

Académie d'ORLEANS-TOURS
Département d'INDRE-&-LOIRE

COLLEGE HENRI BECQUEREL
15 Rue Michel Bouchet
B.P. 136 - 37420 - AVOINE



Concours C. génial

Sujet : La puissance du Soleil

Elèves : Corentin Bonnet 4^{ème} A
 Adrien Fortin 4^{ème} A
 Ismaël Soreau-Rouzier 4^{ème} A

Professeur: Gilles Gourio, professeur de mathématiques

Intervenant : Maurice Audejean, observatoire de Chinon

Visa du principal

1) Pourquoi ce sujet ?

Nous avons tous entendu parlé des panneaux photovoltaïques qui captent la lumière émise par le Soleil pour la transformer en électricité. Une question s'est alors posée à nous : est-il possible de déterminer la puissance de cette énergie ? Cette puissance est-elle constante ?

Nous avons fait de ces deux questions le sujet de notre recherche.

2) Présentation du sujet

Au cours de notre travail, nous nous sommes posés plusieurs questions :

- Peut-on déterminer la puissance émise par le Soleil et reçue sur Terre ?
- Si oui, comment ?
- Cette puissance est-elle constante ou dépend-elle de certains facteurs ?

Nous avons donc cherché à répondre à ces questions. Nous avons donc contacté M. Audejean, astronome à l'observatoire de Chinon, pour savoir s'il pouvait nous aider. Il a répondu positivement à notre demande.

Il nous a conseillé le site Internet d'un astronome amateur (Philippe Bœuf) qui propose une expérience pouvant nous aider à répondre à notre question :

<http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/astronomie/cstesol.htm>

Nous pouvions nous mettre au travail.

3) La constante solaire

Voici la définition de la constante solaire que nous avons trouvée sur le site Internet *Futura Sciences* :

« La **constante solaire** exprime la quantité d'énergie solaire (en fait une puissance d'éclairage) que recevrait une surface de 1m² située à une distance de 1 unité astronomique (distance moyenne terre-soleil) exposée perpendiculairement aux rayons du Soleil si l'atmosphère terrestre n'existait pas. »

Il nous faut donc déterminer la puissance qui est reçue au niveau du sol pour un mètre-carré.

Sur le site de Philippe Bœuf, nous avons trouvé la formule suivante :

$$P = (m_{bidon} \times c_{fer} + m_{eau} \times c_{eau}) \times \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

P: Puissance reçue (en Watts)

m_{bidon}: masse du bidon

m_{eau}: masse d'eau (ces 2 masses sont en grammes)

c_{fer}: chaleur massique du métal du bidon: 0,46 J.g⁻¹.K⁻¹

c_{eau}: idem pour l'eau: 4,18 J.g⁻¹.K⁻¹

ΔT: variation de température (en °C)

Δt: intervalle de temps (en secondes)

Philippe Bœuf explique comment construire un « appareil » qui va nous aider à mesurer l'élévation de température d'une certaine masse d'eau pendant un certain temps.

4) Fabrication du détecteur de puissance solaire

Matériel nécessaire:

- Bidon métallique rectangulaire
- Peinture noire
- Sonde thermique
- Eau
- Joint

Fabrication:

- 1/ Peser le bidon vide
- 2/ Peindre le bidon en noir
- 3/ Creusez un petit trou
- 4/ Mettre l'eau dans le bidon
- 5/ Peser le bidon rempli d'eau
- 6/ Mettre la sonde dans le bidon
- 7/ Mettre le joint autour du trou de sorte que l'eau ne sorte pas

La photographie ci-contre montre le détecteur une fois construit.

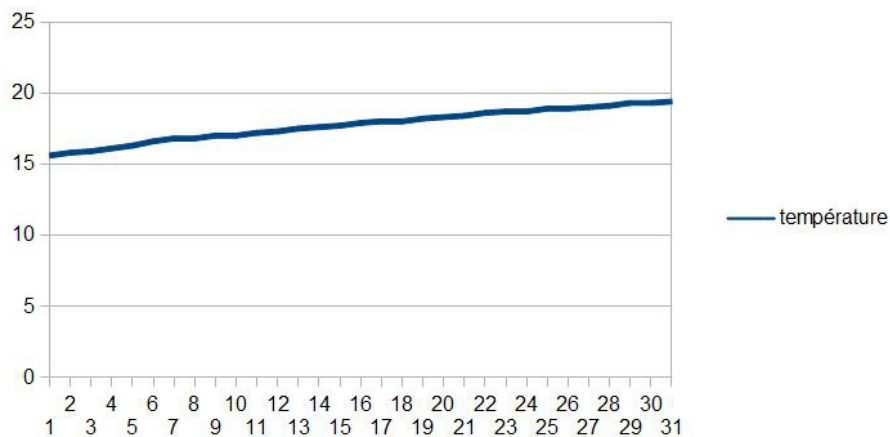


5) Les relevés de mesure

Pour effectuer nos mesures, nous avons branché la sonde thermique sur une console VTT qui nous permettait d'effectuer les relevés de température :



Toutes les minutes, nous avons relevé la température de l'eau et inscrit le résultat dans un tableau Open Office sur l'ordinateur. Nous avons ensuite représenté le tableau à l'aide d'un graphique et nous avons obtenu le résultat suivant :



L'augmentation de température est plutôt régulière. Nous avons alors effectué nos calculs et nous avons trouvé une constante solaire de 724 Watts par mètre-carré.

Pour vérifier nos calculs, nous avons recherché la valeur trouvée par les scientifiques. Nous avons trouvé 1367 W/m² dans l'Encyclopedia Universalis. Il était aussi écrit que cette valeur est hors atmosphère et sur son site, Philippe Bœuf explique que la valeur au niveau du sol est diminuée de 20 à 25%, ce qui représente une constante comprise entre 1025,25 et 1093,6 W/m².

Nous étions bien loin du compte ! Nous nous sommes demandé pourquoi un tel écart et plusieurs hypothèses nous sont venues à l'esprit :

- Un trop grand écart de température entre la température de l'eau et la température extérieure.
- Une inclinaison du bidon trop peu importante et donc des rayons qui n'étaient pas du tout perpendiculaires au bidon (ce qui est mentionné nous l'avons vu après dans le site de Philippe Bœuf).
- Des mesures mal effectuées.

Les jours de soleil ayant été très rares cet hiver, nous n'avions pas le temps de tester les hypothèses les unes après les autres. Pour le relevé suivant, nous avons profité un Soleil dégagé et d'un bidon sorti à l'avance à l'ombre (donc à peu près à la température ambiante). Nous avons aussi orienté le bidon perpendiculairement aux rayons du Soleil.



Nous avons effectué les mêmes mesures et cette fois-ci, nous avons obtenu une augmentation de 6°C en 27 minutes. Il nous restait à faire les calculs :

$$P = (248 \times 0,46 + 2067 \times 4,18) \times \frac{6}{27 \times 60} \approx 32,42 \text{ W}$$

$$C = \frac{P}{0,2 \times 0,16} \approx 1013 \text{ W/m}^2$$



Nous avons donc obtenu une puissance de 32,42 Watts et une constante solaire d'environ 1013 Watts par mètre-carré, ce qui est beaucoup plus proche de la valeur trouvée dans l'encyclopédie. Il nous reste à confirmer cette valeur en effectuant des mesures lors d'autres journées ensoleillées.

D'ailleurs, le même jour, à un autre moment de la journée, nous avons retenté l'expérience avec un voile nuageux et nous avons trouvé une augmentation de température de 1,8 degré en 30 minutes, soit une constante solaire de 273,6 W/m².

De toute évidence, cette constante solaire dépend de l'état du ciel, ce qui nous semble relativement évident, et si l'on veut vraiment utiliser le Soleil comme énergie alternative, il faut bénéficier d'un temps radieux et sans nuage. Cet hiver, le Soleil ne nous aurait pas permis de produire beaucoup d'énergie.

Nous avons eu l'occasion de refaire notre expérience une autre fois ces derniers jours. Le temps n'était pas parfait puisqu'un léger voile nuageux était présent. Nous avons trouvé une valeur de C égale à 965 W/m². Cela semble confirmer que cette « constante » est environ égale à 1000 W/m².

6) Calcul de la température à la surface du Soleil

Nous avons aussi trouvé sur le site de Philippe Boeuf une formule pour en déduire la température à la surface du Soleil.

Nous l'avons appliquée, malgré sa grande complexité, en ne sachant pas comment elle se démontre réellement.

$$M = C \times \frac{d^2}{R^2} \quad d = \text{distance Terre - Soleil} \quad R = \text{rayon Terre}$$

$$T_K = (M/\sigma)^{0,25} \quad \sigma = \text{constante de Stefan} = 5,6697 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

$$T_K = \left(\frac{1013 \times \left(\frac{150}{0,6357} \right)^2}{5,6697 \times 10^{-8}} \right)^{0,25} \approx 5616 \text{ K}$$

Cela nous a donné une température à la surface du Soleil de 5616 Kelvins, à comparer avec la valeur trouvée dans un livre qui était de 5800 K. Cela nous a donné une approximation qui n'est pas parfaite mais qui semble assez correcte.

7) Bilan

Ce travail a été très intéressant car il nous a permis de pratiquer la démarche expérimentale. Nous nous sommes posés des questions et nous avons essayé d'y répondre. Pour cela, il nous a fallu fabriquer un capteur solaire et effectuer des mesures expérimentales. Nous avons constaté qu'il peut y avoir des imprécisions dans les relevés dont il faut tenir compte en étant modeste avec nos résultats et être capables de les remettre en question afin d'améliorer notre travail. Il nous reste encore à bien confirmer nos résultats.

Pour finir, nous avons été en mesure de répondre à nos questions.

Il nous reste encore à présenter le fruit de notre travail devant un jury.

Nous sommes aussi très contents de participer à un concours car cela donne de la valeur à notre recherche. Cela a été une grande chance pour nous.

Nous remercions vivement Maurice Audejean, pour sa grande disponibilité et l'aide qu'il nous a apportée. Sans lui, rien de tout cela n'aurait été possible.