



Le soleil, notre source d'énergie

Appareil constante et puissance Solaire (Pyrhéliomètre)

Réf : 526 006

Appareil
Constante et puissance Solaire

Français – p 1

Version : 0206

1. Principe

1.1 Principe générale

Ce dispositif, va permettre de déterminer la puissance du rayonnement solaire total reçu, par une approche calorimétrique. A l'aide d'un thermomètre, on va mesurer l'élévation de température de pièces métalliques exposées au soleil, ses pièces sont calibrées, revêtue d'une peinture de surface de couleurs différentes et contenues dans une enceinte isolante. La détermination de la constante solaire et de l'albédo se feront ensuite par calcul.

1.2 Un peu d'histoire

En 1838, Claude Servais Matthias Pouillet (1790 – 1868) a conçu un pyrhéliomètre, afin de mesurer la valeur de l'intensité du rayonnement solaire arrivant à la surface de la Terre. Il a été le premier scientifique à déterminer correctement la constante solaire. Cet appareil se composait d'un disque noir qui que l'on exposait soudainement à la lumière. Il mesurait ensuite la vitesse de variation dT/dt de la température de cette surface exposée pour obtenir par calcul la constante solaire.

1.3 Principes théoriques

Un apport d'énergie échauffe un corps de façon proportionnelle à cet apport.
L'échauffement dépend des propriétés du corps en particulier de sa chaleur massique :

$$C, \text{ en J} \times \text{Kg}^{-1} \times \text{K}^{-1}$$

En calorimétrie, La relation entre l'échauffement d'un corps et l'énergie reçue est

$$Q = m \times C \times (T_f - T_i) :$$

$$(T_f - T_i) = \frac{Q}{m \cdot C}$$

avec :

Q : la quantité d'énergie reçue en Joule
T_f : température finale en K
T_i : température initiale en K
m : masse du corps échauffé en kg
c : chaleur massique du corps

(ici l'acier c = 435 J.kg⁻¹. K⁻¹) 470

Pour une durée et pour une surface données on obtient la puissance thermique P reçue.
Elle s'exprime en W.m⁻²,

$$P = \frac{Q}{\Delta t \cdot S} \rightarrow P = \frac{m \times C \times (T_f - T_i)}{\Delta t \cdot S}$$

P : la puissance thermique en W.m⁻²
Q : la quantité d'énergie reçue en Joule
 Δt : la durée d'exposition en secondes
S : la surface exposée en m²

Calcul de la constante

La constante solaire correspond à la valeur du flux solaire incident à l'extérieur de l'atmosphère terrestre. Elle s'exprime en W. m⁻². L'estimation actuelle, qui est de 1367 W.m²

Ici la mesure de la puissance (P) s'effectue à l'aide d'un dispositif placé au niveau du sol, perpendiculairement aux rayons du soleil. Lors de son trajet le rayonnement solaire est en partie absorbé par l'atmosphère et en fonction de la latitude et de la saison, l'épaisseur de l'atmosphère traversée par les rayons varie. Il faut donc intégrer :

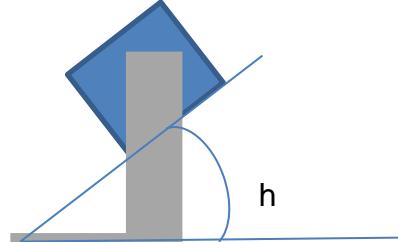
- La position zénithale (z) du capteur, car la position géographique du lieu de mesure influe sur l'angle d'incidence des rayons lumineux solaire.
- La transmissivité de l'atmosphère car les conditions météorologiques accentuent plus au moins la dispersion de l'énergie solaire dans l'atmosphère.

Par la simplification des calculs, on regroupe les différents correctifs, dans un coefficient unique à appliquer en fonction de l'angle d'inclinaison de l'enceinte calorifique par rapport à l'horizontal. Le tableau suivant, permet de calculer par approximation la puissance reçue par unité de surface hors atmosphère connaissant la puissance reçue par unité de surface terrestre

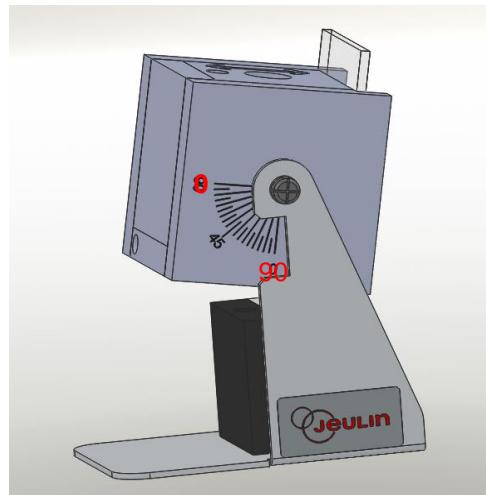
Distance zénithale	70°	60°	50°	40°	30°	25°
Ciel pur (bleu foncé limpide)	2,50	2,00	1,70	1,50	1,35	1,30
Ciel moyen	4,2	3,5	2,6	2,1	1,8	1,5
Ciel laiteux	5,3	4,3	3,2	2,5	2,2	2,0

Tableau 1

$$\text{Distance zénithale : } Z = 90^\circ - h$$



Lecture directe de la distance zénithale



2. Mise en œuvre

2.1 Le matériel



- Une enceinte cubique d'une matière isolante (pour éviter les pertes d'énergie au cours de la mesure)
- Un socle de fixation inox
- Une masse en acier peint (coef 470 J/kg/K, 184g dim. 45 x 45 x 12 mm)
 - ✓ une face noire qui absorbe complètement l'énergie solaire
 - ✓ une face grise avec un coefficient d'absorption intermédiaire (gris moyen qui a un coefficient de réflexion proche d'une moyenne terrestre).
- Un écran plastique transparent pour limiter les mouvements de convection pendant l'expérience.

Matériel complémentaire

Nécessaire :

- Thermomètre muni d'une sonde (\varnothing 6 ou 3 mm)

Optionnel :

- Système d'acquisition mobile

Conseils de manipulation

NE JAMAIS REGARDER AU TRAVERS DE L'ORIFICE DE VISEE

2.2 Mode opératoire

2.2.1 Installation

Mettre le socle parfaitement à l'horizontal.

Orientez grossièrement l'ouverture de l'appareil vers le soleil.

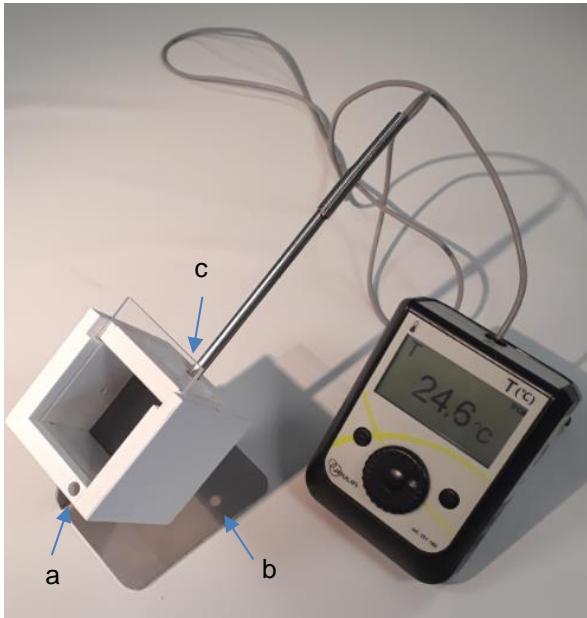
Placez une feuille de papier du côté opposé au soleil parallèlement à la face de l'appareil, l'image des rayons qui traversent l'orifice de visée se forment sur le papier.

Lorsque l'image est parfaitement circulaire, l'ouverture de l'appareil est alignée sur le soleil.

Le bloc métallique a une masse de 184 gr +/- 0.5 gr, l'orifice présent sur un des côtés permet de positionner un thermomètre (\varnothing 6 ou 3 mm). Il est recommandé de peser et de noter la masse exacte afin d'utiliser une valeur précise au dixième de gramme et d'augmenter ainsi la précision des calculs.

3. Manipulations

3.1 Détermination de la puissance solaire



- ✓ On utilise le **corps noir**, les différents éléments sont préparés à l'ombre. [Pour obtenir des conditions initiales standards et reproductibles, on peut plonger au préalable le bloc de métal dans un bécher d'eau à température ambiante avant chaque expérience. Le bloc est sorti de l'eau et essuyé soigneusement juste avant la manipulation]
- ✓ Installer la masse métallique face noire sur le dessus
- ✓ Placer le dispositif au soleil et repérer l'inclinaison nécessaire, utiliser l'orifice de visée (a) pour obtenir un halo de lumière de forme parfaitement circulaire (b)
- ✓ Positionner le thermomètre (c)
- ✓ Démarrer de suite les mesures
- ✓ Le dispositif est exposé pendant 10 minutes au soleil

$$P = \frac{m \times C \times (T_f - T_i)}{\Delta t \cdot S}$$

M : masse acier 184 gr $184 \cdot 10^{-3}$ kg

S : $20,25 \cdot 10^{-4}$ m²

C : 470 J/kg/K

Δt : 10 min = 600 s

T_f – T_i : (température finale en K - : température initiale en K)

$$P = \frac{184 \cdot 10^{-3} \times 470 \times (T_f - T_i)}{600 \times 20,25 \cdot 10^{-4}}$$

Exemple :

Mesure sur 10 min, exposition du corps noir au soleil (septembre, Evreux)

T_i = 27,1 °C T_f = 35,4 °C => $\Delta T = 8,3^\circ\text{C}$

$$P = \frac{184 \cdot 10^{-3} \times 470 \times 8,3}{600 \times 20,25 \cdot 10^{-4}} = 541 \text{ W. m}^{-2}$$

3.2 Détermination de la constante solaire

- ✓ On utilise le **corps noir** les différents éléments sont préparés à l'ombre
- ✓ Installer la masse métallique face noire sur le dessus
- ✓ Placer le dispositif au soleil et repérer l'inclinaison nécessaire, utiliser l'orifice de visée pour obtenir un halo de lumière de forme parfaitement circulaire
- ✓ Positionner le thermomètre
- ✓ Le dispositif est exposé pendant 10 minutes au soleil

La valeur moyenne de la constante solaire $F = 1368 \text{ W.m}^{-2}$ (elle varie de 0,2 % tous les trente ans en fonction d'événements solaires de type absence ou présence de taches)
Pour obtenir la constante solaire, on calcul la puissance P (§3.1) puis on applique le correctif en fonction de la distance zénithale (lecture directe sur le boîtier) et de transmissivité de l'atmosphère observée lors de l'expérimentation (voir tableau 1)

Exemple :

Mesure sur 10 min, exposition du corps noir au soleil (début septembre, Evreux)
 $P = 541 \text{ W. m}^{-2}$

Distance zénithale lu sur le dispositif 50 ° état du ciel bleu moyen. : coefficient de correction 2,6 donné par le tableau (1)

$$\text{Constante solaire} = P \times 2,6 = 541 \times 2,6 = 1406 \text{ W. m}^{-2}$$

3.3 Détermination de l'albédo

La surface de la terre n'absorbe pas totalement le rayonnement solaire lorsqu'un rayon lumineux du soleil atteint la surface de la Terre. Une partie du rayonnement est absorbée, une autre est réfléchie par la surface et renvoyée dans l'atmosphère. Ce phénomène de réflexion appelée réflectance en physique ou albédo en climatologie.

Déterminer l'albédo, c'est déterminer le pouvoir réflecteur (ou pouvoir réfléchissant) d'une surface terrestre : c'est le rapport (α) entre la puissance réfléchie du phénomène et une la puissance solaire incidente avec le corps noir de référence dans des conditions similaires.

L'intensité avec laquelle une surface recevant de la lumière, va réfléchir cette lumière, est fonction de l'angle d'incidence, de la nature du sol, de l'humidité, du relief.

$$\text{Albédo} = \alpha = \frac{\text{Puissance réfléchie}}{\text{Puissance incidente reçue}} = \frac{P_r}{P_i}$$

Dans cette expérience, nous allons comparer successivement la puissance reçue par la face noire puis par la face grise.

Si l'on considère que la Puissance du rayonnement incident (P_i) obtenue avec la face noire comme le maximum arrivant à la surface.

Le rayonnement absorbé par la surface grise (P_g) devrait être théoriquement moindre, la différence étant dû au flux du rayonnement réfléchi (P_r)

$$P_r = P_i - P_g$$

Pour avoir les conditions initiales reproductibles, il est préférable de plonger la masse d'acier dans un bêcher d'eau à température ambiante pendant 3 minutes environ avant chaque expérience (essuyer soigneusement la masse avant de la positionner dans le dispositif).

Exemple :

Puissance du rayonnement incident (Face noire) $P_i = 541 \text{ W. m}^{-2}$

Le rayonnement absorbé P_g

$$T_i = 26,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad T_f = 31,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \Delta T = 5,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_g = 355 \text{ W.m}^{-2}$$

$$P_r = P_i - P_g = 541 - 355 = 186$$

$$\text{Albédo} = \frac{\text{Puissance réfléchie (Pr)}}{\text{Puissance incidente (Pi)}} = \frac{186}{541} = 0,35$$

On peut compléter l'expérience en calculant l'albédo pour une surface très réfléchissante.
Refaire l'expérience en entourant la masse d'un film aluminium et comparer les valeurs obtenues.

Bibliographie

- (1) La détermination de la constante solaire par Claude Pouillet. Jean-Louis Dufresne
- (2) Mesure de la constante solaire avec un calorimètre d'amateur
Janssens, J., Bourgeois, J., & Zimmermann, L.
Journal: Ciel et Terre. Bulletin de la Société belge d'astronomie, de météorologie et de physique du globe (ISSN 0009-6709), Vol. 117, No. 5, p. 114 - 118 (2001)
- (3) 18 fiches d'astrophysique (classe de première S) – J. Ripert, L. Gouguenheim, J. Sert, D. Bardin, L. Bottinelli, M. Gerbaldi, J. Vialle, G. Walusinski – Ed. CLEA-Belin (1994)

4. Service après-vente

Pour tous réglages, contacter le **Support Technique au 0 825 563 563**.

La garantie est de 2 ans, le matériel doit être retourné dans nos ateliers et pour toutes les réparations ou pièces détachées, veuillez contacter :

JEULIN – S.A.V.
468 rue Jacques Monod
CS 21900
27019 EVREUX CEDEX France

0 825 563 563*

* 0,15 € TTC/min. à partir un téléphone fixe

Assistance technique en direct

Une équipe d'experts
à votre disposition
du lundi au vendredi
de 8h30 à 17h30

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge
immédiatement votre appel
pour vous apporter une réponse
adaptée à votre domaine
d'expérimentation :
Sciences de la Vie et de la Terre,
Physique, Chimie, Technologie.

Service gratuit*

0 825 563 563 choix n°3**

* Hors coût d'appel. 0,15 € TTC/min à partir d'un poste fixe.

** Numéro valable uniquement pour la France métropolitaine et la Corse. Pour les DOM-TOM et les EFE, composez le +33 2 32 29 40 50.

Aide en ligne
FAQ.jeulin.fr



468, rue Jacques-Monod, CS 21900, 27019 Evreux cedex, France
Métropole • Tél : 02 32 29 40 00 - Fax : 02 32 29 43 99 - www.jeulin.fr - support@jeulin.fr
International • Tél : +33 2 32 29 40 23 - Fax : +33 2 32 29 43 24 - www.jeulin.com - export@jeulin.fr
SAS au capital de 1 000 000 € - TVA intracommunautaire FR47 344 652 490 - Siren 344 652 490 RCS Evreux

Direct connection for technical support



A team of experts
at your disposal
from Monday to Friday
(opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request
immediately to provide you
with the right answers regarding
your activity field : Biology, Physics,
Chemistry, Technology.

Free service*

+33 2 32 29 40 50**

* Call cost not included.

** Only for call from foreign countries.