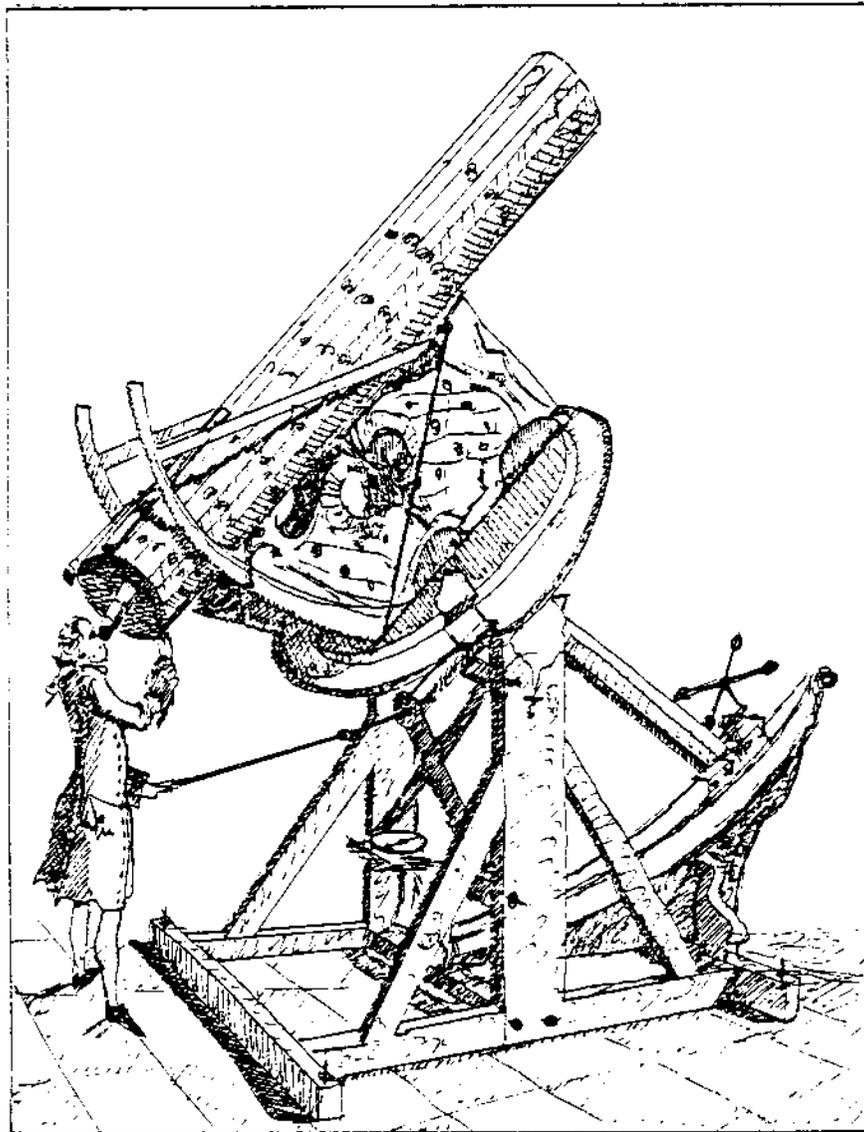


les cahiers clairaut

bulletin du comité de liaison astronomes et enseignants



n° 6 automne 1979

LES CAHIERS CLAIRAUT

n° 6 - automne 1979

Sommaire

Table with 2 columns: Article Title and Page. Includes 'Editorial', 'Le thermosecantzetahéliomètre à rotule', 'De l'atmosphère de Vénus', etc.

EDITORIAL

Numéro 6 des Cahiers Clairaut, numéro de la rentrée 1979 où l'Astronomie est introduite dans les programmes... Il est essentiel que les Cahiers Clairaut de cette année soient pour vous le moyen d'échanger vos expériences à propos de ces nouveaux programmes.

DEMANDE D'ABONNEMENT OU DE REABONNEMENT (4 numéros par an)

Mr, Mme, Melle :
Adresse personnelle : Adresse de l'établissement

.....
souhaite :

- s'abonner aux Cahiers Clairaut à partir du n° :
renouveler son abonnement aux Cahiers Clairaut
ci-joint ma contribution financière (15 francs pour 4 numéros ; chèque à libeller à l'ordre de Mademoiselle Gouguenheim CCP 209 3680V PARIS)

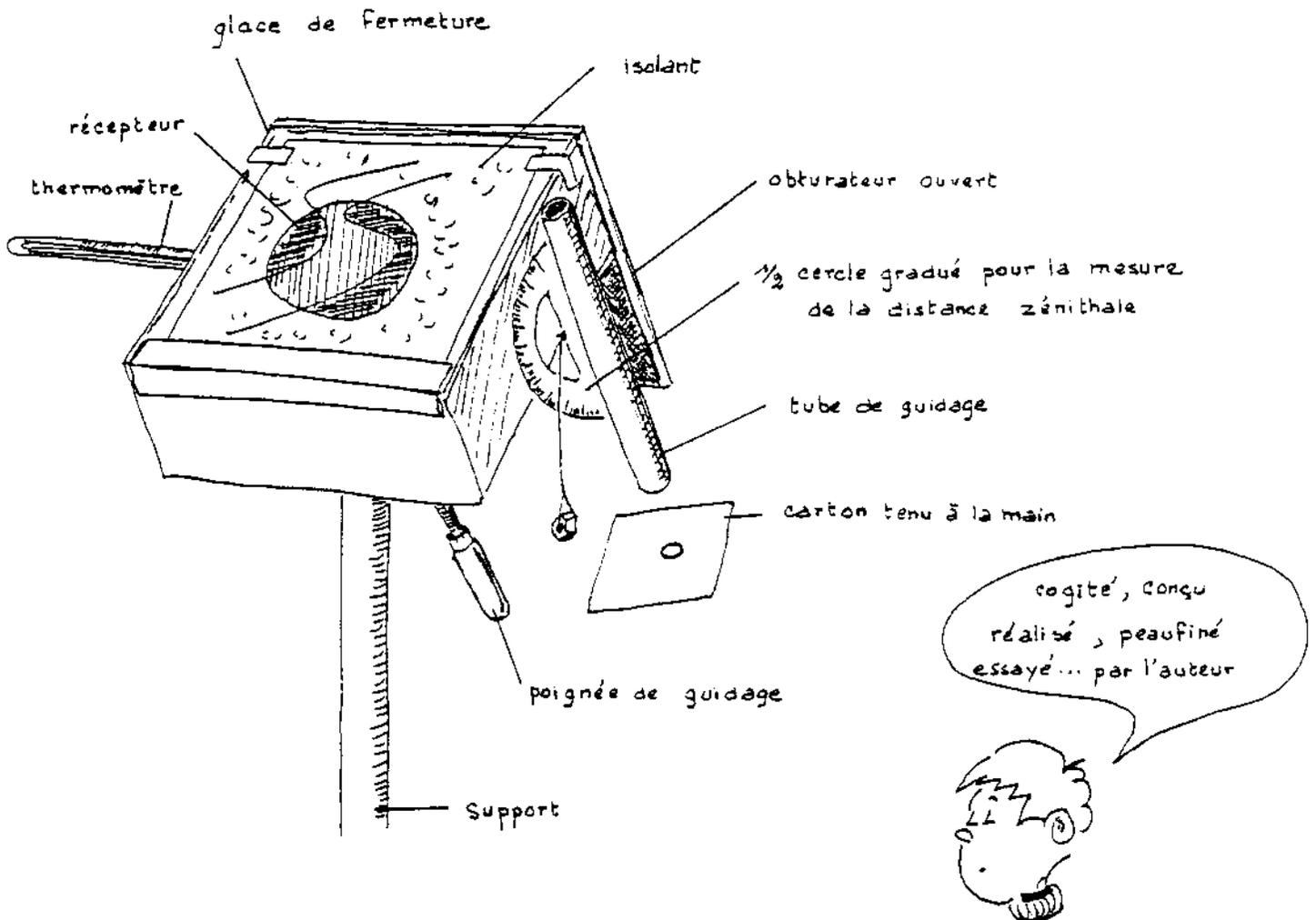
(remplir, cocher les cases correspondantes et renvoyer cette fiche à Mme F. Delmas, I.A.P., 98 bis Boulevard Arago 75014 PARIS)

LE THERMOSECANTZETAHELIOMETRE A ROTULE

(TSM en abrégé)

I Introduction

Le TSM permet de déterminer la température effective du soleil par la mesure de deux quantités : l'échauffement d'un cylindre de bronze pendant une durée donnée et la distance zénithale. Le dessin ci-dessous reproduit ce merveilleux appareil :



II Principe de la mesure

Le récepteur proprement dit est un cylindre de bronze de masse m et de section circulaire de diamètre \varnothing . Placé perpendiculairement aux rayons du soleil il s'échauffe. Sa température passe de θ_0 à θ_f en t secondes. On suppose qu'il absorbe toutes les radiations qui le frappent (surface noire mate) et qu'il ne dissipe pas sa chaleur (isolant, glace de fermeture). La quantité de chaleur reçue en t secondes est (en calories) :

$$Q = m c (\theta_f - \theta_o)$$

où c est la chaleur massique du bronze.

La puissance absorbée par le cylindre est donc :

$$P = 4.18 \frac{Q}{t} = 4.18 \frac{m c (\theta_f - \theta_o)}{t}$$

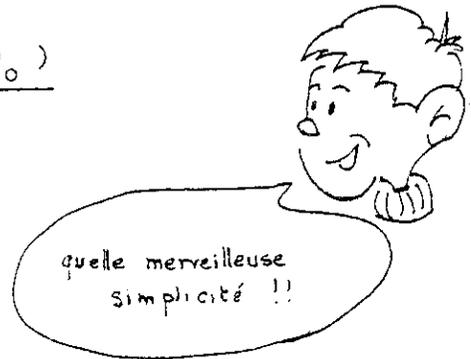
où c est en $\text{cal.g}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

$(\theta_f - \theta_o)$ en °C

m en grammes

t en secondes

P en watts



Malheureusement notre atmosphère a absorbé une partie de la puissance; comment évaluer cette absorption? Nous allons utiliser la méthode de Bouguer. Voici la méthode :

Soit F_o le flux lumineux qu'on recevrait s'il n'y avait pas d'atmosphère. La loi générale de l'absorption conduit à la relation suivante :

$$F = F_o e^{-kx} \text{ où } F \text{ est le flux lumineux reçu et } x \text{ est la}$$

longueur du trajet dans le milieu absorbant (k est une constante).

Ici
$$x = OA = \frac{OB}{\cos \zeta} = OB \sec \zeta$$

or OB est l'épaisseur de la couche absorbante et est supposée constante pour un jour donné.

$$F = F_o e^{-k OB \sec \zeta} = F_o e^{-K \sec \zeta}$$

soit en prenant les logarithmes :

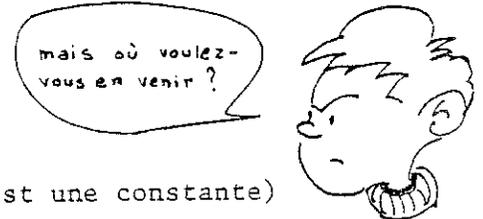
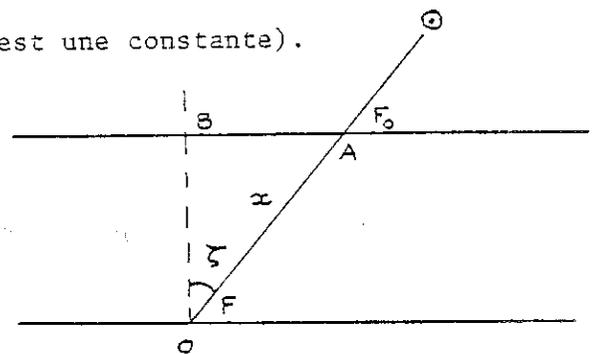
$$\text{Log } F = \text{Log } F_o - K \sec \zeta \quad (K \text{ est une constante})$$

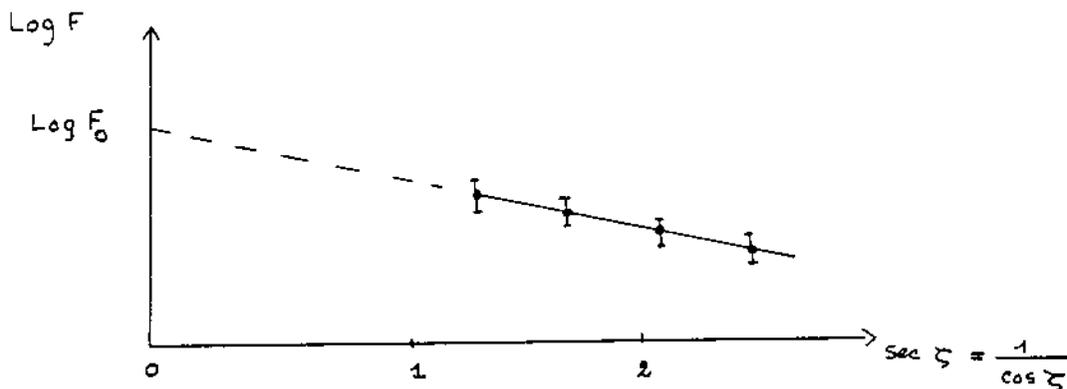
On voit alors que si on fait les mesures de F (flux effectivement reçu) pour les différentes valeurs de $\sec \zeta$ (id est : différentes positions du soleil) on peut tracer le graphique suivant.

(on a représenté quatre mesures)

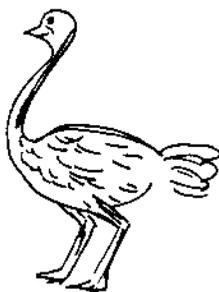
L'ordonnée à l'origine donne... $\text{Log } F_o$ c'est-à-dire F_o (c.q.f.t.)

(ce qu'il fallait trouver)





moi, je vous conseille de ne prendre que deux mesures... vous serez sûrs d'avoir une droite !!



Revenons à notre cylindre de bronze

Ah! enfin

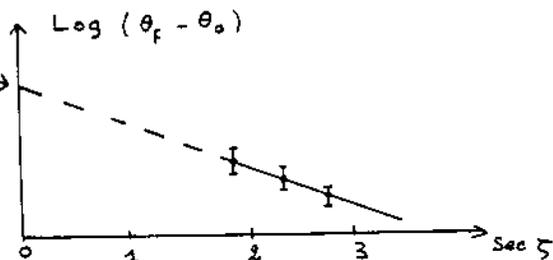


Si toutes les conditions de mesure de l'échauffement $\theta_f - \theta_o$ sont les mêmes (principalement la durée t de l'exposition du cylindre) pour les différentes positions ζ il suffira de faire le graphique suivant.

On en déduira $\text{Log} (\theta_f - \theta_o)_{\text{H.A.}}$

donc $(\theta_f - \theta_o)_{\text{H.A.}}$ qui est la

variation de température qu'on aurait enregistrée hors-atmosphère.



Nous supposons maintenant que $(\theta_f - \theta_o)_{\text{H.A.}}$ est déterminé par cette méthode et nous ne nous occuperons plus de l'absorption atmosphérique.

La puissance qu'aurait absorbée notre cylindre en l'absence d'atmosphère est donc :

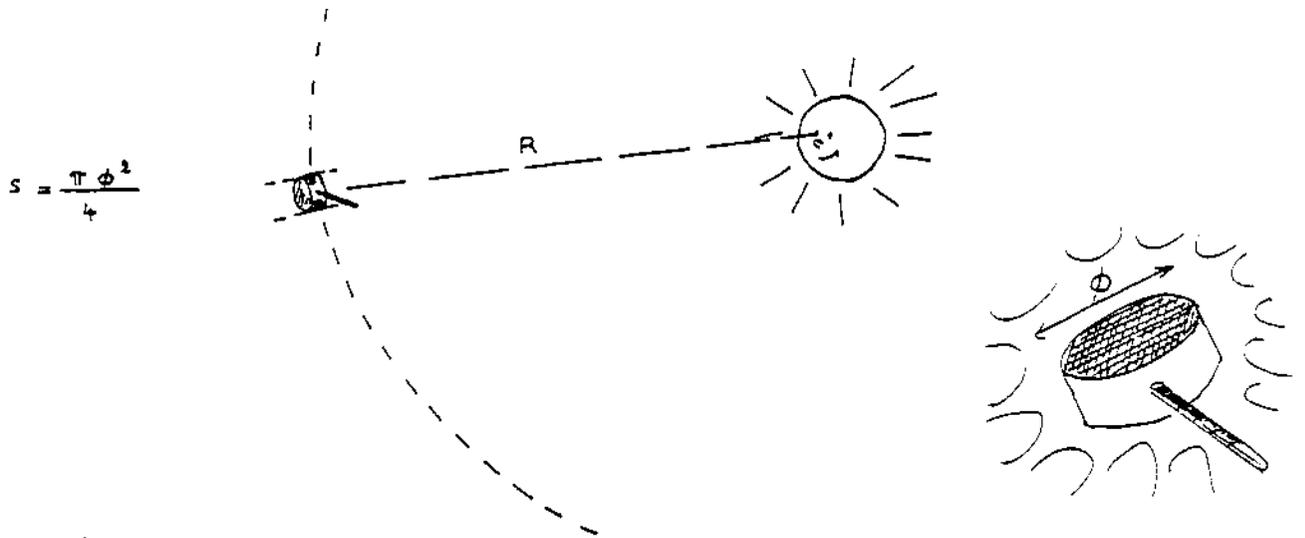
ouf!

$$P_{\text{H.A.}} = 4.18 \frac{m c (\theta_f - \theta_o)_{\text{H.A.}}}{t}$$

$P_{\text{H.A.}}$ est la puissance venant du soleil et traversant la surface $s = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4}$ à la distance R du soleil.

La puissance totale rayonnée par le soleil est donc :

$$P_T = P_{H.A.} \frac{S}{s} \quad \text{où } S \text{ est la surface de la sphère de rayon } R.$$



$$s = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

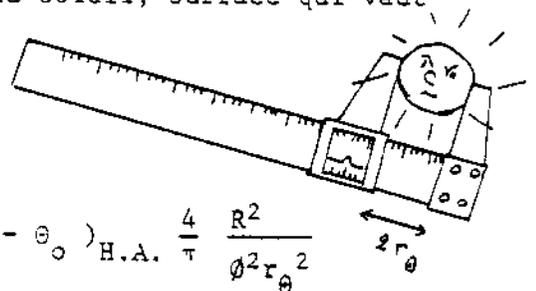
ce qui donne :

$$P_T = P_{H.A.} \frac{4\pi R^2}{\frac{\pi \phi^2}{4}}$$

$$P_T = 4.18 \frac{mc}{t} (\theta_f - \theta_o) H.A. 16 \frac{R^2}{\phi^2}$$



Et toute cette foccoormidable (!!!) puissance émise par le coeur du soleil doit foccoorcément passer par la surface du soleil, surface qui vaut $4\pi r_\odot^2$, où r_\odot est le rayon du soleil. Par unité de surface du soleil on a donc la puissance suivante :

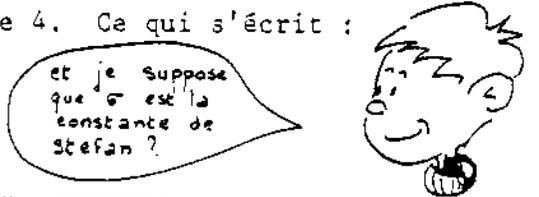


$$P_{p.u.s.} = \frac{P_T}{4\pi r_\odot^2} = 4.18 \frac{mc}{t} (\theta_f - \theta_o) H.A. \frac{4}{\pi} \frac{R^2}{\phi^2 r_\odot^2}$$

par unité de surface

Or Stefan* a montré que la puissance totale par unité de surace d'un corps chaud parfaitement émissif (appelé corps noir) est proportionnelle à sa température effective élevée à la puissance 4. Ce qui s'écrit :

$$P_{p.u.s.} = \sigma T_e^4$$



* Joseph Stefan, physicien autrichien né près de Klagenfurt (1835-1893)



T_e est la température effective.
Pour le soleil on a donc :

$$T_e = \sqrt[4]{4.18 \frac{mc}{t} (\theta_f - \theta_o) \text{H.A.} \frac{4}{\pi} \frac{R^2}{\phi^2 r_\theta^2} \frac{1}{\sigma}}$$



III Utilisation pratique du TZM

1) Montage du TZM

- On commence par mettre le cylindre de bronze dans l'isolant en veillant à ce que le trou prévu pour le thermomètre soit juste en face du trou correspondant de la boîte.

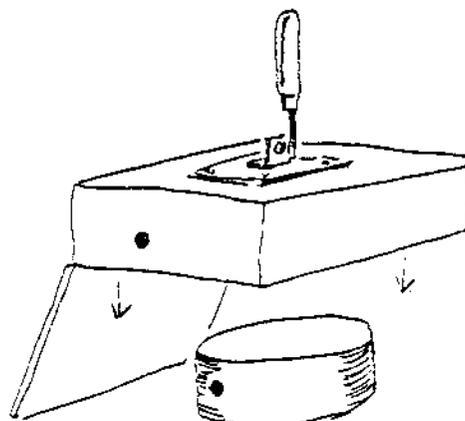
Pour ne pas abîmer l'isolant de la boîte il est préférable de tenir le cylindre et de le "coiffer" avec la boîte.

- On met en place le thermomètre qui doit entrer sans efforts jusqu'à la bague de "scotch"

- On place alors la glace de fermeture dont la charnière est faite de "scotch" blanc.

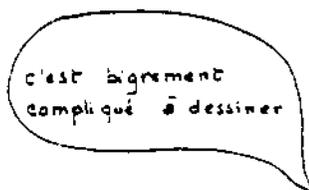
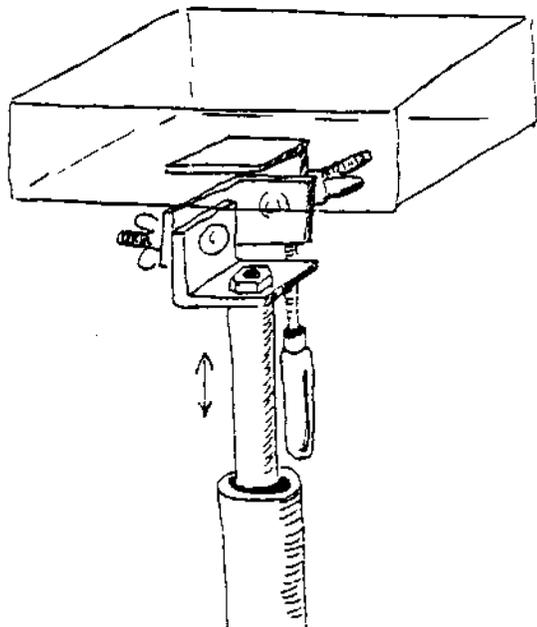
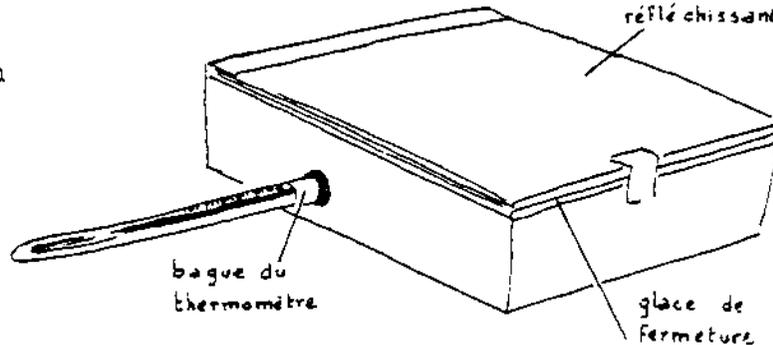
- On fixe alors la boîte sur la rotule.

- On attend qu'il fasse beau en laissant le cylindre atteindre sa température d'équilibre.

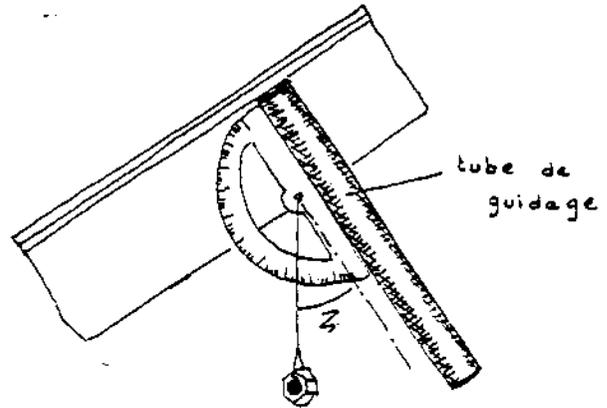
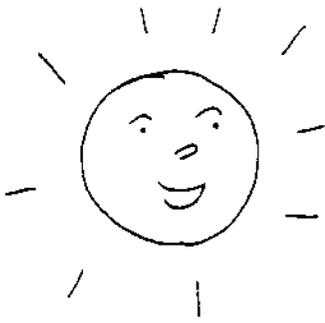


Surface noire

obturateur réfléchissant



- "Notes à benêts" :
- On évitera de mettre les doigts sur la surface noircie
 - On pourra caler le cylindre dans l'isolant avec des petits bouts de carton.
 - On n'oubliera pas d'accrocher le fil à plomb sur le demi-cercle gradué, pour pouvoir lire ζ facilement.



2) Mode opératoire pour utiliser le TZM

Le cylindre du TZM ayant atteint sa température d'équilibre (il faudrait avoir 20°C au maximum) on attend que le soleil passe au méridien. On a pris soin de fixer soigneusement le tube support (enfoncé dans le sol ou mieux, fixé sur une barrière avec des sandows) quand le soleil arrive au méridien on apporte le TZM qu'on glisse dans le tube support, le couvercle obturateur étant fermé.

On oriente alors l'appareil en manoeuvrant les écrous papillons et en se servant du tube guide.



Note sur l'utilisation du tube de guidage

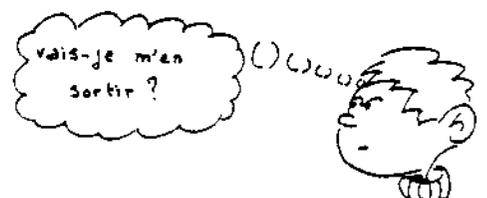
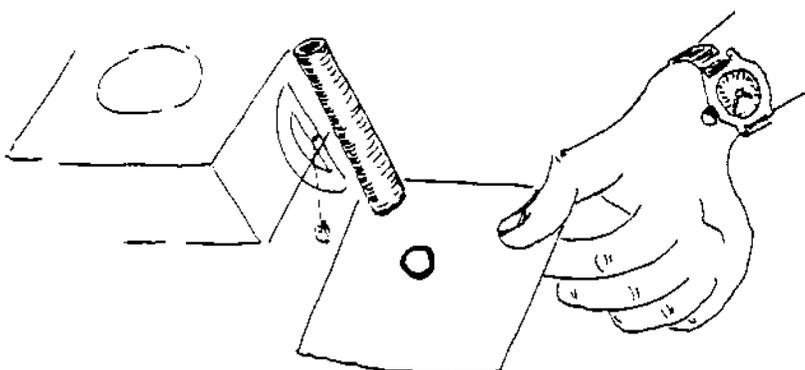
Sur le carton on a l'aspect suivant quand l'appareil est bien orienté :



quand l'appareil est mal orienté on a ceci



Un individu normal n'a donc pas de problèmes pour le guidage.



Au moment choisi pour le début de la mesure on note sur un papier :

θ_0 température de départ (en degrés Celsius)

h_0 heure de départ

ζ_0 distance zénithale en degrés (angle)

On ouvre l'obturateur et on surveille en permanence la bonne orientation du TZM.

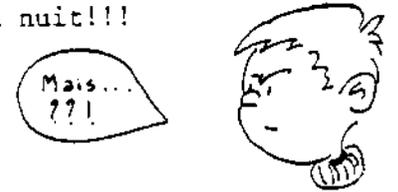
Une durée de pose correcte est environ 15 minutes = 900 s.

(il ne faut absolument aucun nuage). On note au bout des 15 minutes

θ_f , h_f , et ζ_f . (température, heure, distance zénithale).

On a ainsi la première mesure : $\theta_f - \theta_0$, $t = h_f - h_0$, $\zeta = \frac{(\zeta_0 + \zeta_f)}{2}$

quelques heures plus tard on recommence la même mesure. Le soleil est alors plus bas (ζ est plus grand) ainsi de suite...jusqu'à la nuit!!!



On a alors le tableau suivant (par exemple)

numéro de la mesure	($\theta_f - \theta_0$)	ζ	t
1	7,25°C	22°	900 s.
2	6,75°C	30°	900 s.
3	5,50°C	40°	900 s.
4	4,00°C	50°	900 s.

"Notes à benêts" : entre chaque mesure on a mis l'appareil dans un endroit frais et on a ouvert l'obturateur et la glace de fermeture pour faciliter le refroidissement.

IV Traitons un exemple avec les mesures faites à St Genis-Laval

Par manque de beau temps nous n'avons obtenu que deux mesures et pire pour deux jours différents. Nous supposons donc que l'absorption atmosphérique était la même pour ces deux jours.

Les résultats furent les suivants :



mesure	$\theta_f - \theta_o$	ζ	t
1	7,25°C	35°	840 s
2	8,00°C	23,5°	900 s

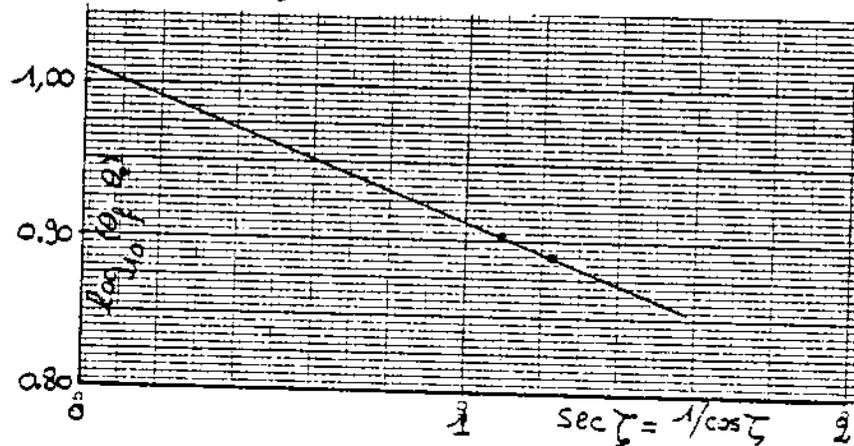


ramener

Attention : il faut les mesures à une même durée par une règle de trois on obtient le tableau corrigé et complété :

mesure	$\theta_f - \theta_o$	ζ	t	$\sec \zeta$	$\text{Log}_{10}(\theta_f - \theta_o)$
1	7,77°C	35°	900 s	1.22	0.890
2	8,00°C	23,5°	900 s	1.09	0.903

On construit la droite de Bouguer :



On lit la courbe $\text{log}_{10}(\theta_f - \theta_o)_{\text{H.A.}} = 1.01$ ce qui donne

$$(\theta_f - \theta_o)_{\text{H.A.}} = 10,22^\circ\text{C}$$

la masse du cylindre est $m = 961$ g.

la chaleur massique du bronze sera prise égale à $c = 0,1 \text{ cal.g}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

le diamètre du cylindre est $\phi = 0,07$ m.

le rapport (distance θ /rayon θ) vaut en moyenne :

$$R/r_\theta = 23400/109$$

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



appliquons grâce à l'indispensable machine :

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{4 \times 10^{18}}{\pi} \frac{m_p (q \cdot \theta)}{r} \frac{R^2}{\phi^2 \cdot 10^4} \frac{1}{c}}$$

$$T_e^4 = 8,4842 \cdot 10^{16} \frac{(\theta_f - \theta_o)_{H.A.}}{t}$$

avec $(\theta_f - \theta_o)_{H.A.} = 10,22^\circ C$ et $t = 900$ s

on trouve $T_e = 5571^\circ K$

Note à pas benêts : Pour améliorer les résultats :

- On peut commencer par de meilleures mesures, pour avoir une meilleure droite de Bouguer
 - On peut utiliser la vraie valeur de la distance terre-soleil pour le jour considéré.
 - On peut prendre une meilleure valeur de c.
- pour un bronze moyen (85% Cu; 15% Sn) on a une valeur de c plus faible
- $c = 0.0856 \text{ cal} \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$
- constante de Stefan $\sigma = 5,66961 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$
 - équivalence 1 calorie = 4,1840 joules.
 - On peut estimer l'absorption de la glace de fermeture.

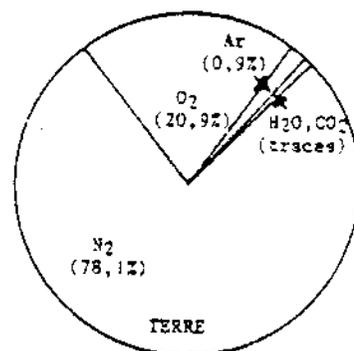
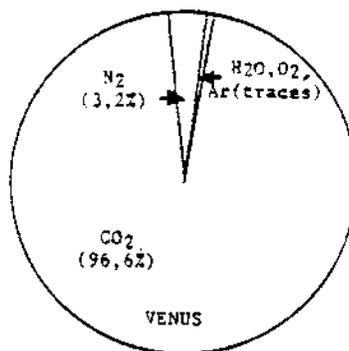
G. Paturel

DE L'ATMOSPHERE DE VENUS

Dans le n° 4 des cahiers Clairaut, K. Mizar fait allusion à de superbes couchers de Soleil sur Vénus... Grâce à une vingtaine de sondes américaines et soviétiques (en particulier, les Pioneer-Vénus et les Vénéra de décembre 1978), nous connaissons aujourd'hui un peu mieux l'atmosphère de cette planète, caractérisée par une température (475°C) et une pression (94 bars) au sol très élevées.

La composition atmosphérique.

En volume, l'air de la basse atmosphère vénusienne contient environ 97% de dioxyde de carbone, 3% d'azote, et des traces de vapeur d'eau, oxygène, argon, etc.



COMPARAISON VOLUMETRIQUE ENTRE LA BASSE ATMOSPHERE DE VENUS ET CELLE DE LA TERRE.

Cet argon (Ar 36) semble être un isotope différent de l'argon trouvé dans l'atmosphère terrestre (Ar 40), ce qui signifierait, soit qu'il resta dans l'atmosphère actuelle de Vénus des résidus de l'atmosphère primitive, soit que le matériau à partir duquel cette planète s'est formée (il y a 4 à 5 milliards d'années) était différent du matériau terrestre. L'énorme concentration en dioxyde de carbone ne doit pas trop surprendre : nous savons que, sur Terre (seule planète du système solaire à la surface de laquelle l'eau existe à l'état liquide) ce gaz fut dissout dans l'eau et piégé dans les roches calcaires du fond des océans ; c'est d'ailleurs l'absorption du rayonnement infrarouge par le dioxyde de carbone qui induit un effet de serre et

réchauffe l'atmosphère vénusienne. La haute atmosphère de Vénus est aussi bien différente de la nôtre : c'est vers 145 km d'altitude que se fait la transition d'un milieu en équilibre de mélange vers un milieu en équilibre de diffusion dans le champ de gravitation (turbopause) ; c'est vers 150 km que la concentration ionique passe par un maximum ; c'est vers 190 km que commence l'exosphère, zone dans laquelle les atomes et molécules peuvent échapper à l'attraction vénusienne ; et surtout, Vénus étant dépourvue de champ magnétique, ses interactions avec le plasma émis par le Soleil (vent solaire) sont très différentes de celles que nous connaissons dans l'environnement terrestre et qui aboutissent à la formation d'une magnétosphère.

Les nuages vénusiens.

D'épaisses couches nuageuses couvrent la planète entre 15 et 49 km d'altitude. Ces nuages sont constitués d'aérosols et de gouttelettes d'acide sulfurique, d'acide chlorhydrique ou d'acide fluorhydrique. Ils sont animés de mouvements convectifs, d'orages violents, et d'une rotation d'ensemble autour de l'axe polaire, accompagnée d'un glissement vers les pôles (où un trou apparaît dans la couverture nuageuse). Alors que Vénus ne tourne sur son axe qu'en 243 jours terrestre (d'où, rappelons-le, un jour vénusien de 117 j.t.), le sommet des nuages se déplace à 350 km/h dans le même sens et décrit un tour complet en 4 j.t. environ. Ces épais nuages réfléchissent 71% du rayonnement solaire (contre 35% pour les nuages terrestres) et donnent à Vénus la brillante apparence que nous lui connaissons. En-dessous de 62 km d'altitude, le Soleil, voilé par les nuages, n'est plus visible ; en-dessous de 48 km, les gouttelettes d'acide se vaporisent sous l'effet d'une température élevée, de sorte qu'aucune pluie ne vient jamais, sur Vénus, laver l'atmosphère ; à moins de 20 km enfin, le ciel rougeoit sous l'effet d'absorptions moléculaires dans le bleu et le rouge et d'étranges mirages engendrés par la propagation de la lumière dans une atmosphère surchauffée doivent être visibles...

A.C. LEVASSEUR-REGOURD

Références.

J.E. Blamont, Le Monde - 28.2.1979

G. Israël, L'exploration du système solaire - Hachette, 1977.

REDUCTION A L'ECHELLE DU SYSTEME SOLAIRE

Nous publions ci-dessous un exemple de travail-dirigé mis au point pour la classe de 4^{ème} par C. Dumoulin, à l'IREM de Limoges. Ce texte est suivi d'un compte rendu fait par le professeur qui a expérimenté le thème en classe de 4^{ème}.

Il nous a paru particulièrement intéressant de montrer des exemples d'utilisation de l'astronomie au sein d'un enseignement de mathématiques.

La rédaction

- Objet : 1) représenter les dimensions relatives des principaux objets du système solaire, en les comparant si besoin, à des objets familiers.
2) représenter les distances relatives des planètes au Soleil.

Matériel et documents

Tableau de données sur les planètes (pas de calculatrice!)

Notions de Mathématique ou de Physique requises

Calcul numérique, puissances de 10, unités de longueur.

Première partie : comparaison des diamètres de différents objets du système solaire.

- 1) On prend pour réduction l'échelle de 1 cm pour 10^4 km; compléter le tableau n°1
- 2) Représenter à cette échelle les diamètres respectifs des astres figurant dans le tableau (sauf le Soleil) par des segments de droite.
- 3) Représenter les disques des planètes par des cercles à l'échelle précédente, pour Mercure, Venus, la Terre, Mars et Pluton. Représenter les autres planètes par des cercles concentriques.
- 4) Evaluer le rapport du diamètre de chaque planète à celui de la Terre (présenter un tableau)
- 5) Le volume d'une sphère est proportionnel au cube de son rayon : combien de fois Jupiter contient-il la Terre?
- 6) Commenter la répartition des diamètres.

Comparaison des distances dans le système solaire

- 1) L'unité astronomique équivaut approximativement à $1,5 \cdot 10^8$ km.

- Compléter le tableau n°2 en donnant les distances des planètes au Soleil en km puis, dans l'échelle où 1 cm représente 1000 km, en cm.
- 2) Dans cette nouvelle échelle, quel serait le diamètre du Soleil?
 - 3) Représenter 1 km à l'échelle précédente par 2 cm et tracer avec cette nouvelle réduction les orbites concentriques des planètes telluriques.
 - 4) - a) Quelle est la planète qui s'approche le plus près de la Terre? (à combien?)
- b) On envoie un signal radar sur cette planète à l'instant où elle est le plus proche de la Terre; au bout de combien de temps reçoit-on l'écho? (vitesse de la lumière : 3.10^5 km/s)

Deuxième partie : Réduction simultanée des diamètres et des distances.

- 1) On suppose que la Terre est représentée par une sphère de 1 mm de diamètre (une tête d'épingle). Dresser le tableau n°3 donnant les diamètres et les distances des planètes au Soleil en citant si possible des points de comparaison avec des objets familiers.
- 2) Quelle serait la distance Terre-Soleil à cette échelle?
- 3) Calculer la valeur d'une année de lumière en km
- 4) La plus proche étoile du Soleil est proxima Centaure qui est à 4,2 a.l. de celui-ci. Trouver la réduction, à l'échelle précédente, de cette distance. Donner un point de comparaison terrestre (distance entre 2 villes par exemple).
- 5) Quelle serait, à l'échelle du tableau précédent, la vitesse de la Terre par rapport au Soleil (le temps n'est pas réduit!)
- 6) Loi de Titius-Bode : Compléter le tableau n°4 opinion des astronomes jusqu'en 1846.
- 7) Calculer pour chaque planète la plus petite et la plus grande distance à la Terre en u.a. puis en km (tableau)

C. DUMOULIN
(IREM DE LIMOGES)

TABLEAU 1

Astre	diam. en km	en cm	Astre	Diam en km	en cm
Soleil ☉	1 384 000		Ganymède	5 000	
Mercure ♀	4 900		Callisto	4 900	
Venus ♂	12 100		Saturne ♄	115 000	
Terre ⊕	12 800		Titan	4 800	
Lune ☾	3 500		Rhéea	650	
Mars ♂	6 800		Uranus ♅	50 100	
Phobas	14		Titania	680	
Jupiter ♃	13 700		Neptune ♆	49 400	
Europe	3 100		Triton	2 400	
Io	3 500		Pluton ♇	3 000	

TABLEAU 2

	dist. u.a.	dist. en km	réduction en cm
Mercure	0.4	1.5×10^8	
Venus	0.7		
Terre	1		
Mars	1.5		
Astéroïdes	2.8		
Jupiter	5.2		
Saturne	9.5		
Uranus	19.2		
Neptune	30.1		
Pluton	39.4		

TABLEAU 3

	diamètre en réduct. ⁿ cm	distance au soleil m	comparaison diamètre	comparaison distance
Soleil				
Mercure				
Vénus				
Terre				
Mars				
Jupiter				
Saturne				
Uranus				
Neptune				
Pluton				

TABLEAU 4

a	b	(a+b)/10	distance des planètes au soleil en u.a.	
0	4			Me
3	4			Ve
6	4			T
12	4			Ma
24	4			.
48	4			J
96	4			S
192	4			U
384	4			N
768	4			P

COMPTE RENDU DE L'EXPERIMENTATION

Séance de travail dirigé réalisé en classe de 4e par groupe (environ 16 élèves) en 3 heures (décembre 1978).

Il s'agissait pour cette classe d'effectuer un travail qui pouvait fournir des exercices pratiques utilisant les nombres décimaux écrits sous la forme $a.10^n$, en même temps qu'il constituait une approche simple de l'astronomie.

Le thème était : "Réduction à l'échelle du système solaire."

L'étude se composait de 3 parties :

En premier lieu, Réduction des diamètres :

Les élèves devaient compléter un tableau sur lequel étaient indiqués les noms des planètes (et de quelques uns de leurs principaux satellites) ainsi que leur diamètre en km. Il était demandé de trouver les réductions correspondantes de ces diamètres à l'échelle 1cm pour 10^4 km.

Peu d'élèves connaissaient les planètes. Tout au plus le nom de certaines, principalement Mars et Vénus, leur évoquait quelque chose. L'exercice ne présentait pas de difficultés. Les disques des planètes ont été représentés à cette échelle par des cercles. Les élèves ont pu se rendre compte des importantes différences de taille : le diamètre de la Terre plus de 10 fois plus petit que le diamètre de Jupiter, son volume plus de 1000 fois plus petit.

La seconde partie consistait à effectuer une réduction et une représentation des distances dans le système solaire : la même forme de tableau avait été choisie. Le nom de chaque planète était accompagné de sa distance (moyenne) au soleil. L'unité utilisée était l'unité astronomique U.A. c'est-à-dire la distance terre-soleil (150.10^6 km).

Les élèves ont pu constater qu'on ne pouvait utiliser l'échelle précédente qui aurait donné une représentation beaucoup trop grande. Après quelques calculs, nous sommes convenus de prendre 1cm pour 2.10^7 km afin de pouvoir représenter les trajectoires (supposées circulaires et coplanaires) des planètes jusqu'à Mars.

Les calculs étaient plus intéressants que dans la première partie, ils s'effectuaient en 2 opérations : passage de l'U.A. au km, du km à la

réduction en cm. Deux remarques se sont imposées :

- on ne pouvait se passer de l'écriture des nombres sous la forme $a.10^n$.

- après quelques calculs, certains élèves se sont rendus compte que les 2 opérations pouvaient être confondues en une seule. On a pu ainsi donner à la classe, à travers l'expérience et la pratique, des exemples et une approche de la composition des applications (au programme en classe de 4e).

La question : " quelle est la planète la plus proche du Soleil ?" a permis d'intéressantes digressions d'ordre astronomique .Après avoir répondu assez vite "Vénus", les élèves se sont rendu compte qu'en fait, tout dépendait de la position respective des planètes.On a pu ainsi définir et expliquer : planète intérieure, planète extérieure, conjonction, conjonction inférieure, conjonction supérieure, opposition. Le fait que Vénus soit, à l'époque de ces travaux, bien visible le matin a permis de parler d'élongation maximum.

Dans la troisième partie, enfin, il s'agissait d'effectuer une réduction simultanée des diamètres et des distances : là encore la présentation sous forme de tableau était choisie. L'échelle n'était pas donnée directement : on imposait seulement à la réduction du diamètre de la Terre de valoir 1 mm.

Les élèves ont eu deux séries de calculs à effectuer ; la seconde, pour trouver ces valeurs des réductions des distances, a permis d'approfondir ce qui avait été ébauché auparavant quant à la composition des applications :

- passage distance en U.A., distance en km ;
- réduction à l'échelle : dis. en km, réd. en mm.
- passage réduction en mm à sa valeur en m.

Les élèves ont eu à trouver que la succession de ces 3 opérations revenait (avec des approximations) à multiplier par 12.

Une représentation évocatrice du système a été donnée : le Soleil de la grosseur d'un pamplemousse, la Terre de la grosseur d'une tête d'épingle à environ 12 m, Jupiter de la taille d'une bille à plus de 60 m, Pluton à peine plus grosse qu'un grain de sable à près de 500 m.

Par comparaison, après avoir défini la vitesse de la lumière et calculé en km la valeur d'une année lumière, les élèves ont pu voir, qu'à la

même échelle, l'étoile la plus proche du Soleil (Proxima du Centaure), serait à plus de 3000 km du pamplemousse.

L'exemple de ces travaux réparti sur 2 séances (2h et 1h) a beaucoup intéressé les élèves, dans un groupe comme dans l'autre. Au cours de ces 3 heures, ils ont posé d'innombrables questions auxquelles il n'a pas toujours été facile de répondre dans les limites de temps que nous nous étions imparties.

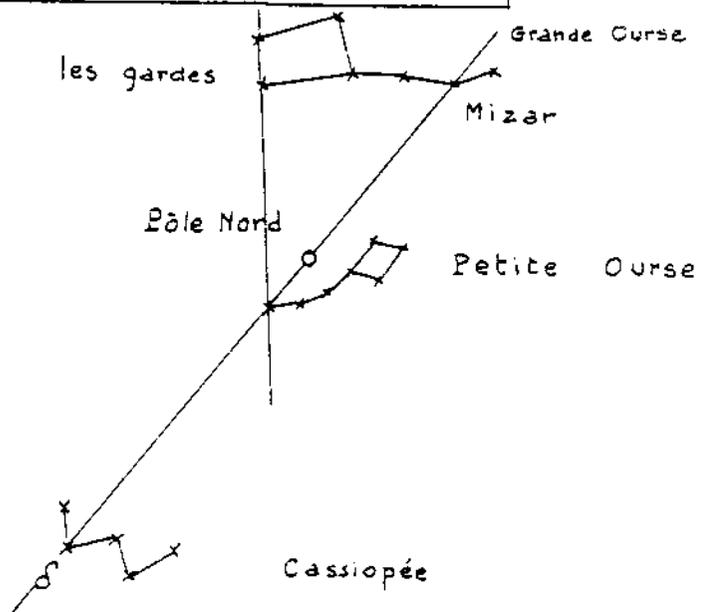
L'étude des nombres décimaux apparaît souvent en 4e comme bien théorique aux élèves qui ne voient pas encore l'utilité de l'écriture $a.10^n$. Leur approche à partir de la chimie ou de la biologie où l'on manipule des quantités très petites à notre échelle, n'est guère envisageable au niveau de cette classe. Outre l'intérêt d'initier les élèves aux rudiments d'astronomie, le travail fait avec eux aura permis de les familiariser d'une manière vivante avec cette écriture.

D'une manière générale, on peut se demander s'il ne serait pas utile de réhabiliter en France l'enseignement de l'astronomie qui n'est plus étudiée à aucun moment des études secondaires. Il serait d'autant plus intéressant de le réintroduire maintenant que les programmes donnent des mathématiques la vision d'une science extrêmement axiomatisée, enseignée sous une forme d'une rigueur achevée dans laquelle l'imagination et l'intuition n'ont pas grande part. La discipline scientifique que constitue l'astronomie pourrait donner un aperçu différent, et complémentaire des méthodes qui ont servi à construire les sciences y compris les mathématiques, au cours de leur histoire.

Mr Pesset.

COMMENT TROUVER LA DIRECTION DU PÔLE CELESTE NORD

On trouve l'Etoile Polaire en prolongeant les 'gardes' de la Grande Ourse de 4 fois leur distance. Le Pôle Céleste Nord est situé à proximité de l'étoile Polaire ($0^{\circ}52'$). Pour l'obtenir, on joint la Polaire à l'étoile Mizar (cette ligne passe aussi par l'étoile δ de la Constellation Cassiopée). Le Pôle Céleste Nord est situé sur cette ligne du côté de Mizar, à $52'$ de la Polaire. Pour mettre correctement en station une monture équatoriale il importe d'affectuer cette détermination.

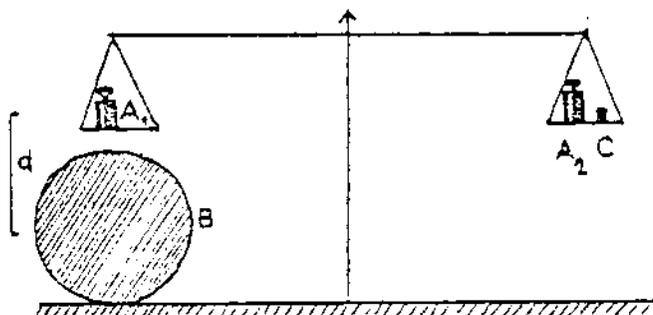


LA MASSE DE LA TERRE

Remarque : Le calcul de la masse terrestre est basé sur la comparaison de l'attraction gravitationnelle entre la Terre et divers objets de masse connue, avec l'attraction entre 2 objets de masse connue.

La méthode "de la balance" présentée ici fut inventée par Cavendish en 1797, et perfectionnée en 1881 par von Jolly; une méthode de "pesage" de la Terre plus moderne utilise une balance à torsion. Les meilleures déterminations actuelles de la masse terrestre donnent:

$$(5,976 + 0,004) \cdot 10^{24} \text{ kg.}$$

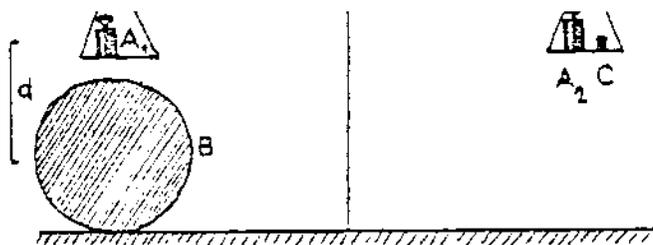


- Deux poids égaux A_1 et A_2 sont placés dans les plateaux d'une balance; la Terre exerce la même attraction sur les deux poids, et le système est en équilibre.

- On place ensuite une masse B très importante sous le plateau A_1 , de sorte que la distance entre les centres des masses A_1 et B soit

petite, mais que B soit très éloigné de A_2 (un fléau très long est utilisé dans ce but), donc que l'attraction entre B et A_2 soit négligeable.

L'équilibre est rompu. puisou'à la force d'attraction entre A. et la Terre



attraction sur les deux poids, et le système est en équilibre.

- On place ensuite une masse B très importante sous le plateau A_1 , de sorte que la distance entre les centres des masses A_1 et B soit

petite, mais que B soit très éloigné de A_2 (un fléau très long est utilisé dans ce but), donc que l'attraction entre B et A_2 soit négligeable.

L'équilibre est rompu. puisou'à la force d'attraction entre A. et la Terre

COURRIER DES LECTEURS

Dans cette rubrique, nous faisons écho à toute question posée par un lecteur. Ou bien nous tâchons d'y répondre nous-mêmes, ou bien nous sollicitons l'aide d'autres lecteurs. Écrire au responsable de la rubrique, Gilbert Walusinski, 26 Bérengère, 92210 Saint-Cloud.

1. Sur le triangle de position : Des Collègues nous demandent des précisions à ce sujet que Monsieur J-M.Poncelet (67140 Barr) aborde justement dans une note annoncée au Cahier 5.

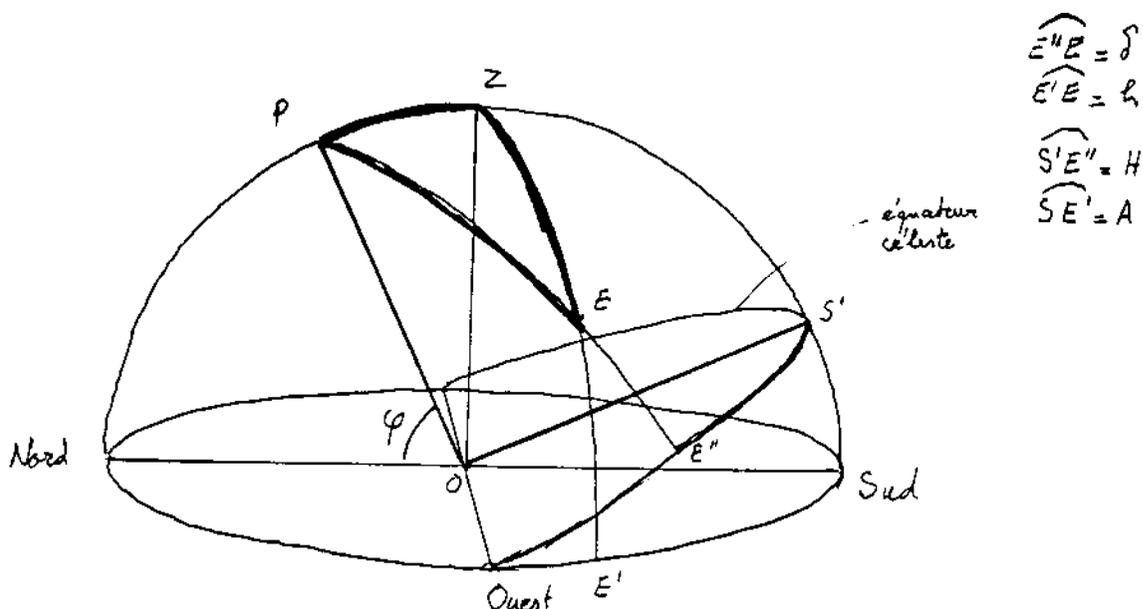
Rappel préliminaire : les formules fondamentales de la trigonométrie sphérique que des élèves de Terminale C peuvent établir en exercice ; A, B, C désignent les mesures des trois angles du triangle et a, b, c les mesures des arcs opposés :

- (1) $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$
(2) $\cos A = - \cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a$
(3) $\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$

En déduisent facilement :

- (4) $\sin a \cos B = \sin c \cos b - \sin b \cos c \cos A$
(5) $\cos a \cos B = \sin a \cot c - \sin B \cot C$

On dispose ainsi de tout le matériel trigonométrique suffisant pour résoudre de nombreux problèmes.



Sur la figure, les sommets du triangle de position PZE représentent le pôle céleste boréal P, le zénith Z du lieu d'observation et une étoile E observée après son passage au méridien (son passage supérieur dans le cas d'une étoile circumpolaire). Mesures des côtés et des angles :

PZ = distance zénithale du pôle = complément de la latitude φ du lieu d'observation

ZE distance zénithale de E = complément de la hauteur h de E à l'instant considéré

PE = distance polaire de E = complément de sa déclinaison δ

P = angle horaire H de E à l'instant considéré

Z = supplément de l'azimut A de E à cet instant

On obtient ainsi les deux systèmes suivants :

$$(6) \sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos H$$

$$(7) \cos h \sin A = \cos \delta \sin H$$

$$(8) \cos h \cos A = -\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos H$$

$$(9) \sin \delta = \sin h \sin \varphi - \cos h \cos \varphi \cos A$$

$$(7) \cos \delta \sin H = \cos h \sin A$$

$$(10) \cos \delta \cos H = \sin h \cos \varphi + \cos h \sin \varphi \cos A$$

Remarques : 1) Les formules 6 et 9 sont déduites de 1, 7 de 3, 8 et 10 de 4.

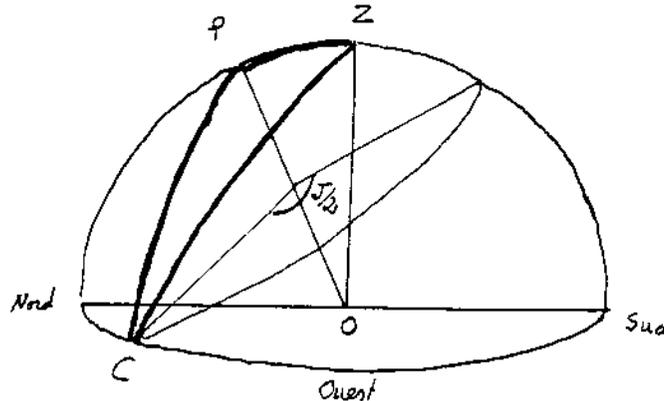
2) Le premier système (678) permet de calculer les coordonnées horizontales h et A connaissant les coordonnées horaires δ et H ; le deuxième système permet le calcul inverse.

3) Faisons maintenant la figure au moment où l'étoile se couche, dans le cas où elle se couche). Le triangle PZE est alors rectilatère ce qui simplifie les calculs. Désignons par $J/2$ l'angle horaire de E à ce moment, c'est la mesure de l'arc semi-diurne décrit par E : $\cos J/2 = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi$

Soit $a = \widehat{SOC}$ l'azimut de E à son coucher :

$$\cos \widehat{SOC} = - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

Ces formules s'appliquent évidemment si E est le Soleil ; elles donnent la solution au problème classique de l'inégalité des jours et des nuits selon les saisons et prouvent que le Soleil ne se couche à l'Ouest qu'aux équinoxes.



Stages et écoles d'été 1979

1. L'école d'été de Paris Dans le cadre de la formation permanente des enseignants du secondaire, une école d'été d'astronomie a eu lieu à l'Université Pierre-et-Marie-Curie au cours de la deuxième quinzaine du mois de juillet.

Sur une soixantaine de participants, professeurs de l'enseignement secondaire, la moitié environ venait de pays étrangers et des territoires français d'outre-mer (Canada, Danemark, Grèce, Martinique, etc).

Le thème choisi cette année était "le temps en physique" : la métrologie, le temps astronomique, le temps relativiste, la chronobiologie, l'origine de la vie. Mises à part les activités pratiques habituelles, quelques participants ont construit des horloges à quartz et d'autres ont réalisé un film pédagogique sur la théorie et la construction d'un

cadran solaire. Ce film sera disponible, sous forme d'une vidéo-cassette ou d'une série de diapositives, vers la fin de l'année. Plusieurs visites ont été organisées, en particulier à la station radioastronomique de Nançay, à l'observatoire de Meudon et à celui de Paris (service de l'heure et musée), au laboratoire de physicochimie de l'environnement de Créteil et au Musée de l'Homme. Des observations ont pu être faites à la coupole de l'Observatoire de Paris avec la lunette historique de 40 cm de diamètre.

L'ensemble des activités sera rédigé dans un compte rendu (disponible au 2^{ème} trimestre 80).

Cette école a eu lieu grâce au soutien de l'Université Pet M. Curie et de l'Observatoire de Paris.

Pour tous renseignements relatifs à cette école, écrire ou téléphoner à Mme Y. BOUSQUET, Institut d'Astrophysique, 98 bis bd Arago, 75014 Paris- tél 633 60 40.

2. Les stages CEMEA Depuis quinze ans, les Centres d'Entraînement aux Méthodes d'Education Active organisent chaque année des stages d'astronomie et de météorologie.

En 1979, trois stages ont eu lieu à Aniane (Hérault):
1) "Découverte du Ciel et de l'Espace" du 2 au 11 juillet ;
2) "Astronomie" du 25 aout au 3 septembre ; 3) "Initiation à l'utilisation de l'énergie solaire" du 25 aout au 3 sept.

Le premier a pour but l'initiation à la connaissance des phénomènes météorologiques et astronomiques, la familiarisation avec des méthodes simples d'observation ; aucune connaissance ou formation préalable n'est demandée. Le second s'adresse à ceux qui souhaitent se perfectionner en astrono-

mie dans les domaines et à un niveau qui n'ont pu être abordés dans le stage du premier degré, et aux animateurs de clubs. Le troisième enfin vise à l'étude de moyens simples de capter la chaleur du Soleil en vue de la réalisation, en cours de stage, d'appareils fonctionnels. Dans les trois cas, une place importante est réservée aux recherches et observations individuelles, à leur notation et à leur exploitation collective dans la perspective d'une utilisation pédagogique et scientifique. Pour tous renseignements sur ces stages, s'adresser à C.E.M.E.A. Groupe Ciel et Espace, Bureau des stages, 20 rue Vieille du Temple, 75004 Paris.

Voici le témoignage d'un participant :

"Deux mois après avoir participé comme stagiaire à Aniane du 2 au 11 juillet 79 au stage CEMEA, que me reste-t-il ? Que m'ont apporté ces dix jours ? Des souvenirs, certes : les nombreux bons moments passés ensemble, le site, les belles journées. Mais est-ce seulement cela ? Quand on vient dans un stage d'astronomie-météo, on s'attend à faire des observations du ciel. Leur nombre n'a été limité que par le temps (durée) et la nécessité du repos. Du premier au dernier jour, observations diurnes (Soleil, météo) et nocturnes (étoiles, planètes, météorites) ont été à la base des travaux. Mais, lever les yeux vers l'espace, "voir" pour la première fois telle étoile ou planète, on ne s'arrête pas là. Des questions se posent aussitôt à chacun. Pourquoi ? Comment ? C'est là que la conception du stage, dans sa démarche et sa progression, apporte à chaque stagiaire les clés qui permettront de comprendre et découvrir les mécanismes célestes les plus simples. Se questionner, chercher ensemble à

plusieurs stagiaires, émettre des hypothèses, vérifier par des observations, construire des instruments simples permettant des mesures plus précises ou des maquettes, confronter entre groupes les résultats et conclusions, tout cela concourt à un approfondissement progressif des notions indispensables à la compréhension des phénomènes observés... La méthode suivie a permis de vivre une véritable démarche scientifique. Cette éducation active vécue dans sa globalité m'a donné l'occasion de me forger mes propres outils qui me permettent de poursuivre l'étude. Venu au stage fortement motivé, j'en suis sorti "astronome amateur" ayant envie de faire partager le plaisir de la découverte aussi bien en classe avec des enfants jeunes qu'en centre de vacances... Professionnellement (instituteur), ce stage m'a fait analyser ce qu'est une situation d'apprentissage. Face à mes jeunes élèves, quelle que soit l'activité scolaire, je me sens mieux armé pour créer les conditions qui favorisent l'envie d'apprendre, base de toute réussite."

Georges MAYEUR

3. L'école d'été de Grasse

Elle s'est tenue au Mas du Calme (qui fut par nous fort animé) du 3 au 12 juillet. 68 participants, en majorité professeurs de sciences physiques, sensibilisés par les nouveaux programmes de 4^{ème} et de 1^{ère}, mais aussi des enseignants d'autres disciplines, des étudiants et deux retraités. Une équipe dynamique et sympathique d'astronomes assurait les conférences, l'encadrement des groupes de travail et des ateliers. Hébergement excellent. Un important matériel avait pu être transporté et installé grâce à l'aide de l'Observatoire de Paris ; son Président,

M. Boulon, au cours de sa visite, put constater que cette aide était fort appréciée.

Le matin, conférences au cours desquelles de nombreux échanges étaient favorisés par les orateurs. Sujets traités : 1) l'Univers labo par L. Gouguenheim ; 2) le repérage spatial et temporel par J. Dupré ; 3) la formation des images dans les instruments par J. Gay ; 4) l'analyse de la lumière par M. Gros ; 5) l'astronomie invisible par M. Gerbaldi ; 6) les galaxies et l'Univers par L. Bottinelli.

L'après-midi, de 14 h à 16 h, groupes de travail ; par exemple, trajectoire de la Lune, rotation et masse de Saturne. Certains de ces travaux sur documents peuvent être repris avec des élèves. Après 16 h, ateliers : construction d'une lunette, montages simples, reconnaissance des constellations, etc. Le soir, observations jusqu'à une heure avancée de la nuit!

Un après-midi, visite du CERGA (Centre d'Etudes et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques), au nord de Grasse à 1200 m d'altitude. Accueil par son Directeur J. Kovalevsky qui nous en définit la vocation et les possibilités, puis visite des installations : le Schmidt de \varnothing 152 cm, les interféromètres optiques, l'ensemble télescope laser et le tout dernier télescope sphérique en béton, le miroir calé à l'intérieur de la sphère.

Nous n'oublierons pas la soirée animée par A. Brahic qui nous présenta avec son humour habituel une série de diapositives sur le système solaire et les deux films sur Jupiter pris par la sonde Voyager. Quels films extraordinaires ! On put aussi admirer de très belles diapos réalisées par des participants avec un matériel assez simple.

Bref, une réussite parfaite, cette école d'été. Le compte rendu détaillé (conférences, travaux des groupes et des ateliers), à paraître en cours de l'année scolaire en donnera une idée plus précise que ces notes rapides. J'ai voulu seulement ici dire un peu ma reconnaissance aux organisateurs.

[d'après les notes de Jean Ripert]

Lectures pour la Marquise

En 1978, le Bureau des Longitudes a publié le premier tome de son Encyclopédie scientifique de l'Univers. Sous le titre "La Terre, les eaux, l'atmosphère", il traite de géophysique. En 1979 paraît le tome 2, "Le système solaire, les étoiles". Paraîtront ensuite 3) les galaxies (1980), 4) la physique (1981), 5) la géographie (1982). A raison d'une révision tous les cinq ans, se trouvera ainsi constamment remis à jour un ouvrage de référence de haute qualité.

Au sommaire de ce tome 2 : sept chapitres sur le système solaire, trois sur le Soleil et les bases de la physique stellaire, cinq sur la physique des étoiles. Les rédacteurs sont des astronomes français spécialistes des sujets traités. Certains sont bien connus des stagiaires des écoles d'été.

Grâce à l'index et à la table des matières détaillée, l'ouvrage peut être consulté comme un dictionnaire. L'illustration photographique est réduite mais bien choisie ; l'importance est réservée au texte qui, sans technicité abusive, donne les définitions, les théories fondamentales et les résultats. Exemple, sur la théorie des atmosphères du Soleil et des étoiles ; ou encore sur les familles physiques d'étoiles. Chaque chapitre (quatre exceptés) est suivie d'une bibliographie sommaire (où dominant les titres en anglais).

On ne saurait assez souligner la richesse des données consignées dans un tel ouvrage. Même si, par exemple pour les satellites des planètes, on mesure la situation mouvante des connaissances actuelles (seule l'édition 1984 pourra tenir compte des découvertes 1979). Il y a des données fondamentales qu'on trouve ici, par exemple sur 58 étoiles proches sur des représentants des divers types spectraux d'étoiles.

Pour tous ceux qui ont à enseigner ou à animer un club d'astronomie, il n'est pas d'ouvrage plus indispensable. Les bibliothèques d'établissement se devraient de le mettre à la disposition des enseignants.

K.Mizar

[Encyclopédie scientifique de l'Univers, deux volumes,
Gauthier-Villars éditeur (prix du volume 2 : 95 F)]

COMPTE-RENDU DE L'ECOLE D'ETE DE DIGNE 1978

Des exemplaires du compte-rendu de l'école d'été d'Astronomie qui s'est tenue à Digne du 30 août au 6 septembre 1978 sont disponibles .

Adresser toute commande à Madame F. Delmas , I.A.P. ,
98 bis Boulevard Arago , 75014 PARIS . Une contribution
financière de 20 francs par compte-rendu est demandée ;
libeller les chèques à l'ordre de Mademoiselle Gouguenheim
CCP 209 3680 7 PARIS .

LES CAHIERS CLAIRAUT - Bulletin du Comité de Liaison
Astronomes Enseignants .

Directeur de la publication : L. Gouguenheim,
Université de Paris Sud
91405 Orsay Cedex

Comité de rédaction :
L. Pottinelli, J. Dupré, M. Gerbaldi, L. Gouguenheim, G. Walusinski

Edité à l'Université de Paris-Sud , Laboratoire D'Astronomie
Bât 426 91405 Orsay Cedex

Prix du numéro : 5 francs ; prix de l'abonnement annuel: 15 francs
(4 numéros)

Dépot légal : 1er trimestre 1979 ; Numéro d'inscription à la
Commission Paritaire des
Publications et Agences de
Presse : 61 610