



Comment mesurer la puissance du Soleil ?

Introduction: photomètre de Bunsen

Pour mesurer la puissance d'une étoile, les astronomes utilisent le photomètre, un instrument qui mesure la quantité de lumière à un endroit donné et permet de déterminer la quantité d'énergie par unité de temps (la puissance) d'une source inconnue par rapport à une source bien déterminée. Historiquement, plusieurs photomètres ont été proposés pour comparer les sources de lumière.

Dans ce cas, nous nous concentrerons sur celui de Robert Bunsen (Fig. 1), un chimiste et physicien allemand du 19^{ème} siècle. Il a construit beaucoup d'appareils qu'il a utilisés dans ses expériences. Le plus connu est peut-être le briquet qui porte son nom, mais il a également inventé le photomètre à tâche d'huile.

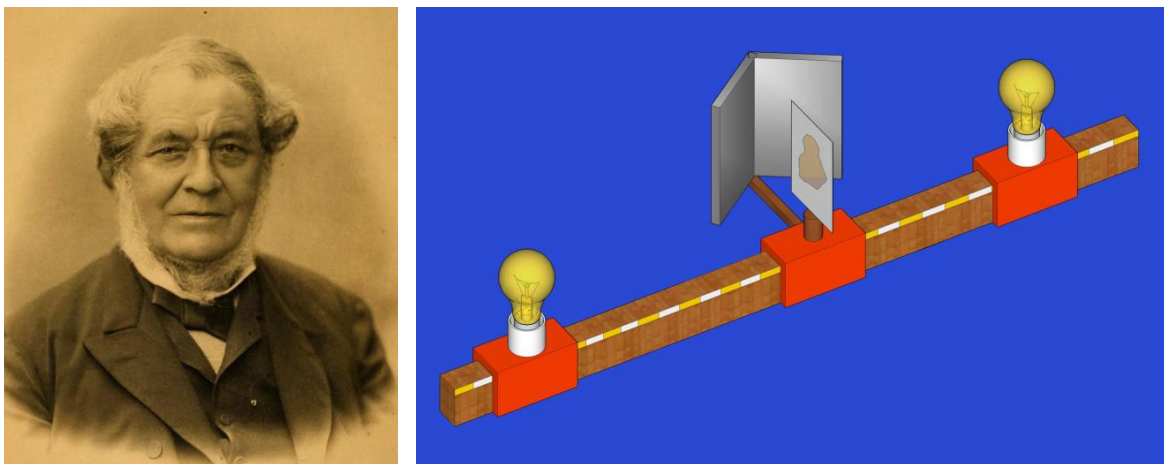


Fig.1 : Robert Wilhelm Bunsen et son photomètre à tâche d'huile

Le photomètre inventé par Bunsen a permis de comparer l'intensité de deux sources de lumière, l'une connue et l'autre inconnue.

Pour ce faire, il suffit de placer les deux sources aux extrémités d'un mètre à ruban. On place un papier blanc ordinaire avec une petite tâche d'huile entre les deux sources. Sur la zone tachée, le papier devient semi-transparent. Lorsque vous déplacez le papier entre les deux sources de lumière, il arrive un moment où la tâche est à peine visible. Dans cette position, la luminosité qui atteint les deux côtés du papier est la même.

L'éclairement est le flux lumineux qui arrive par unité de surface. Comme le flux lumineux sortant d'une ampoule est réparti radialement sur une surface d'une sphère de rayon d et d'aire $= 4 \pi d^2$, plus on est loin de la source plus l'éclairement est faible. Si les deux sources sont des ampoules du même type, le nombre de lumens émis par watt est similaire, et dans les calculs, nous pouvons remplacer le flux lumineux par la puissance électrique.

Autrement dit, si P_1 et P_2 sont les puissances électriques des deux lampes et d_1 et d_2 les distances entre le papier et chacune des deux sources de lumière, les conditions suivantes doivent être remplies :

$$\frac{P_1}{4\pi d_1^2} = \frac{P_2}{4\pi d_2^2} \rightarrow \frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

Si, par exemple, les lampes sont des lampes halogènes de 100 W et 60 W (Fig. 2), la position où la tâche d'huile n'est pas visible se produira lorsque :

$$\frac{100}{d_1^2} = \frac{60}{d_2^2}$$

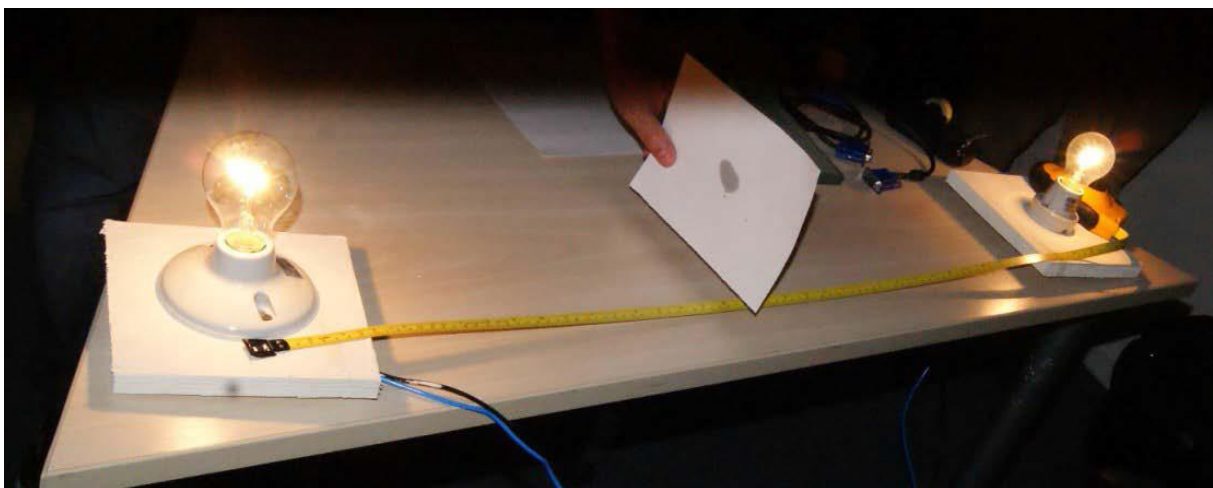


Fig.2 : Déplacement du papier jusqu'à la disparition de la tâche.

L'expérience de vérification de la fonctionnalité du photomètre à tâche d'huile peut être faite en classe. Dans ce cas, une lampe électrique standard de 60 W peut être comparée à deux autres lampes électriques de 40W et 100W.

Pour faire l'expérience, préparez un tableau (voir Tableau 1) afin que l'élève puisse enregistrer les données avec précision. Les résultats sont les mêmes quel que soit le type de la lampe et la couleur de la lumière qu'elle produit. Les résultats doivent être enregistrés dans le tableau.

Tableau 1. Expérience d'estimation de la puissance.

Lampes utilisées			Lampe échantillon		
Type de lampe	Puissance indiquée (W)	Distance lampe-papier (m)	Puissance indiquée (W)	Distance lampe-papier (m)	Puissance calculée (W)
	40 W		60W		
	100 W		60W		

Expérience 1: Détermination de la puissance du Soleil avec le photomètre à tâche d'huile

L'utilisation la plus intéressante du photomètre de Bunsen est la détermination de la puissance ou de la luminosité du soleil. À l'aide du photomètre à tâche d'huile, nous allons calculer la puissance du Soleil en la comparant à une lampe de 100 W (Fig. 3).

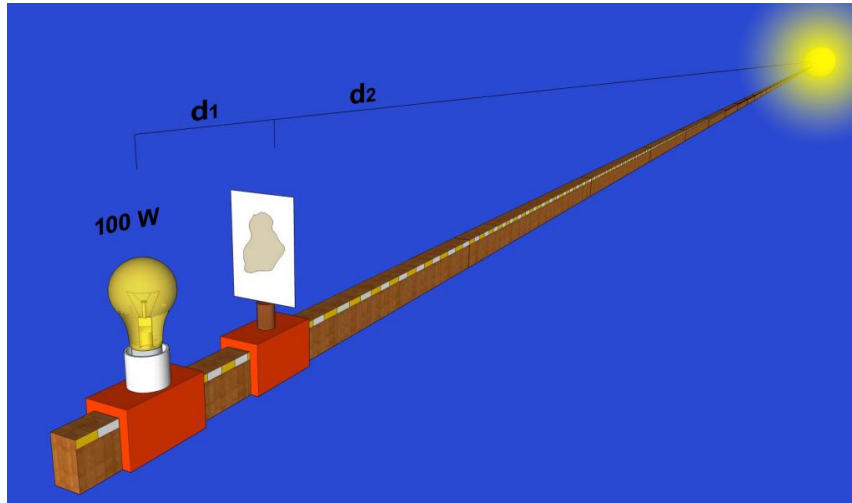


Fig. 3: Comparaison de la puissance du soleil avec une lampe de 100W.

Lors d'une journée ensoleillée, prenez le photomètre à l'extérieur avec une lampe d'au moins 100 W (de préférence la plus lumineuse). Placez le photomètre entre le Soleil et la lampe à une distance telle que les deux côtés de part et d'autre du photomètre apparaissent également éclairés. Mesurez alors la distance d_1 , en mètre, du photomètre au filament de l'ampoule (Fig. 4).

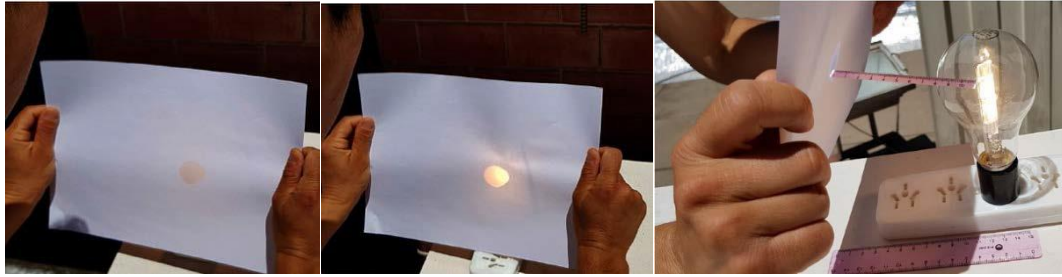


Fig. 4. Lorsque la tâche n'est pas visible, mesurer la distance entre le papier et le filament de l'ampoule.

Sachant que la distance entre le Soleil et la Terre est approximativement $d_2 = 150\,000\,000$ km, on peut calculer la puissance du Soleil P avec la loi du carré inverse (le terme 4π se simplifie) :

$$\frac{100\text{W}}{d_1^2} = \frac{P \text{ soleil}}{d_2^2}$$

La valeur de la puissance du Soleil calculée devrait être proche de la luminosité réelle du Soleil, qui est de $3,83 \cdot 10^{26}$ W.

Expérience 2: Détermination de la puissance du Soleil

Nous pouvons réaliser une autre expérience (Fig. 5) pour estimer la puissance du Soleil, il s'agit de remplacer le papier à tâche d'huile par notre visage.

Lors d'une journée ensoleillée, il est possible de comparer la chaleur provenant du soleil sur l'une des joues du visage et la chaleur provenant d'une lampe de 100 W sur l'autre joue. La distance entre la lampe et le visage doit être modifiée jusqu'à ce que l'élève (aux yeux fermés) ait exactement la même sensation de chaleur sur la peau qui touche principalement les deux joues. En mesurant la distance d entre l'ampoule et le visage et connaissant la distance R à notre Soleil (150×10^9 m), nous pouvons estimer la luminosité du Soleil avec la même formule (Fig. 5).

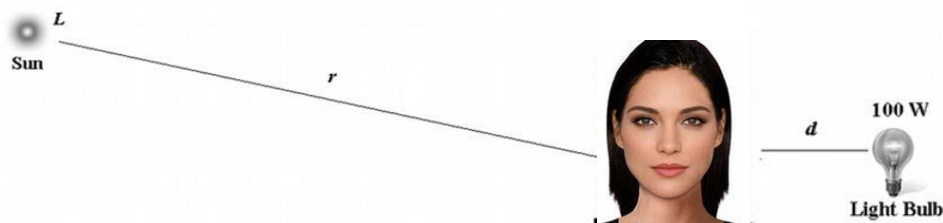


Fig. 5. $P_{\text{soleil}} / R^2 = P / d^2$

La « même sensation » signifie la même intensité de chaleur du soleil et de la lampe. En supposant que l'efficacité du Soleil et de la lampe électrique soient similaires à ces longueurs d'onde, on peut appliquer la loi de l'inverse des carrés.

La valeur de la distance d sera d'environ 10 cm. Avec cette valeur, le résultat de la luminosité du Soleil sera autour de $2,2 \times 10^{26}$ W, légèrement inférieur à la valeur réelle. La raison est que l'atmosphère n'est pas transparente au rayonnement infrarouge et que, à ces longueurs d'ondes, le Soleil apparaît alors plus faible qu'il ne l'est réellement. Mais la simplicité de la méthode compense la précision du résultat.

Auteur :

Alexandre de Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno, Rosa M. Ros, NASE members.

Bibliographie :

- J. A. Belmonte, F. Berthomieu, A. Costa, H. Deeg, S. Deustua, J. Fierro, B. García, M.K. Hemenway, R. Moreno, J.M. Pasachoff, J. Percy, R.M. Ros, M. Stavinschi, *14 steps to the Universe*, Rosa M. Ros y Beatriz García edi., Barcelona, 2018.
- A. Costa & A. L. Gonçalves, Solar Physics. Theory and applications, *Astronomy at our Schools*, EAAE-IAU Course on Astronomy Education, EAAE Summer School, Alexandre Costa and Rosa M. Ros Ed., Portugal, Loulé, 2016.
- B. García, R. Moreno, The meaning of the Sun and the distance to the stars: The power of photometry in Astronomy, Barcelona 2018.



Comment mesurer la puissance du Soleil ?

ACTIVITÉS À REALSER ET À ENVOYER

nase@gmail.com.100Years

Réaliser soit la première expérience (avec la tâche d'huile), soit la deuxième expérience (avec les joues) ou bien les deux, ensuite calculer la valeur de la puissance du Soleil et enregistrer les résultats de chaque expérience dans le tableau des résultats suivant :

Tableau des résultats des expériences de la puissance du Soleil

Nom de l'enseignant				
Lycée, Pays				
Jour et Heure				
Types de mesures	Plan		Résultats	
Expérience 1 la tâche d'huile	Type lampe	de Puissance indiquée (W)	Distance Papier- lampe (m)	La puissance solaire (w)
Expérience 2 La joue du visage	Type lampe	de Puissance indiquée (W)	Distance joue- lampe(m)	La puissance solaire (w)

L'activité sera ouverte jusqu'au: 21 juin 2019 (solstice de l'été pour l'hémisphère nord)

Les résultats seront diffusés dans le monde entier dans le cadre de l'initiative IAU100.

Envoyez vos résultats accompagnés de deux ou trois photos de chaque expérience à l'adresse suivante : nase@gmail.com.100Years.

INTERNATIONAL ASTRONMICAL UNION 1919-2019