Le Soleil est la principale source d'énergie de la Terre. Son rayonnement conditionne le climat et la vie sur Terre.

ACTIVITÉ

Énergie reçue par la surface de la Terre

Prof-TC
ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

1- Mesure de la constante solaire

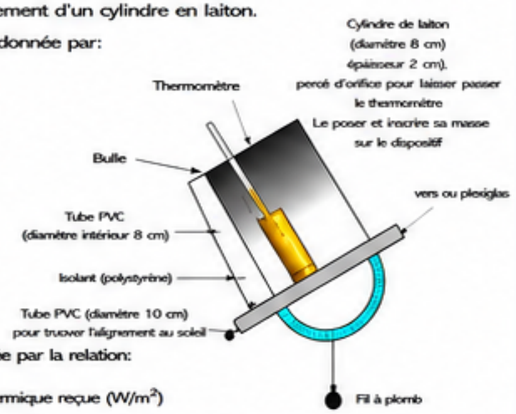
On cherche à déterminer la quantité d'énergie reçue par la planète Terre.
Pour que les mesures soient comparables on se ramène à l'unité de temps et à l'unité de surface.
On fait la mesure perpendiculairement aux rayons du soleil.
Ce que l'on mesure est une énergie par unité de temps et de surface donc c'est une puissance par unité de surface. La valeur mesurée s'appelle la constante solaire.

1.1- Principe de la mesure

On utilise la propriété du rayonnement solaire d'échauffer un corps.
Le rayonnement solaire provoque l'échauffement d'un cylindre en laiton.
L'énergie reçue par le cylindre en laiton est donnée par:

$$E = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

E : Energie reçue (J)
m : Masse du cylindre (kg)
c : Chaleur massique du laiton ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)
T_i : Température initiale du cylindre (K)
T_f : Température finale du cylindre (K)



La puissance thermique solaire reçue est donnée par la relation:

$$P = \frac{E}{S \cdot \Delta t}$$

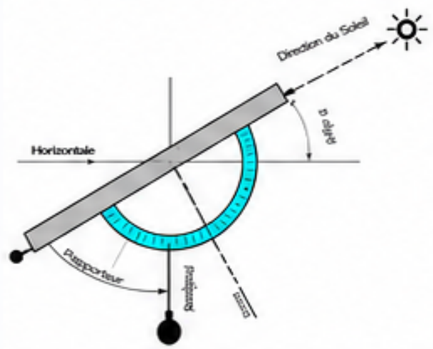
P : Puissance thermique reçue (W/m^2)
E : Energie reçue (J)
S : Surface du cylindre (m^2)
Δt : Durée de la mesure pour passer de T_i à T_f (s)

1.2- Mesure

Le capteur (disque de laiton) est isolé du milieu extérieur pour ne pas perdre de la chaleur par conduction ou par convection donc placé dans un tuyau de PVC fermé à l'avant par le plexiglas, à l'arrière par et la rondelle de polystyrène.

On installe le dispositif au soleil, de telle manière que les rayons du soleil pénètrent parallèlement à l'axe du cylindre.

- Pour cela on vérifie que le socle de la potence est bien parallèle au cylindre puis grâce à la boussole on le place dans la direction du soleil.
- Pour vérifier on utilise une feuille de papier que l'on place derrière le petit cylindre de visée.





- On place le thermomètre dans l'orifice situé sur le cylindre.
- On relève la valeur de l'angle alpha.
- On note la température initiale T_i puis on enlève le cache du cylindre et on attend 10 minutes puis on note la température finale T_f.

1.3- Résultats

On a réalisé 2 mesures avec une distance zénithale de 70°, et 2 autres avec une distance zénithale de 60°.
Ces mesures sont dans le tableau suivant.

distance zénithale z (°)	m (g)	Dt (s)	T_i (°C)	T_f (°C)
70	157,5	600	20,2	30
70	157,5	600	23,1	33
60	157,5	600	23,5	35,4
60	157,5	600	22	34,1

Données du cylindre en laiton :
m = 157,5 g C = 418 $J.kg^{-1}.K^{-1}$ S = 19,63 cm^2

1.4- Exploitation

- Calculer la puissance thermique solaire reçue a partir de la formule donnée précédemment.

La mesure de la constante solaire C est réalisé par des satellites évoluant à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre. Les résultats des mesures oscillent autour de 1370 W/m^2.

- Expliquer les différences entre la constante solaire mesurée par satellite et les mesures de la puissance thermique solaire réalisées au sol.

1.5- Calcul de la constante solaire

Avant d'arriver au sol, le rayonnement solaire a été en partie absorbé par l'atmosphère. Cette absorption dépend de l'épaisseur de l'atmosphère traversée et de pureté du ciel (présence d'humidité, de poussières ...). L'épaisseur de l'atmosphère traversée dépend de l'inclinaison des rayons solaires qui est donnée par la distance zénithale z.

$$z = 90° - h$$

où h correspond à la hauteur du Soleil sur l'horizon en degrés (-90° < h < +90°)

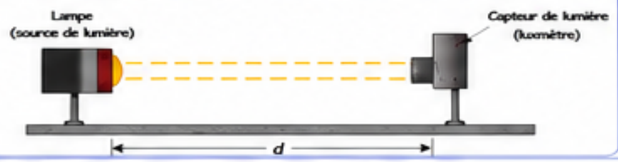
Pour un ciel pur nous avons pour une distance zénithale de 70° un facteur de correction de 2,5 et pour une distance zénithale de 70° un facteur de correction de 2,0.

- En appliquant le facteur de correction, calculer la constante solaire expérimentale.
- Comparer cette valeur expérimentale celle de la constante solaire mesurée par les satellites (on fera un calcul d'erreur relative).

2- Influence de la distance au Soleil

2.1- Dispositif expérimental

On considère le dispositif expérimental schématisé ci-dessous.



2.2- Résultats obtenus

Distance (cm)	2	5	10	20	30	40	50	60
Eclairement (lux)	130000	58000	4900	2500	1390	950	695	172

Distance (cm)	150	200	250	300	350	400	450
Eclairement (lux)	84	52	35	26	19	16	13

2.3- Exploitation

- Représenter graphiquement l'évolution de l'éclairement I en fonction de la distance à la source de lumière, sur papier millimétré en choisissant les échelles appropriées.
- Décrire cette évolution .
- De ces quatre lois laquelle correspond le mieux aux données :

I = K.d I = K.d^2 I = K/d I = K/d^2

3- Puissance rayonnée par le Soleil

On utilise la constante solaire C (arrondie à 1400 $W.m^{-2}$) pour calculer la puissance totale rayonnée par le Soleil.

En tenant compte que la distance Soleil Terre est d'environ D = 150 millions de kilomètres, on aura ainsi :

$$L_0 = C \times \text{Sphère} = C \times 4 \times \pi \times D^2 = 1400 \times 4 \times \pi \times (150.10^9)^2 \approx 4.10^{26}\ W$$

4- Température de surface du Soleil

En tenant compte que le rayon du Soleil est d'environ R = 696000 km, la puissance émise par $1m^2$ de surface solaire (appelée émittance M) est :

$$M = \frac{L_0}{4\pi R^2} = \frac{4.10^{26}}{4\pi(696.10^9)^2} \approx 6,6.10^7\ W.m^{-2}$$

La loi de Stéphen Boltzmann pour un corps noir permet de trouver la température de surface du Soleil :

$$M = \sigma \times T_s^4$$

M : Emittance ($W.m^{-2}$)
σ : Constante de Stéphen Boltzmann ($\sigma = 5,67.10^{-8}\ W.m^{-2}.K^{-4}$)
T_s : Température de surface du Soleil (K)

On en déduit la température de surface du Soleil :

$$T_s = \left(\frac{M}{\sigma}\right)^{1/4} = \left(\frac{6,6.10^7}{5,67.10^{-8}}\right)^{1/4} \approx 5800\ K$$