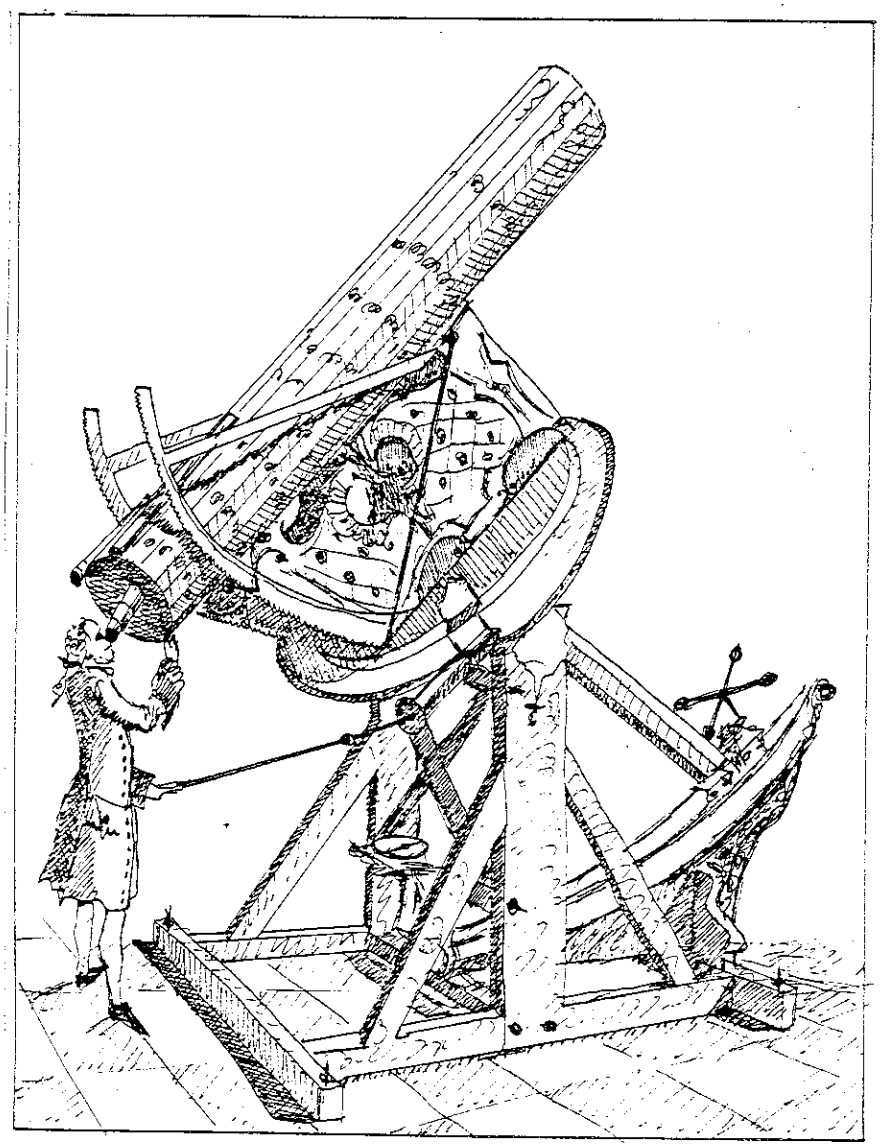
# les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n° 20 - printemps 1983

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 20 Printemps 1983

Heure d'hiver, heure d'été et économies d'énergie..... p 3
Errants et errances (II)..... p 7
Précision..... p12
Idées pour la programmation d'un calendrier grégorien..... p13
Courrier des lecteurs..... p20
ESO - Observatoire européen de l'hémisphère sud (seconde partie)..... p24
Mettez votre planétaire à l'heure..... p29
Lectures pour la Marquise et pour ses amis..... p30
Rotation de la terre sur elle-même et distance terre-lune..... p33
Chronique du CLEA..... p36
Héliographe..... p38
Construire soi-même un télescope simple..... p40

## EDITORIAL

Pour répondre à la demande de plusieurs d'entre vous, instituteurs en particulier,nous vous proposons deux articles simples."Heure d'hiver,heure d'été et économies d'énergie" exploite le calendrier des PTT et l'"Héliographe" se construit avec une boite de conserves.Cette rubrique se développera dans les prochains numéros, avec en projet la construction d'une carte céleste mobile et la description d'une manip simple reproduisant le "bleu du ciel".

Nous envisageons aussi de donner davantage d'exemples d'utilisation de la microinformatique. "Idées pour la programmation d'un calendrier" devrait vous permettre de résoudre plusieurs sortes de problèmes liés au calendrier avec des moyens informatiques variés allant de la calculatrice de poche au microordinateur.

Si vous voulez nous aider, adhérez au CLEA et faites-le connaitre autour de vous. Vous pouvez obtenir sur simple demande des exemplaires (précisez le nombre) d'un texte bref résumant les objectifs et l'action du CLEA, destiné à une large diffusion.

Merci de votre collaboration.

La rédaction.

---

FICHE D'ADHESION AU CLEA (pour 1983) et D'ABONNEMENT AUX CAHIERS CLAIRAUT

Nom.....

Adresse.....

Si possible donnez l'adresse de votre établissement scolaire, afin de pouvoir bénéficier de la franchise postale, mais n'oubliez pas de nous signaler vos changements d'affectation.

☐ désire adhérer au CLEA

☐ désire s'abonner ou se réabonner aux Cahiers Clairaut (n°21 à 24)

☐ désire recevoir la collection complète (n°1 à 20)

tarifs: { cotisation seule : 20 f ; abonnement seul (n°21 à 24): 35f (soutien: 70f)
abonnement et cotisation: 50 f (soutien: 80 f)
prix de la collection complète des Cahiers Clairaut (n°1 à 20): 120 f

A RENVOYER AVEC LE REGLEMENT A L'ORDRE DU CLEA A LA TRESORIERE DU CLEA:

Mme F. DELMAS I.A.P. 98 bis Brd ARAGO 75014 PARIS

# HEURE D'HIVER, HEURE D'ETE ET ECONOMIES D'ENERGIE

J'ai entrepris ce travail juste après le décalage d'une heure opéré en septembre. Les medias l'ont bien sûr annoncé,mais, contrairement à l'habitude, ont donné des détails sur le gain d'énergie ainsi réalisé. Mais si ce gain est chiffré, on n'en trouve pas la démonstration ou l'explication. J'ai posé la question et personne n'a su me répondre de façon précise. On comprend bien que si on se lève une heure plus tard on consommera moins d'électricité pour s'éclairer, en cette période de l'année où"les jours sont courts"; mais on ajoute tout de suite que "puisqu'on se couche une heure plus tard, on dépensera le soir ce qu'on a économisé le matin". Ceci m'a amené a essayer de montrer qu'il y a vraiment économie, puis à la chiffrer. A remarquer que cette démarche est tout à fait conforme à"l'Eveil Scientifique": résolution par la classe,et à son niveau, d'un problème posé par un élève, quelquefois par le maître, ou par un évènement.

Ici l'évènement était le changement d'heure. C'est ce que je pratique assez souvent en club Astro "jeunes", et les "évènements" à exploiter ne manquent pas: l'équinoxe, le solstice, une éclipse etc...

Tout d'abord, il faut considérer la compétition entre l'éclairement naturel produit par le Soleil et l'éclairage artificiel (immeubles et voies publiques), ce qui nous amène à mettre en relation d'une part le lever et le coucher du Soleil, d'autre part le lever et le coucher des humains.

Pour le Soleil, le calendrier des Postes nous donne le renseignement en heure TU pour toute l'année, mais pour le lever et le coucher des humains... comme personne n'a encore songé à faire une loi là-dessus, il faut faire intervenir la notion de Français moyen: c'est un adulte qui dort huit heures et veille seize heures. Il se lève à 6 heures et se couche à 22 heures (heure légale: il y a quand même une loi !).

On est tout de suite frappé par la disproportion entre la matinée du français moyen (six heures avant midi) et sa "soirée" (dix heures après midi). Sa période d'activité n'est pas du tout centrée sur le midi légal: mi-di n'est pas le milieu du jour du français moyen (ceci est indépendant du repère de temps choisi: heure TU, heure légale, heure de temps moyen local... puisqu'il s'agit de durées, donc de différences entre des instants, à condition que ces instants soient repérés dans le même référent).

Si on considère la journée d'un citadin et la journée de travail de huit heures, elle s'organise à peu près comme suit: 8h - 12h et 14h - 18h, ce qui donne deux heures avant le travail, deux heures pour le repas de midi et quatre heures après le travail correspondant éventuellement au loisir: le "temps libre" du citadin moyen a plutôt lieu le soir. L'activité rurale est peut-être plus symétrique par rapport au midi (lever 4 heures !! coucher 20 heures !!) ce qui fait huit heures avant midi et huit heures après midi.

Ce que je viens de raconter n'est pas totalement hors sujet car c'est ce glissement de l'activité humaine par rapport à la présence du Soleil et de sa lumière que l'on essaie de supprimer ou de diminuer par un décalage d'une heure (TU + 1) l'hiver et de deux heures (TU + 2) l'été sur l'heure TU.

Si on trace sur la figure 1 une "verticale" passant par 6 heures TU et une autre passant par 22 heures TU et si on hachure les périodes de recours à l'éclairage artificiel (entre lever du français moyen et lever du Soleil et entre coucher du Soleil et coucher du français moyen) on obtient une aire hachurée importante surtout pour le soir. L'aire hachurée correspond à une dépense d'énergie électrique consacrée à l'éclairage. Mais si on prend pour heure légale TU + 1 heure, la surface hachurée diminue car cette translation vers la gauche introduit une augmentation relativement faible de l'aire hachurée

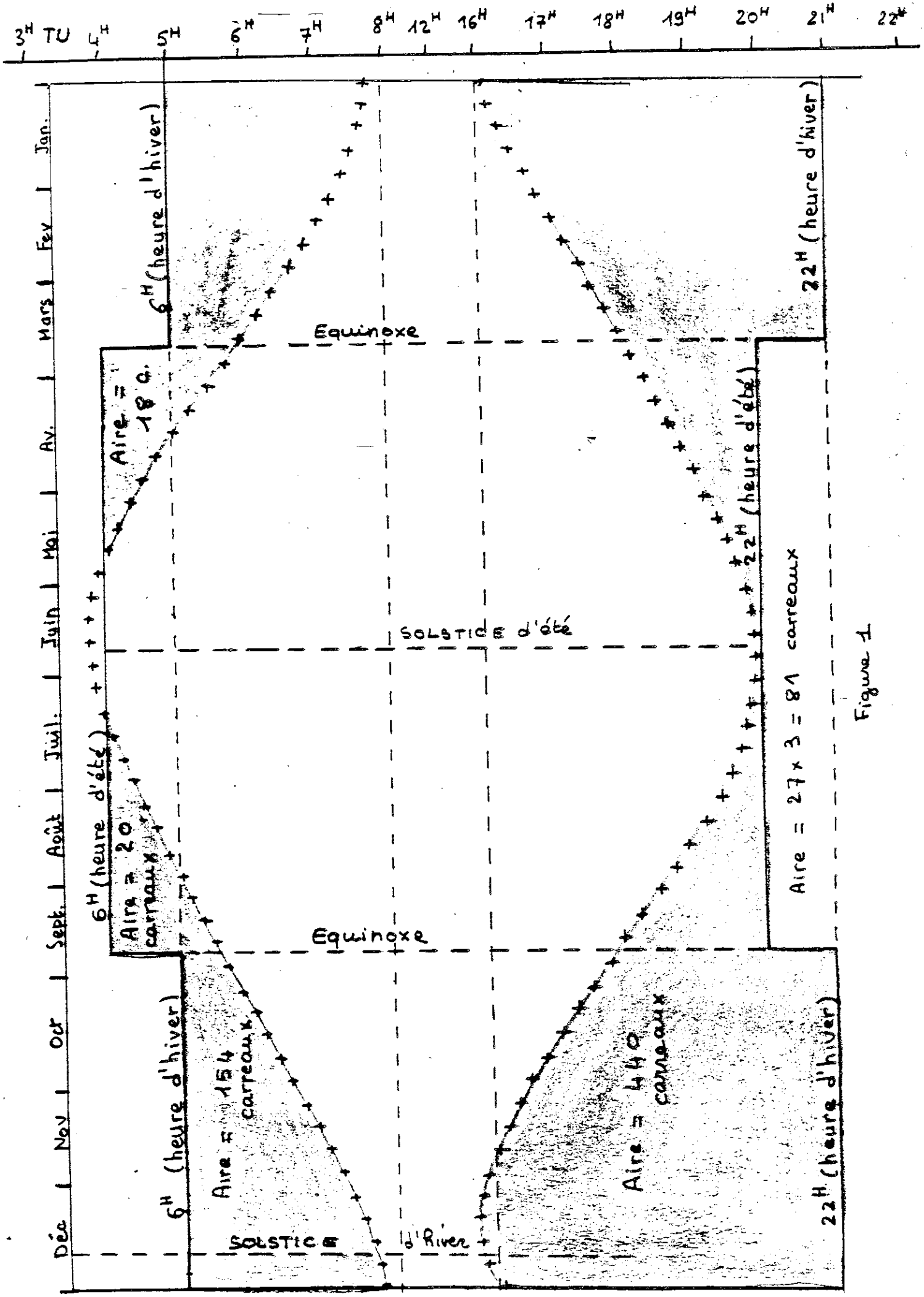

3H TU
4H
5H
6H
7H
8H
12H
16H
17H
18H
19H
20H
21H
22H
Jan.
Fev
Mars
Av.
Mai
Juin
Juil.
Août
Sept.
Oct
Nov
Déc
6H (heure d'hiver)
Equinoxe
SOLSTICE d'été
Equinoxe
SOLSTICE d'Hiver
22H (heure d'hiver)
22H (heure d'été)
Aire = 18 c.
Aire = 20 carreaux
Aire = 154 carreaux
Aire = 440 carreaux
Aire = 27 x 3 = 81 carreaux

Figure 1

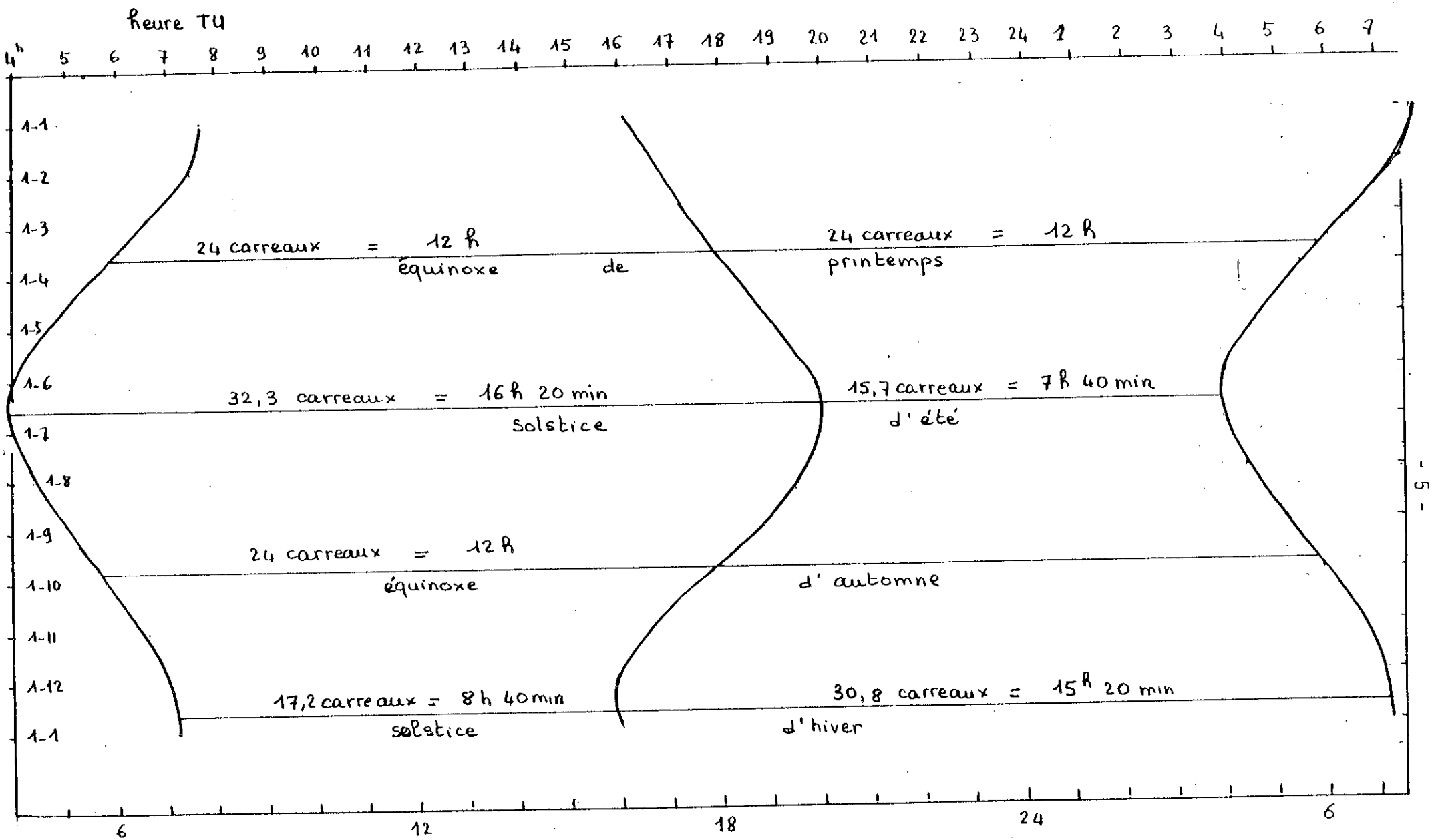

heure TU
4h 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 7
1-1
1-2
1-3
1-4
1-5
1-6
1-7
1-8
1-9
1-10
1-11
1-12
1-1
24 carreaux = 12 h
équinoxe de printemps
24 carreaux = 12 h
32,3 carreaux = 16 h 20 min
Solstice d'été
15,7 carreaux = 7 h 40 min
24 carreaux = 12 h
équinoxe d'automne
17,2 carreaux = 8 h 40 min
solstice d'hiver
30,8 carreaux = 15 h 20 min
6 12 18 24 6

Figure 3

sur la partie gauche (le matin) et une faible augmentation de dépense d'énergie et par contre une diminution importante de l'aire hachurée et donc de dépense d'énergie à droite. Dans la solution (b) l'éclairement solaire est utilisé plus longtemps.

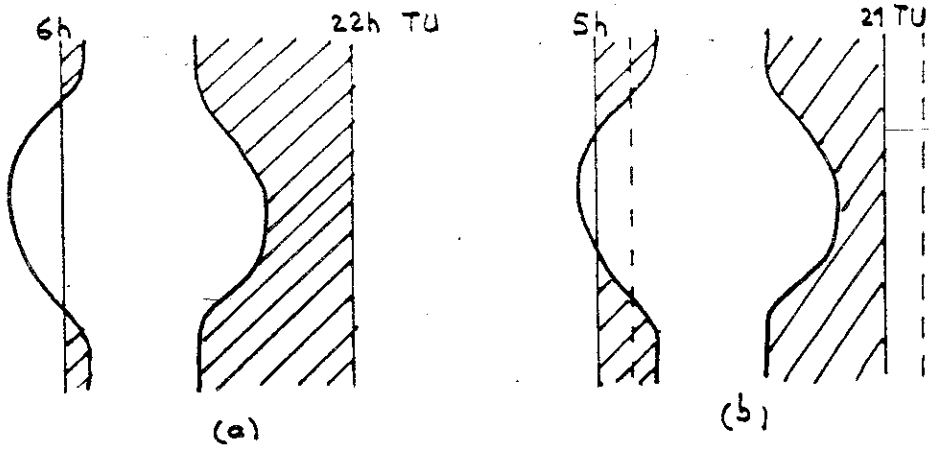



Figure 2

Si maintenant on applique l'heure d'hiver (TU + 1) et l'heure d'été (TU + 2) la même représentation graphique (figure 1) montre d'une façon très nette que l'on a essayé d'adapter la période d'activité humaine à la période de présence du Soleil.

Poussé par mes camarades du club Astro, j'ai essayé de quantifier le gain d'énergie par la relation $E = k\,S$

(E = énergie électrique consacrée à l'éclairage artificiel; S = aire hachurée)
Nous avons donc compté les carreaux sur la feuille de papier: 84 carreaux gagnés le soir, 38 carreaux seulement perdus le matin, soit un gain de 44 carreaux. Puis nous avons évalué le gain relatif (ce qui élimine k). Nous avons compté les carreaux hachurés (en grisé sur la figure 1)si le changement d'heure n'était pas appliqué: 154 le matin, 440 le soir (à remarquer la disproportion entre ces énergies, d'un facteur voisin de trois) d'où le pourcentage de gain:

$$\frac{43}{154 + 440} \times 100 = 7\%$$ de l'énergie électrique consacrée à l'éclairage

On notera le changement d'échelle entre 8 h TU et 16 h TU utilisé pour faire entrer toutes les informations dans une feuille de format 21 x 29,7, ce qui donne une fausse idée de l'étendue de la période de "jour" et peut être un écueil pour de jeunes élèves. Une figure utilisant la même échelle tout au long de la journée montrerait que l'axe 12 heures TU n'est pas axe de symétrie de la figure, ce qui conduit à la notion de midi vrai et à celle d'équation du temps (différence entre midi vrai et midi moyen), à la correction de longitude près.

La figure 3 permettrait à des élèves de comparer les durées de nuit et de jour et de trouver graphiquement les dates d'équinoxes et de solstices. J'avais pensé à l'enrouler sur un cylindre pour donner l'idée de cycle, par une hélice au pas de 24 heures, s'enroulant sur ce cylindre du 1er janvier au 31 décembre, mais les comparaisons des durées du jour et de la nuit devenaient impossibles: si on regarde le jour, on ne voit plus la nuit. (Ceci me rappelle la réponse d'une petite fille à la question "Peux-tu expliquer le jour et la nuit ?" elle répondit "La Terre tourne et au bout d'un demi-tour elle montre son derrière par devant et son devant par derrière"...)

Je pense que ce problème du changement d'heure est une illustration de l'intérêt évident du graphique comme expression d'un tableau de résultats.

Victor Tryoën

Professeur de Physique à l'Ecole Normale de Douai

Errants et errances (II)

Notes pour tenter de comprendre l'histoire de la découverte de l'attraction universelle

Résumons. Pour Kepler, il y a donc une "espèce motrice" qui entraîne les planètes dans leur mouvement autour du Soleil et parvient à vaincre leur inertie ; car, pour lui, l'inertie est une résistance au mouvement.

Vers les années 1630, Newton n'est pas encore né, mais la mécanique, la grande synthèse newtonienne est en gestation. Le sujet dont les grands esprits débattent est celui du mouvement des graves, les corps pesants qui nous entourent. Un fait, leur chûte. Un autre fait, les jets. Une pierre tombe si je la lâche, je peux aussi la lancer. De là "procède le mouvement d'idées qui aboutit à la découverte de la loi d'inertie. Mais, chose curieuse, il n'en procède pas directement. Ni principalement. La physique nouvelle ne naît pas seulement sur la terre, elle naît autant dans les cieux. Et c'est dans les cieux aussi qu'elle trouve son achèvement." (Alexandre Koyré, "Etudes galiléennes", p.165)

Les grands esprits discutent de la chûte des corps mais ils pensent aussi au mouvement des planètes. Certains ne citent pas Copernic et Kepler parce que ceux-ci ont encore un parfum d'hérésie et qu'on n'est jamais trop prudent vis à vis de l'Inquisition mais l'héliocentrisme est un fait acquis pour tous. Galilée, avec sa fougue et son talent de polémiste, bouscule la tradition : il le paiera d'années de résidence forcée. Descartes, de façon plus souterraine, mine la même orthodoxie et formule clairement les acquis. Le jeune génie de Newton tirera profit de tous ces travaux, y compris ceux de savants peut-être plus obscurs, Cavalieri, Torricelli, Bombelli, Gassendi qui font cohorte aux prophètes de la mécanique nouvelle.

La loi d'inertie, étape Galilée

Etape essentielle, dégager la loi d'inertie, passer de la notion keplerienne d'inertie comme résistance au mouvement à l'inertie comme principe de poursuite du mouvement en l'absence d'action.

Cela ne pouvait pas être facile. L'expérience des mouvements terrestres ignore le mouvement uniforme sur une droite ; tout au plus peut-on réaliser un mouvement uniforme (ou presque) sur un segment de droite. Ce que nous voyons, ce que nous observons chaque jour, c'est le mouvement diurne, mouvement de rotation uniforme, le fameux mouvement "naturel" des Aristotéliciens.

Justement, ce qui préoccupe Galilée, à Pise, c'est le problème de la persistance du mouvement et ce qui le frappe, cest la situation privilégie du mouvement circulaire. Et il va falloir "expliquer ce qui est à partir de ce qui n'est pas, de ce qui n'est jamais. Et même à partir de ce qui ne peut jamais être."(pour reprendre une forte expression de Koyré ; réfléchissez, le mouvement rectiligne et uniforme ne pourra jamais être).

Relisons Galilée qui parle par la bouche de Salviati dans le"Dialogue des grands systèmes" (éd Hermann, p.117) :

"Si les corps constituants du monde doivent être, par nature, mobiles, il est impossible que leurs mouvements soient droits ou autres que circulaires ; la raison en est simple et évidente ; tout corps qui se meut d'un mouvement rectiligne change de lieu ; s'il continue à se mouvoir, il va de plus en plus s'éloignant de son point de départ et de tous les lieux par lesquels il passe successivement ; et si ce mouvement est chez lui naturel, c'est que, dès le principe, il n'était pas en son lieu naturel, et donc que les parties du monde n'étaient pas disposées en un ordre parfait. Mais nous avons supposé qu'elles le sont : comme telles, il est impossible qu'il soit de leur nature de changer de lieu, et en conséquence de se mouvoir d'un mouvement droit. En outre, le mouvement droit étant par nature infini parce que la ligne droite est infinie et indéterminée, il est impossible qu'aucun mobile ait, naturellement, en lui un principe de mouvement rectiligne, c'est à dire un mouvement vers un but auquel il est impossible d'arriver, le lieu n'étant pas préfixé, car la nature, comme le dit très bien Aristote lui-même, n'entreprend pas de faire ce qui ne peut être fait, ni de mouvoir un corps vers où il est impossible qu'il parvienne."

Cependant, dans la suite du dialogue (très platonicien de ton) entre Salviati et Simplicio, le mouvement d'une bille sur un plan lisse est discuté. C'est de l'expérience imaginée. Si la bille est lâchée vers la déclivité, elle aura un mouvement accéléré, si la bille est lancée vers le haut du plan incliné, son mouvement sera d'abord décéléré. Par conséquent, si le plan est horizontal, le mouvement persistera de façon rectiligne et uniforme au moins pour un temps. C'est presque une formulation du principe d'inertie.

Mais, selon Galilée, qu'est-ce qu'un plan horizontal pour un corps pesant. Est-ce le plan de la géométrie euclidienne, illimité, infini, sur lequel se dessinent des droites infinies ? Cette bille sur le plan horizontal est un corps grave :"Se mouvant sur ce plan, il s'éloignerait du centre de la terre (ou du monde) et, par conséquent s'élèverait. Son mouvement serait donc violent [non naturel] et, en fait, comparable à celui d'un corps qui remonte sur un plan incliné, c'est à dire sur un plan ascendant : donc, non seulement il ne pourrait se prolonger indéfiniment, mais au contraire, il devrait nécessairement s'arrêter. Le seul mouvement réel qui ne serait ni naturel ni violent, le seul mouvement qui ne ferait ni s'élever ni s'abaisser un grave, le seul mouvement qui ne le ferait pas s'éloigner ou se rapprocher du centre de la terre (ou du monde), est celui qui en suivrait le pourtour. Ce serait par conséquent un mouvement circulaire. Autrement dit: le plan horizontal réel est une surface sphérique."(paraphrase de Galilée par A.Koyré dans ses "Etudes galiléennnes", p.208)

Conclusion : nous n'avons pas encore l'énoncé complet et clair du principe d'inertie.

En passant, notons que le discours de Galilée utilise l'expérience imaginée qu'il apparaît ainsi moins expérimentateur (qu'il fut pourtant) que dialogueur. Le lecteur y trouve son compte, c'est un plaisir de participer à la polémique avec un Salviati aussi vigoureux et éloquent. Quant au refus du plan géométrique de la part de Galilée, cela signifie aussi son refus

d'un univers infini ; pour lui, enfin, la distinction entre le modèle abstrait et le monde physique n'est pas clairement affirmée, son modèle abstrait n'est pas encore assez abstrait.

La loi d'inertie et les galiléens

Le progès est pourtant là car, pour les disciples de Galilée, la polémique est dépassée. En 1632, l'année même où Galilée publie son "Dialogue des grands systèmes", Bonaventura Cavalieri publie un ouvrage "Speccio Ustorio" qui est **tout à fait un livre de science**. La distinction aristotélicienne entre mouvements naturels et mouvements violents disparaît. On peut s'abstraire de la pesanteur et imaginer un projectile qui n'y serait pas soumis :"Je dis encore que ce projectile non seulement irait en ligne droite vers son but, mais que, en temps égaux, il ne passerait que des espaces égaux de la dite ligne, pourvu que le mobile soit indifférent à la direction du mouvement et pourvu encore que le milieu ne lui fasse aucune résistance, puisqu'il n'aurait aucune cause de ralentissement ni d'accélération." (cité par Koyré, "Etudes galiléennes", p.295)

Alors que Galilée , pour exclure l'action de la gravité, avait recours à un plan horizontal en forme de sphère, Cavalieri fait purement et simplement abstraction de ce plan.

De même pour Evanlgelista Torricelli qui, dans une étude sur le mouvement publiée à Florence en 1644, écrit : "Il est clair que sans la traction de la gravité, le mobile procèderait d'un mouvement rectiligne et uniforme suivant la ligne de direction donnée."

Gassendi, l'un des plus éminents disciples français de Galilée, a eu le mérite d'effectuer réellement l'expérience du boulet lâché du haut du mât d'un navire en mouvement. Plus expérimentateur et point du tout mathématicien (alors qu'il fut titulaire d'une chaire de mathématiques au Collège Royal), il s'interroge sur la gravité. Pour Galilée, ce n'était qu'un nom pour désigner quelque chose dont on ignorait la nature. Pour Gassendi, c'est une force comme une autre, une attraction du même genre que l'attraction magnétique. Ce n'est pas une explication, une simple évolution du vocabulaire, mais elle va dans le sens de la future synthèse newtonienne.

La loi d'inertie et Descartes

Revenons en arrière. En 1630, Descartes travaille à un grand traité "Le monde ou traité de la lumière" qui ne sera publié qu'après sa mort en 1662 ; sans doute les persécutions dont Galilée fut victime incitèrent-elles Descartes à la prudence. Il usait pourtant, dans ce traité, d'un stratagème : le monde qu'il décrit est un nouveau monde (pour Descartes, la physique ancienne est morte depuis Copernic), un nouveau monde créé par Dieu qui ne pouvait pas le créer autrement, un nouveau monde qui n'est pas le nôtre. Galilée voulait découvrir le mode d'action effectivement suivi par la nature ; Descartes raisonne pour construire un monde qui doit suivre certaines lois. Et quand il aboutit à des résultats qui ne s'accordent pas

avec l'expérience quotidienne, tant pis pour le sens commun :

"Encore que tout ce que nos sens ont jamais expérimenté dans le vrai Monde semblât manifestement être contraire à ce qui est obtenu dans ces deux règles [sur lesquelles nous allons revenir tout de suite après], la raison qui me les a enseignées, me semble si forte, que je ne laisserais pas de croire être obligé de les supposer dans le nouveau que je vous décris. Car quel fondement plus ferme et plus solide pourrait-on trouver, pour établir une vérité, encore qu'on la voulût choisir à souhait, que de prendre la fermeté même et l'immutabilité qui est en Dieu." ("Le Monde", p.43)

On ne saurait plus superbement affirmer le primat de la théorie sur l'expérience, le souci de la cohérence du modèle sur les incertitudes de l'expérience.

Voici maintenant ces deux règles. La première affirme que chaque particule de matière persévère dans le même état aussi longtemps que la rencontre d'autres particules de matière ne l'oblige pas à changer -on voit poindre ici l'idée d'un univers plein qui ignore le vide). La deuxième règle : "quand un corps en pousse un autre, il ne saurait lui donner aucun mouvement, qu'il n'en perde en même temps autant du sien (invariance de la quantité de mouvement, dirions-nous aujourd'hui).

"J'ajouterai, continue Descartes, que lorsqu'un corps se meut, encore que son mouvement se fasse le plus souvent en ligne courbe... toutefois chacune de ses parties en particulier tend toujours à continuer le sien mouvement en ligne droite.

Et ainsi leur action, c'est à dire l'inclination qu'elles ont à se mouvoir, est différente de leur mouvement actuel.

Par exemple, si l'on fait tourner une roue sur son essieu, encore que toutes ses parties aillent en rond, parce qu'étant jointes l'une à l'autre elles ne sauraient aller autrement : toutefois leur inclination est d'aller droit...

De même, quand on fait tourner une pierre dans une fronde, non seulement elle va tout droit aussitôt qu'elle en est sortie ; mais de plus, pendant tout le temps qu'elle y est, elle presse le milieu de la fronde et fait tendre la corde : montrant évidemment par là, qu'elle a toujours inclination d'aller en ligne droite, et qu'elle ne va en rond que par contrainte.

Cette règle -du mouvement en ligne droite - est appuyée sur le même fondement que les deux autres, et ne dépend que de ce que Dieu conserve chaque chose par une action continue, et par conséquent, qu'il ne la conserve point telle qu'elle peut avoir été quelque temps auparavant, mais précisément telle qu'elle est au même instant qu'il la conserve. Or est-il que, de tous les mouvements, il n'y a que le droit, qui soit entièrement simple, et dont toute la nature soit comprise en un instant. Car, pour le concevoir, il suffit de penser qu'un corps est en action pour se mouvoir vers un certain côté, ce qui se trouve en chacun des instants qui peuvent être déterminés pendant le temps qu'il se meut. Au lieu que, pour concevoir le mouvement circulaire, ou quelque autre que ce puisse être, il faut du moins considérer deux de ses instants, ou plutôt deux de ses parties, et le rapport qui est entre elles." ("Le Monde, p.45)

Pour Descartes, le principe d'inertie est donc acquis en 1630, date de la rédaction du traité sur "le Monde". Il reprend d'ailleurs la question dans ses"Principes de philosophie" qui, eux, seront publiés de son vivant, en 1644. En même temps, il précise sa formulation. Dans la seconde partie de ces "Principes" qui traite "Des principes des choses matérielles", on lit :

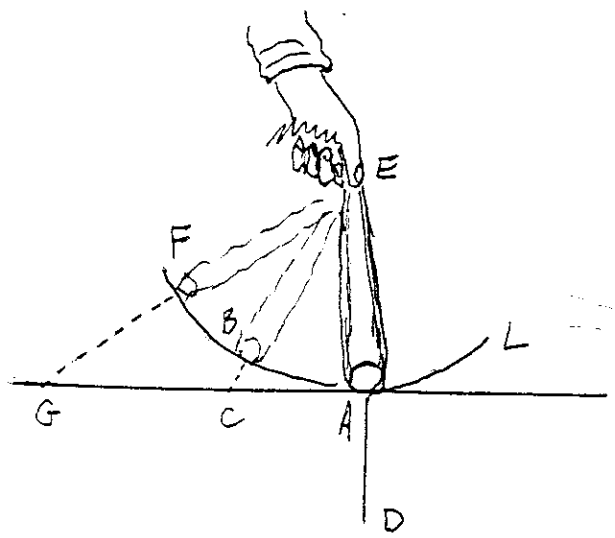
"§37. La première loi de la nature : que chaque chose demeure en l'état qu'elle est, pendant que rien ne le change."

"§38. Pourquoi les corps poussés de la main continuent de se mouvoir après qu'elle les a quittés."

Et enfin ce paragraphe 39 essentiel que nous relisons en entier, commentaire de Descartes compris :

"§39. <u>La seconde loi de la nature : que tout corps qui se meut tend à continuer son mouvement en ligne droite</u>.

La seconde loi que je remarque en la nature est que chaque partie de la matière, en son particulier, ne tend jamais à continuer de se mouvoir suivant des lignes courbes, mais suivant des lignes droites, bien que plusieurs de ces parties soient souvent contraintes de se détourner, parce qu'elles en rencontrent d'autres en leur chemin, et que, lorsqu'un corps se meut, il se fait toujours un cercle ou anneau de toute la matière qui est mue ensemble. Cette règle, comme la précédente, dépend de ce que Dieu est immuable, et qu'il conserve le mouvement en la matière par une opération très simple ; car il ne le conserve pas comme il a pu être quelque temps auparavant, mais comme il est précisément au même instant qu'il le conserve. Et bien qu'il soit vrai que le mouvement ne se fait pas en un instant, néanmoins il est évident que tout corps qui se meut, est déterminé à se mouvoir suivant une ligne droite, et non pas suivant une circulaire : car, lorsque la pierre A tourne dans la fronde EA suivant le cercle ABF, en l'instant qu'elle est au point A, elle est déterminée à se mouvoir vers quelque côté, à savoir vers C, suivant la ligne droite AC, si on suppose que c'est celle-là qui touche le cercle. Mais on ne saurait feindre qu'elle soit déterminée à se mouvoir circulairement, parce que, encore qu'elle soit venue d'L vers A suivant une ligne courbe, nous ne concevons point qu'il n'y ait aucune partie de cette courbure en cette pierre, lorsqu'elle est au point A ; et nous en sommes assurés par l'expérience, parce que cette pierre avance tout droit vers C, lorsqu'elle sort de la fronde, et ne tend en aucune façon à se mouvoir vers B. Ce qui nous fait voir manifestement, que tout le corps qui est mû en rond, tend sans cesse à s'éloigner du cercle qu'il décrit. Et nous le pouvons même sentir de la main, pendant que nous tourner cette pierre dans cette fronde ; car elle tire et fait tendre la corde pour s'éloigner directement de notre main. Cette considération est de



telle importance, et servira en tant d'endroits ci-après, que nous devons la remarquer soigneusement ici ; et je l'expliquerai encore plus au long, lorsqu'il en sera temps."

Après quoi Descartes énonce encore :

"§40. La troisième (loi de la nature) : que, si un corps qui se meuten rencontre un autre plus fort que soi, il ne perd rien de son mouvement, et s'il en rencontre un plus faible qu'il puisse mouvoir, il en perd autant qu'il lui en donne."

On constate bien que de 1630 à 1644, Descartes a épuré sa rédaction tout en changeant l'ordre des règles. Ce qui nous importe pour la suite de cette histoire, ce n'est pas cette fausse interprétation des rencontres (des chocs), c'est la claire et définitive formulation du principe d'inertie.

## En attendant Newton

Encore un coup d'oeil en arrière avant de poursuivre notre étude. Le chemin que va suivre Newton a été défriché. On ne peut pas ne pas s'émerveiller de cette conjonction d'efforts chez tant de grands esprits. Cavalieri n'a pas seulement réfléchi à la loi d'inertie ; il a surtout développé sa "théorie des indivisibles", prouvant qu'il avait bien lu et compris Archimède, comme son maître Galilée : ces indivisibles, étape essentielle vers l'analyse infinitésimale. En même temps, Descartes et Fermat précisent la notion de fonction.

Il y a une telle richesse d'idées et de découvertes dans ce dix-septième siècle qu'on est tenté de penser qu'une grande synthèse était fatale. Après coup, il est facile de parler de fatalité, notion dont l'Histoire nous apprend qu'il faut se méfier.

Je me permets seulement la réflexion suivante : si Newton n'avait pas été étudiant à Cambridge, si l'épidémie de peste ne l'avait pas contraint à se réfugier à la campagne, si..., si la synthèse newtonienne ne s'était pas réalisée en 1685, l'Angleterre aurait-elle, la première, connu la révolution industrielle, aurait-elle pu résister à Napoléon en 1815, à Hitler en 1940 ? Qu'un jeune homme intelligent et rêveur ait rapproché le mouvement des planètes et la chûte des corps, était-ce un passe temps de dilettante ?

K.Mizar (à suivre)

= = = = = = = = = = = = = = = = = = = = =

## PRECISION

Notre collègue D.Fortier (Club Astro de Saint Leu-la Forêt), fidèle lecteur des Cahiers Clairaut, nous signale, à juste titre, une source possible d'erreur dans l'article de D.Bardin: "Photo et spectro élémentaires" publié dans le numéro 19.

A la page 7, en haut: la tige filetée au pas de 0,75 n'existant plus dans le commerce depuis longtemps, il convient d'utiliser les tiges normalisées M5 au pas de 0,80. La première colonne du tableau de la page 7 devient donc:

| | pas | 0,80mm |
|---|---|---|
| $T_r$: | 30s | 365,7mm |
| | 40s | 274,3mm |
| | 45s | 243,8mm |
| | 60s | 182,3mm |

Les deux autres colonnes ne subissent pas de modification.
De plus, dans le paragraphe central de cette même page 7, il est plus approprié d'utiliser le mot "index" à la place du mot "ergot".

# IDEES POUR LA PROGRAMMATION D'UN CALENDRIER GREGORIEN

Dans les Cahiers Clairaut n° 18, Evariste Dupont a rappelé l'essentiel de la réforme grégorienne, sans oublier de renvoyer à une bibliographie de complément.

Supposons donc acquises ces notions simples pour inviter les amateurs à organiser l'information ainsi recueillie en vue d'un traitement automatique.

Selon le système (calculatrice programmable, ordinateur de poche, ordinateur de table...) les résultats seront évidemment variables, et l'effet obtenu plus ou moins spectaculaire. La calculatrice, peu bavarde, fournira des nombres (des numéros de mois ou de jours), l'ordinateur de poche sera plus explicite, mais sur une seule ligne, avec son défilement un peu saccadé, parfois agaçant, et le microordinateur de table donnera des calendriers complets de n'importe quelle année, avec tous les éléments du comput, des commentaires etc...

C'est dire que je ne vais pas écrire ici des programmes. Ils ne seraient utilisables que par les possesseurs du type de machine concerné. Quelques revues l'ont fait, pour certains calculs de calendrier, et pour une machine donnée: les gens pressés en auront tiré profit, mais c'est là "consommer" de l'informatique. Adressons-nous ici aux amateurs désireux d'asservir le système à leurs projets personnels.

Quel est le problème? Je n'en sais donc rien. Chacun choisira. On peut seulement désirer obtenir le jour de la semaine à partir d'une date donnée. Ou moins encore, simplement tester si une année est bissextile... Mais aussi,peut-être, obtenir l'affichage du calendrier de l'année 1610, ... La base de tout cela est commune, et c'est ce que nous allons examiner.

PLAN SUIVI

- Avertissement arithmétique
- Le comput ecclésiastique
- Calcul d'un calendrier
- Annexe

## AVERTISSEMENT ARITHMETIQUE.

Dans ces calcule de calendrier, il faut souvent utiliser la *partie entière* d'un nombre rationnel et le *reste* d'une division euclidienne. Précisons notre language.

Pour tout nombre entier Z et pour tout nombre naturel n non nul, le nombre entier e tel que:

$$n\,e \leqslant Z < n\,(e+1)$$

est unique. C'est lui que nous appelons: partie entière de Z/n. Quand il faudra le préciser, nous le noterons e(Z/n).

Ainsi, nul ne doute que $e(1982/28) = 70$

mais qui se doute que $e(-25/7) = -4$ ... ?

Certaines calculatrices (Texas par exemple) donnent -3. Il faut donc les ramener à la raison. Nous allons voir comment.

D'abord, parlons aussi du reste. Par voie de conséquence,
- le reste de la division de 25 par 7 est 4,
- mais le reste de la division de -25 par 7 est 3, car:
  $-25 = (7 \times -4) + 3, \quad 0 \leqslant 3 < 7$ E.M.C.W.

( E.M.C.W. = élémentaire mon cher Watson !)

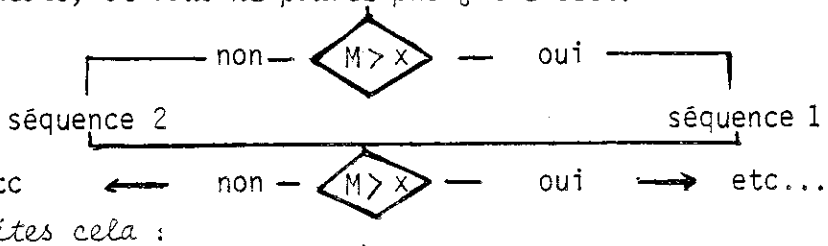
Pour en revenir aux Texas et autres facétieuses, nous pourrons, par exemple utiliser un drapeau.

---

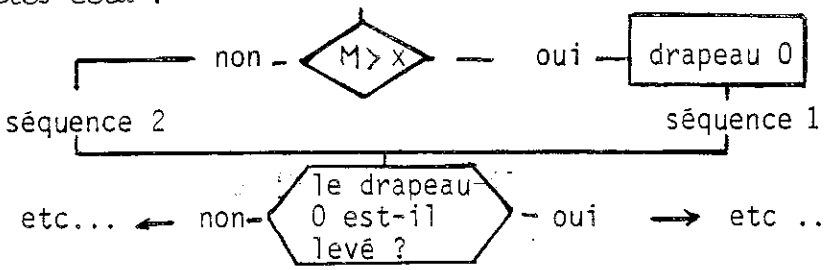
DRAPEAU: *ici, le terme est assez argotique. Il désigne un indicateur binaire, sorte de mémoire destinée à gouverner des bifurcations. Voici un exemple courant de son emploi: Quand vous testez une mémoire* M

*vous risquez de ne plus pouvoir la tester de nouveau si, en séquence, vous lui avez affecté une autre donnée... (Certaines machines offrent peu de mémoires...).*

*Alors, si vous ne pouvez pas faire ceci:*

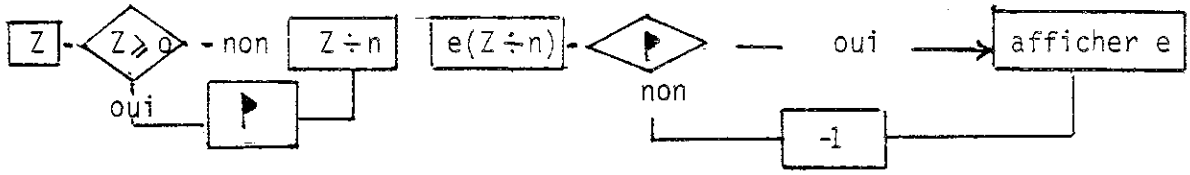



*vous faites cela :*




---

Voici une logique possible, obtenant la partie entière e(Z/n) pour tout Z positif ou négatif:




ce qui s'écrit en Tanguage T I

LRN.CP.x⩾t.A.Stflg 0.LblA.÷.R/S.=.Int.INV.If flg0.B.-.1.=.Lbl.B.R/S

L'exécution est de l'ordre du dixième de seconde. L'avantage du drapeau est de rester utilisable pour la suite (on y aura recours pour le calcul du reste).

Ces 20 pas de programme se réduisent à ceci sur une CASIO FX 702P :

10.INPZ,N:E=INT(Z/N):PRTE
Là, pas de test à prévoir. L'arithmétique est scrupuleusement respectée par le constructeur.

Dans tout ce qui va suivre, nous retrouverons des recherches de partie entière et de reste, respectivement désignés par:

E(Z/n) et R(Z/n)

pour la division d'un entier Z par un naturel n.

Examinons le comput grégorien:

## LE COMPUT GREGORIEN.

Il comporte cinq éléments dont un seul est strictement grégorien. Ce sont des règles de calcul déjà utilisées dans le calendrier julien; en ce qui concerne le cycle solaire, l'indiction romaine, le nombre d'or, la lettre dominicale. Quant à l'épacte, âge de la Lune en début d'année, elle est sans objet avant la réforme grégorienne.

a) Le cycle solaire: (nous le noterons S)

C'est le rang de l'année dans une période de 28 ans (dans le calendrier julien, les dimanches revenaient strictement à la même date tous les 28 ans).

On attribue à l'an 1 le rang S=10. Dès lors, pour un millésime Z quelconque:

$$S = 1 + R\left[(Z+8)/28\right]$$

Le rang de 1983 est ainsi $S = 4$

b) Le nombre d'or : (nous le noterons N)

Gravé en lettres d'or sur les colonnes du temple de Minerve, c'est le rang de l'année dans une période de 19 ans, dite CYCLE DE METON (astronome athénien vers 432 av. JC).

19 années juliennes font 6 939,75 jours, alors que 235 lunaisons en font 6 939,68 ...

Les phases moyennes de la Lune seraient donc ramenées aux mêmes dates tous les 19 ans, sans ces fichues années bissextiles qui étendent la période à 76 ans... et encore ! N'oublions pas la rupture des années séculaires.

Quoi qu'il en soit, un calendrier complet exhibe le nombre d'or et, par ailleurs avec le cycle solaire et l'indiction il conduit à la période de Scaliger dont nous dirons deux mots.

L'an 1 de l'ère chrétienne a reçu 2 comme nombre d'or. On a donc, pour un millésime quelconque, positif ou négatif (ou nul)

$$N = 1 + R(Z/19)$$

Pour 1983 $N = 8$

c) L'indiction romaine. (nous la notons I)

Son rôle se limite à ce qu'en disait Lalande: " ... figure dans les actes de la Cour de Rome et de la République de Venise..."

Comme les éléments précédents, elle entre dans le calcul de Scaliger, et l'indiction peut, par ailleurs, constituer un repère dans certaines recherches sur des textes historiques.

L'indiction de l'année 1 est 4. D'où notre formule

$$I = R\left[(Z+2)/15\right] + 1$$

puisque la période est de 15 ans.

En 1983 $I = 4$.

d) L'an -4712.

Revoir Couderc pour la période de Scaliger, qui est le produit:

$28 \times 19 \times 15 = 7980$

Avec les formules données ci-dessus, vous vérifierez que pour l'année -4712,

$S = 1$ $N = 1$ $I = 1$

ce qui confirmera le point de départ de la dite période.

Naturellement, vous obtiendrez le rang d'une année de millésime Z dans la période de Scaliger en faisant le produit: S x N x I = J ; J comme Joseph (Scaliger)

Pour 1983:

$$J = 4 \times 8 \times 4 = 128$$

C'est donc la seule année admettant ces trois nombres pour S, N et I parmi les 7980 années de la période, puisque 28, 19 et 15 sont premiers entre eux.

e) La lettre dominicale. (nous la notons L)

Là aussi, renvoyons à Couderc, qui explique fort bien le processus. Pour notre travail informatique, nous aurons intérêt à parler plutôt de NOMBRE DOMINICAL que seuls les systèmes comportant des possibilités alphanumériques pourront convertir en LETTRE.

Nous aurons donc à numéroter les premiers jours de janvier de 1 à 7 (correspondance de A à G) et à réitérer jusqu'au 31 décembre, qui portera le numéro 1 (lettre A). Dans les années bissextiles, le 1er mars et le 29 février portent le même numéro (4 ou D) ce qui conduit à l'utilisation d'une seconde lettre dominicale à partir du 1er mars et par conséquent un second nombre dominical.

Nous en tiendrons compte pour le COMPUT automatique, mais il y a d'autres moyens pour trouver de meilleurs chemins.

Les années étant bissextiles tous les quatre ans, sauf les années séculaires qui le sont une fois sur 4, nous devrons calculer sur 3 catégories de congruences:

1) modulo 4 sur les années
2) modulo 4 sur les siècles
3) modulo 7 pour la semaine

et nous trouverons pour un millésime Z quelconque

- le siècle $C = E(Z/100)$
- son reste modulo 4 $R(C/4)$
- l'année dans le siècle $A = R(Z/100)$
- sa partie entière (diviseur 4) $E(A/4)$

Calculons alors $\lambda = 2\,R(C/4) - [A + E(A/4)]$

et $L = R(\lambda/7) + 1$

Les variations bissextiles sont ainsi absorbées, sans recours à des branchements conditionnels qui, dans les programmes, grèvent toujours le budget octets. Il faut d'ailleurs un tel test pour faire afficher les deux nombres (ou les deux lettres). Le calcul précédent ne donne que le nombre dominical valable après février. Il faut faire (L + 1) modulo 7 pour obtenir l'autre. A l'affichage on le placera à gauche du premier.

Calcul de L pour 1983:

$C = 19$ $R(C/4) = 3$ $A = 83$ $E(A/4) = 20$

$\lambda = 2 \times 3 - (83 + 20) = -97$ et $L = 2$ (ou B)

Le 2 janvier 1983 est donc un dimanche, ce qui donne aussitôt tous les dimanches de l'année.

f) L'épacte. (je l'appellerai $\mathcal{E}$ )

"Pâques est le dimanche qui suit le quatorzième jour de la Lune qui atteint cet âge au 21 mars ou immédiatement après"

Dixit le Concile de Nicée (325) dont la décision est toujours en vigueur.

Nécessité donc de connaître les dates des dimanches et l'âge de la Lune. Pâques pourra alors osciller entre le 22 mars et le 24 avril inclus, soit 35 dates possibles (voir Couderc).

L'épacte est l'âge de la Lune au 1er janvier. Mais à chaque année séculaire commune on lui retranche un jour (équation solaire). Pire, tous les 300 ans, lors de l'année séculaire, on ajoute 1 mais quand on l'a fait 7 fois de suite on attend 400 ans (équation lunaire). En 25 siècles, l'équation lunaire égale donc 8. J'en tiens compte dans le déroulement ci-dessous.

On fera $P = R(Z/19)$ $C = E(Z/100)$ $M = E(C/4)$ et $N = E[(8\,C + 13)/25]$

$\Delta = P + 8 - C + M + N$ et $\mathcal{E} = R(\Delta/30)$

Pour 1983, nous aurons:

$P = 7$ $C = 19$ $M = 3$ $N = 6$

$\Delta = 7 + 8 - 19 + 3 + 6 = 5$ $\mathcal{E} = 5$

g) Les fêtes religieuses mobiles.

La connaissance de l'épacte et de la lettre dominicale peut suffir au calcul complet du calendrier. Néanmoins, une synthèse de toutes ces notions est souhaitable. La date de Pâques conditionne les dates des autres fêtes (voir annexe).

Soit:

$X = R[(11 \times R(Z/19) + 14)/30]$ $W = [R(Z/19)]/11$

$Y = R[(\mathcal{E} + 6)/30]$ $T = E[(30 + W - Y)/30]$

La date de Pâques en jours de mars est alors:

$\Pi = 51 - Y - T + R[(Y + T + 4R(Z/7) + 2R(Z/4) + 6R(C/7) + 2R(C/4) + 3)/7]$

si $\Pi = 31$ on prendra $R(\Pi/31)$

Le cycle de Méton (19) et celui des épactes (30) y interviennent en force.

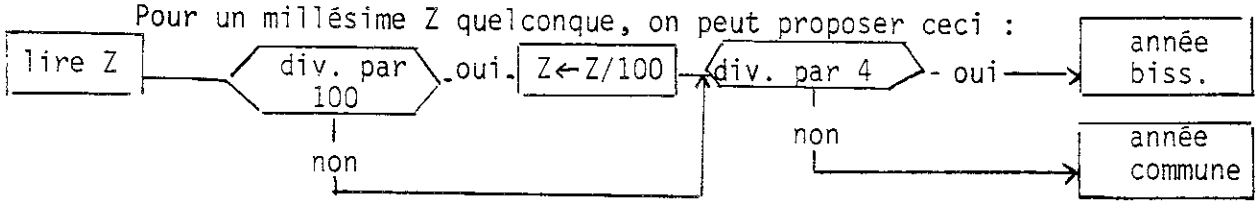
On voit que le programme sera simple, avec un tout petit test à la fin pour déterminer mars ou avril.

## CALCUL D'UN CALENDRIER QUELCONQUE.

Nous chercherons à obtenir, pour une année quelconque, la correspondance entre quantième et jour de semaine.

Il nous faudra d'abord connaître la nature (commune ou bissextile) de l'année.

Pour un millésime Z quelconque, on peut proposer ceci :




Il y a donc deux tests de divisibilité.

L'affichage de cette donnée est une introduction raisonnable, après quoi on peut procéder à l'affichage des 5 éléments du comput, puis de la fête de Pâques, soit à une distance fixe du 1er janvier. C'est donc enfantin à programmer à partir du rang dans l'année.

Numérotons

| Lundi | Mardi | Mercredi | Jeudi | Vendredi | Samedi | Dimanche |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Si nous partons du 24 février 1982 qui est un mercredi, pour calculer quel jour tombe le 30 octobre de la même année, il suffit de savoir:

le rang du 24 février 55ème jour
le rang du 30 octobre 303ème jour
le code du mercredi 2

On fait alors:

$$R\left[\,2 + (303-55) \,/\, 7\,\right] = 5 \quad \text{(samedi)}$$

Dans un ordinateur, on stockera en DATA les rangs des fêtes civiles ou religieuses qu'on veut traiter. Il ne faudra pas oublier le test des années bissextiles qui éventuellement ajoutera 1 aux jours postérieurs à février.

Pour une année Z dont on ne connait rien (1431, 1610, 1715, etc...) le programme devra d'abord rejeter les millésimes antérieurs à la réforme. C'est très épineux puisque ce test est conditionné par l'adoption du calendrier grégorien, que certains pays ont décidé plusieurs siècles plus tard.

On peut se contenter de faire afficher un "panneau" groupant les principales dates, et traiter à la demande tout millésime supérieur à 1581.

Soit à calculer:
a) le jour de la semaine correspondant à une date quelconque (c'est nécessaire à la déduction de tout le calendrier de l'année). Dans le souci de ne pas multiplier les tests, voici ce qu'on peut faire:

Soit une date ZMJ (exemple 19830804 pour 4 août 1983). On peut l'introduire selon ce codage qu'on traitera en splittage (voir explication de cemot ci-dessous), ou alors en clair pour traitement alphanumérique.

---

*SPLITTAGE (anglais "to split": séparer, diviser...)*
*C'est un procédé de programmation, très utile quand le système est avare en mémoires.*
*Si je veux stocker 5 octobre 1983, je peux stocker:*
*05 en mémoire A*
*10 en mémoire B*
*1983 en mémoire C*
*Mais je peux aussi stocker le mot 19831005 dans une seule mémoire M. Sur une programmable de poche (TI ou HP) je puis alors extraire une à une les trois données en faisant par exemple:*

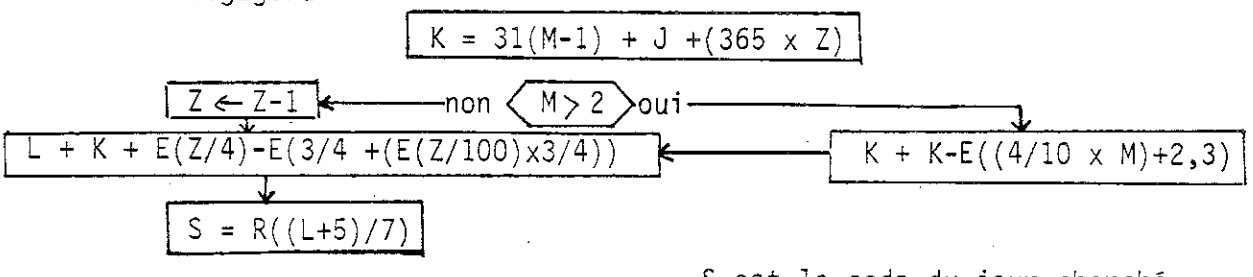
*E(M/10000) (= 1983)*
*E(M - E(M/10 000)x10000)/100 (= 10)*
*etc...*

*E signifiant toujours: partie entière*
*Des astuces permettent de réduire le nombre de pas nécessaires.*
*Avec un microordinateur, on peut faire (en Basic):*

```
M$ = 19831005
A$ = LEFT$ (M$,4)          c'est 1983
B$ = MID$ (M$, 5, 2)       c'est 10
C$ = RIGHT$ (M$,2)         c'est 05
```

---

On dégagera




S est le code du jour cherché.

Pour le cas cité Z = 1983, M= 08 J = 04
on a:
d'abord K = 31 x(8-1) + 4 + (365 x 1983) = 724 016
puis, après oui au test:

K = 724 016 - E((0,4 x 4) + 2,3) = 724 011

L = 724 011 + E(1983/4) - E( 0,75 +(E(1983/100) x 0,75)) = 724 491

et

S =R((724 491 + 5)/7) = 3

Le 4 août 1983 est donc, d'après notre code, un mardi

De plus en plus E M C W !

b) Le nombre de jours entre deux dates.

Cette fois, c'est honteusement débile. Il suffit de calculer le terme L ci-dessus pour chacune des deux dates et de soustraire!

Tout est dit, rien n'est fait: prenez du papier, un crayon, une gomme, sachez ce que vous voulez obtenir, dressez un ordinogramme et programmez dans le language connu de votre système.

Même si vous obtenez totale satisfaction par l'affichage de tous les renseignements possibles sur l'année de votre choix, ayez une pensée pour J.Baptiste SCHWILGUE, horloger de Strasbourg, dont l'horloge astronomique fournit depuis cent quarante ans et pour chaque année:

- tous les éléments du comput
- le calendrier complet, avec calcul automatique des fêtes mobiles, années bissextiles ou non
- le temps moyen de Strasbourg, l'heure légale
- le mouvement des constellations sur une sphère céleste, les phases de la Lune, les éclipses, les mouvements des grosses planètes... j'en passe.

Si vous passez à Strasbourg en vous donnant la peine d'examiner de près l'incroyable résultat, l'infinie précision despièces usinées une à une pour résoudre des problèmes comme la réduction à l'écliptique, l'équation annuelle, la variation et l'évection, l'équation du centre en songeant que, pour que ça marche, il suffit de remonter l'horloge, vous ne direz sans doute pas

E M C W ... !

Maurice CARMAGNOLE

-annexe -

Pour "positionner les dates des fêtes:

1- Mobiles religieuses:

| | | |
|---|---|---|
| Mardi gras : Pâques | - 47 jours | mardi |
| Mi-carême | - 24 | jeudi |
| Passion | - 14 | dimanche |
| Rameaux | - 7 | dimanche |
| Ascension | + 39 | jeudi |
| Pentecôte | + 49 | dimanche |
| Fête-Dieu | + 60 | jeudi |

2- Mobiles civiles: (légales)
Souvenir des déportés dernier dimanche avril
Jeanne d'Arc: 2ème dimanche de mai
Fête des mères: dernier dimanche de mai (sauf si coïncide avec pentecôte, alors report d'une semaine).

3- Fixes religieuses:
Assomption: 15 août
Toussaint: 1er novembre
Noël : 25 décembre

4- Fixes civiles:
jour de l'an: 1er janvier
fête du travail: 1er mai
Armistice 1918 : 11 novembre
fête nationale: 14 juillet

Le programme aura donc pour tâche la recherche du jour de semaine pour les fêtes fixes et du quantième pour les fêtes mobiles.

## COURRIER DES LECTEURS

L'ANSTJ en 1982

Rappelons que l'Association Nationale Sciences Techniques Jeunesse (ANSTJ qui siège au Palais de la Découverte 75008 Paris), association 1901 agréée par le Ministère de la jeunesse et des sports, a pour but de développer les activités scientifiques et techniques chez les jeunes. L'ANSTJ aide les clubs, organise des stages d'information, peut intervenir dans le développement des PAE.

Du 24 aout au 2 septembre 1982 s'est tenue à Revel (31), à la base de vol à voile, la seconde campagne d'astronomie expérimentale pour les clubs. A la même époque, en 1981, avait eu lieu dans les Hautes Alpes, la première campagne, aboutissement de plusieurs années d'efforts pour donner aux jeunes la possibilité de pratiquer l'astronomie expérimentale, c'est à dire de dépasser le stade de l'observation visuelle ou photographique, et ceci, dans le cadre de petits projets de recherche.

Cette année, sept clubs rassemblant une quarantaine de jeunes ont bénéficié d'un excellent site astronomique, d'instruments d'observation et de traitement performants, ainsi que du soutien de techniciens en photographie et statistiques et d'un astronome professionnel. Dès février, des options étaient prises par les différents clubs pour des sujets d'étude qui devraient voir leur aboutissement à Revel : il était décidé qu'à chaque club seraient affectés un animateur suiveur de l'ANSTJ et un astronome professionnel se répartissant les tâches d'aide à la définition complète du projet (choix d'un sujet, évaluation de la faisabilité, besoins matériels et documentaires, budget prévisionnel) de visites du club, de mise en contact avec d'autres équipes. En réalité, seuls trois clubs ont effectivement bénéficié de l'aide d'un astronome professionnel.

Le point de passage suivant a eu lieu en mai ; chaque club a fait état de l'avancement de son projet, des difficultés rencontrées, des modifications apportées ou à apporter au projet initial, tout ceci en fonction des données acquises depuis février lors des séances de travail régulières.

Le programme de la campagne était le suivant :
- Club Bételgeuse Fomalhaut (Paris), diagramme HR de l'amas ouvert NGC 752, relation entre hauteur et diamètre des cratères lunaires.
- Club Bételgeuse Fomalhaut (Toulouse), température et pression dans la nébuleuse de la Lyre.
- Club Eclipse (Paris), simulation de l'évolution d'une nébuleuse planétaire.
- Club Messier (Forbach), spectre du Soleil.
- Sidéral Groupe de Mulhouse, expérience de Rômer sur la vitesse de la lumière.
- Club GAAL (Lyon), diagramme HR de l'amas NGC 752.
- Club Cance (Nice), comparaison d'un spectre planétaire (Jupiter) avec le spectre solaire.

- Club Saint-Exupéry (Lyon), modélisation des variations d'éclat d'une étoile variable.

Le 24 août, tous se sont retrouvés à Revel pour compléter leurs observations et les traiter avec l'aide de Bruno Morando, d'une statisticienne, d'un photographe et en utilisant largement le microdensitomètre mis à leur disposition par Sup Aéro. Les participants individuels, quant à eux, se retrouvaient à l'atelier taille de miroir animé par Jean Funel. De plus, certains sont allés à l'Observatoire du Pic du Midi tout proche.

En 1982-83, des campagnes régionales d'acquisition préparer-ont un plus grand nombre de clubs pour la campagne nationale d'exploitation, prévue fin août 1983 à Revel si possible.

Outre les acquis purement astronomiques, on peut mettre à l'actif de la campagne 1982 la constitution d'une équipe soudée d'animateurs ayant su prendre en compte toutes les étapes de la préparation et de l'organisation générale de la campagne. Celle-ci fera l'objet d'un numéro d'INFOS ASTRO, bulletin de liaison des clubs d'astronomie, disponible à l'ANSTJ, 17 avenue Gambetta, 91130 RIS ORANGIS (16 6 906 82 20)

Françoise Wyns

Les PAE
=======

Dans les collèges et les lycées, diverses tentatives se sont développées, au cours des années passées, pour rompre avec le cadre trop strict des programmes et permettre l'initiative d'étude sur des sujets pluridisciplinaires. Ce fut d'abord l'expérience dite des 10%, suivie par celle des PACTE (projets d'activités educatives et culturelles) devenue aujourd'hui celle des PAE (Projets d'Actions Educatives).

Les équipes enseignantes qui obtiennent l'agrément de leur PAE reçoivent une certaine aide matérielle. On peut seulement regretter que sur les 5000 PAE agréés, la proportion de ceux qui sont à dominante scientifique soit faible, l'astronomie occupant parmi ceux-ci une place très honorable.

Lors des quatre jours d'exposition du Palais de la Découverte en juin 81, étaient représentés en particulier le télescope de 200 mm construit à Bollène et bien sûr le PAE "Sur les pas de Galilée" réalisé par les élèves de Jeanine Chappelet (Club des Pléïades, CES J.Valéri, Nice), modèle d'activités pluridisciplinaires.

Les Cahiers Clairaut souhaitent donner le plus large écho aux travaux des PAE comportant une partie astronomique ; qu'on se le dise !

L'intérêt du CLEA
=================

Notre Collègue André Philippe, professeur au Collège Jean-Mermoz, 68310 Wittelsheim, anime un club à la MJC de cette ville. Il nous écrit :"Il est très important de regrouper les efforts dans un contexte associatif car les relations personnelles avec les instances sont toujours difficiles. Je ne citerai ici qu'un exemple d'échec : le concours des micrométéorites. Ce concours prévu pour les scolaires de toute l'académie n'a jamais eu lieu, faute d'agrément.Les Cahiers Clairaut n°10 ont

pourtant annoncé le projet. Si c'était à refaire, et en passant par la voie officielle du CLEA, un tel concours serait sûrement accepté."

Club de Roisel

Même son de cloche dans une lettre de Robert Vergé qui anime un club d'astronomie dabs le collège où il enseigne à Roisel (80240) : séances régulières le vendredi de 20 h à 21h30 avec 45 élèves en moyenne (collège de 400 élèves). Les conférences sont suivies par 80% des élèves et certains parents. Malheureusement, le club n'est pas assez aidé. Une question est posée : le CLEA peut-il intervenir pour faire agréer des PAE à dominante astronomique ?

Cartes des constellations

Alain Villetorte (Aix en Othe, 10160) nous envoie la photocopie, malheureusement impossible à reproduire ici, des deux planisphères des constellations tirées du "Dictionnaire Encyclopédique" en huit volume de Camille Flammarion. A propos du dessin de ces figurines plus ou moins fantastiques, Flammarion écrivait :" Il serait bien difficile de chasser aujourd'hui du ciel ces êtres fantastiques, car l'astronomie moderne les a en quelque sorte consacrés, en consentant à en faire usage, et même en créant de nouvelles constellations qui présentent absolument les mêmes défauts que les anciennes."

L'astronomie en Franche-Comté

A partir de l'Observatoire de Besançon et d'une équipe d'animateurs groupée autour de J-P.Parisot, une grande activité de culture populaire se développe :
- neuf conférences d'octobre à juin, en principe le premier samedi du mois à l'Observatoire ;
- les réunions mensuelles de l'Association Astronomique de Franche-Comté ;
- des animations décentralisées à Salins, Larnod, Champagnole, Exincourt, Nancray,...
- Des soirées publiques d'observation ;
- en milieu scolaire, des journées pédagogiques en collaboration avec le CRDP, l'aide aux clubs d'astronomie des lycées Jules Haag, Montjoux et Cuvier ;
- un cours d'astronomie organisé par l'Association Astronomique de Franche-Comté ;
- des stages pratiques de formation d'animateurs ;
- la réalisation de documents audio-visuels.

Le télescope de 60 de l'OPMT

L'Observatoire du Pic du Pidi et de Toulouse met à la disposition des amateurs, à partir du 1 er février 1983 le télescope de 60 cm d'ouverture. Cette opération permet à de petites équipes d'amateurs d'avoir accès à un instrument plus performant que ceux dont elles disposent habituellement. L'objectif est d'inciter les amateurs à développer des programmes scientifiques dans un site favorable.

Un "comité des programmes du T60" a été constitué à l'initiative du Directeur de l'OPMT, Jean-Paul Zahn ; il est composé de Jean-Pierre Brunet, Alain Cirou, Olivier Las Vergnas, Patrick Martinez, Alain Maury, Bruno Morando, Bernard Pellequer, Jean-

Marie Roques et d'un représentant de l'OPMT. Ce comité assure la gestion de l'instrument et veille à la bonne marche de l'opération.

Le télescope de 60 cm est actuellement en configuration Newton ; sa focale de 2.10m (F/D = 3.5) le destine plus particulièrement à une fonction de collecteur de lumière.

Les demandes de temps de télescope doivent être soumises à l'agrément du comité qui statuera selon les critères de sélection suivants : la justification de l'emploi d'un tel instrument pour la réalisation proposée, l'intérêt scientifique du programme, les compétences du ou des demandeurs. La demande peut être faite par tout amateur ou équipe d'amateurs (maximum quatre personnes) appartenant ou non à une association ou à un club.

Pour tout renseignement supplémentaire s'adresser au Comité des programmes du T60 de l'OPMT, OPMT, 14 avenue Edouard Belin, 31400 TOULOUSE.

"Le Monde" et l'astronomie

Le quotidien "Le Monde" n'a pas de chance avec les phénomènes astronomiques. En annonçant les inondations en Seine Maritime, un journaliste facétieux les avaient dites liées à la grande marée d'équinoxe. Ce qui lui attira la judicieuse réplique d'un lecteur :"L'équinoxe, fin décembre ? Il n'y a plus de saison !" Mais le journal, tout en reconnaissant son erreur ajoute : ".. notre mauvaise excuse étant de prétendre que sous le ciel de Paris la nuit la plus longue de Paris ne se distingue guère de celle dont la durée est égale à la longueur du jour."

Une durée égale à une longueur, peut-être vous n'aimez pas. Mais que dites-vous des journalistes à la vue si fatiguée qu'ils confondent des nuits de douze heures et des nuits de quinze heures? Monsieur le Directeur du Monde, veillez au repos de vos collaborateurs ou bien encore aidez-les en publiant chaque jour heures de lever et de coucher du Soleil comme le font d'autres journaux, le New York Times par exemple. Manqueriez-vous de place pour une information de cette importance ?

Uranie et Mammon

Nous avons eu la surprise de lire une circulaire comportant l'adresse de la Fédération des Oeuvres Laïques des Yvelines et qui proposait aux établissements scolaires des conférences d'astronomie : un cycle de dix séances pour trente élèves au tarif de faveur de 5 000 F. Ajoutant à notre étonnement, nous y lisons que ce genre de conférences pourrait entrer dans le cadre d'un PAE. Alors que l'A de PAE signie "Activités" et que l'écoute d'une série de conférences nous semble une conception très particulière du principe des PAE. Très particulière et complètement étrangère à l'idée que nous nous en faisons.

Quant au tarif de ces conférences, il donnera certainement l'occasion de rêver à tous nos amis animateurs de clubs qui ne roulent pas tous sur l'or. Mais qui entendent-ils servir, Uranie ou Mammon ?

ESO - OBSERVATOIRE EUROPEEN DE L'HEMISPHERE SUD

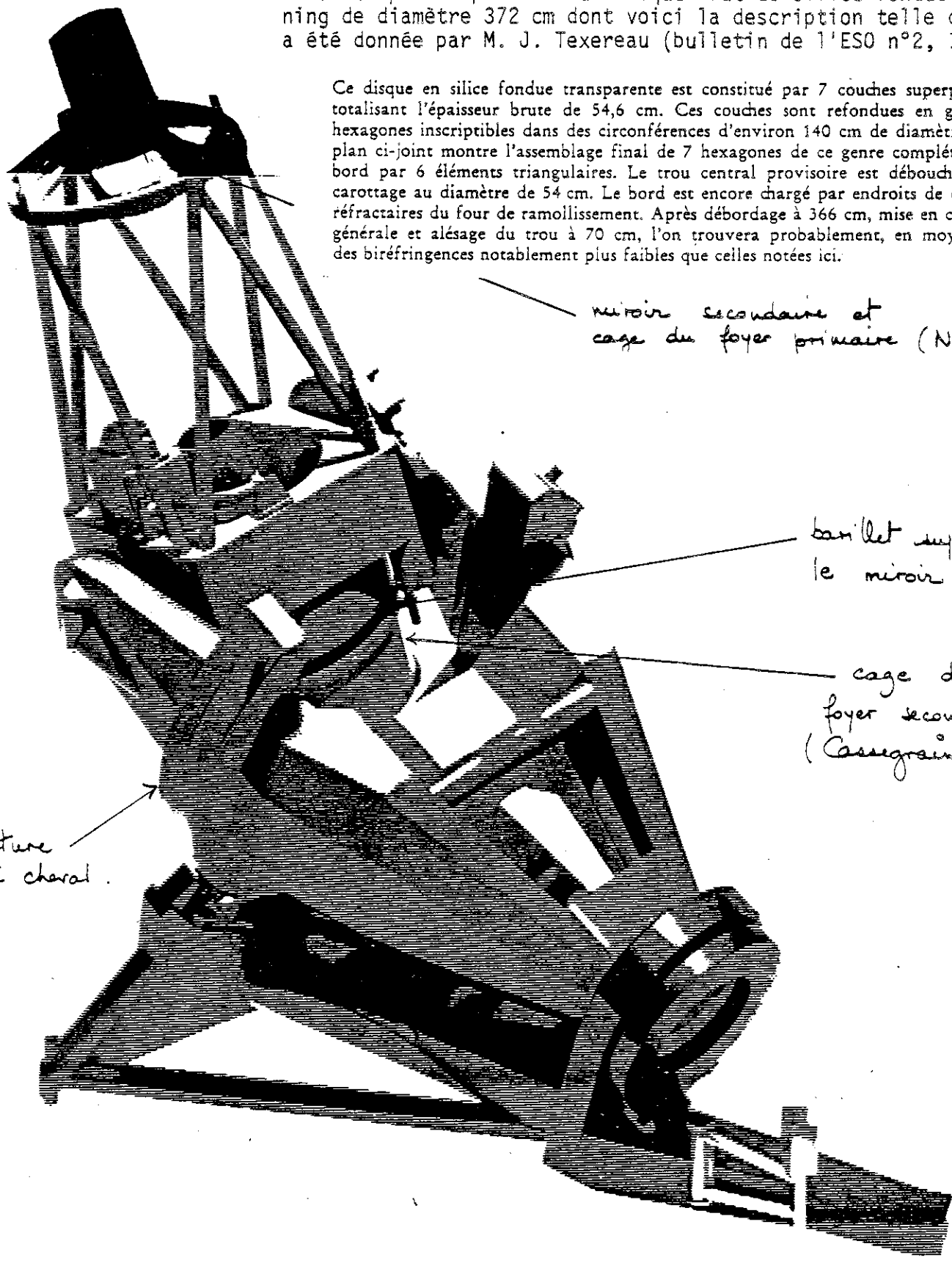
seconde partie: LE TELESCOPE DE 3,6 M

Dans cette seconde partie, nous présentons avec plus de détails ce grand télescope.

a) Le miroir:

Il a été poli à partir d'un disque brut de silice fondue Corning de diamètre 372 cm dont voici la description telle qu'elle a été donnée par M. J. Texereau (bulletin de l'ESO n°2, 1967)

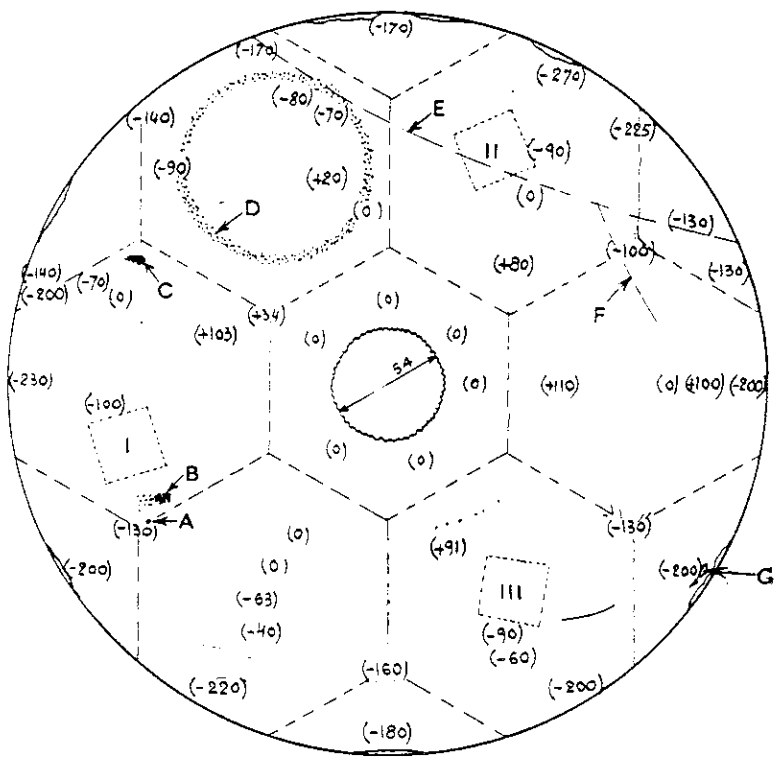
Ce disque en silice fondue transparente est constitué par 7 couches superposées totalisant l'épaisseur brute de 54,6 cm. Ces couches sont refondues en grands hexagones inscriptibles dans des circonférences d'environ 140 cm de diamètre. Le plan ci-joint montre l'assemblage final de 7 hexagones de ce genre complétés au bord par 6 éléments triangulaires. Le trou central provisoire est débouché par carottage au diamètre de 54 cm. Le bord est encore chargé par endroits de débris réfractaires du four de ramollissement. Après débordage à 366 cm, mise en courbe générale et alésage du trou à 70 cm, l'on trouvera probablement, en moyenne, des biréfringences notablement plus faibles que celles notées ici.



L'exceptionnelle qualité de ce recuit est d'autant plus à souligner qu'elle concerne le plus grand disque en silice fondue jamais obtenu et qu'elle s'associe à une amélioration sensible de la qualité des joints verticaux et horizontaux. Les joints horizontaux sont exempts de toute solution de continuité suffisamment étendue pour conduire à une anomalie locale de surfaçage. Les joints verticaux sont toujours affectés par des bulles clairsemées, le plus souvent inférieures à 2 mm; quelques-unes d'entre elles seront coupées par la surface optique et constitueront des lignes de points très espacés. Par contre les tensions dans ces joints deviennent maintenant presque toujours négligeables ou limitées à une aire très petite. Une fissure de première fusion paraît entièrement resoudée sans tension et présente seulement quelques points clairsemés de dévitrification inférieurs à 3 ou 4 mm. Le 28 février, après ébauchage plan de la face et réduction à l'épaisseur 53,35 cm, Espiard et moi avons recherché les imperfections dans la masse susceptibles d'être intersectées ou très proches de la surface optique; les seules notables sont marquées A, B et G sur le plan. Le dénombrement des petites bulles est difficile mais il s'agit ici de défauts très clairsemés et atteignant rarement un diamètre de 2 mm, leur nombre total ne dépassera sans doute pas 200 ou 300 sur la surface finie. L'énergie totale diffractée par ces points crevés sera très inférieure à celle produite par l'obstruction mécanique d'une seule lame support de miroir secondaire; de plus, éparpillée uniformément dans un angle solide considérable, l'on peut dire qu'elle sera inobservable même avec Sirius dans le champ.

**Disque brut pour l'ESO; diamètre : 372 cm.** Silice fondue Corning.

Vu coté face




Les chiffres tels que (— 140) ou (+ 91) expriment des retards ou des avances en millimicrons pour la direction radiale et toute l'épaisseur de 54,7 cm.

A : inclusion 0,5 cm, point crevé possible;

B : aire 6 × 3 cm de dévitrification partielle, 2,5 cm sous la surface optique;

C : aire 4 × 3 cm de dévitrification partielle dans la seconde couche;

D : couronne profonde de bulles clairsemées;

E et F : fêlures de première fusion entièrement resoudées sans contraintes.

G : témoin surface prof. : 0,16 cm (28 fév. 1967) à l'épaisseur 53,35 cm ± 0,05 cm.

I : II : III : emplacements des blocs supports dorsaux 30 × 30 cm.

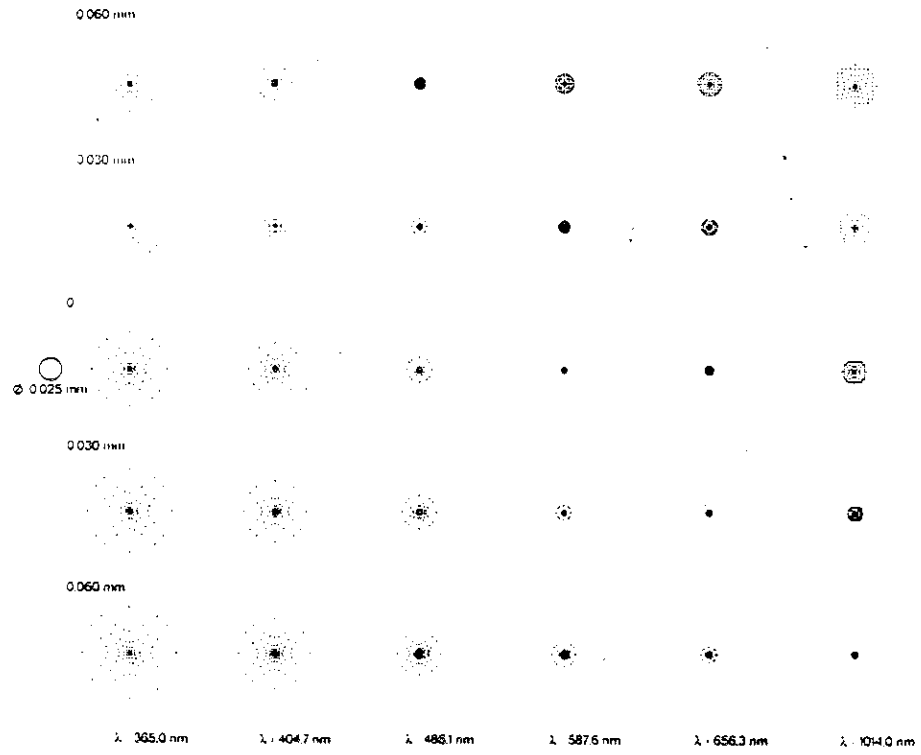



Figure 6 : Foyer Newton, sur l'axe optique. Déformation d'une image ponctuelle en fonction de la longueur d'onde (colonnes différentes) et de la distance au foyer (lignes).

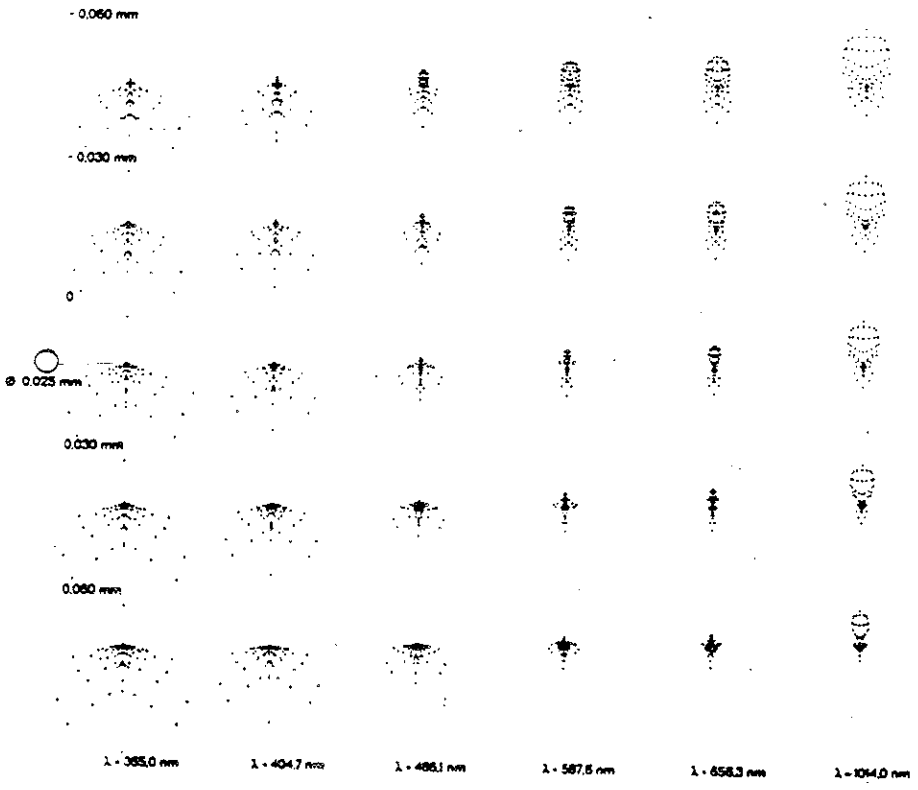



Figure 7 : Même diagramme sur le bord du champ (hors de l'axe optique) pour un angle de champ de 0.35.

Puis une nouvelle couche de silice de bonne qualité d'environ 10 cm d'épaisseur a été déposée sur le disque brut et, après inspection par des membres de l'ESO, dans les ateliers de Corning Glass International à Canton (USA) le 13 juin 1969, le miroir a pris la mer pour les ateliers de la REOSC (France) où il est arrivé à la mi-septembre et aussitôt remis sur la machine à polir. La géométrie du miroir est caractérisée par les grandeurs suivantes:

| | |
|---|---|
| rayon extérieur | 182,8 cm |
| épaisseur au bord | 53,2 cm |
| épaisseur au centre | 45,5 cm |
| rayon intérieur | 35,0 cm |

Les constantes de la silice fondue constituant le miroir ont pour valeur:

| | |
|---|---|
| masse volumique | 2,202 g $cm^{-3}$ |
| module d'Young | 0,745 x $10^6$ kgf $cm^{-2}$ |
| coefficient de Poisson | 0,17 |

Une fois le miroir poli, il a été soumis à divers tests optiques pour évaluer ses défauts et qualités optiques. C'est un excellent miroir.

b) Le télescope et sa monture.

Ce miroir de 11 tonnes repose dans un barillet de 13 tonnes et l'ensemble, miroir primaire, miroir secondaire et tube est installé dans une monture en fer à cheval. Cette monture permet au télescope d'effectuer des mouvements autour de deux axes de rotation et ainsi d'atteindre toutes les positions souhaitées sur le ciel. Autour de l'un de ces axes, appelé axe de la terre, s'effectue le mouvement qui sert à compenser la rotation de la terre sur elle-même, lors du guidage sur un objet céleste. L'équilibrage du télescope doit être parfait: pour faire tourner cette masse de 85 tonnes autour de l'un de ses axes (une fois l'inertie du système vaincue) on utilise une puissance de 1100 Watts environ (5 Ampères sous 220 volts) c'est-à-dire moins que la puissance d'un fer à repasser ! Les mouvements du télescope sont commandés par ordinateur: le pointage et le pilotage s'effectuent avec une précision d'une à quelques secondes d'arc.

Le poids total du télescope et de la monture (250 tonnes) représente une demi-rame de TGV... (une motrice et quatre remorques) ! Quelques chiffres encore:

- environ 800 litres d'huile sont utilisés dans les systèmes mécaniques pour réduire au maximum les frottements
- avec les fils électriques alimentant les diverses fonctions du télescope on pourrait relier Paris à Orléans
- la coupole qui protège le télescope pèse 600 tonnes, un peu plus qu'une rame entière du TGV

c) Les foyers

On peut prélever la lumière collectée par le miroir principal en trois points:

- au foyer primaire situé au bout du tube du télescope. Le miroir secondaire est alors supprimé et l'instrumentation (ainsi que l'astronome dans le cas d'appareils non équipés de commande à distance) est installé dans la cage primaire. Ce foyer est utilisé pour les clichés directs nécessitant un grand champ.

- au foyer secondaire, encore appelé foyer Cassegrain situé sous le barillet qui supporte le miroir principal. Dans ce cas, la lumière reçue sur le miroir primaire est renvoyée sur le miroir secondaire et, de nouveau, dirigée vers le bas du tube, traverse le miroir primaire par son orifice central. Les appareils de mesure, spectrographes, photomètres, sont accrochés à la sortie, sous le barillet. Ils peuvent donc être plus lourds et plus volumineux. Le foyer Cassegrain est très utilisé (spectrographie, photométrie...)

- au foyer Coudé: le faisceau lumineux, après réflexion sur le miroir secondaire, est intercepté par un miroir plan et renvoyé latéralement. Puis grâce à un train de mi-

roirs plans, le faisceau est conduit par le pilier jusqu'à la salle du foyer Coudé qui abrite généralement de très gros spectrographes fixes. Ces spectrographes peuvent disperser la lumière jusqu'à des valeurs de 0,1 nm/mm. On comprend que la lumière des seuls objets célestes brillants peut être analysée ainsi.

d) Enfin, signalons une particularité de ce télescope: il lui est adjoint un télescope auxiliaire appelé CAT (Coudé Auxiliary Telescope) de 1,5 m de diamètre. La lumière collectée par le miroir du CAT est dirigée le long d'un tube vers le foyer Coudé du 3,6 m: ce télescope ne peut donc être utilisé qu'avec les spectrographes du foyer Coudé du 3,6 m. C'est un collecteur de lumière supplémentaire que l'on peut utiliser soit seul (lorsque le 3,6 m fonctionne en foyer Newton ou Cassegrain), soit en conjonction avec le 3,6 m. Il se trouve au sommet d'une tour de 24 m de hauteur, formée de deux structures de béton: l'une, intérieure, supporte le télescope; l'autre, extérieure, protège la structure interne des charges du vent et porte la coupole: ainsi, les vibrations de la coupole ne sont pas transmises au télescope. La plupart des bâtiments abritant les télescopes sont construits de cette manière.

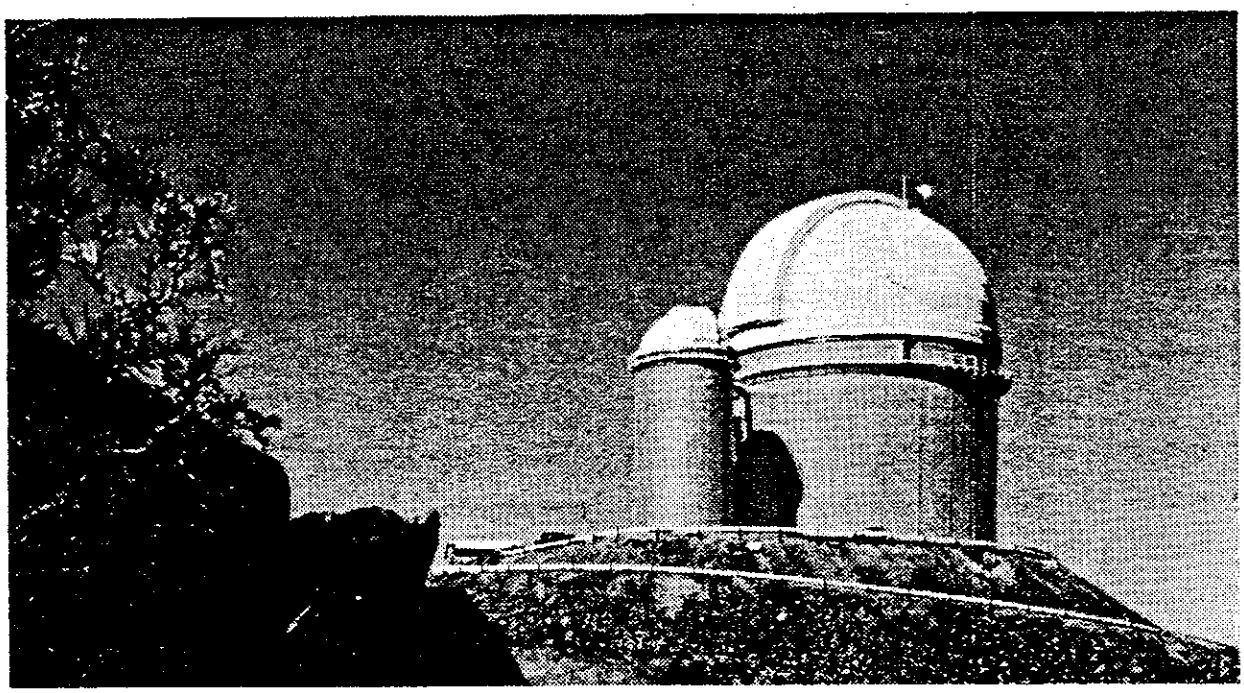


Figure 8 : les coupoles du 3.6 m et du CAT.

Comment se déroule une mission d'observation ?

Lorsque le sujet de recherche sur lequel on travaille nécessite l'obtention d'observations astronomiques, alors on prépare une demande de temps de télescope.

Prenons un exemple: j'essaie de déterminer les abondances relatives d'oxygène et d'azote - par rapport à l'hydrogène - dans des galaxies extérieures. En effet, ces abondances dépendent du nombre de générations d'étoiles qui se sont succédées dans cette galaxie puisque l'oxygène et l'azote, comme tous les atomes autres que l'hydrogène et l'hélium (en partie) sont nécessairement formés au sein d'étoiles.

Pour obtenir ce résultat, une méthode consiste à observer de grandes régions gazeuses où des étoiles jeunes ont été formées récemment (il y a quelques millions d'années seulement). La température élevée de ces étoiles (35 000 à 55 000 K, alors que, pour le soleil, la temprérature est de 5 800 K) entraîne un état particulier de la matière interstellaire qui est restée là, entre les étoiles: la matière est dite

ionisée car les atomes qui la constituent voient leurs électrons des couches les plus externes arrachés. Les atomes ionisés d'hydrogène $H^+$ et d'hélium $He^{++}$ et $He^+$, lorsqu'ils se recombinent, émettent certaines raies caractéristiques; de même, les atomes ionisés d'oxygène ou d'azote, $O^{++}$, $O^+$, $N^+$ peuvent émettre - dans des conditions particulières de densité et température ( densité d'environ 1 000 électrons par $cm^3$ et température de 10 000 K) - des raies dites "interdites" et dont l'intensité dépend de l'abondance de l'élément chimique oxygène ou azote dans le gaz. La détermination de ces abondances est très importante pour comprendre comment une galaxie évolue au cours du temps cosmique.

Donc, il faut mesurer les intensités de ces raies, i.e. analyser au moyen d'un spectrographe la lumière émise par ces régions. On sélectionne, à partir de catalogues et atlas photographiques, les galaxies dans lesquelles on peut trouver ces grandes régions de formation d'étoiles. Ensuite on écrit une demande à l'ESO

- en présentant le programme scientifique, son intérêt et les justifications théoriques pour une telle étude.
- en donnant la liste des objets que l'on veut étudier, leur brillance et leur position (coordonnées) sur le ciel.
- on choisit le télescope et l'instrumentation qui permettront cette étude, dans ce cas un spectrographe équipé d'un détecteur moderne, le tout au foyer Cassegrain du télescope de 3,6 m. Puis on fait une estimation du nombre d'heures d'observation nécessaires pour mener à bien ce programme.

Cette demande est envoyée 6 mois à l'avance. Elle est examinée par un "Comité des Programmes". Environ une demande sur trois seulement est retenue. En cas de réponse favorable, un certain nombre de nuits est alloué (entre 2 et 15 nuits d'observation en moyenne) sur une période qui dépend des coordonnées des objets et des conditions de lune demandées (la lumière de la lune gêne pour l'observation d'objets faibles). Arrivé au moment des observations, on part donc à La Silla en ayant préparé soigneusement cartes de champ (pour repérer facilement au télescope les objets à étudier), planning du travail de nuit... et l'on espère que le ciel ne sera pas nuageux ou le vent trop fort ! Si tout se passe bien on revient avec une valise pleine de bandes magnétiques ou de clichés (photographiques ou électronographiques) dans son observatoire d'origine pour dépouiller tous ces résultats, corriger des diverses altérations qu'elle a subies (atmosphère de la terre, instrumentation) la lumière émise initialement par l'objet et puis réfléchir sur les résultats de ces observations, voir ce qu'ils apportent de nouveau ou d'inattendu et quels autres problèmes ils soulèvent à leur tour.

Danièle ALLOIN

Références pour la préparation de cet exposé

Bulletin de l'ESO n°1 à n°8 (1966 à 1971)
Rapport annuel de l'ESO (1969)
Rapport technique de l'ESO n°13(1979)

*Note de la Rédaction: nous remercions l'ESO qui nous a autorisés à reproduire les illustrations qui accompagnent l'ensemble de cet article.*

= = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = = =

## METTEZ VOTRE PLANETAIRE A L'HEURE

Au 1er janvier 1983, les longitudes héliocentriques des planètes étaient les suivantes: Mercure: 23°26'; Vénus: 313°14'; Mars: 342°23'; Jupiter: 234°37'; Saturne: 207°34'.

## Lectures pour la Marquise et pour ses amis

Trimestre particulièrement faste : le lecteur ne sait plus où donner des yeux pour lire tout ce qu'il faudrait. Il en résulte que le rédacteur doit réduire ce qu'il pourrait dire sur chacun des ouvrages lus.

L'atmosphère solaire "du modèle à la physique" par Jean-Claude Pecker ; collection "Essais et conférences du Collège de France", 28 p, éd PUF, 25 F. niveau II-III

Sous un petit volume de présentation fort élégante, voici le texte d'une conférence de vulgarisation illustrée par les schémas dessinés par l'Auteur. Le sous-titre est important car l'exemple de l'atmosphère solaire est choisi, - et bien choisi -, pour faire comprendre l'évolution actuelle des méthodes de l'astrophysique.

Durant une première époque, on s'est principalement soucié d'identifier les objets ; Herschel croyait d'abord avoir trouvé une comète, il reconnaît bientôt que c'est une planète. On recueille un ensemble de mesures et en les complétant par un minimum d'équations physiques on en déduit des phénomènes que l'observation confirme si les mesures de base ont été suffisamment précises. On parvient ainsi à la notion de modèle telle que la résume Pecker :"une représentation schématique, suffisamment proche du réel, et assez complète pour permettre l'extrapolation raisonnable et les confrontations fructueuses du lendemain."

Application au Soleil. Premier schéma, le Soleil est un corps noir à T = 5 800°, modèle à un seul paramètre, la température. Imperfection évidente de ce modèle, le spectre du Soleil n'est pas continu, il y a des raies d'absorption. Deuxième schéma, le gradient de température dans l'atmosphère solaire, deuxième paramètre essentiel. On prévoit ainsi l'existence des raies mais non leur forme, leur profil dépend du nombre de collisions entre atomes, par conséquent de la densité, celle-ci variant avec la profondeur. C'est le modèle ETL fondé sur l'équilibre thermodynamique local. Mais ETL ne permet pas de calculer le gradient de température qui dépend de l'équilibre radiatif (ER) : l'énergie est véhiculée par le rayonnement. Et puisque la densité intervient, il faut faire intervenir l'équilibre hydrostatique.(EH).

Je n'ai pas l'ambition de résumer un livre qui constitue lui-même une synthèse, remarquable par son raccourci. Je souhaite seulement donner envie au lecteur des Cahiers de lire le livre, de suivre Pecker dans sa démarche : perfectionner le deuxième modèle pour rendre compte des phénomènes chromosphériques. Mieux, étudier le Soleil comme modèle d'étoile puisque c'est la seule qui soit à notre portée pour accumuler des mesures fines. La figure 2,"Le Soleil, étoile exemplaire" illustre à merveille ce point de vue : ETL,ER et EH permettent la première classification des étoiles normales, l'étude des turbulences de l'atmosphère solaire induit une théorie des étoiles pulsantes, les éruptions chromosphériques conduisent à l'astronomie X et gamma, etc.

Ce livre est du genre qui me plaît particulièrement : bref, riche, et qui donne envie d'étudier plus avant la question (ce qui pourrait être une définition de la bonne vulgarisation). Et pour ceux qui veulent approfondir la question, Pecker avait signalé dans l'Astronomie (juillet 1982) deux ouvrages :
- "Solar phenomena in stars and stellar systems",(éd Reidel, Dordrecht, P-B), texte d'un séminaire édité par Roger Bonnet et Andrea Duprée ;
- "The Sun as a star", édité par Stuart Jordan, et imprimé par la NASA.

Une occasion de rappeler que l'étude du Soleil fait partie de l'astronomie, y compris dans les clubs pour lesquels les réunions nocturnes ne sont pas toujours faciles.

La vie vient de l'espace par Francis Crick, prix Nobel de médecine, 224 p ; éd Hachette (68 F). niveau II-III

La particularité et l'intérêt de ce livre sont qu'il est écrit non par un astronome mais par un éminent biologiste qui, avec Watson et Wilkins, a mis en évidence la structure en double hélice de la molécule de l'ADN, porteuse du code génétique. Il est normal que le problème de l'origine de la vie sur terre préoccupe un biologiste et le caractère jusqu'ici exceptionnel d'une planète habitée par des êtres vivants ne peut pas ne pas intéresser les astronomes. La question de l'orgine de la vie est bien de celles où la confrontation des idées des spécialistes des deux bords est nécessaire.

Pour commencer, des nombres. Autour des cent milliards d'étoiles de la Galaxie, combien y a-t-il de planètes ? La question est encore sans réponse mais le télescope spatial peut apporter des éléments de réponse prochainement. Comme il y a au moins dix milliards de galaxies, le nombre éventuel de planètes est tel qu'il peut s'en trouver d'autres que la Terre où la vie soit possible. Mais comment la vie a-t-elle commencé ici ?

On peut imaginer que dans l'histoire de la Terre, il y a eu, à une certaine époque, des conditions favorables pour que l'échafaudage moléculaire des premiers organismes vivants se réalise. Théorie à laquelle Crick oppose celle de la "panspermie dirigée" c'est à dire l'insémination de la Terre par des cellules vivantes, des micro-organismes vivants expédiés par fusées à partir de planètes d'autres systèmes. Des planètes où la naissance de la vie aurait été facile antérieurement à cette apparition sur la Terre.

On objectera que c'est déplacer le problème : comment la vie est-elle apparue sur cette planète inconnue ? Dans un livre déjà signalé ici, "Le nuage de la vie", Fred Hoyle et N.C.Wickramasinghe avançaient l'idée de la construction dans l'espace des grosses molécules nécessaires à la vie, ces grosses molécules arrivant sur Terre par l'intermédiaire des comètes qui en lacheraient des quantités suffisantes dans l'espace interplanétaire.

Bref, tout cela ne manque pas d'intérêt et fait beaucoup rêver. Il est certainement difficile à admettre par notre entendement que la Terre soit le seul objet de l'Univers habité par

des êtres vivants parmi lesquels certains font de l'astronomie. La question de l'origine de la vie n'a certainement pas fini de nous interroger : sommes-nous si exceptionnels que nous avons tendance à le croire ?

Le ciel atlas guide de l'Univers, par Pierre Kohler ; un grand livre relié de 290p, format 24/32 cm, abondamment illustré de photos en couleurs et de schémas ; éd Hachette (270 F). niveau II

Un aperçu du sommaire de cet ouvrage montrera qu'il passe en revue tous les domaines de l'astronomie : la cosmologie, l'Univers extragalactique, la Galaxie, le système solaire avec une description très fouillée de chacune des planètes, l'exobiologie (on retrouve ici le problème de la vie dans l'Univers). Toutes ces informations sont complétées par de bonnes cartes des constellations, des conseils pour l'observation et, en annexes, des données sur l'histoire de l'astronomie, sur le vocabulaire.

La partie stellaire de l'astronomie est moins développée que la partie planétaire. Mince reproche eu égard aux services que rendra ce livre qui sera souvent consulté comme un dictionnaire.

Voyage au bout du système solaire par Pierre Kohler ; 220 p + un cahier de bonnes photos en noir ; éd France-Empire (56 F). niveau II

Du même auteur que l'ouvrage précédent mais d'un tout autre genre, ici celui du reportage d'actualité : le livre se présente comme un journal de bord de la sonde Voyager 2. Les prouesses techniques réalisées par la NASA, les découvertes obtenues, justifient un récit aussi détaillé et enthousiaste. Une lecture qui passionnera beaucoup de jeunes et tout ceux qui ne sont pas lassés d'admirer les progrès de l'astronomie. Nous en sommes.

Dans les revues

Pour la Science. Décembre 1982 : "Les dispositifs de transfert de charge en astronomie", Jérome Kristian et Morley Blouke ; "L'historique des éclipses", Richard Stephenson.

La Recherche. Décembre 1982 :"La masse invisible de l'Univers", Trinh Xuan Thuan et Thierry Montmerle ; "Paul Langevin, plaidoyer pour l'histoire des sciences", Bernadette Bensaude-Vincent. Janvier 1983 : "Uranus, la planète aux neuf anneaux", Bruno Sicardy ; "D'où viennent les antiprotons cosmiques ?", Jacques Vandermeulen et Jacques Demaret ; "L'astrologie et la science", Jean-Claude Pecker.

Le Monde du 24 novembre 1982 :"Quelle est la taille de l'Univers?" Maurice Arvonny.

Le Journal des Astronomes Français. Janvier 1983 :"La formation continue en astronomie des professeurs de l'enseignement secondaire", exposé présenté par B.Hauck lors d'une réunion de la commission enseignement à la dix-huitième sessionde l'Union Astronomique Internationale.

# ROTATION DE LA TERRE SUR ELLE-MEME ET DISTANCE TERRE-LUNE

Lors de l'école d'été de Sophia Antipolis, en juillet 1982, notre ami Victor Tryoën a animé un groupe de travail sur les mouvements de la Lune, au cours duquel il a signalé:
- que le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même se ralentit par effet de marée
- que la distance Terre-Lune augmente
- que ces deux effets sont liés.

Il m'est venu la curiosité de démontrer cette liaison et de vérifier les ordres de grandeur de ces effets observés. C'est le sujet du présent article. Il me semble qu'il peut donner lieu à des problèmes résolvables par des élèves de terminales C ou D, moyennant quelques adaptations.

Si on veut le décrire complètement, le mouvement de la Lune est un problème à trois corps (Terre, Lune, Soleil) soumis à plusieurs centaines de perturbations périodiques ou séculaires, ce qui le rend très difficile. Ainsi les marées sur Terre sont-elles causées principalement par la Lune, mais le Soleil intervient aussi: le rapport des forces de gravitation exercées par la Lune et par le Soleil sur une masse d'eau à la surface de la Terre est 2,2 (1).

Pour ce qui nous intéresse, cependant, je négligerai les effets du Soleil, et je considèrerai le système Terre-Lune comme isolé dans l'espace. C'est que j'étudie le mouvement de rotation sur lui-même de ce système: en quelque sorte je rapporte l'action du Soleil au centre de masse Terre-Lune. De plus, je n'étudie pas comment les marées ralentissent la rotation de la Terre: ce ralentissement étant constaté, je veux montrer comment il s'en suit un ralentissement de la Lune.

Deuxième approximation: dans le mouvement de rotation, je confondrai le centre de masse du système avec le centre de la Terre, et la Lune sera supposée décrire une orbite elliptique keplérienne autour du centre de la Terre.

La loi physique qu'il faut appliquer est dès lors simple: le moment cinétique de l'ensemble Terre-Lune se conserve. Or ce moment cinétique total $\vec{I}$ est dans le repère galiléen du centre de masse la somme de trois termes:

1°) <u>le moment cinétique de rotation de la Terre sur elle-même</u>, $\vec{I}_T$. Il est dirigé suivant l'axe des pôles et fait donc un angle de 23°27' avec la perpendiculaire au plan de l'écliptique. En intensité il vaut:

$$I_T = \frac{2}{5} M_T R_T^2 \Omega$$

$M_T$ = masse de la Terre = $6 \times 10^{24}$ kg

$R_T$ = rayon de la Terre = $6{,}4 \times 10^{8}$ m

$\Omega$ est la pulsation de la Terre. Elle vaut $\Omega = \frac{2\pi}{T}$ où T est la période de rotation, donc la durée du jour sidéral, puisque le repère galiléen utilisé est orienté suivant les pôles. Donc T vaut 86 164 s.

Cette expression de $I_T$ suppose que la Terre est une sphère homogène, ce qui est un peu osé, mais finalement pas trop faux.

2°) <u>Le moment cinétique de rotation de la Lune sur elle-même</u>, $\vec{I}_L$. Il est dirigé suivant l'axe de rotation de la Lune, qui fait un angle de 6° avec la normale au plan de l'orbite lunaire, lui-même incliné de 5° sur le plan de l'écliptique. Il vaut en intensité:

$$I_L = \frac{2}{5} m_L R_L^2 \omega'$$

$m_L$ = masse de la Lune $\simeq M_T / 81$

$R_L$ = rayon de la Lune = 0,272 $R_T$

$\omega'$ = pulsation de rotation propre de la Lune

3°) le moment cinétique de rotation de la Lune autour de la Terre, $\vec{I}'$. Il est perpendiculaire au plan de l'orbite lunaire. En intensité il vaut:

$$I' = m_L V r$$

V = vitesse de la Lune

r = distance Terre-Lune

Ici intervient pour simplifier le calcul une autre approximation. Cette orbite elliptique de la Lune a pour excentricité 0,055. On l'assimilera à un cercle pour lequel on utilisera encore la troisième loi de Kepler. Alors si on note $\omega$ la pulsation et D le demi grand axe on a:

$V = D\omega$
$r = D$ donc $I' = m_L D^2 \omega$

D'après la troisième loi de Kepler:

$$D^3 / \tau^2 = G(M_T + m_L) / 4\pi^2 \qquad \text{Or} \quad 2\pi / \tau = \omega$$

Donc, en négligeant $m_L$ devant $M_T$:

$$D^3 \omega^2 = G M_T \qquad \text{et} \qquad \omega = G^{\frac{1}{2}} M_T^{\frac{1}{2}} D^{-3/2}$$

Enfin:

$$I' = m_L G^{\frac{1}{2}} M_T^{\frac{1}{2}} D^{\frac{1}{2}}$$

Le moment cinétique total vaut donc, en projection sur la perpendiculaire au plan de l'écliptique:

$$I = \frac{2}{5} M_T R_T^2 \Omega \cos 23° 27' + \frac{2}{5} m_L R_L^2 \omega' P + m_L G^{\frac{1}{2}} M_T^{\frac{1}{2}} D^{\frac{1}{2}}$$

le facteur P qui intervient dans le deuxième terme traduit la projection de $\vec{I}_L$ sur l'axe choisi.

Cernons les facteurs qui changent au cours du temps. La pulsation propre de la Terre, $\Omega$, diminue puisque la durée du jour augmente; la distance D de la Terre à la Lune augmente; par contre, la vitesse de rotation sur elle-même reste constante.

Ecrivons donc que la variation $\Delta I$ du moment cinétique total est nulle.

$$\Delta I = \frac{2}{5} M_T R_T^2 \cos 23° 27' \Delta\Omega + \underset{\text{car } \Delta\omega' = 0}{0} + \tfrac{1}{2} m_L G^{\frac{1}{2}} M_T^{\frac{1}{2}} D^{-\frac{1}{2}} \Delta D \cos 5° = 0$$

$$\text{donc} \qquad \Delta D = -\frac{4}{5} M_T^{\frac{1}{2}} R_T^2 m_L^{-1} (\cos 5°)^{-1} \cos 23° 27' G^{-\frac{1}{2}} D^{\frac{1}{2}} \Delta\Omega$$

$$\text{or} \quad \Omega = 2\pi / T \quad \text{d'où} \quad \Delta\Omega = -2\pi \Delta T / T^2$$

$$\text{donc:} \quad \Delta D = 2\pi \frac{4 \times 81}{5} M_T^{-\frac{1}{2}} R_T^2 G^{-\frac{1}{2}} D^{\frac{1}{2}} T^{-2} \Delta T \cos 23°27' (\cos 5°)^{-1}$$

Je suis arrivé à ce que je voulais démontrer: ralentissement de la rotation propre de la Terre et éloignement de la Lune sont liés. Si la Terre se ralentit, son moment cinétique diminue; puisque celui de la Lune sur elle-même est constant, pour que le moment cinétique total se conserve, il faut que la Lune s'éloigne de la Terre, augmentant ainsi son moment cinétique.

Faisons l'application numérique:

$M_T = 6 \times 10^{24}$ kg $\qquad R_T = 6{,}4 \times 10^{6}$ m $\qquad G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ SI

$D = 3{,}84 \times 10^{8}$ m $\qquad T = 8{,}6164 \times 10^{4}$ s

L'augmentation de la durée du jour est $\Delta T = 1{,}64 \times 10^{-5}$ s par an

On en déduit: $\underline{\Delta D = 3{,}4 \text{ cm par an}}$

la valeur mesurée (2) est environ 3 cm par an.

Où allons-nous ? Il y a 300 millions d'années, le jour durait 22 heures, il y en avait 400 dans l'année (3). Quand le couplage Terre-Lune sera terminé, le jour durera 50 de nos jours actuels (2)*. Une simple règle de trois permet de dire que ce sera en gros dans 250 milliards d'années. La Lune sera alors à une distance de 1 500 rayons terrestres, contre 60 aujourd'hui (la distance de la Terre au Soleil vaut 25 000 rayons terrestres).

Mais tout ceci n'est qu'une extrapolation hardie, car bien avant ces 250 milliards d'années, le Soleil sera devenu une géante rouge (dans 5 milliards d'années) et sa couronne aura atteint la Terre ...

Christian BUTY

BIBLIOGRAPHIE

(1) Astronomie Générale (p.100) Bakouline, Kononovitch, Moroz Ed. MIR

(2) Principles of Astronomy (p.138-139) Stanley Wyatt, Ed. Allyn and Bacon

(3) Méthodes de l'Astrophysique (p.38) Lucienne Gouguenheim, Hachette

(4) Eléments d'Astronomie de Position (p.218-219), Danloux Dumesnil, Ed. Blanchard (fournit les éléments de calcul et un résultat faux)

* *Remarque:*

*Ceci est en contradiction avec la démonstration précédente. En effet, à ce stade ultime de l'évolution du système Terre Lune, la Lune et la Terre se feront face et auront la même vitesse de rotation propre. Donc la Lune tournera sur elle-même en 50 jours au lieu de 28; et j'ai supposé plus haut que cette vitesse $\omega'$ est constante...*

*Evaluons l'erreur commise, et pour cela le rapport $\Delta I_L / \Delta I_T$ (j'avais négligé $\Delta I_L$).*

$$\Delta I_L / \Delta I_T = \left(\tfrac{2}{5} m_L R_L^2\right) / \left(\tfrac{2}{5} M_T R_T^2\right) \left(\Delta \omega' / \Delta \Omega\right) = \frac{(0{,}272)^2}{81} \left(\Delta \omega' / \Delta \Omega\right)$$

*Entre l'époque actuelle (1) et le stade final (2), la variation de $\Omega$ est:*

$$\Delta \Omega = \Omega_2 - \Omega_1 = (2\pi / T_2) - (2\pi / T_1) = 2\pi \left(\frac{1}{50} - 1\right) = -2\pi \frac{49}{50}$$

$$\Delta\omega' = \omega'_2 - \omega'_1 = (2\pi/T'_2) - (2\pi/T'_1) = 2\pi\left(\frac{1}{50} - \frac{1}{28}\right) = -2\pi\frac{22}{50 - 28}$$

$$\Delta\omega' / \Delta\Omega = 22 / (49 \times 28) \qquad \text{Donc} \quad \Delta J_L / \Delta J_T = \frac{22 \times (0{,}272)^2}{81 \times 49 \times 28} = 1{,}46 \times 10^{-5}$$

*Vue l'ampleur de nos approximations, il était donc parfaitement légitime de négliger le deuxième des trois termes du moment cinétique total. Cela vient simplement du fait qu'il est bien plus facile de ralentir la Lune que la Terre.*

---

## Chronique du CLEA

Le samedi 22 janvier 1983,
========================== la première assemblée générale du CLEA a réuni une soixantaine d'enseignants et d'astronomes venant des diverses académies dans les locaux du labo d'astronomie de l'Université d'Orsay, de 10 h à 18 heures.

Des témoignages aussi riches que variés ont été apportés sur les stages d'initiation à l'enseignement de l'astronomie qui s'organisent un peu partout dans des formes diverses et selon les ressources locales en animateurs compétents: par exemple à Montpellier, Besançon, Aix-Marseille, Le Mans, Caen, Pau et Bordeaux, Reims, Strasbourg, Orsay... L'action dans les Ecoles Normales (en particulier grâce aux UF optionnelles d'astronomie) est particulièrement fructueuse car elle permet d'envisager un développement de l'astronomie dans les activités d'éveil à l'école élémentaire.

Des informations ont été fournies sur les travaux de diverses équipes pour multiplier les moyens audiovisuels utilisables dans l'enseignement élémentaire ou secondaire: brochures et diapositives de l'ERTEA (Strasbourg), les planétariums de Strasbourg, de Reims, de Marseille, l'exposition de Marseille (dans le cadre du CRDP) ou l'exposition itinérante de la MIDIST gérée par Meudon et qui peut être prêtée gratuitement.

Une discussion sur le contenu et la diffusion des Cahiers Clairaut a mis en évidence l'intérêt porté à cette publication destinée aux enseignants de la Maternelle à l'Université et, en même temps, le besoin d'une revue destinée aux jeunes qui saurait vulgariser l'astronomie aussi bien que La Hulotte des Ardennes sait vulgariser l'observation et l'amour de la nature. Si ce n'est pas le rôle du CLEA de l'éditer, il peut néanmoins étudier comment une telle édition serait réalisable.

L'exposition itinérante de Meudon, l'exposition de matériels didactiques réalisés par certains participants, la présentation du planétarium portatif "Star-lab" que le CLEA a reçu mission d'évaluer pour le compte du Musée de la Villette ont permis aux participants de prolonger leurs échanges sous forme de conversations particulières, ainsi d'ailleurs que de se restaurer dans l'atmosphère amicale que connaissent bien les anciens des Ecoles d'Eté.

Pour compléter le succès de l'assemblée générale, M. Evry Schatzman, Président d'honneur du CLEA, a prononcé une conférence passionnante sur "Les neutrinos solaires", conférence qui sera publiée intégralement dans le numéro 21 des Cahiers Clairaut.

L'assemblée générale devait également remplir certaines tâches administratives. En particulier élire les 40 membres du Conseil du CLEA; 51 votants ont accordé leurs 51 voix à la liste suivante où sont représentés enseignants et astronomes: A. Acker (Strasbourg), C. Astruc (Clermont-Ferrand), D. Bardin ou M. Aude ou

M. Vidal (ces trois collègues faisant équipe à Aix-Marseille), L. Bottinelli (Orléans-Tours), A. Brahic (Paris), J.P. Brunet (Toulouse), J. Chappelet (CEMEA), M. Charles (Musée de la Villette), F. Dahringer (Rennes), A. Dargencourt, F. Delmas, C. Dumoulin (groupe interIREM), M.F. Duval ou A. Laval ou C. Roddier (ces trois collègues faisant équipe à Aix-Marseille), P. Fleury (UDP), J.L. Fouquet (Nançy-Metz), H. Gié, L. Gouguenheim, R. Hernandez (Dijon), J.L. Heudier (Nice), D.J. Jay (APHG), F. Joly (Bordeaux), F. Minot (APMEP), J.P. Parisot (Besançon), G. Paturel (Lyon), J.C. Pecker, A. Richelme (Grenoble) H. Reboul (Montpellier), A. Rivière (Créteil), J.P. Rosenstiehl (Nantes), B. Sandré (Versailles), L. Sarrazin (Limoges), E. Schatzman, M. Simondin (EN Versailles), D. Toussaint (Reims), V. Tryoën, M. Vento (APISP), C. Vialle (Poitiers), G. Walusinski, F. Wyns (ANSTJ), M. Laisne (Lille).

Ces collègues ont été choisis de telle sorte que sont représentées dans le conseil toutes les catégories de membres du CLEA, astronomes et enseignants, la plupart des académies (nom entre parenthèses) ainsi que les associations d'enseignants intéressés au premier chef par l'astronomie. Il est souhaité que, dans chaque académie, les membres du Conseil assurent la présence active du CLEA: initiatives auprès des autorités de la formation des enseignants, pour la diffusion des Cahiers Clairaut ainsi que pour leur rédaction, liaison avec le Bureau du CLEA qui sera élu par les membres du Conseil.

L'assemblée générale a adopté le tarif de la cotisation 1983 soit 20 F; l'abonnement aux Cahiers Clairaut (4 numéros) 35 f, réduit à 30 F pour les cotisants du CLEA qui bénéficient en outre d'une réduction de 5% sur les autres publications du CLEA (compte rendus des Ecoles d'Eté, brochures).

Enfin, quant-à l'avenir, le CLEA envisage d'intervenir auprès des chefs de Mission Académique pour que soient multipliés en 83-84 les stages d'initiation à l'enseignement de l'astronomie en profitant de toutes les initiatives locales. Il s'efforcera d'augmenter la diffusion des Cahiers Clairaut (qui tirent actuellement à 1 500 exemplaires) et dont le budget n'a été équilibré que grâce à de nombreux abonnements de soutien), plus large diffusion qui est la condition première à l'amélioration technique de la présentation.

*N.B. Le présent compte rendu résume très succintement une réunion très riche. Une analyse plus détaillée, tirée de l'enregistrement des débats, sera adressée aux personnes intéressées qui en feront la demande. Ecrire à G. Walusinski 26, Bérengère, 92210 St Cloud (tel (1) 771 69 09).*

Si tous les participants à l'assemblée générale ont bien travaillé de 10 h à 18 h, ils ont aussi bénéficié d'une pause déjeuner qui a permis de poursuivre les échanges grâce à un excellent buffet campagnard préparé par une collègue qui a voulu conserver l'anonymat. Les convives ont eu la preuve que savoir préparer une manip sur le bleu du ciel n'empêche pas de savoir cuisiner...

o o
o

QU'EN PENSEZ - VOUS ?

" La planète Vénus par l'égalité de la période de rotation et de la période de révolution, nous présente des phases semblables à celles de la Lune."

(Le matin illustré du 24 - 6 - 1929, communiqué par J.P. Parisot)

# HELIOGRAPHE

*Le présent article n'apporte rien de nouveau quant à la construction de l'appareil et à ses utilisations précédemment décrites (photographie de la marche du Soleil, mesure de l'ensoleillement). Il ne veut être qu'un complément à l'article présenté par Alphonse Delavergne dans les Cahiers Clairaut n°7, page 30.*

**************

Pour ceux qui n'ont pas le n°7 des CC (c'est un tort!) je rappelle qu'un héliographe est simplement une boite cylindrique percée d'un trou et dans laquelle on a placé un papier sensible à la lumière. L'axe de la boite doit être parallèle à l'axe du monde, et le plan méridien du lieu doit passer par l'axe et le trou (placé vers le sud).

1/ L'utilisation d'un papier se développant aux vapeurs d'ammoniac est plus avantageuse que celle du papier photo (manipulation dans une pénombre relative, prix de revient). Ces papiers se vendent sous différents noms: diazo, ozalide, photogay (tirage de plans d'architectes).

Il suffit de retourner la boite sur un récipient contenant de l'ammoniaque, en moins d'une minute l'enregistrement est utilisable.

2/ Mesure de la déclinaison du soleil.

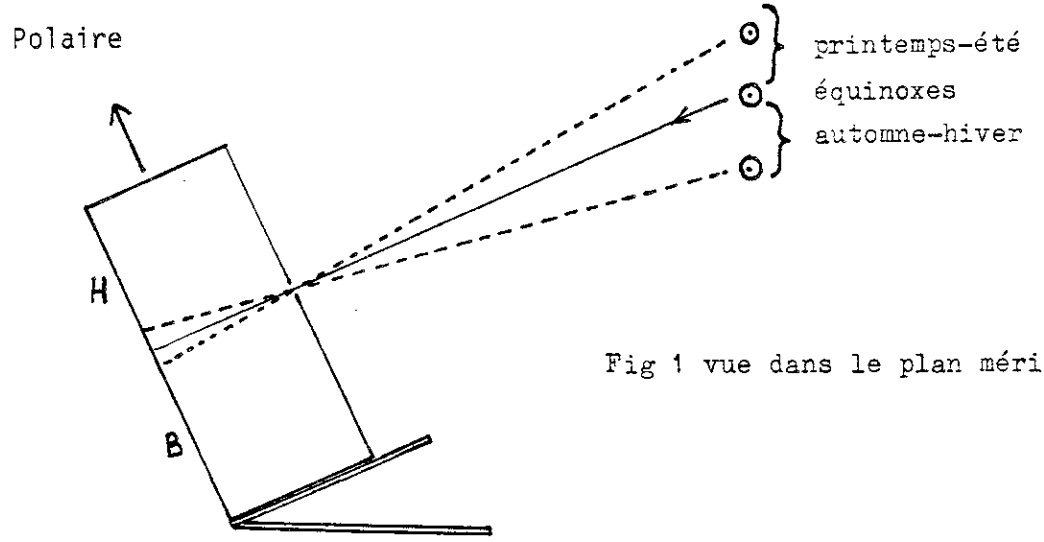
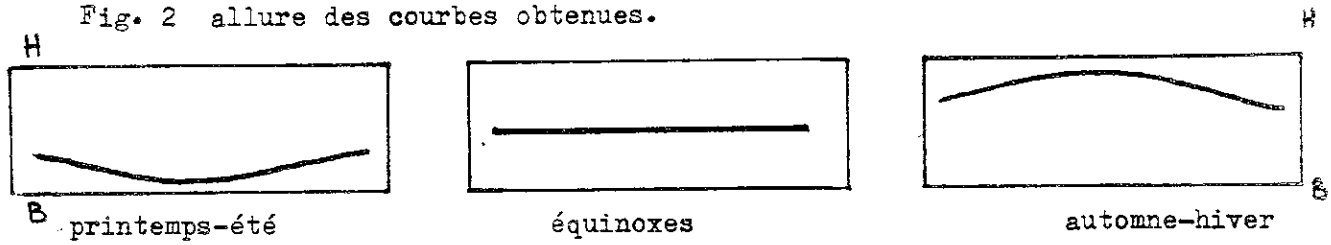


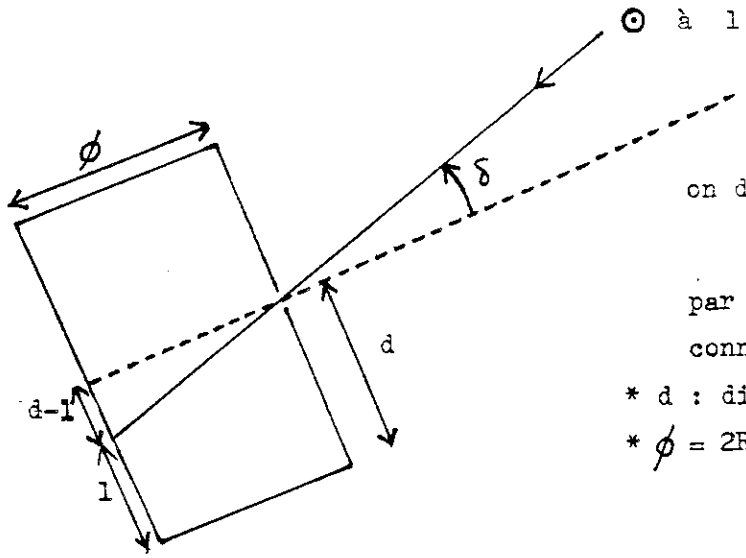

Fig 1 vue dans le plan méridien

Fig. 2 allure des courbes obtenues.




La courbe est une portion de sinusoïde. Cas particulier les jours d'équinoxes.

Important: pour essayer(!) de déterminer correctement (!) la déclinaison du soleil il faut caler parfaitement le papier sur le fond de la boite.



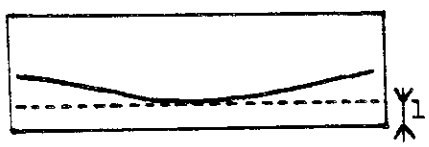

on déduit facilement: $tg\delta = \frac{d-l}{2R}$

par construction de l'héliographe on connait:

* d : distance entre le trou et le fond.
* $\phi = 2R$ :diamètre intérieur de la boite.

Sur la courbe l'image du soleil à midi vrai (?) (elle est dans le plan méridien). Considérant la symétrie de la courbe, on peut dire qu'elle est au point le plus bas (en été). Voir remarque à la fin.

L'image du soleil se trouve donc au point de tangence de la courbe avec une droite parallèle au bord de la feuille.




l est la distance qui sépare cette droite du bord de la feuille.

D'où un calcul élémentaire pour calculer la déclinaison du soleil.

Même si la détermination du midi n'est pas précise (point de tangence) on peut remarquer que la mesure de l varie peu autour de midi. Autre remarque, en hiver $d - l < 0$ donc $\delta < 0$.

Remarque: le raisonnement suivant "à midi le soleil est le plus haut dans le ciel donc son image sera au point le plus bas sur la courbe" est faux. En effet, en hiver, la courbe est dans l'autre sens (figure 2) bien que la hauteur du soleil soit toujours la plus grande à midi vrai. L'inversion du sens de la courbe peut s'observer sur une sphère armillaire.

L'équation de la courbe permet de montrer qu'à midi vrai l'image du soleil est à un maximum (ou minimum) de la courbe.

équation: $d - l = 2R\ tg\delta \cos\theta$

$\delta$ = déclinaison du soleil le jour de l'enregistrement

$\theta$ = angle horaire: angle du plan méridien et du plan contenant le soleil et l'axe du monde.

A midi vrai le soleil est dans le plan méridien $\theta = 0$ d'où $d - l$ maximal.

3/ Enregistrement de la "méridienne" de temps moyen.

Au cours de l'année, il n'y a pas coïncidence entre le midi vrai et le midi moyen (voir article de J. Ollier C.C. n°17 ou cours de J. Dupré dans le compte rendu de l'école d'été 1981). La variation est donnée par l'équation du temps.

L'héliographe doit permettre l'enregistrement de la "méridienne" visible sur certains cadrans solaires. Il suffit pour cela de laisser l'héliographe en place pendant un an (trou bouché) et d'enregistrer l'image du soleil (pose d'une minute) par exemple tous les 15 jours. Pour cela on débouche le trou toujours à la même heure civile (en hiver 12h + 1h + longitude). L'enregistrement peut se faire également

à une autre heure.

Ma première tentative a échoué. Je ne sais pas encore pourquoi le papier n'a pas été impressionné. Quelle déception quand après 7 mois d'attente on découvre un papier sans trace! L'astronomie est également une école de patience.

Jean Ripert

ASTAM

VIRY 39360 VAUX LES SAINT-CLAUDE
Tél. (84) 42.47.51

## CONSTRUIRE SOI-MÊME UN TÉLESCOPE SIMPLE
84 X et 34 X

- Kit optique seul comprenant :
- 1 miroir sphérique ø 90 – F = 675 mm - aluminé et protégé.
- 1 barillet en bois tourné (à finir)
- 1 miroir plan de forme elliptique, aluminé et protégé.
- 2 oculaires simples, monture aluminium anodisé noir mat. F = 8 mm (84 X) et F = 20 mm (34 X)
- 1 plan de montage complet.

- Réf. du kit optique seul : KT 90-1
PRIX : 430,00 F (410,00 F + 20,00 F port)

- Kit complet comprenant :
- le kit optique décrit ci-dessus avec les plans de montage.
- tous les éléments en bois prédécoupés avec principaux percages effectués
- toute la visserie.
- divers : bille, feutre, tube...

- Réf. du kit complet : KT 90-2
PRIX : 785,00 F (Exp. franco)

jeu de lentilles simples + tubes cartons + plan de montage pour réaliser une lunette astronomique simple
Prix ..... 80,00 Frs
jeu de lentilles simples + plan de montage : ..... 55,00 Frs

BON DE COMMANDE

Nom : .....
Prénom : .....
Adresse : .....
Désire recevoir : .....

- ☐ lentilles simples ..... 55,00 F
- ☐ lentilles simples + tubes ..... 80,00 F
- ☐ kit(s) KT 90-1 ..... 430,00 F
- ☐ kit(s) KT 90-2 ..... 785,00 F

Ci-joint mon règlement ☐

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin de liaison du CLEA
Directeur de la publication: L.Gouguenheim Université Paris-Sud
Laboratoire d'Astronomie Bât. 426 91405 ORSAY CEDEX
Comité de rédaction:
L.Bottinelli, J.Dupré, M.Gerbaldi, L.Gouguenheim, G.Walusinski.
Edité à l'Université Paris Sud, Laboratoire d'Astronomie Bât.426 91405 ORSAY CEDEX
Prix du numéro: 8f; abonnement annuel (4 numéros): 25f.
Dépot légal: 1er trimestre 1979; numéro d'inscription à la CPPAP: 61660