GEOLOGIQUE.

Elément phare de ce patrimoine, l'astroblème de ROCHECHOUART représente le premier objectif que s'est fixé PIERRE DE LUNE. Quelques exemples d'actions en cours :

- \* Etude des mesures et des moyens de protection et d'aménagement du site avec l'aide du Ministère de l'Environnement et le réseau GEOCOM.

- \* Etude pour la création d'un outil pédagogique tout public (Maison du Patrimoine Géologique à ROCHECHOUART) avec le soutien des collectivités territoriales.

- \* Développement des classes de géologie/environnement (CM1, CM2, secondaire) en accord avec l'Education Nationale.

- \* Préparation des assises scientifiques mondiales sur les impacts de météorites qui se tiendront à Limoges du 18 au 22 septembre 1994. Organisées par l'European Science Foundation sous la direction du Pr.U.SCHARER (laboratoire de géochronologie, Université Paris VII et I.P.G. Paris). Nous prévoyons une journée publique animée par le Pr.P.PELAS (laboratoire de minéralogie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris) et une intervention de Ph.CHEVREMONT (S.G.N. -B.R.G.M. Orléans). La date et le lieu seront annoncés par voie de presse.

- \* Travaux en collaboration avec le RIES-KRATER MUSEUM de Nordlingen (Allemagne) et étude d'un jumelage des deux sites.

- \* Création de circuits pédestres de Découverte Géologique.

- \* Création d'une route géologique concernant l'ensemble du site.

Il s'agit donc d'un programme très chargé dont la réalisation se déroulera sur 1994-95.

Toute personne souhaitant des informations ou des renseignements complémentaires peut nous écrire à Association PIERRE DE LUNE, à l'attention de Claude Marchat, Centre de Découverte de l'Environnement, Maison Familiale, 87150 CUSSAC (tél 55 70 96 88).

## Zéro-G

---

J'ai récemment eu l'occasion de réaliser un vieux rêve. Invité par le CNES, j'ai volé "en apesanteur" : éprouvant, mais passionnant !

Qu'est-ce que "l'apesanteur" ?

C'est devenu un spectacle banal de voir les cosmonautes gambader dans les stations spatiales, et nous savons que des matériaux nouveaux sont fabriqués "en apesanteur" (ou, plus scientifiquement, en "microgravité"). Mais qu'en est-il au juste ?

Comme tout cela se passe à proximité de la Terre, il n'est pas question de se soustraire à la pesanteur, qui n'est autre que l'attraction terrestre. Cette force de gravité continuera à affecter chaque particule du corps. En fait, on dira qu'un corps est en état d'apesanteur si sa *surface* n'est soumise à aucune force. Donc, en réalité, si la pesanteur est la *seule* force qui lui soit appliquée : curieux paradoxe !

On en déduit facilement comment réaliser cet état d'apesanteur : si aucune autre force ne lui est appliquée, le corps va décrire une orbite képlérienne autour du centre de la Terre.

Cas particulier : l'orbite circulaire. C'est à quoi nous ont habitués les vols spatiaux habités. L'apesanteur durera tant que la station spatiale restera en orbite. Mais c'est une solution chère ! Autre cas particulier : la chute libre vers le centre de la Terre, le long d'un rayon. Problèmes : en 20 secondes le corps sera déjà tombé de 2000 mètres, et sa vitesse aura atteint 200 m/s. Ce qui, de plus, n'est pas vrai du tout, car en une dizaine de secondes la résistance de l'air aura limité la vitesse de chute d'un corps humain à environ 65 m/s. La chute vraiment libre suppose donc que le corps soit à l'intérieur d'une enveloppe à qui on imposera la vitesse de chute libre.

### Les vols paraboliques.

Ces considérations nous conduisent à la solution qui est réellement adoptée pour obtenir de brefs séjours en apesanteur. Un avion pointe vers le ciel (en fait, à 50°) à sa vitesse maximum. Il "injecte" ainsi expériences embarquées, et expérimentateurs, sur une orbite elliptique très allongée. L'avion va alors se contenter de *suivre* cette trajectoire, qui va passer par un apogée puis redescendre vers le sol. Pour cela le pilote va jouer sur le manche pour maintenir à zéro un accéléromètre vertical (dans le repère de l'avion). Le mécanicien, lui, va jouer sur la manette des gaz pour maintenir à zéro un accéléromètre longitudinal. Ces accéléromètres sont de simples pesons constitués d'une bille attachée à un ressort <sup>1</sup>.

En fait l'ellipse est si excentrique ( $e = 0.99987$ ) qu'on va la confondre avec une parabole, d'où le nom de "vols paraboliques". Le schéma d'une telle parabole est donné dans la figure ci contre. Le déroulement est le suivant, avec les commentaires de l'ingénieur de vol :

---

<sup>1</sup>Pour ceux que la technique du vol intéresserait, le pilote se maintient donc, bien sûr, à une incidence presque nulle. Au sommet de la trajectoire l'avion est en dessous de sa vitesse de décrochage, ce qui est sans importance puisqu'il va la rattrapper lors du piqué. Quant au régime moteurs, il est proche du ralenti, la poussée ne servant plus qu'à compenser la traînée aérodynamique.

- "prochaine parabole dans une minute".
- "10 secondes, 5, 4, 3, 2, 1, cabré". L'avion monte alors à pleine puissance.
- "30°, 40°, injection". En quelques secondes, incidence et moteurs réduits, on se retrouve en apesanteur. Et 20 secondes plus tard :
- "30°, 40°, ressource".

(A partir de l'angle d'injection, 50°, et de la durée de la phase en apesanteur, 20 secondes, le calcul des différents paramètres de la trajectoire peut constituer un joli problème de terminale).

### Pendant le vol.

L'avion du CNES (ou plutôt de sa filiale *Novespace*) équipé pour ces vols est une vieille Caravelle de Sud-Aviation, basée à Brétigny-sur-Orge. Le vol auquel j'ai pu participer a duré deux heures et demie et nous sommes allés faire 30 paraboles au large de Quimper.

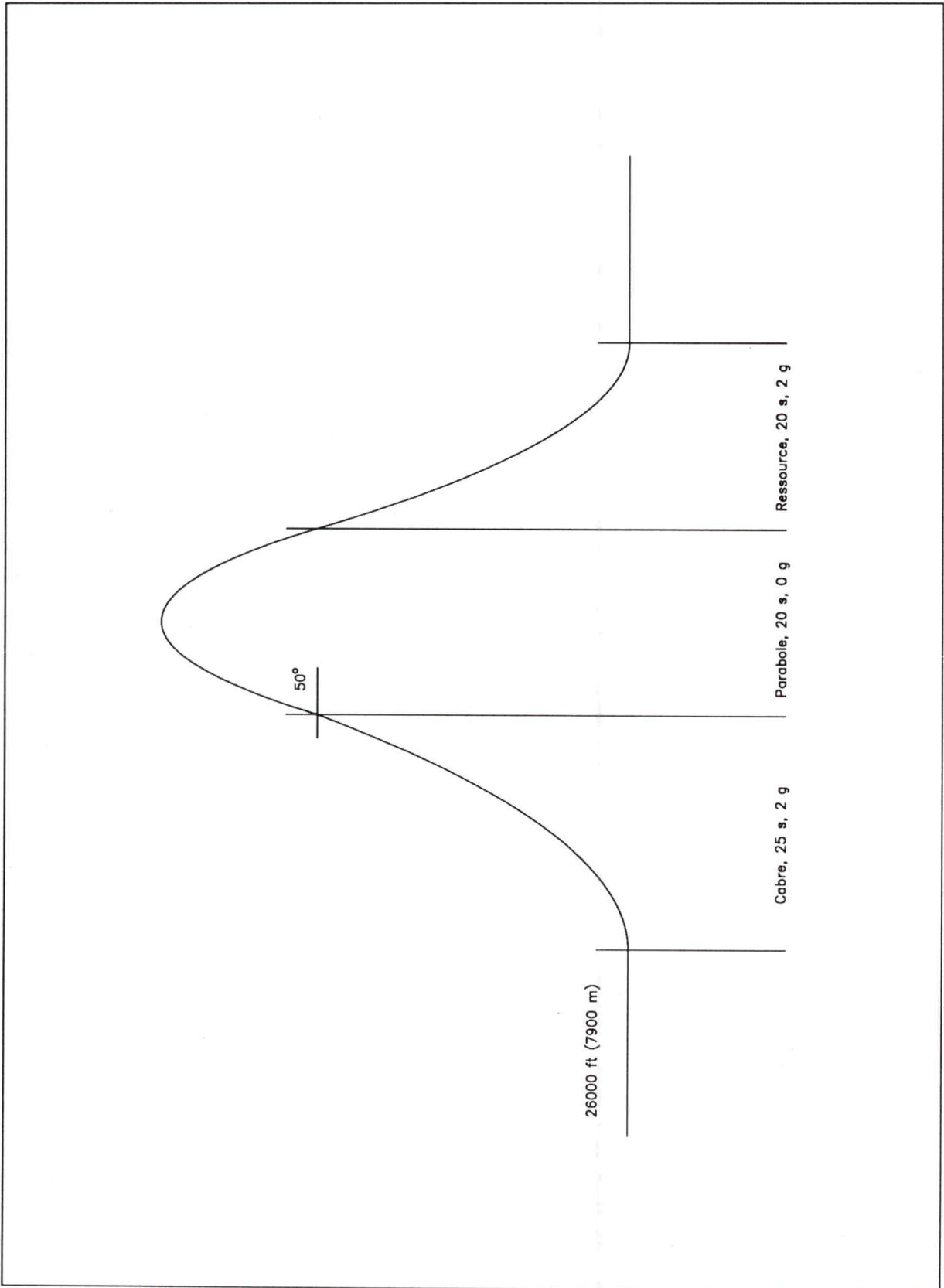
Donc, 30 fois 20 secondes d'apesanteur. En fait on garantit une accélération résiduelle  $\leq 0.02g$  ( $g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$ ), ce qui n'est pas négligeable : en 20 s, on peut se déplacer de 40 m par rapport à l'avion. On peut aussi atteindre par une technique un peu différente  $10^{-3}$  à  $10^{-4}g$ , mais seulement sur 10 s.

Mais aussi 30 cabrés et 30 ressources, le tout à  $2g$  ! Malgré une médication anti nausées, l'estomac y résiste mal... Il est arrivé que l'avion rentre sans terminer le vol, tous les expérimentateurs étant hors service ! Les causes profondes de ce "mal de l'espace" ne me semblent pas évidentes. Je pensais qu'on associait peut être l'apesanteur à l'idée de chute, mais il semble que non : on jouit pleinement de planer librement dans l'avion. Le désaccord entre les stimuli visuels et ceux provenant de l'oreille interne est certainement une des causes. On sait que les rotations de la tête, dans un repère inertiel, sont captées par les canaux semi-circulaires, situés dans 3 plans grosso modo orthogonaux (horizontal, frontal et sagittal). On résiste nettement mieux lorsque le plan de symétrie de la tête est dans le plan de la parabole. Pourquoi ? J'ai entendu évoquer la force de Coriolis, mais le rapport ne me paraît pas évident. Les idées des lecteurs seront les bienvenues !

En tous cas, il semble bien que nous n'ayions pas été créés en pensant aux vols spatiaux : les nausées sont dues à une malheureuse coïncidence, la proximité dans notre système nerveux des nerfs vestibulaires issus de l'oreille interne et des pneumogastriques commandant entre autres l'estomac... Dommage !

### A quoi servent les vols "zéro-g" ?

Essentiellement, à préparer les vols spatiaux. Un exemple : un ingénieur de l'Observatoire de Meudon a pu ainsi vérifier le déploiement d'une antenne très basse fréquence devant équiper un satellite astronomique. Cette antenne, un long ruban d'acier, ne pouvait bien sûr pas supporter la gravité terrestre. Le vol auquel j'ai participé comprenait une vingtaine de personnes : 8 membres d'équipage (commandant de bord et copilote, mécanicien, deux ingénieurs, un médecin et deux parachutistes d'essai qui veillent à tout) et les scientifiques de la demie douzaine d'expériences embarquées.



Trois de ces expériences étudiaient le comportement de flammes diverses, bien sûr très différent en apesanteur : pas de gravité signifie pas de poussée d'Archimède, donc pas de convection. Application évidente, l'allumage des fusées en microgravité. Un des investigateurs voulait aussi voir le comportement de ses flammes en gravité lunaire : nous avons donc effectué les 5 dernières paraboles (qui n'en étaient plus. Question à 10 Francs : calculer la trajectoire...) à 0.2g, et connu le plaisir de marcher sur la Lune ! Deux autres expériences portaient sur des cobayes humains. L'une sur la coordination des mouvements nécessaires pour diverses actions simples. Le sujet portait aux articulations des mires réfléchissantes dont la position était mesurée par triangulation par deux caméras vidéo. L'autre faisait partie de l'entraînement de Claudie André-Deshays. Cette cosmonaute française, médecin cardiologue, était la doublure de J.-P. Haigneré lors du dernier vol habité franco-russe en 1993 dans la station Mir, et volera à son tour sur le prochain en 1995. Elle répétait certains des gestes prévus dans sa mission : rien n'est laissé au hasard dans ce domaine ! En tous cas, on voyait vite qu'elle a, de l'apesanteur, une expérience... qui me manquait cruellement !

Enfin, deux animateurs de l'ANSTJ photographiaient des gouttes de divers liquides, posées sur diverses surfaces, pour mesurer l'angle de raccordement (dû à la tension superficielle) en apesanteur. Car des amateurs, ou des classes de lycée, par exemple, peuvent proposer des expériences en microgravité. Si elles sont faisables et originales, elles pourront voler sur l'avion zéro-g. Quelles expériences peut-on imaginer, qui présenteraient un intérêt pédagogique en Astronomie ? Avis aux amateurs ! Une suggestion, peut-être : voir concrètement comment tourne librement un corps à 3 axes d'inertie différents, comme un noyau de comète.

François Biraud

---

### Un petit problème de gnomonique.

Certains cadrans solaires portent des lignes dites "babyloniennes". Ce sont les lignes où se projette l'ombre de l'extrémité du style (ou mieux, la tache de lumière provenant de l'oeilleton qui lui est fixé) un certain temps (1 heure, 2 heures,...) après le lever du Soleil. Les lignes "italiennes" sont tracées sur le même principe par rapport au coucher.

Démontrer *simplement* quelle est la nature de ces lignes.

## LA MERIDIENNE DE LA LOGGIA DI SAN GIOVANNI A UDINE

Nicoletta Lanciano, Département de Mathématiques,  
Université de Rome "La Sapienza"  
(Traduction : Jacques Vialle)

Au nombre des méridiennes les moins "bavardes" d'Italie (et à plus forte raison d'Europe), avec un minimum d'ornements et d'inscriptions savantes, on peut ranger celle qui se trouve sous la Loggia di San Giovanni à Udine, dans le Frioul. Ses "voisines", celles du Palais de la Ragione, de la Tour de l'Observatoire Astronomique de Padoue et de la Vieille Bourse de Trieste sont beaucoup plus riches en signes et en indications astronomiques. Mais à Udine, l'oeillette à travers lequel passe le rayon solaire qui vient illuminer la méridienne aux alentours de midi est particulièrement élégant, percé dans un grand soleil rayonnant en métal bruni. Dans ce qui suit, nous accompagnerons une classe de Lycée dans sa découverte de la méridienne et dans les calculs menés par les élèves pour découvrir toute l'information cachée dans le tracé (1) (2).

### **1. DESCRIPTION DE LA MERIDIENNE**

La méridienne se trouve sous la dernière arcade de la Loggia di San Giovanni, Place de la Liberté, et elle est d'une extrême simplicité: une simple ligne gravée au centre d'un bandeau de pierre gris foncé, bordé de chaque côté d'un parement de pierre blanche.

Une partie seulement de la méridienne est tracée sur le sol de la Loggia ; le tracé se continue au Nord sur une colonnette de pierre blanche adossée au mur. De fait, en hiver, quand le Soleil est plus bas sur l'horizon, le rayon de midi tombe à une certaine distance du pied de gnomon, au delà du mur Nord de la Loggia. Il faut donc considérer en hiver l'intersection du rayon solaire avec ce mur. La ligne méridienne ne porte aucun signe ou graduation particuliers.

L'oeillette est ménagé dans une grande effigie du soleil en métal doré située sur le côté méridional de la Loggia et légèrement inclinée vers l'intérieur. Le pied du gnomon est matérialisé par une couronne de pierre bordée d'un parement rose et protégée par une grille.

### **2. NOTES HISTORIQUES**

La Loggia di San Giovanni remonte à la première moitié du XVIème siècle et la méridienne, oeuvre du Père Barnabita Stella, date de 1798, comme on peut le lire sur la paroi nord. Sur la colonne adossée à cette paroi, on trouve en effet l'inscription suivante :

**DECRETO  
SEPTENVIRUM  
UTINENSUM  
MDCCXCVIII**

On ne dispose d'aucune autre indication sur cette méridienne qui se trouve par ailleurs dans la province d'Udine, particulièrement riche en cadrans solaires.

### **3. FICHES DE TRAVAIL ET MATERIEL**

Chaque élève recevait une fiche de travail (voir documents en annexe) ainsi qu'une table de l'équation du temps (3) pour chaque jour de l'année (Table A) et une table des déclinaisons du Soleil lors de son entrée dans les signes du Zodiaque (Table B, à compléter en fonction de la latitude locale, arrondie à 46° dans le cas d'Udine). Ces tables ont servi pour les calculs développés ci-dessous.

Les élèves disposaient du matériel suivant :

- une échelle ;
- un rapporteur ;
- mètres à ruban ou pliants en bois ou en métal, de longueurs diverses et avec des précisions de lecture différentes ;
- craies de couleur ;
- calculatrices avec fonctions trigonométriques ;
- fil à plomb.

### **4. LES MESURES**

**4.1.** La hauteur de l'oeilleton par rapport au sol a été mesurée grâce à une échelle obligeamment prêtée par les services municipaux voisins et en posant un mètre métallique contre le bord de l'oeilleton. De ce bord au pied du gnomon matérialisé sur le sol, on trouve 442 cm  $\pm$  1 cm.

La mesure a été répétée pour vérification par deux élèves utilisant divers mètres. Comme la précision de lecture était de 0,5 cm, le mètre ruban a été comparé avec un autre mètre plus court mais dont les graduations étaient plus précises (0,1 cm).

La verticale du mètre était définie au moyen d'un fil à plomb.

**4.2.** La partie horizontale de la méridienne, mesurée à partir du pied du gnomon, est de 874 cm  $\pm$  1 cm.

**4.3.** La longueur du tracé vertical mesurée du sol au clou de bronze qui marque l'extrémité

de la méridienne est de 114,5 cm  $\pm$  1 cm.

**4.4.** "Pour trouver la longueur que devrait avoir la méridienne si elle était entièrement tracée sur un plan horizontal, il suffit d'additionner la longueur du tracé relevé sur le sol (8,74 m) et le produit de la longueur relevée sur la colonne (1,145m) par la tangente de 69,5° (angle que fait le Soleil avec la verticale du lieu, c'est à dire sa distance zénithale, au solstice d'hiver). On trouve :

$$3,06\text{m avec une erreur de }0,01\text{m}$$

dont on tire la longueur que devrait avoir la méridienne si elle était entièrement tracée sur le sol :

$$8,74\text{m} + 3,06 = 11,8\text{m} \pm 0,02$$

On peut aussi calculer directement cette longueur en faisant le produit de la hauteur de l'oeilleton au dessus du sol par la tangente de 69,5° :

$$4,42\text{m} \times \tan 69,5^\circ = 11,82\text{m}$$

**4.5.** La méridienne fait un angle de 50° avec le mur latéral de la Loggia.

## 5. CALCUL DES ERREURS DE MESURE ET VERIFICATIONS

On trouve pour les mesures de distance une erreur maximum de  $\pm$  4 cm sur les résultats. Pour les mesures d'angle, l'erreur vient de l'approximation faite sur la valeur de tan C. Les calculs ont été faits en conservant la deuxième décimale.

On rappelle que :

- pour une valeur résultant du produit ou du quotient de deux autres valeurs, l'erreur relative est égale à la somme des erreurs relatives de chaque facteur; l'erreur absolue est alors égale au produit de la valeur trouvée par l'erreur relative.

- l'erreur absolue d'une somme ou d'une différence est la somme des erreurs absolues de chaque terme.

On trouvera ci-dessous les calculs menés en classe par les élèves pour vérifier la méridienne, et en particulier la hauteur de l'oeilleton au dessus du sol.

\* HK= 1,145  $\pm$  0,005 (valeur mesurée directement)

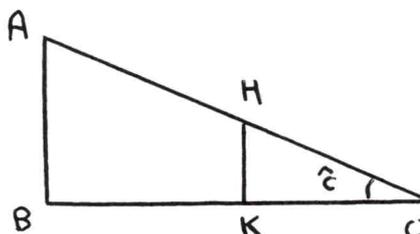
angle C= (90°-46°3')-23°27' = 20°30' = 20,5° (calcul d'après Table B)

$$\tan C = \tan 20,5^\circ = 0,3738 = 0,374$$

$$\Delta \tan C = 0,0002 \text{ (du fait de l'arrondi à la valeur supérieure)}$$

$$* KC = HK / \tan C = 1,145 / 0,374 = 3,06 \text{ (valeur calculée)}$$

$$\begin{aligned} DKC &= KC(\epsilon_{HK} + \epsilon_{\tan C}) = 3,06(0,005/1,145 + 0,0002/0,374) \\ &= 3,06(0,005 + 0,015) = 0,015 \text{ m} = 1,5 \text{ cm} \end{aligned}$$



$$KC = KH / \tan C$$

$$* BC = BK + KC = 8,73 + 3,06 = 11,79 \text{ m}$$

$$\Delta BC = \Delta BK + \Delta KC = 0,01 + 0,015 = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

$$* AB = BC \times \tan C = 11,79 \times 0,374 = 4,409 = 4,41 \text{ (valeur calculée)}$$

$$\begin{aligned} \Delta AB &= AB(\epsilon_{BC} + \epsilon_{\tan C}) = 4,41(0,025/11,79 + 0,001/0,374) \\ &= 4,41 \times 0,005 = 0,022 \text{ m} = 2,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Valeur calculée: } AB = 4,41 \pm 0,022$$

$$\text{Valeur mesurée : } AB = 4,42 \pm 0,01$$

Les deux valeurs de AB (calculée et mesurée) sont en bon accord. Comme elles diffèrent peu, on peut admettre que la méridienne et l'oeilleton n'ont pas subi de déformations ou de déplacements importants au cours du temps.

## 6. CALCULS RELATIFS A LA FONCTION HORAIRE

La longitude d'Udine est  $\phi = 13^\circ 14'$  Est soit un retard de 7 min 8 s du Soleil vrai sur une horloge, réglée comme dans toute l'Italie sur le fuseau d'Europe Centrale dont le méridien central passe par Catane (Sicile) (4).

Le 21 avril, l'Equation du Temps lue sur la Table A est -1 min 9 s (il y a donc avance du Soleil vrai sur le Soleil moyen). Comme l'heure d'été est en vigueur, il sera midi (temps solaire vrai) à:

12 + 1 (heure d'été) + différence fuseau + Equation du Temps

soit :

$$12 + 1 + 7 \text{ min } 8 \text{ s} - 1 \text{ min } 9 \text{ s} = 13 \text{ h } 06 \text{ min}$$

## 7. CALCULS RELATIFS A LA FONCTION CALENDRIER

A partir de la Table B, on a calculé la position des points de la méridienne éclairés par la tache de lumière aux dates où le Soleil entre dans les signes du Zodiaque. Les élèves disposaient des données suivantes :

Date	h= hauteur méridienne	Z= distance zénithale
20 avril et 23 août	55°30'	34°30'
20 mai et 23 juillet	64°	26°
23 octobre et 19 février	32°30'	57°30'
22 novembre et 20 janvier	24°	66°

Ils ont calculé les distances correspondantes en utilisant les fonctions trigonométriques (calculatrice) et les ont reportées sur un schéma à l'échelle, puis en vraie grandeur sur la méridienne à l'aide de craies de couleur (voir graphique en annexe). Ils obtenaient finalement les données ci-dessous:

Bélier - Balance	458cm	Z= 46°
Taureau - Vierge	304cm	Z= 34,5°
Gémeaux - Lion	215cm	Z= 26°
Cancer	183cm	Z= 22,5°
Scorpion - Poissons	694cm	Z= 57,5°
Sagittaire - Verseau	993cm	Z= 66°
Capricorne	1182cm	Z= 69,5°

Tous les points du calendrier (ou plus exactement, les points correspondant aux dates d'entrée du Soleil dans chacun des signes du Zodiaque) ont été calculés en termes de distance au pied du gnomon, exprimées en centimètres.

Pour les trois signes du Sagittaire, du Capricorne et du Verseau, le point où le rayon du Soleil de midi vient tomber sur la méridienne se trouve sur la partie verticale.

### Calcul de la position de la tache lumineuse le 20 avril

\*  $h = 55^{\circ}30' = 55,5^{\circ}$  (valeur trouvée à partir des données fournies)

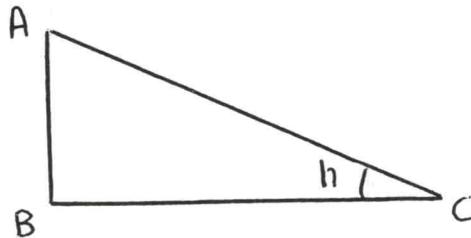
AB= 4,42 +/- 0,01 (valeur mesurée)

$\tan h = 1,455 = 1,45$  d'où  $\Delta \text{tg } h = 0,005$

$$* BC = AB/\tan h = 4,42/1,45 = 3,05\text{m}$$

$$\begin{aligned} DBC &= BC(DAB/AB + Dtg h/\tan h) = 3,05(0,01/4,42 + 0,005/1,45) \\ &= 3,05 \times (0,0023 + 0,0034) \\ &= 3,05 \times 0,006 = 0,02 \end{aligned}$$

$$BC = 3,05 \pm 0,02\text{m}$$



### Essai d'amélioration de la valeur prédite pour le 21 avril

Peut-on améliorer la valeur de l'angle  $h$  lue sur la Table pour le 20 avril? Nous supposons en première approximation que la variation de  $h$ , d'un jour à l'autre est linéaire:

$$\Delta h = 11^\circ/30 \text{ jours} = 0,37 \text{ par jour} = 22' \text{ par jour}$$

On en déduit une nouvelle valeur de  $h$ :  $h = 55^\circ 30' + 22' = 55^\circ 52' = 55,86^\circ$  d'où  $\tan h = 1,47$

Le point recherché sur la méridienne se trouvera donc à une distance  $BC$  du pied du gnomon égale à:

$$BC = AB/\tan h = 2,99 = 3 \pm 0,02\text{m}$$

*"Nous avons alors cherché quelle correction apporter à la valeur de  $h$  lue pour le 20 avril pour obtenir la valeur correspondant au 21. Finalement, cela nous a semblé inutile parce que les valeurs données dans la Table étaient elles-mêmes des approximations."*

### 8. OBSERVATION DU PASSAGE AU MERIDIEN

*"Après avoir procédé à la vérification [...] nous avons calculé à quelle distance du pied du gnomon la tache lumineuse devrait traverser la méridienne à 13 heures (en tenant compte de l'heure d'été).*

*Nous avons calculé cette distance en multipliant la hauteur du gnomon (4,42m) par la*

tangente de  $34^{\circ}30'$  (distance zénithale du Soleil à midi). Nous avons trouvé 3,05m.

*Ce résultat découle d'un produit et nous avons donc estimé l'erreur en faisant la somme de l'erreur relative sur la tangente et de l'erreur relative sur la hauteur du gnomon et en multipliant ce résultat par la distance calculée; nous trouvons une erreur absolue de  $\pm 0,04\text{cm}$ .*

*Cette erreur est du même ordre de grandeur que le rayon de la tache (en réalité une ellipse de plus en plus prononcée à mesure qu'on va vers le solstice d'hiver, de demi-grand axe  $6 \pm 1\text{cm}$  et de demi-petit axe  $4,5 \pm 1\text{cm}$ ) qui a coupé la méridienne à 13 heures un peu en avant du point calculé.*

*Le fait que le rayon du Soleil de midi ait coupé la méridienne en un point un peu plus proche du point correspondant au solstice d'été que le point calculé s'explique par le fait que notre détermination a été faite à partir des données relatives au 20 avril alors que l'observation a eu lieu le 21, c'est é dire à un jour plus proche du solstice."*

## 9. PREREQUIS

\* En Mathématiques :

- cas de similitude des triangles,
- fonctions trigonométriques et résolution des triangles rectangles,
- erreur sur les mesures et erreur résultante sur les grandeurs dérivées.

\* En Astronomie:

- positions du Soleil au cours de l'année dans les constellations zodiacales,
- lexique : hauteur du Soleil, déclinaison, zénith, méridien,...
- fuseaux horaires,
- Equation du Temps.

## 10. LES ALENTOURS DE LA MERIDIENNE

La Tour de l'Horloge qui flanque la Chapelle Saint-Jean, aujourd'hui Monument aux Morts pour la Patrie, porte deux horloges très simples, l'une face au Sud et l'autre face à l'Est.

Sous la Loggia del Lionello, face à la Loggia di San Giovanni, on remarque un thermomètre suspendu au centre du plafond et au dessous une vitrine avec des instruments météorologiques. Ceci n'a rien de surprenant : les instruments météorologiques vont souvent de pair avec les instruments astronomiques et cela, depuis le passé le plus reculé. Un exemple parmi d'autres est la Tour des Vents avec sa méridienne, au Vatican.

## 11. CLASSEMENT TYPOLOGIQUE ET CONSERVATION

Cette méridienne, comme beaucoup d'autres dans toute l'Italie et comme de nombreux cadrans solaires, mériterait une plus grande attention en vue de sa conservation afin que ne disparaisse une trace de la culture scientifique de cette province.

Les risques de dégradation et de destruction sont particulièrement importants pour un instrument scientifique de ce genre, sur lequel les gens marchent constamment sans y prêter attention et qui est situé dans un espace semi-ouvert, donc exposé aux intempéries.

En ce qui concerne sa classification typologique, compte tenu de son emplacement, sous une arcade bordant une place publique, on pourrait rapprocher cette méridienne de celle de Bergame (Palais de la Ragione).

Compte tenu de ce que la méridienne est en deux parties (une horizontale et une verticale), on pourrait la rapprocher de celles de Milan (sur la Cathédrale), de Florence (Palais Pitti et Chartreuse de Galluzzo), de Rome (Tour du Calandrelli) et de la plus célèbre de toute: celle de l'Eglise Saint-Sulpice à Paris.

### NOTES

(1) L'étude de la méridienne a été faite sous la direction de Nicoletta Lanciano, Professeur au Département de Mathématiques, Université de Rome "La Sapienza" et Evi Azzali, Professeur au Département de Mathématiques, Université d'Udine, et réalisée avec une classe de Première du Lycée Pilote Scientifique Marinelli et Wilma Capocchiani Lorusso, leur professeur.

(2) Les textes en italiques sont extraits *verbatim* des comptes-rendus rédigés en classe par les élèves après la séance d'étude de la méridienne.

(3) Equation du Temps: elle est donnée sous la forme :

$$E = \text{Temps Solaire Moyen} - \text{Temps Solaire Vrai}$$

La valeur de E, exprimée en minutes et secondes, est lue sur la Table A. Elle exprime la différence entre le temps solaire moyen, donné par les horloges, et le temps solaire vrai, donné par les cadrans solaires. Localement, il est midi Temps Solaire Vrai quand le Soleil passe au méridien du lieu.

Cette différence, qui ne dépasse pas 16 minutes et qui peut être considérée comme constante d'une année sur l'autre, est due à diverses irrégularités du mouvement de révolution de la Terre qui font que le Soleil ne revient pas exactement au bout de 24 heures au méridien local.

(4) **Fuseaux horaires** : En Italie, les horloges sont réglées sur le fuseau d'Europe Centrale dont le méridien central passe par Catane (Sicile). Quand une horloge marque 12 heures, le Soleil vrai passe au méridien de Catane (à l'équation du temps près). Pour connaître l'heure de passage dans une autre localité, outre l'équation du temps, il faut connaître la différence en longitude avec le méridien central du fuseau.

Pour une localité à l'Est du méridien du fuseau, le Soleil vrai sera en avance par rapport au midi des horloges. Il sera au contraire en retard pour les localités à l'Ouest du méridien du fuseau. La différence se calcule grâce aux relations :

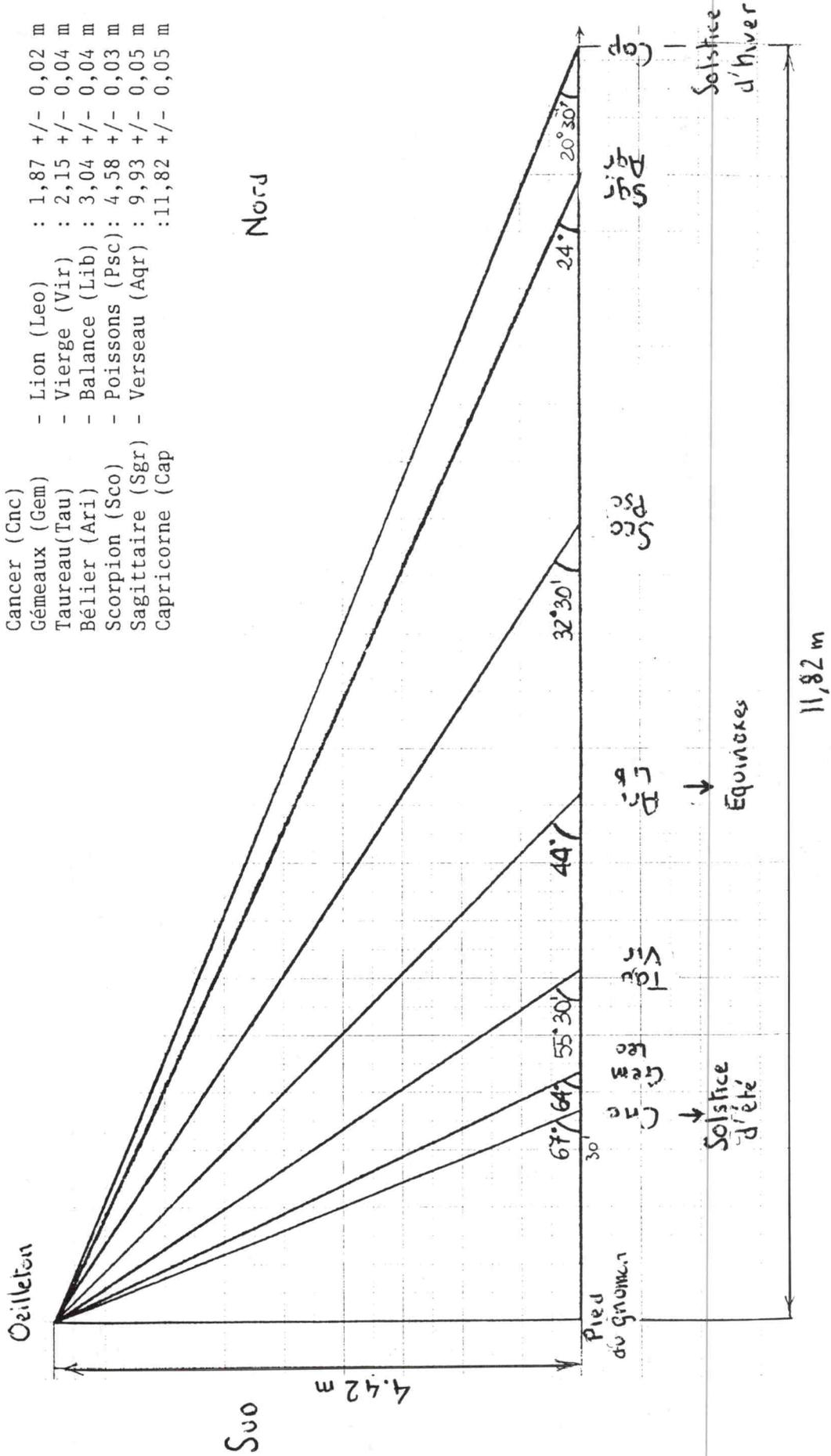
$$360^\circ = 24 \text{ heures} \quad 15^\circ = 1 \text{ heure} \quad 1^\circ = 4 \text{ minutes}$$



GRAPHIQUE

Distances du pied du gnomon à :

- Cancer (Cnc) : 1,87 +/- 0,02 m
- Gémeaux (Gem) : 2,15 +/- 0,04 m
- Taureau (Tau) : 3,04 +/- 0,04 m
- Bélier (Ari) : 4,58 +/- 0,03 m
- Scorpion (Sco) : 9,93 +/- 0,05 m
- Sagittaire (Sgr) : 11,82 +/- 0,05 m
- Capricorne (Cap)



Ech. 1:50

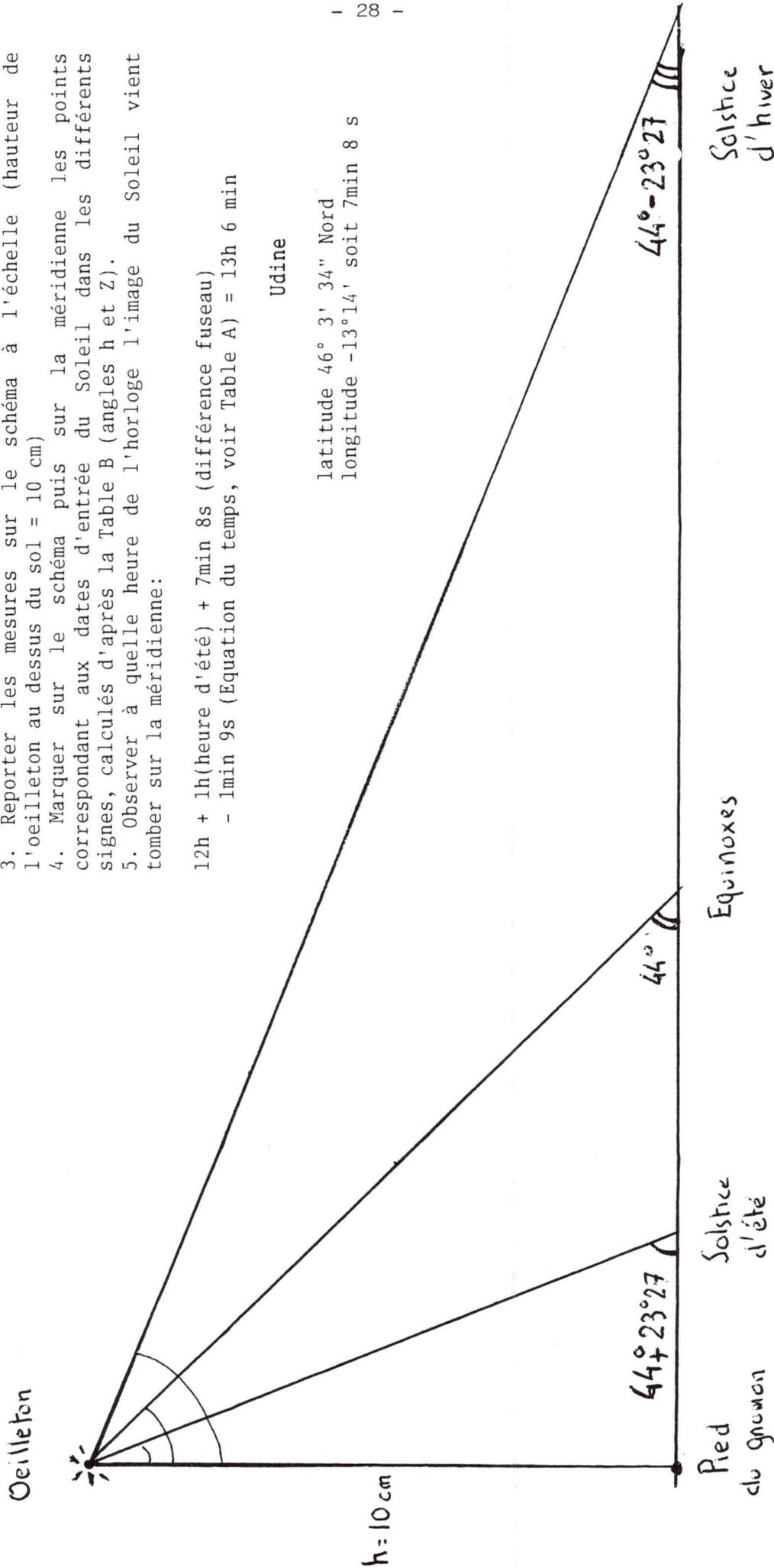
FICHE DE TRAVAIL.

1. Observer le Soleil et orienter le schéma selon le méridien.
2. Mesurer en vraie grandeur le tracé horizontal de la méridienne, le tracé vertical et la hauteur de l'oeilleton au dessus du sol (h).
3. Reporter les mesures sur le schéma à l'échelle (hauteur de l'oeilleton au dessus du sol = 10 cm)
4. Marquer sur le schéma puis sur la méridienne les points correspondant aux dates d'entrée du Soleil dans les différents signes, calculés d'après la Table B (angles h et Z).
5. Observer à quelle heure de l'horloge l'image du Soleil vient tomber sur la méridienne:

12h + 1h(heure d'été) + 7min 8s (différence fuseau)  
 - 1min 9s (Equation du temps, voir Table A) = 13h 6 min

Udine

latitude 46° 3' 34" Nord  
 longitude -13°14' soit 7min 8 s



UDINE: 1993 AVR 21

Table A

Valeur moyenne en minutes et secondes de l'Equation du Temps (à 0h UT)  
 + : le Soleil vrai est en retard sur l'horloge  
 - : le Soleil vrai est en avance sur l'horloge

Giorni	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre		
	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
1	+	3 16	+	13 33	+	12 34	+	4 09	-	2 51	-	2 25	+	3 34	+	6 18	+	0 15	-	10 03	-	16 21	-	11 15	
2		3 44		13 41		12 22		3 51		2 59		2 16		3 46		6 15		- 0 04		10 23		16 23		10 53	
3		4 12		13 48		12 10		3 33		3 06		2 07		3 57		6 10			0 24		10 42		16 24		10 30
4		4 40		13 55		11 58		3 15		3 12		1 57		4 08		6 06			0 43		11 00		16 24		10 06
5		5 07		14 00		11 44		2 57		3 18		1 47		4 19		6 00			1 03		11 19		16 24		9 42
6	+	5 34	+	14 05	+	11 31	+	2 40	-	3 23	-	1 36	+	4 30	+	5 54	-	1 23	-	11 37	-	16 22	-	9 17	
7		6 00		14 09		11 17		2 22		3 28		1 26		4 40		5 48			1 43		11 55		16 20		8 52
8		6 26		14 12		11 02		2 05		3 33		1 15		4 49		5 41			2 03		12 12		16 17		8 26
9		6 51		14 15		10 48		1 49		3 36		1 03		4 59		5 33			2 24		12 29		16 13		8 00
10		7 16		14 17		10 32		1 32		3 39		0 52		5 08		5 25			2 45		12 45		16 08		7 33
11	+	7 40	+	14 17	+	10 17	+	1 16	-	3 41	0	0 40	+	5 16	+	5 16	+	3 05	-	13 01	-	16 02	-	7 06	
12		8 04		14 18		10 01		1 00		3 43		0 28		5 25		5 07			3 26		13 17		15 55		6 38
13		8 27		14 17		9 45		0 44		3 45		0 15		5 32		4 57			3 47		13 32		15 48		6 10
14		8 50		14 16		9 29		0 29		3 45		- 0 03		5 40		4 46			4 08		13 46		15 39		5 42
15		9 12		14 14		9 12		+ 0 13		3 45		+ 0 10		5 46		4 35			4 30		14 00		15 30		5 13
16	+	9 33	+	14 11	+	8 55	+	- 0 01	-	3 45	+	+ 0 23	+	5 53	+	4 24	+	4 51	-	14 13	-	15 20	-	4 44	
17		9 54		14 07		8 38		0 16		3 44		0 36		5 59		4 12			5 12		14 26		15 09		4 15
18		10 14		14 03		8 21		0 29		3 42		0 49		6 04		3 59			5 33		14 38		14 58		3 46
19		10 33		13 58		8 03		0 43		3 40		1 02		6 09		3 46			5 55		14 50		14 45		3 16
20		10 51		13 53		7 46		0 56		3 37		1 15		6 13		3 33			6 16		15 01		14 32		2 47
21	+	11 09	+	13 46	+	7 28	+	- 1 09	-	3 34	+	+ 1 28	+	6 17	+	3 19	+	6 37	-	15 12	-	14 18	-	2 17	
22		11 26		13 39		7 10		1 21		3 30		1 41		6 20		3 04			6 58		15 21		14 03		1 47
23		11 43		13 32		6 52		1 33		3 26		1 54		6 23		2 49			7 19		15 31		13 47		1 17
24		11 58		13 24		6 34		1 44		3 21		2 07		6 24		2 34			7 40		15 39		13 31		0 47
25		12 13		13 15		6 16		1 55		3 15		2 20		6 26		2 18			8 01		15 47		13 14		- 0 18
26	+	12 27	+	13 06	+	5 58	+	- 2 06	-	3 10	+	+ 2 33	+	6 27	+	2 01	+	8 22	-	15 54	-	12 56	+	0 12	
27		12 40		12 56		5 40		2 16		3 03		2 46		6 27		1 46			8 43		16 00		12 37		0 42
28		12 52		12 45		5 21		2 25		2 56		2 58		6 26		1 27			9 03		16 06		12 17		1 11
29		13 04				5 03		2 34		2 49		3 11		6 25		1 09			9 23		16 11		11 57		1 40
30		13 14				4 45		2 43		2 41		3 23		6 23		0 51			9 43		16 15		11 36		2 10
31	+	13 24	+		+	4 27	+		-	2 33			+	6 21	+	0 33	+			-	16 19			+	2 39

**Table B**

:	: Date d'entrée	:	:	:	:
:	: dans le signe	: Déclinaison	: h	: Z	:
-----	-----	-----	-----	-----	-----
: Bélier	: 21 mars	: 0°	: 44°	: 46°	:
: Taureau	: 20 avril	: 11°30'	:	:	:
: Gémeaux	: 20 mai	: 20°	:	:	:
: Cancer	: 21 juin	: 23°27'	: 69,5°	: 20,5°	:
: Lion	: 23 juillet	: 20°	:	:	:
: Vierge	: 23 août	: 11°30'	:	:	:
: Balance	: 23 septembre	: 0°	: 44°	: 46°	:
: Scorpion	: 23 octobre	: -11°30'	:	:	:
: Sagittaire	: 22 novembre	: -20°	:	:	:
: Capricorne	: 22 décembre	: -23°27'	: 20,5°	: 69,5°	:
: Verseau	: 20 janvier	: -20°	:	:	:
: Poissons	: 19 février	: -11°30'	:	:	:
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Les dates auxquelles le Soleil atteint chaque année la déclinaison donnée dans la Table et entre dans les différents signes du Zodiaque peuvent varier de un ou deux jours. Les valeurs ont été arrondies, sauf pour les solstices.

h= hauteur méridienne du Soleil sur l'horizon.

Z= distance zénithale du Soleil au méridien à Udine

#### COMMENTAIRE SUR LES MERIDIENNES

Les méridiennes sont des cadrans solaires qui se bornent à indiquer l'instant où il est midi (Temps Solaire Vrai). En France, leur "âge d'or" se situe dans la deuxième moitié du XVIIIème siècle, au moment où montres et pendules deviennent des objets d'usage courant. Les méridiennes servent alors à les recaler périodiquement. Il est significatif que les ouvrages d'horlogerie et de gnomonique anciens comportent toujours une table des corrections à apporter à l'heure de la montre pour la mettre en correspondance avec l'heure du Soleil. Tout aussi significativement, de nos jours, les tables d'équation du temps sont identiques... à un signe près : *elles donnent la correction à apporter à l'heure du Soleil pour retrouver celle de la montre*. L'invention de la courbe de correction de temps moyen (presque certainement par Grandjean de Fouchy en 1731) permet de lire directement le temps moyen sur la méridienne ou le cadran solaire.

Un recensement des méridiennes est actuellement entrepris par la Commission des Cadrans Solaires de la Société Astronomique de France (3, rue Beethoven, 75016 PARIS). La plupart des méridiennes sont des méridiennes verticales mais si vous envisagez un travail analogue à celui qui vient d'être décrit, la S.A.F. peut vous aider à trouver une méridienne horizontale intéressante dans votre département. Pour sa part, l'auteur de cette note est persuadé qu'un examen systématique des principales églises et cathédrales de France permettrait d'en découvrir de nombreuses, actuellement inconnues.

## Lectures pour la Marquise et pour ses Amis

**Textes essentiels – Astronomie et Astrophysique** présentés par Jean-Pierre Verdet ; 830 p. ; éd Larousse 1993 (150 F)

Ce recueil propose des textes d'une trentaine d'auteurs présentés dans un ordre chronologique, de Platon à Einstein, et qui marquent les étapes importantes de l'histoire de l'astronomie. Chaque extrait est précédé d'une introduction qui donne une courte biographie de l'auteur et situe le texte dans un contexte historique. Des références précises sur la provenance et la traduction du texte dont l'extrait est présenté ainsi qu'une bibliographie sur l'auteur et sur des travaux le concernant permettent à qui le désire d'approfondir une époque ou un sujet plus précis. Toutes ces qualités font de ce livre un ouvrage fort utile et passionnant pour qui veut aborder l'histoire de l'astronomie de manière vivante. Certains des extraits choisis sont très célèbres, d'autres plus rares mais ils sont tous accessibles.

L'antiquité est représentée par Platon ("Timée"), Aristote ("Du ciel") mais aussi Autolycos de Pitane, contemporain d'Euclide, dont le traité sur "la sphère en mouvement" contient le savoir géométrique indispensable à un astronome grec de l'époque. Archimède est présent car c'est par son "Arénaire" que l'on a pu connaître le système héliocentrique d'Aristarque de Samos. J-P. Verdet donne bien sûr de larges extraits de l'Almageste de Ptolémée.

Pour le Moyen Age, il a choisi le "Traité de l'astrolabe" de Philoponus, le "Commentaire au second livre du traité du ciel" de Simplicius et le "De la sphère" de Jean de Sacrobosco.

Au XVI<sup>ème</sup> siècle, le "De Revolutionibus" de Copernic est précédé de son "Commentariolus" et de la "Naratio Prima" de son élève Rheticus, texte considéré comme le plus facilement accessible de la nouvelle astronomie.

Jean-Pierre Verdet présente bien sûr des extraits des incontournables textes de Tycho Brahé ("Sur une étoile nouvelle"), de Kepler ("Le secret du monde") et de Galilée ("Dialogue sur les deux grands systèmes du monde") mais aussi les cosmogonies de Giordano Bruno ("Le banquet des cendres") et de Descartes ("Le secret du Monde").

La fin du XVII<sup>ème</sup> siècle voit l'avènement de l'astrométrie de précision ("Mesure de la Terre" par Picard, "Démonstration touchant le mouvement de la lumière" par Römer) et de la mécanique newtonienne ("De la gravitation" et "Principes mathématiques de la philosophie naturelle" et, par Voltaire, "Eléments de la philosophie de Newton"). Un joli texte de Huygens sur une lunette sans tube est suivi d'un extrait de son "Discours sur la pesanteur".

Le XVIII<sup>ème</sup> siècle voit le triomphe de la mécanique céleste. S'il ne choisit pas de texte de Clairaut ni de Maupertuis, J-P. Verdet présente "Les recherches sur la précession des équinoxes et la nutation de l'axe de la Terre" par d'Alembert et la "Mécanique analytique" de Lagrange. Les cosmogonies de Thomas Wright et de Kant sont décrites. Le petit texte de Herschel "Note sur la comète" est enrichi de notes sur l'ensemble de son oeuvre.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle sont cités, Laplace ("Exposition du système du monde"), Olbers ("La transparence de l'espace cosmique") et Le Verrier ("Recherches sur les mouvements de la planète Herschel" et "Mémoire sur la planète Neptune"). L'histoire de l'astrophysique est abordée par deux textes de Janssen, fondateur de l'observatoire de Meudon.

L'ouvrage se termine par un texte de vulgarisation d'Einstein sur la Relativité restreinte et sur la Relativité Générale.

Si on reste un peu sur sa faim en ce qui concerne l'histoire de l'astrophysique à partir du milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, il n'en reste pas moins que ce recueil est très riche et le travail de Jean-Pierre Verdet est original et intéressant.

Martine Bobin

*"On retrouvera le lieu des navigations d'Ulysse quand on aura mis la main sur le cordonnier qui cousit l'outré d'Eole."*

Eratosthène

**Le Soleil** par Pierre Lantos ; collection "Que sais-je?" n°230 ; 128 p. ; éd PUF 1994.

Par son numéro, le livre de Pierre Lantos remplace l'ouvrage de même titre et de même numéro de la collection qui avait pour auteur R.Michard (une habitude des PUF que nous déplorons car les anciens titres méritent souvent d'être conservés avec le nom de leurs auteurs). Il faut cependant saluer avec l'ouvrage de Pierre Lantos une parfaite réussite.

Les données actuelles sur notre étoile sont présentées ici de façon très claire et comme chacun le comprend l'actualisation de ces données est capital, on peut dire que chaque jour on connaît mieux celui qui donne vie à cette humanité qui n'en finit pas de l'adorer puis de l'observer et qui commence à comprendre comment il brille. Donc présentation générale de l'objet, une étoile parmi d'autres, distance, dimensions, âge. Puis observation de la surface, théorie de l'atmosphère supérieure, de la structure interne, rotation, cycle des taches et cycle d'ensemble, éruptions et, pour finir, les relations Soleil-Terre et l'évolution du Soleil.

Pierre Lantos a eu la très bonne idée de terminer son livre par un chapitre XI sur les conceptions du Soleil selon Fontenelle, au XVII<sup>ème</sup> siècle (juste avant la publication de Newton sur l'attraction universelle) et C.A.Young en 1883 (donc juste avant la Relativité et la découverte de la Radioactivité). Choix judicieux, n'est-ce pas, de nous présenter ces conceptions audacieuses pour leur époque et qui devaient fatalement être remises en cause par les découvertes qui les suivent historiquement. Ces longues citations ne sont pas présentées pour faire se gausser le lecteur de leurs imprudences mais bien pour souligner l'intérêt et les limites de leurs intuitions.

Cette lecture m'a donné l'idée de la prolonger en sortant deux vieux livres de ma bibliothèque. Le Soleil par Georges Bruhat (édition mise à jour par L.d'Azambuja en 1951, éd PUF) d'après le cours professé par Bruhat en 1930 : une remarquable documentation sur la physique solaire, un chapitre final sur les théories du Soleil (sur les taches, sur la chromosphère, sur la couronne) mais rien, oui, pas un mot, sur la source de l'énergie solaire. Paul Couderc Dans le champ solaire (éd Gauthier-Villars, 1932) consacre six pages à discuter les diverses hypothèses sur la source de l'énergie jusqu'aux réactions nucléaires. 1932-1994, ces soixante années ont profondément transformé notre conception du monde, justement parce que nous commençons à comprendre le Soleil. Nos ancêtres des très vieux âges avaient raison de l'adorer...

G.W.

**L'Univers vit** par Paul-François Janssens ; éd Frison Roche

L'introduction, modeste, de l'astronomie dans les programmes du deuxième cycle va peut-être exciter la curiosité de nos lycéens. Or les documents disponibles, adaptés à leur niveau, n'apportent souvent qu'une vision fragmentaire et tournée vers le sensationnel : les trous noirs, le grand attracteur... les univers parallèles, etc. La spéculation, le mystère sont alors le ressort de l'exposé, plutôt que le décryptage et la compréhension.

A l'ouvrage de Paul-François Janssens, on peut reprocher son titre aux connotations suspectes : qu'est-ce que cette "vie de l'Univers"? En fait, le livre présente de façon attrayante une description sérieuse des différents objets de l'Univers, leur évolution, les théories expliquant les phénomènes - un peu à la manière d'un manuel. De plus l'exposé fait une large place aux observations, aussi bien celles de l'amateur débutant ou éclairé que celles des spécialistes dans les observatoires ou grâce aux sondes et satellites. Cette valorisation du concret me semble salutaire pour la formation de l'esprit scientifique et parce qu'elle tend à démystifier la science qui apparaît trop souvent comme une affaire d'initiés.

Annie Laval

*"Un fait qui frappe tout le monde, c'est la forme spirale de certaines nébuleuses ; elle se rencontre trop souvent pour qu'on puisse penser qu'elle est due au hasard. On comprend combien est incomplète toute théorie cosmogonique qui en fait abstraction."*

Henri Poincaré (Leçons sur les hypothèses cosmogoniques, 1911)

**Éléments de mécanique céleste** par Gianni Pascoli ; collection U, 188 p. ; éd Armand Colin 1994 (135 F).

Mécanique céleste, l'appellation date de la publication du premier tome du Traité de mécanique céleste par Laplace en l'an VII (1899), publication qui allait s'étaler sur plusieurs décennies (le tome 5 et dernier en 1827). Les quatre volumes du Traité de mécanique céleste de François Tisserand datent de 1889. Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste par Henri Poincaré parurent en 1899 ; décidément les fins de siècle sont favorables à cette science. Plus près de nous, Astronomie générale de Danjon date de 1953.

En pensant à tous ces ouvrages impressionnants et en ouvrant celui de Pascoli, me revenait en mémoire la remarque du poète : "*Toutes choses sont dites déjà ; mais comme personne n'écoute, il faut toujours recommencer*". Et puis qui ne craindrait pas de se perdre dans les grands traités, écrits dans une langue d'un autre siècle ? L'idée était donc bonne de présenter des Éléments de mécanique céleste dans la langue d'aujourd'hui (qui, en mathématiques est évidemment plus vectorielle que chez Poincaré) et alors que les progrès dans les méthodes de calcul ouvrent de nouvelles perspectives à la mécanique céleste.

L'ouvrage de Gianni Pascoli, qui enseigne à l'Université d'Amiens (et qui a publié en 1992 un livre sur La physique des nébuleuses gazeuses), rappelle pour commencer les problèmes de l'astronomie de position, 1) les systèmes de repérage, 2) les mouvements de la Terre, 3) la mesure du temps. Le chapitre 4 sur les déplacements stellaires traite des effets de l'aberration de la lumière, de la précession et de la nutation pour dégager ensuite la détermination des mouvements réels ; la fin de ce chapitre est une revue à mon avis un peu rapide des diverses méthodes de mesure des distances.

C'est donc seulement avec le chapitre 5, "Systèmes de particules en interaction gravitationnelle", que commence véritablement l'initiation à la mécanique céleste : généralités, problème des  $n$  corps, théorème du viriel, puis étude complète du cas de deux corps, application au mouvement apparent du Soleil et établissement de l'équation du temps.

Les chapitres suivants abordent le problème des perturbations, traitent de la Lune, du mouvement d'un satellite artificiel dans le champ de pesanteur terrestre et quelques problèmes classiques de stabilité (points de Lagrange, limite de Roche, forces de marée). Enfin deux annexes sur la figure de la Terre et les effets de résonance dans le système solaire.

J'ai détaillé le sommaire de ce livre pour que nos lecteurs curieux sachent avec précision ce qu'ils peuvent trouver dans ce manuel. Il a des qualités qui le feront apprécier par beaucoup, par exemple en actualisant des questions comme le mouvement d'un satellite artificiel dans le champ de pesanteur terrestre ou comme les considérations de Roche sur les satellites et les effets de marée. On sait que les découvertes dues aux sondes spatiales relativement aux grosses planètes et à leurs satellites ont attiré l'attention sur ces problèmes. Autre avantage pour le lecteur contemporain, la présentation est prioritairement vectorielle, ce que ne faisait pas l'Introduction à la mécanique céleste de J.Kovalevsky (éd A.Colin, 1963). Mais, par contre, je grogne un peu ici quand des notations sont trop tardivement explicitées ou quand des fautes typographiques persistent (par exemple p.22).

**La Relativité d'Einstein aujourd'hui** par Raymond Schaeffer ; collection 128 ; éd Nathan 1994 (49 F).

Je savais bien que c'était une idée folle de publier dans les **Cahiers Clairaut** (n°65, p21) une bibliographie sur la Relativité. Je la savais incomplète et sûrement pas à jour des nouveautés. Voici une confirmation avec la parution d'un petit livre qui se recommande dès l'abord par une présentation typographique claire qui lui donne une parfaite lisibilité.

Le souci de l'Auteur, qui est ingénieur en génie atomique de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, a été de proposer de la théorie des interprétations adaptées aux applications actuelles de la Relativité. Exemples, l'énergie nucléaire, la contraction des longueurs et la dilatation des durées en fonction de la gravitation. Des pages sont spécialement consacrées aux ondes gravitationnelles, à la déviation gravitationnelle des rayons lumineux (les mirages d'étoiles).

Un bon titre, par conséquent, à ajouter à la liste du CC65.

**Les origines de la physique moderne** par I. Bernard Cohen ; traduit de l'américain par J. Métadier et C. Jeanmougin ; collection "Points-Sciences" n°S 95 ; 288 p. ; éd Seuil 1994.

**Histoire de la physique moderne** par Michel Biezunski ; 240 p. ; éd La Découverte 1993 (139 F).

Le qualificatif "moderne" est piégé. On sait ce qu'il en fut des "mathématiques modernes" ainsi qualifiées justement à une époque où elles étaient plus classiques que jamais dans leur constante et triple aspiration à Unification, Généralisation, Simplification. Quant à la physique, où commence le modernisme ? Prenons le bon exemple de ces deux livres.

Pour Bernard Cohen, l'ancienne physique est celle d'Aristote et de ses trop fidèles successeurs. Tout change avec Copernic puis Galilée et Kepler pour aboutir, via Descartes et Huygens à l'apothéose newtonienne. Et puisque son livre traite des origines, pour lui la vraie physique moderne commence avec Newton.

Pour Michel Biezunski, les préliminaires de son histoire traitent du son et de la lumière à partir de Galilée et de Newton jusqu'aux développements qualifiés en général "classiques" du XIX<sup>ème</sup> siècle comprenant l'unification du magnétisme et de l'électricité avec Maxwell. Pour lui, la physique moderne commence donc avec Planck et la Relativité, c'est à dire en bref, la physique du XX<sup>ème</sup> siècle.

A chacun de choisir son moderne à sa convenance. Ainsi l'adolescent, sentant qu'il avance en connaissances et en habileté, qu'il lui "pousse des ailes", pense qu'il va construire un monde tout neuf exempt des lourdeurs ou des tares anciennes, bref un monde moderne. Des rabat-joie voudraient tout de suite calmer ses ardeurs. Ne vaudrait-il pas mieux lui enseigner l'histoire qui, depuis la formation de la Terre jusqu'aux développements contemporains de la science promet à chaque présent successif de séduisants futurs ? On pourrait aussi, du côté de la rédaction des livres et de leurs éditions apprendre à se méfier du qualificatif "moderne" et lui préférer un datation correcte. Ceci dit sur les titres, revenons aux deux ouvrages qui méritent lecture.

Celui de Cohen vient après de nombreux ouvrages sur le même sujet, Hall The scientific Revolution (1500-1800) qui date de 1954, ou Koyré La Révolution astronomique (1961). Ce sont des livres importants et volumineux dans lesquels l'enseignant pressé risque de se perdre. Le livre de Cohen a l'avantage d'être bref, centré sur l'essentiel : le système du monde et les lois du mouvement. Il fallait bien commencer par là.

Moins de 300 pages en petit format (collection "Points") et pourtant une grande richesse d'information. Bernard Cohen a eu la bonne idée de renvoyer en annexes des notes sur des sujets particuliers qui méritent approfondissement. Il y a ainsi seize annexes qui sur soixante pages traitent par exemple des rôles de Kepler, Descartes et Gassendi dans l'élaboration du concept d'inertie ou encore ce que Newton doit à Hooke dans l'analyse du mouvement orbital.

Enfin six pages de bibliographie et quinze pages d'index font de ce petit livre un outil de travail à recommander à tous.

Le livre de Biezunski m'a paru plus difficile après avoir lu celui de Cohen, mais cela tient moins à ces deux Auteurs ou à leurs écrits qu'aux capacités du lecteur. Si celui-ci est très imprégné de formation newtonienne (avoir étudié la "mécanique rationnelle" comme on disait en 1934 sans que la moindre allusion ait jamais été faite à la Relativité !), il doit faire un effort spécial pour entrer dans le "moderne" d'après 1900. Et des ouvrages comme celui de Biezunski sont ici fort salutaires.

Les 75 premières pages dressent un tableau de la physique "classique". L'Auteur a le souci de dégager les idées essentielles : la mécanique newtonienne, la théorie ondulatoire de la lumière, l'unification de l'électricité et du magnétisme. Nous sommes ainsi préparés à faire le saut dans un nouveau monde, le modernisme de 1900 : 1920 avec Planck, les Curie, Einstein. Biezunski a visiblement un faible pour les grands débats qui marquèrent cette époque étonnante entre les deux guerres mondiales. Abandonnons cette illusion persistante qu'un monde paisible est favorable au développement des arts et des sciences. Tout confirme que plus l'individu est matériellement ou moralement en danger, plus il est inventif, ouvert aux idées nouvelles, capable de découvrir et d'imaginer. Et si la société est en déséquilibre et peu

capable de se lancer dans de grands projets constructifs, des groupes résistent au mauvais climat en se lançant dans des débats difficiles mais féconds. 1920-1933, c'est l'époque au cours de laquelle des échanges fructueux, même s'ils sont parfois conflictuels, entre Niels Bohr, Louis de Broglie, Max Born, Pauli, Fermi, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Paul Dirac alors que Planck, Einstein, Marie Curie, Paul Langevin, les Joliot sont là également.

Biezunski intitule "l'ère nucléaire" la période qui suit, de 1933 à 1945. Au bénéfice du conflit mondial, le projet Manhattan, la radioastronomie. Sur cet élan, les découvertes vont se poursuivre ensuite : les quarks, le Big Bang... Le dernier chapitre (1965-1990) mérite-t-il bien le titre "L'unité retrouvée" ?

Je me demande, en conclusion de cette vision rapide d'un livre sur le modernisme d'aujourd'hui si ne s'annonce pas l'avènement d'une autre conception de la science. Jusqu'ici, il y a encore une grande distance entre la science de l'inerte (en gros ce que nous appelons la physique) et la science du vivant. La science nouvelle, la science à venir, ne serait-elle pas celle qui unifierait sciences physiques et sciences biologiques. Déjà, en 1976, Alfred Kastler s'interrogeait sur les progrès de la biologie moléculaire : "*Il me semble que la physique pourrait jouer un rôle capital dans le développement futur de la biologie, si la recherche confirmait une idée qui se profile aujourd'hui, selon laquelle il pourrait exister un rapport entre la cohérence en physique et l'ordre biologique, caractérisés l'un et l'autre par une néguentropie remarquable*" (cf Cette étrange matière p.11).

Merci à Michel Biezunski de nous faire penser au modernisme de demain.

**Tout ce que vous devriez savoir sur la science** par Harry Collins et Trevor Pinch ; traduit de l'anglais par Thierry Pielat ; collection "Science vivante", 220 p. ; éd Seuil 1994 (120 F).

Sept chapitres, à lire dans l'ordre que l'on veut, sur des sujets aussi variés que le transfert chimique de la mémoire ou les neutrinos solaires. Les Auteurs s'intéressent à la sociologie de la science, l'un à l'Université de Bath (bonjour Herschel), l'autre à l'Université Cornell (USA). Il leur paraît plus instructif de commenter pour le grand public les questions qui soulèvent des débats parmi les scientifiques que celles qui correspondent à des conquêtes assurées entraînant l'accord général. Je choisis quelques exemples parmi les sujets qui nous concernent particulièrement.

A propos de la relativité, première question dans l'ordre chronologique : "*La Terre vogue-t-elle sur une mer étherique ?*" L'expérience de Michelson est décrite en précisant bien toutes les exigences requises. La première expérience de 1881 n'est pas concluante. Celle de 1887 avec Morley provoque une nouvelle déception car les savants voulaient mettre en évidence la vitesse de la Terre par rapport à l'éther et par conséquent des variations de la vitesse de la lumière. Changement de climat en 1920 quand la théorie de la Relativité est apparue ; l'expérience reprise par Miller ne cherche plus à déceler des effets du vent d'éther, le problème de l'éther ne se pose plus mais on cherche des preuves expérimentales de la Relativité, l'expérience n'est plus décevante.

A la même époque, Eddington veut profiter de l'éclipse de Soleil de 1919 pour vérifier une déviation des rayons lumineux dans un champ de gravitation comme celui du Soleil, ce qu'il appelait "*Weighing light*". Les difficultés techniques de l'expérience n'étaient pas minces et les conclusions des mesures pas tellement probantes. Ce qui ne doit en rien ébranler notre confiance en la Relativité mais nous faire mieux comprendre la valeur des preuves expérimentales.

La détection des ondes gravitationnelles conduit nos Auteurs à l'analyse et à la critique du dispositif de Weber : pour savoir si des ondes gravitationnelles frappent la Terre, il faut fabriquer un bon détecteur et observer ; mais nous ne saurons que le détecteur est bon avant de l'avoir essayé ; l'essai sera concluant si nous obtenons une bonne réponse ; mais qui nous assurera que cette réponse est bonne ? On voit le cercle vicieux ; on ne peut le briser qu'en parvenant à trouver un bon critère de qualité pour le détecteur, en dehors de la recherche des ondes gravitationnelles frappant la Terre. La science ne progresse que par l'interdisciplinarité...

Le dernier exemple du livre concerne l'étrange histoire des neutrinos solaires

manquants, sujet qui fut traité dans les **Cahiers Clairaut** par Evry Schatzman.

Et pour vous distraire des sujets astronomiques, vous lirez des pages fort instructives sur le transfert chimique de la mémoire chez certains vers ou chez les rats, le problème de la fusion froide, la controverses Pasteur-Pouchet sur les origines de la vie ou encore sur la vie sexuelle du lézard à queue en fouet.

En conclusion du livre, les Auteurs s'interrogent sur ce que le public comprend de la science. Il y a souvent confusion entre méthode et contenu. Des médias à sensation, la télévision en particulier, ont tôt fait de mettre "à la une" certaines expériences ou certaines réalisations qui détachées du contexte de la recherche perdent beaucoup de leur signification (beaucoup, et parfois tout). Il est évidemment plus difficile, plus laborieux d'expliquer en détail toutes les conditions d'une expérience, de situer celle-ci dans le cadre général d'une théorie, de discuter enfin le champ exact de validité des résultats de l'expérience. Collins et Pinch nous invitent donc à des réflexions salutaires. Je range leur livre, dans ma bibliothèque, en bonne compagnie avec L'Imprévu ou la science des objets trouvés de Jean Jacques (éd Odile Jacob 1990) et Leçons d'à peu près de G.Th. Guilbaud (éd Christian Bourgois 1985). Entre ces Auteurs, un trait de caractère commun, sur un sujet aussi sérieux et important que la recherche de la vérité, chez chacun une approche souvent plaisante de la science et qui n'est pas moins exigeante quant à la méthode et à la rigueur de la pensée. Une leçon d'humilité de la part de chercheurs qui visiblement aiment ce qu'ils font.

G.W.

#### DANS LES REVUES

Simple mention d'articles susceptibles d'intéresser des lecteurs ; ce n'est pas un palmarès ; si des oublis sont commis, prière de nous les faire réparer.

Textes et Documents por la Classe - n°671, mars 1994 (20F). Un dossier "La Lune soeur de la Terre ? réalisé par Lucienne Gouguenheim et Jacqueline Lavaud. En particulier une page sur la Terre vue de la Lune : jamais de halo autour de la Terre, jamais d'éclipse de Terre... De très belles photos en illustration couleur et un grand poster.

Ciel et Espace - n° 290, avril 94 : "L'Univers en relief" (annonce publicitaire pour 16 pages de photos en couleurs à observer à travers filtres rouge à l'oeil gauche et vert à l'oeil droit ; on est convaincu pour les cratères lunaires, moins pour le ciel étoilé...)

L'Astronomie - Février 94 : Les Pulsars (Estelle Asseo) ; Chronométrage des pulsars millisecondes à Nançay (Ismaël Cognard).

Mars 94 : Redécouverte de l'atmosphère de Vénus (J-P.Maillard) ; Le survol de Jupiter par Ulysse, un bonus de taille (P.Zarka).

Avril 94 : L'impact de la comète P/Shoemaker-Lévy sur Jupiter (P.Drossart) ; un ensemble de textes sur Wilhelm Struve par H.Struve-Alquier, Paul Couteau et Suzanne Débarbat.

Pour la Science - n° 197 Mars 94 : La sismologie de Jupiter (Eric Gourgoulhon)

n° 198 Avril 94 : Accélérateurs et Unification ; faut-il continuer à chercher une théorie unifiée de la nature et par quels moyens ? (John Horgan).

La Recherche - n° 262 Février 94 : La tectonique de Vénus (P.J.Phillips) ; Pas de magie dans le système solaire (B.Dubrulle-Brion et F.Cramer).

n° 264 Avril 94 : Pluton, ses glaces, son atmosphère (Catherine de Bergh, Bernard Schmitt).

*"Le savoir qui ne sait point douter est ce qui renouvelle  
l'antique esclavage, et le partage du monde entre rois  
et sujets."*

*Alain (Souvenirs de guerre)*

# A propos du cadran bifilaire

**Paul Perbost** (Nice)

N.D.L.R. Notre Collègue Perbost nous a donné (Cahiers Clairaut n°65, p30-36) la description, le principe et la méthode de construction du cadran bifilaire ; il complète aujourd'hui cette présentation en nous proposant un peu de géométrie...

## 9. Etude analytique des arcs de déclinaison

### a) Préambule

La forme et la position de la trajectoire décrite quotidiennement par le "point d'ombre" sur la table du cadran varie d'un jour à l'autre et se retrouve identique à elle-même au bout d'une année. Cette trajectoire, ordinairement curviligne, tourne sa concavité tantôt vers le Nord et tantôt vers le Sud, du moins sous nos latitudes. Cependant, à l'époque des équinoxes elle "dégénère" en une droite ; véritable ligne de partage des arcs parcourus par l'ombre, on le nomme précisément l'équinoxiale du cadran. Parmi les arcs de déclinaison, deux sont particulièrement importants : les arcs des solstices. Les Anciens savaient qu'aux époques correspondantes, le gnomon, simple piquet vertical, avait une ombre méridienne maximale ou minimale. C'est pourquoi le gnomon est souvent appelé héliotrope, c'est à dire étymologiquement "indicateur des conversions du Soleil" (ou encore des solstices). Bien plus qu'une horloge, le cadran solaire fut d'abord un calendrier, qui permit d'établir la durée de l'année, les équinoxes, les solstices, les latitudes géographiques, l'obliquité de l'écliptique, etc. Citons à ce propos les noms de Hipparque, de Ptolémée, de Vitruve, de Pythéas, etc qui firent du gnomon un usage savant.

A ce point de vue, les arcs de déclinaison ont autant d'importance que les lignes horaires. Nous avons déjà examiné une méthode numérique qui permet de les construire point par point. Mais, pour connaître leur nature géométrique précise, il faut faire une étude mathématique rigoureuse. Plusieurs méthodes peuvent être envisagées. Nous choisirons la voie analytique, qui nous a déjà conduit au tracé des lignes horaires. Pour suivre le développement, il sera utile de se reporter aux figures et, en particulier à la figure 2 (Cahiers Clairaut 65, p.32).

### b) Principe

Les arcs de déclinaison, ou ensembles des points  $M(x,y)$  sont définis implicitement par une relation contenant uniquement leurs coordonnées rapportées au repère  $(O,i, j)$ , la déclinaison du Soleil ( $\delta$ ), la latitude ( $\phi$ ) et la longueur ( $l$ ) choisie arbitrairement, à l'exclusion évidemment de l'angle horaire ( $H$ ).

### c) Calculs : à la recherche d'une équation

Pour éliminer  $H$ , d'entrée, considérons les égalités suivantes qui lient les coordonnées horizontales  $(a,h)$  aux coordonnées horaires  $(H,\delta)$  en un lieu de latitude  $\phi$  :

$$\cos \delta \sin H = \cos h \sin a$$

$$\cos \delta \cos H = \sin h \cos \phi + \cos h \sin \phi \cos a$$

(Cf André Danjon, Astronomie générale, p.47). Leur addition, après élévation au carré, entraîne la suivante où  $H$  a disparu :

$$\cos^2 \delta = \cos^2 h \sin^2 a + \sin^2 h \cos^2 \phi + 2 \sin h \cos h \sin \phi \cos \phi \cos a + \cos^2 h \sin^2 \phi \cos^2 a$$

C'est la "clef du problème". Tout se ramène maintenant à exprimer les termes où figure  $h$  en fonction des coordonnées  $(x,y)$  de  $M$ , de  $\delta$ , de  $l$  et de  $\phi$ .

Rappelons ensuite l'expression des coordonnées de M :

$$x = l' \sin a \cotg h$$

$$y = l \cos a \cotg h$$

Par combinaison linéaire, on en tire aisément :

$$l^2 x^2 + l'^2 y^2 = l^2 l'^2 \cotg^2 h$$

qui donne 
$$\cotg^2 h = \frac{l^2 x^2 + l'^2 y^2}{l^2 l'^2}$$

De cette expression, on tire celles de  $\sin^2 h$  et de  $\cos^2 h$ . Puisque  $l/l' = \sin \phi$  dans le cadran bifilaire, on obtient après des calculs que le lecteur curieux aura plaisir à vérifier

$$(\gamma) \quad (\sin^2 \delta)x^2 - (\cos^2 \delta - \sin^2 \delta)y^2 + (l \sin 2\phi)y - l^2 (\cos^2 \delta - \cos^2 \phi) = 0$$

Sans entrer dans le détail de la discussion sur la nature de la courbe définie par cette équation, bornons-nous à rappeler qu'elle définit une famille de coniques, dont le genre dépend des coefficients c'est à dire conjointement de  $\phi$  et de  $\delta$ , comme pour d'autres types de cadrans solaires.

#### d) Réduction de l'équation

Dans le cas général,  $(\gamma)$  est une conique à centre (ellipse ou hyperbole). On démontre d'ailleurs que ce centre  $\omega$  a pour coordonnées

$$x = 0 ; y = l \frac{\sin \phi \cos \phi}{\cos^2 \delta - \sin^2 \phi}$$

A partir de là, en procédant à une translation des anciens axes amenant la nouvelle origine en  $\omega$ , on obtient l'équation réduite de la conique :

$$(\Gamma) \quad \frac{Y^2}{b^2} - \frac{X^2}{a^2} - 1 = 0$$

avec  $b^2 = l^2 \frac{\sin^2 \delta \cos^2 \delta}{(\cos^2 \delta - \sin^2 \phi)^2}$  et  $a^2 = l^2 \frac{\cos^2 \delta}{\cos^2 \delta - \sin^2 \phi}$

$(\Gamma)$  est l'équation d'une ellipse si la latitude géographique est supérieure au complément de la valeur absolue de la déclinaison, ce qui ne se produit que dans les zones polaires ; dans tous les autres cas, c'est une hyperbole et l'arc de déclinaison est, à proprement parler, un arc d'hyperbole.

A l'exception, évidemment, des jours d'équinoxe,  $\delta = 0$  où l'équation  $(\gamma)$  se réduit à celle d'une droite :

$$y \cos \phi - l \sin \phi = 0$$

Les lecteurs amateurs de calcul se plairont à trouver les sommets de  $(\Gamma)$  sur la méridienne et à calculer l'angle  $2\theta$  des asymptotes dont la moitié est donnée par  $\text{tg } \theta = b/a$ . On en déduirait, par exemple, l'écart entre les azimuts au lever ou au coucher du Soleil pour les déclinaisons extrémales du Soleil (solstices) au lieu considéré.

### **D7. Taches solaires et rotation du Soleil**

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

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

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

## Chronique du CLEA – Courrier des lecteurs

**Les réalisations du CLEA** – "*Le CLEA ne cesse pas d'avoir des idées lumineuses*" nous écrit une Collègue en commandant filtres colorés et réseaux (FCR dans le catalogue de la page 3 de la couverture des **Cahiers**). D'autres collègues l'ont imitée si bien que notre stock s'est rapidement avéré insuffisant. Comme le réapprovisionnement n'est pas évident, il y a eu et il y aura encore des délais de livraison. Les collègues sont donc invités à la patience mais qu'ils soient assurés que les commandes enregistrées seront servies.

De même pour les commandes du hors série **L'Astronomie en Quatrième** (noté HS4 dans le catalogue de la couverture des **Cahiers**). Nous l'avons annoncé pour qu'il figure sur la page 3 de la couverture qui est imprimée en même temps que le numéro de printemps mais le travail d'édition n'était pas terminé. Donc, là aussi, appel à la patience des souscripteurs. On peut penser qu'ils n'auront pas beaucoup à attendre, que le printemps ne sera pas écoulé avant la sortie du HS4 de chez l'imprimeur. L'expédition des commandes commencera aussitôt après.

**Les documents photographiques** – Annoncés p.2 du **Cahier 65**, ils ont aussitôt connu un grand succès, parmi les utilisateurs des **18 fiches CLEA-Belin** en particulier ; dans l'académie de Poitiers, tous les lycées les ont achetés. Jean Ripert a assuré les envois alors qu'il avait déjà fort à faire pour confectionner les pochettes des filtres colorés et des réseaux.

**Les réabonnements** – Comme de coutume, le premier numéro de la dix-septième année des **Cahiers**, n°65 – Printemps 1994 a été envoyé à tous les abonnés 1993, y compris ceux dont l'abonnement s'achevait en principe avec le n°64 – Hiver 1993-94. La fin de leur abonnement avec ce numéro 64 était indiqué sur l'étiquette d'envoi et beaucoup de retardataires en ont profité pour renouveler spontanément leur abonnement. Il est resté un peu plus de trois cents retardataires à qui un rappel a été envoyé durant le mois d'avril.

Un Collègue s'en est étonné et demande qu'à l'avenir un courrier spécial l'invite à renouveler l'abonnement. Il nous paraît plus simple de mentionner la fin d'abonnement sur l'étiquette d'expédition du numéro d'hiver (qui porte toujours un numéro multiple de 4) quitte à envoyer un rappel aux seuls retardataires en avril.

En se réabonnant, les Collègues ajoutent souvent quelques mots aimables et d'intéressantes suggestions. En voici quelques unes :

- **Les Cahiers** disent peu de choses sur la photographie astronomique réalisable au sein d'un club alors que cela passionnerait les élèves.
- **Les Cahiers** devraient donner quelques conseils sur le choix d'un instrument pouvant être utilisé par un établissement scolaire avec une gamme de prix de 5 000 F à 30 000 F.
- Pourquoi **Les Cahiers** n'ouvriraient-ils pas une rubrique PETITES ANNONCES permettant des échanges entre collègues ?

La rédaction des **Cahiers** est acquise d'avance à toutes les suggestions. Elle cherche aussitôt à les traduire en actes. Des échanges entre collègues, mais c'est la raison d'être des **Cahiers** et les responsables de leur édition sont les premiers à regretter que des collègues ne nous racontent pas plus souvent ce qu'ils font dans leurs clubs et dans leurs classes.

**Ares** – Saluons la belle réalisation de L'ASTROLABE (parc Kennedy, La Rochelle Mireuil, téléphone 46 67 47 67), un dossier complet sur la simulation d'une exploration martienne en 2015. Dans ce dossier : une documentation sur la planète (géologie, topographie, l'eau sur Mars, un scénario probable des futures expéditions, la description du module d'exploration "ARES", un glossaire du vocabulaire spécifique, des données sur les variations saisonnières de la pression atmosphérique, sur une plaine martienne, sur l'analyse chimique du sol martien, l'eau sur Mars, sur le véhicule automatique "Rover" ; enfin préparer quelles seront les données à recueillir. Depuis décembre 93 jusqu'en juillet 94, les groupes scolaires sont donc invités à l'Astrolabe pour travailler sur ce projet ARES.

**Le Gluon** – Nos Amis du Planétarium du Collège Valéri de Nice nous envoient le premier numéro de leur nouvelle revue trimestrielle **Le Gluon**. Un beau témoignage de l'activité du groupe.

Dans ce premier numéro, un sympathique "croquis" de Janine Chapelet, sans qui toute cette affaire n'existerait pas. Un article sur Perinaldo, le village natal de Cassini et des notes sur les activités astronomiques du groupe – dont neuf conférences au cours de l'année. La rubrique "On ne peut tout savoir" signée la çancanière nous surprend en écrivant que l'observatoire de Greenwich se trouverait à la longitude 2° 20' 15" Ouest.

Les animateurs du planétarium du Collège Valéri sortent aussi dans toute la région comme l'attestent les journaux qui, grâce à eux, rappellent à leurs lecteurs que l'astronomie est une science sérieuse et plaisante.

**Omega** – Le numéro 1 de la revue  $\Omega$ , périodique de **Omega Association** se présente avec le sous-titre "*Du sensible à l'intelligible*". La revue et l'association sont animées par notre Collègue Claude Mathieu, 53 rue de la Clairière, 08000 Charleville-Mézières.

Les animateurs d'Omega "*rêvent d'une réalité où la science serait amoureuse de l'art*". A partir de la rénovation des bâtiments d'une ancienne ferme, ils construisent un centre culturel et scientifique à Rumigny, en Ardennes de France. Présentation d'expériences, planétarium, jardin d'herbes (la revue rappelle que Charlemagne, en 812, recommandait aux monastères de cultiver légumes et simples). Nicolas-Louis de La Caille, "le Christophe Colomb du ciel austral" naquit à Rumigny le 15 mars 1713. Excellent parrainage pour Omega qui travaille en liaison avec IUFM et Inspection Académique.

**La Tête dans les Etoiles** – (Le Théâtre des Quatre Lunes, "Courtet, 47360 Laugnac ; tél 53 95 03 54) organise avec écoles et collectivités des animations pédagogiques avec télescope, planétarium mobile, etc..

**La Lune et la nuit** – "*La Lune est une planète qui fascine les hommes ; elle ne brille que la nuit*". Telle était l'introduction d'une émission intitulée "Mystères" de TF1, le vendredi 11 mars 1994. On comprend que notre Collègue Paubert, de Sotteville les Rouen, ait sursauté

**Astrologie** – Plusieurs lecteurs ont été scandalisés de trouver dans la grande presse, y compris le n°147 de **Courrier international** et le n°118 du **Point**, des échos sur la création d'une chaire d'astrologie à la Sorbonne. Une telle chaire qui existait dans les temps anciens avait été supprimée par Colbert en 1666. Autrement dit, après Descartes et Galilée, même Colbert jugeait cette chaire indécente.

Notre Président d'honneur, Jean-Claude Pecker, note que si l'astrologie "judiciaire" éclaire certains aspects de l'histoire médiévale, l'astrologie d'aujourd'hui, même en se parant de mots "scientifiques", n'énonce que des contre-vérités. Il est permis de penser que les universités actuelles n'ont rien à voir avec les turpitudes des marchands d'horoscopes.

**Longitude du Soleil** – Un lecteur nous a posé la question suivante : "*La Connaissance des temps fournit pour chaque année et chaque instant du 0 janvier 0 heure au 31 décembre 0 heure la valeur numérique de la longitude du Soleil avec une précision de l'ordre du centième de degré. Est-il possible de se procurer une liste de formules exprimant en fonction du temps l'effet des perturbations planétaires sur la longitude du Soleil à moins d'une seconde de degré près ?*"

Nous avons consulté nos éminents collègues et amis du Bureau des Longitudes et Monsieur Pierre Bretagnon que nous remercions très vivement nous a répondu : "*Il n'existe pas d'ouvrage permettant le calcul des perturbations planétaires sur la longitude du Soleil à la précision de l'ordre du centième de degré. La raison en est qu'il faut environ 4000 termes périodiques pour représenter les perturbations du Soleil à cette précision. Bien sûr, nous pouvons fournir la théorie du mouvement du Soleil sur papier ou sur disquette pour micro-ordinateur de type PC IBM...*"

Ajoutons que Pierre Bretagnon et Jean-louis Simon sont co-auteurs du livre **Planetary Programs and Tables from -4000 to + 2800** édité par Willmann-Bell (P.O.Box 35025, Richmond, Virginia 23235, USA).

## Les publications du C.L.E.A.

### FASCICULES POUR LA FORMATION DES MAITRES EN ASTRONOMIE

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

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

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

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

- HS1. L'astronomie à l'école élémentaire (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)  
HS2. La Lune, niveau collègue 1 (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)  
HS3. Le temps, les constellations, niveau lycée (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)  
HS4. Astronomie en Quatrième (60F-68F) (40F-48F pour les abonnés)

### DOCUMENTS POUR LES FICHES CLEA-BELIN

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

### TRANSPARENTS ANIMES POUR RETROPROJECTEUR

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

### DIAPPOSITIVES (séries de 20 vues + livret de commentaires)

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

### FILTRES COLORES ET RESEAUX

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

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

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

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

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

## CONDITIONS D'ADHESION ET D'ABONNEMENT POUR 1994 :

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

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

### COLLECTIONS DES CAHIERS CLAIRAUT

C1. Collection complète du n° 1 au n° 64 (890 F - 970 F)

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

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

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

Adresser inscriptions, abonnements ou commandes au secrétaire du CLEA

Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 ST-CLOUD

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

### PUBLICATIONS DU PLANETARIUM DE STRASBOURG

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

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

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

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

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