

Matériel & Méthodes

Conversion de l'énergie solaire en électricité sans procédé chimique

Miroir parabolique

Nous avons suivi les étapes de la vidéo "How to make parabolic mirrors with space blankets" (https://www.youtube.com/watch?v=8CLRta_ocmo) sur laquelle vous retrouvez toutes les informations.

Matériel nécessaire :

- 1 couverture de survie (magasin décathlon)
- 2m² fibre de verre
- 1kg résine époxy
- 1 tube de colle époxy à prise moyenne voire lente (>20min)
- 1 chambre à air
- support de bois 1m² parfaitement plat
- matériaux souple pour le maintien final de la parabole. Nous l'avons découpé dans le plateau d'une table de bureau. Le rayon intérieur a été limé en biais afin de l'ajuster à la courbure de la parabole et nous avons collé cette surface au dos de la parabole.

- perceuse
- pinceaux
- gants pour se protéger les mains
- gobelets jetables pour préparer le mélange époxy
- pompe à vélo

On calcule la courbure de la parabole nécessaire pour avoir une distance focale de 2m, sachant qu'on a un rayon de 50 cm :

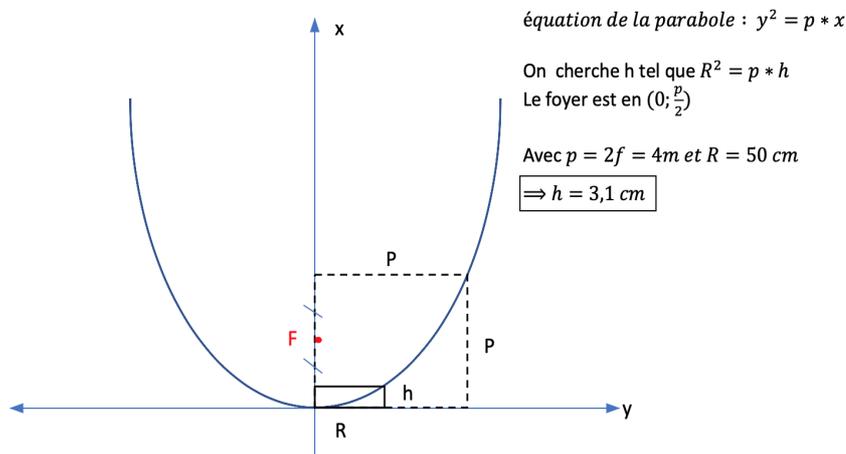


Fig 1. Schéma d'une parabole et calcul de la hauteur nécessaire

Ce qui donne $h = 3,1$ cm. Pour mesurer cette hauteur, on tend un fil tangent à la parabole en son centre et on mesure sa hauteur en dehors de la surface courbée.

La parabole que nous avons réalisée mesure finalement 92 cm de diamètre et a une distance focale de 2m.

Les expériences visant à mesurer la puissance surfacique récupérée par la parabole ont été réalisées dans les mêmes conditions que pour la lentille de Fresnel, détaillées dans le paragraphe suivant.

Lentille de Fresnel

Matériel nécessaire :

- bécher pyrex gradué 100 mL
- thermocouple (TFC-305P single channel)
- colorant alimentaire noir
- chronomètre
- support résistant à la chaleur (ex : une brique)
- lentille 91cm x 52 cm (ancienne lentille d'une télévision cathodique)
- protection pour les yeux, type casque de soudure
- protection pour les mains, type gants de four

Les expériences ont été réalisées au mois de juin, avec $T_{\text{ext}} = 25^\circ\text{C}$, sous un ciel largement ensoleillé (absence de nuages) et entre 14 et 16h à Paris.

On place un bécher en pyrex de 100 mL de diamètre 50 mm rempli d'eau noircie avec 8 gouttes de colorant noir au point focal de la lentille. Le point focal est trouvé manuellement et ajusté à l'aide d'un thermocouple. On s'assure qu'il soit au niveau du milieu de la hauteur d'eau pour éviter les pertes au niveau de la surface ou de la paroi. Le bécher est placé sur une brique protégeant le goudron, qui entre en fusion sous l'effet de la lentille. Selon la durée de l'expérience, la déviation de l'alignement par rapport au soleil doit ou non être prise en compte. En absence de dispositif de suivi de la course du soleil, on optimise manuellement l'angle de la lentille face au soleil. On corrige cette orientation à l'aide du thermocouple, en vérifiant que le point focal sous un angle précis est bien le plus chaud.

On suit l'élévation de la température de l'eau en fonction du temps, ainsi que le volume évaporé à partir du changement d'état. La température est suivie par le fil du thermocouple plongé dans l'eau, à mi-hauteur et le volume est suivi grâce aux graduations du bécher. Ces deux mesures permettent d'obtenir des valeurs comparables de la puissance reçue par l'eau, et donc de remonter au pouvoir de focalisation d'énergie de la lentille.

Calcul de la puissance surfacique récupérée :

On travaille à $P = \text{cste}$, $V = \text{cst}$ (avant le changement d'état on néglige l'évaporation)

$\Delta H = C_p(\text{eau}, 298\text{K}) * \Delta T$. Enthalpie molaire

$$P_{\text{reçue}} = C_p(\text{eau}, 298\text{K}) * n_{\text{eau}} * \frac{\Delta T}{\Delta t} = C_p(\text{eau}, 298\text{K}) * \frac{V_{\text{eau}} \rho_{\text{eau}}}{M_{\text{eau}}} * \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

On normalise ce résultat par la surface de la lentille ou de la parabole.

Dans notre cas,

$$V_{eau} = 100\text{mL}; C_{p\text{ eau}} = 75,7\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}; \rho_{eau} = 1\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}; M_{eau} = 18\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$\frac{\Delta T}{\Delta t}$ est la pente des courbes expérimentales

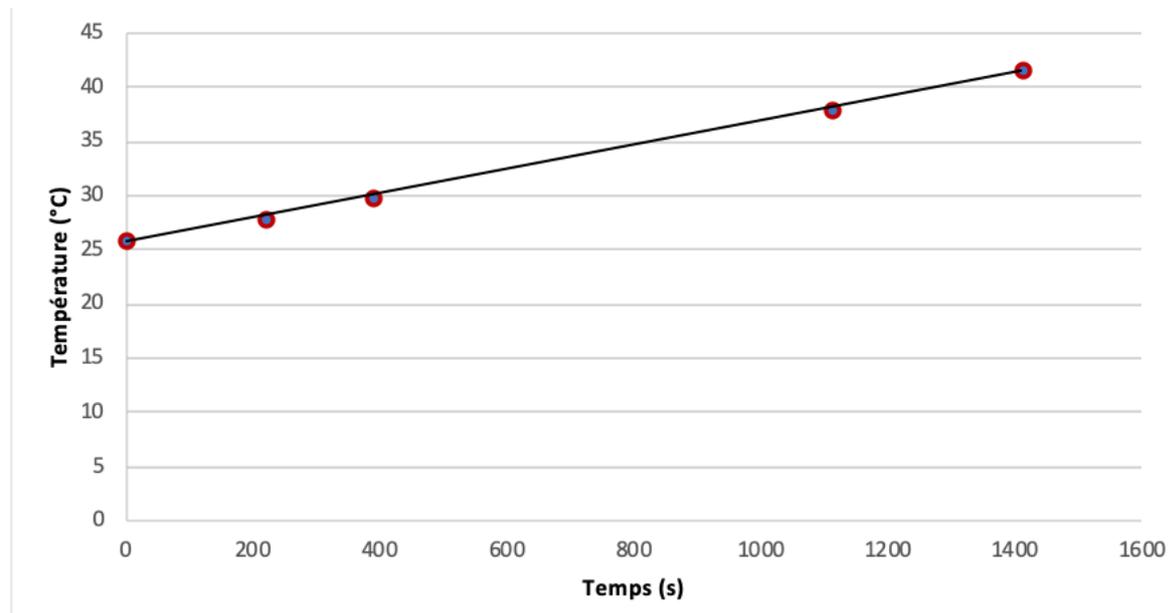


Fig2 (4 présentation). Évolution de la température en fonction du temps, avec le miroir parabolique

Graph representing the evolution of temperature as a function of time

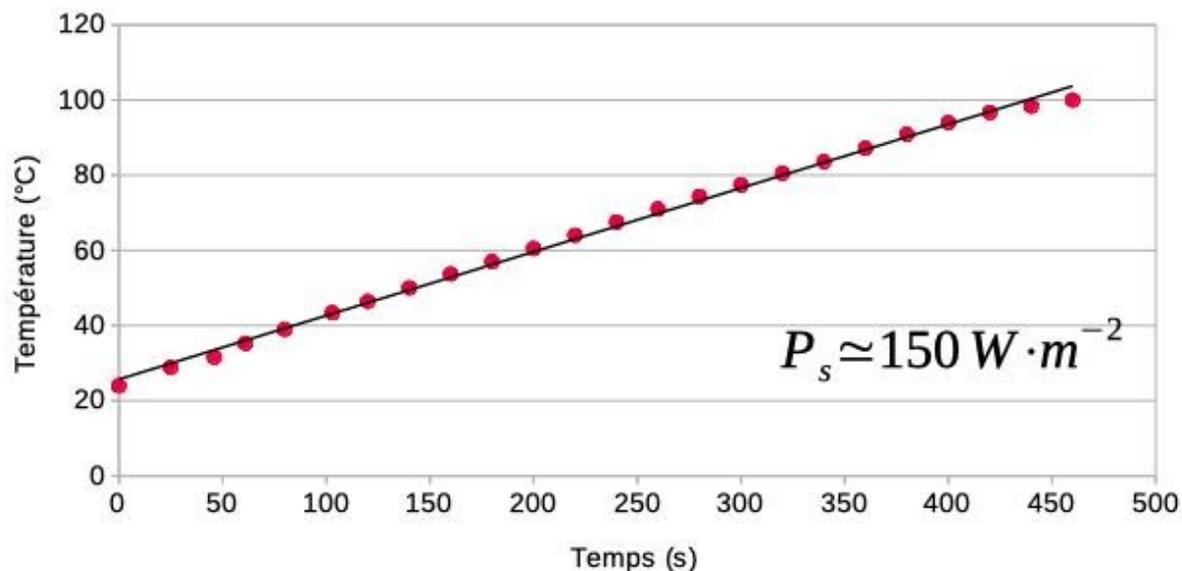


Fig3 (5 présentation). Évolution de la température en fonction du temps, avec la lentille de Fresnel

Construction moteur Stirling sauteur

Nous nous sommes inspirés des travaux de Gilles Charles, université d'Orléans :

Vidéo "Stirling Jumping", <https://www.youtube.com/watch?v=Rmf8alPxynY>

Article « Le moteur Stirling sauteur », Charles Gilles, Thébault Jean-Luc, De Izarra Charles, BUP 99-871 (Février 2005) 209-216

Caractéristiques des différentes pièces :

- Tube du moteur 1
hauteur 10 cm
diamètre 2,8 cm
alliage inoxydable
- Déplaceur
hauteur 6 cm
diamètre 2,4 cm
laine minérale d'isolation entourée dans de la fibre de verre, le tout recouvert de scotch pour éviter les frottements

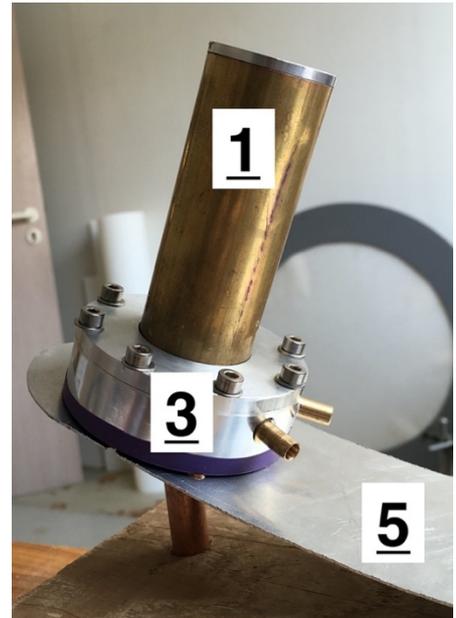


Fig 4a. Vue latérale du moteur, sans les tuyaux de refroidissement

Fig 4b. Déplaceur décomposé

- Refroidisseur 3
Le refroidisseur est composé de trois rigoles dans l'ordre suivant : une rigole fine pour y insérer un joint de caoutchouc (1mm de diamètre), un circuit d'eau de largeur 1 cm, puis une deuxième rigole pour joint de caoutchouc. Le circuit d'eau a une entrée/sortie avec deux embouts sortant sur l'extérieur. On place deux tuyaux en caoutchouc de chimie (7mm de diamètre) pour permettre la circulation
- Ballon de baudruche très épais
- Lame métallique/ressort 5
L*2 cm*1,5 mm avec L variable entre 10 et 25 cm
alliage inoxydable
- Piston
tube en cuivre 6 cm, dont l'extrémité a été limée pour ne pas percer le ballon
- Support de bois, assez lourd pour ne pas bouger avec les oscillations du moteur (éventuellement le fixer avec des serre-joints pour assurer un support immobile)

Le tube est monté-serré dans le trou central du refroidisseur. Afin d'éviter les fuites d'air on recouvre la base du tube de deux couches de téflon avant d'emboîter les pièces. Le refroidisseur se décompose en deux parties qui sont assemblées par 8 boulons. La pièce principale du moteur est fixée sur la lame métallique par 4 boulons qui transpercent le ballon de baudruche : il faut préalablement préparer les trous pour éviter que celui-ci ne se déchire. Un pli est marqué manuellement à la base de la lame, à l'aide d'un étau. Le piston est enfoncé dans le support de bois. La longueur du piston est ajustée en fonction de l'angle de la lame, de sa longueur et de l'amplitude d'oscillation du ressort, de manière à ce que la hauteur minimale de la base du moteur corresponde au haut du piston.

L'usinage du moteur s'est fait dans un atelier et nécessite des habilitations et machines particulières : perceuse à colonne, scie à ruban avec lame pour métaux, dremel, étaux, bande abrasive.

Test du moteur Stirling sauteur

Pour tester le système de moteur indépendamment du système de chauffage de l'eau, le chauffage était réalisé avec un heat-gun (2000W) à 250°C pointé sur le haut du tube du moteur.

La circulation d'eau dans le refroidisseur est permise grâce à un système de syphon entre deux seaux.

L'oscillation du moteur a été analysée par pointage vidéo sur le logiciel Regressi, à partir de vidéos obtenues avec un téléphone. On mesure, en l'absence d'apport d'énergie la fréquence et l'atténuation de l'oscillation.

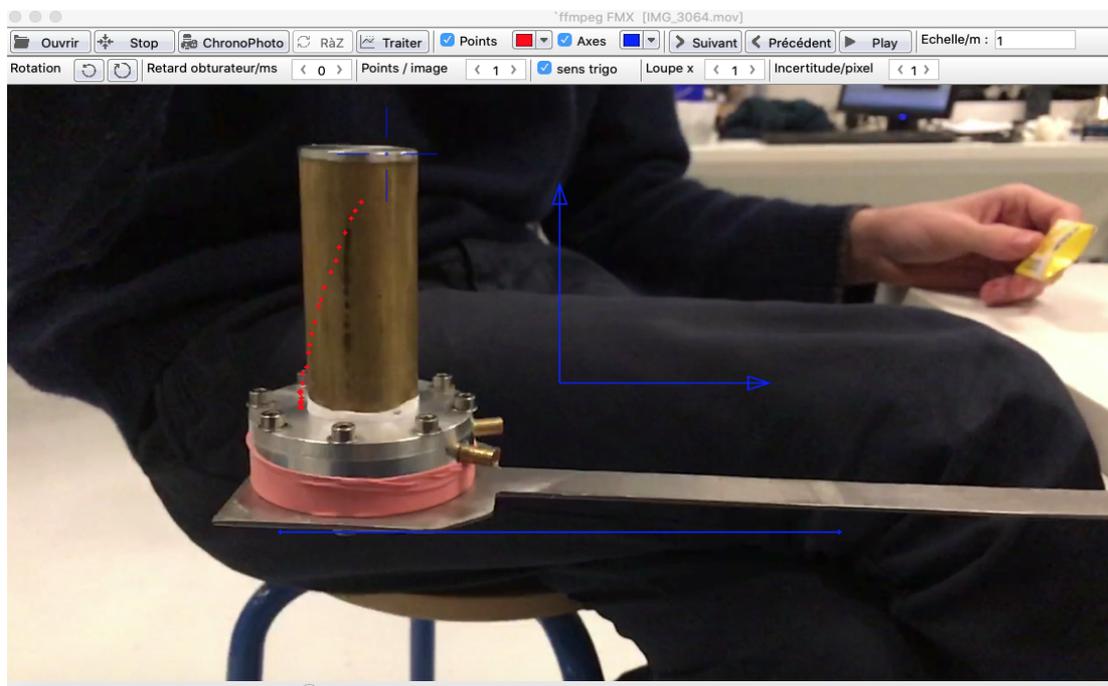


Fig 5. Capture d'écran du pointage sur le logiciel Regressi

fréquence d'oscillation en fonction de la longueur

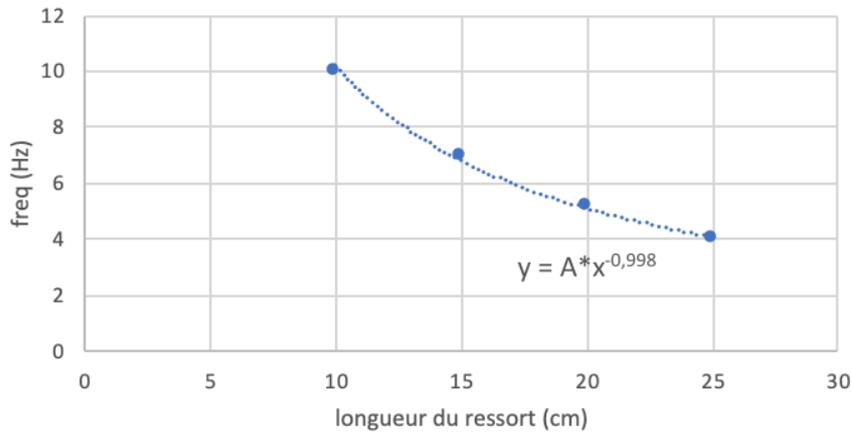


Fig 6. Mesure de la fréquence d'oscillation en fonction de la longueur, sans apport d'énergie

On obtient un résultat tout à fait cohérent puisque $f \propto (k/m)^{\frac{1}{2}}$
Avec $k \propto \frac{1}{l}$ et $m \propto l \Rightarrow f \propto 1/l$