


# Moteur Stirling

 Aurelpere



[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Moteur\\_Stirling/fr](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Moteur_Stirling/fr)

Dernière modification le 01/08/2024

 Difficulté **Difficile**

 Durée **1 jour(s)**

 Coût **50 EUR(€)**

## Description

Des trucs sur les moteurs stirlings

# Sommaire

## Sommaire

Description

Sommaire

Introduction

Étape 1 - revue de la littérature web

Étape 2 - la puissance des jouets

Étape 3 - Verification vitesse de rotation avec analyse video

Étape 4 - faire tourner le moteur avec une source solaire

Étape 5 - optimiser et fabriquer un recepteur solaire mobile

Étape 6 - a vous

Commentaires

# Introduction

Nous vivons maintenant dans 1 monde post-covid, et qvous fassiez parti dceux qui pensent qles milliardaires prennent très au sérieux le changement climatique et veulent régler la question par la population en s réfugiant dans des bunkers survivalistes, ou qvous fassiez parti dceux qui pensent qles milliardaires s'en foutent et veulent just continuer à s'enrichir jusqu'à la dernière goutte d pétrole, il devient urgent de trouver des alternatives aux modèles qu'on nous propose et au fascisme, et ça pass aussi par des alternatives techniques.

Le moteur stirling a été inventé au XIX<sup>e</sup> s. avant le moteur thermique et a connu quelques applications industrielles "mainstream", notamment dans les années 60 (Ford Torino, navire américain Caloric).

Aussi appelés "moteurs à air chaud", le principe est de balader de l'air alternativement d'un zone froide à une zone chaude et récupérer la force mécanique engendrée par la dilatation (spécial dédicace Bruno Lemaire) et la contraction de l'air.

Les moteurs stirling performants ont nécessité beaucoup de R&D et ont atteint des rendements plus importants que les moteurs thermiques avec carburants (autour de 40%).

Ils sont fiables, silencieux et ont des rendements élevés.

Ils sont cependant mieux adaptés à des régimes fixes.

Chronique d'une nuit blanche avant d'aller tracter contre le fascisme pour utiliser les 24h après réception et avant sabotage du "jouet" que j'ai reçu.

## Étape 1 - revue de la littérature web

On liste ici quelques vidéos de moteurs stirling "diy" (do it yourself) plus ou moins bricolés et en langue française.

On voit ça va du moteur fait avec une canette de coca cola (DDM Brico Voyageur <https://www.youtube.com/watch?v=nBxKOKYx2rI>) à un moteur en bois avec des seringues en verre pour les pistons (Incroyables Expériences <https://www.youtube.com/watch?v=s79odgWz6BM>), à un moteur 125 cm<sup>3</sup> usiné avec une puissance estimée de 0,8 kW à 8 kW, soit 0,6 ch à 6 ch, au regard de la mesure de 800 tr/min et d'un poids du plateau estimé entre 100g et 1kg (French Stirling Fablab [https://www.youtube.com/watch?v=Z24dZ3St\\_JE](https://www.youtube.com/watch?v=Z24dZ3St_JE) de la série d'épisodes <https://www.youtube.com/playlist?list=PLE1TyIvCXNyjlvWRi10LUeEMXKyRS6Ltx> sur la chaîne <https://www.youtube.com/@FrenchStirlingFablab>).

Vous y trouverez nettement plus de ressources pour essayer de fabriquer

votre propre moteur stirling dans le texte ci-dessous.

En bonus, pour les enseignants, 1 exemple de jouet de type tracteur et grue fabriqué en meccano ici :

<http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/stirling.html>

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_Stirling\\_moteur\\_air\\_chaud.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_Stirling_moteur_air_chaud.mp4) [https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_Moteur\\_thermique\\_fait\\_r](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_Moteur_thermique_fait_r)

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_TUTO\\_INCROYABLE\\_MOTEUR\\_STIRLING\\_AMAZING\\_STIRLING\\_ENGINE\\_THE\\_LAST\\_EPISODE\\_S1\\_Ep7\\_.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_TUTO_INCROYABLE_MOTEUR_STIRLING_AMAZING_STIRLING_ENGINE_THE_LAST_EPISODE_S1_Ep7_.mp4)

---

## Étape 2 - la puissance des jouets

On va maintenant essayer de mesurer la puissance des moteurs stirling dits "jouets scientifiques" qu'on peut trouver sur aliexpress ou chez des revendeurs comme science labs. Vous trouverez en pièce jointe deux vidéos qui montrent 1 moteur stirling "jouet scientifique" qui tourne avec pour source de chaleur 1 flamme provenant d'1 bougie et de combustion d'alcool. Le moteur est fourni avec 1 petit contenant et 1 meuble à imbiber d'alcool qui produit 1 puissance adaptée au moteur (vidéo 1).

On voit dans la vidéo avec la bougie (vidéo 2) que la flamme de la bougie ne produit pas 1 puissance adaptée et le moteur tourne quelques secondes puis s'arrête et devient très capricieux pour redémarrer (1 peu aléatoire après divers essais même après refroidissement).

On mesure donc la puissance des deux flammes (voir vidéo 3 et 4):

temps pour porter à ébullition 10mL d'eau de 20°C à 100°C

$E_{\text{energi}} = 10 \cdot 80 \text{ calories} = 800 \cdot 4,184 \text{ J} = 3347,2 \text{ J}$

temps pour flamme lamp à alcool: 40s à 1 minute (selon frémissement ou bouillonnement entier)

temps pour bougie: 90 à 120s

**lampe à alcool:**

$P_{\text{puissance\_max}} = 3347 / 40 = 84 \text{ W}$

$P_{\text{puissance\_min}} = 3347 / 60 = 56 \text{ W}$

**bougie**

$P_{\text{puissance\_max}} = 3347 / 90 = 37 \text{ W}$

$P_{\text{puissance\_min}} = 3347 / 120 = 28 \text{ W}$

Pour essayer de mesurer le rendement, on fixe 1 poids au moteur (ici 1 boulon pèse 5g voir vidéo 5),

et on mesure le couple d'entraînement

ainsi que la vitesse angulaire.

Le boulon pèse 5g et est fixé à 1 distance  $d = 3 \text{ cm}$  de l'axe de rotation.

Mesure de la vitesse de rotation avec un tachymètre à 25€ ce mardi 25 juin 2024: le tachymètre fonctionne par frottements (entraînement d'un bout de caoutchouc qui fait tourner un axe dont on mesure la vitesse de rotation): l'entraînement se fait sur une demi-seconde à une seconde et affiche des valeurs comprises entre 100 et 500 tours minutes puis fait stopper le moteur.

Mesure de rotation avec 1 tachymètre laser moteur 1 (vidéo 5): 1400 tours minutes avec le boulon de 5g attaché à 3cm de l'axe

Mesure de rotation avec 1 tachymètre laser moteur 2 (vidéo 6): 1000 à 5000 tours / minutes avec le boulon de 5g attaché à 1,6cm de l'axe

Le rendement est faible, mais il faut se rappeler qu'il s'agit d'un jouet et pas d'un moteur fait pour être performant. On pourrait cependant prolonger l'exercice avec des jouets moteurs stirling dits "performants" (multi-cylindres, déplaceurs verticaux, etc.). Les moteurs stirling philips ont des rendements qui peuvent atteindre 40%.

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_fonctionnement\\_lampe.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_fonctionnement_lampe.mp4) [https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_bougie.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_bougie.mp4)

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_source\\_chaleur.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_source_chaleur.mp4)

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_bouillir\\_bougie.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_bouillir_bougie.mp4)

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_tachy2.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_tachy2.mp4)

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_00023.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_00023.mp4)

---

## Étape 3 - Vérification vitesse de rotation avec analyse vidéo

Pour mesurer la vitesse angulaire, on va utiliser deux logiciels: 1 bout de code python reposant sur opencv, et ffmpeg

commandes python:

```
sudo apt install virtualenv

virtualenv --python=/usr/bin/python3 .

source bin/activate

pip3 install opencv-python

import cv2

import os

def charger_images_video(video_filename, output_folder):
    """
    Charge les images vidéo d'un fichier et sauvegarde chaque frame en tant qu'image JPG.

    Args:
    video_filename: Le chemin d'accès au fichier vidéo.

    output_folder: Le dossier où sauvegarder les images JPG.

    Returns:
    Un tableau NumPy contenant les images vidéo (3D array: frames, rows, cols).
    """
    # Ouvrir la vidéo avec OpenCV
    cap = cv2.VideoCapture(video_filename)
```

```

#Vérifier l'ouverture réussie

if not cap.isOpened():

print("Erreur d'ouverture du fichier vidéo:", video_filename)

return None

# Vérifier que le dossier de sortie existe, sinon le créer

if not os.path.exists(output_folder):

os.makedirs(output_folder)

# Liste vide pour stocker les images vidéo

images_list = []

frame_number = 0

# Lire les images vidéo image par image

while True:

ret, frame = cap.read()

# Vérifier la lecture de l'image

if not ret:

break

# Sauvegarder chaque frame en tant qu'image JPG

frame_filename = os.path.join(output_folder, f'frame_{frame_number:04d}.jpg')

cv2.imwrite(frame_filename, frame)

# Ajouter l'image à la liste

images_list.append(frame)

frame_number += 1

# Fermer la capture vidéo

cap.release()

return images_list

# Exemple d'utilisation

video_filename = '00009.MTS'

output_folder = 'frames'

images_list = charger_images_video(video_filename, output_folder)

```

#### commands ffmpeg:

```

sudo apt install ffmpeg

ffmpeg -i 00009.MTS -vf fps=25 output_frame_%04d.png

```

Vous pouvez reproduire la mesure avec le fichier vidéo source ([lien ici](#)) et les bouts de code ci-dessus.

Malheureusement, à cause de l'expérience, la prise de vidéo à 25fps ne permet pas de mesurer correctement la vitesse angulaire du moteur qui tourne trop vite et produit 1 flou sur la vidéo décomposée en 25 images par seconde.

Malheureusement, la captation vidéo à 60fps ou plus coûte cher (caméra Sony ou Zcam à plus de 1000€ sur Amazon, l'avantage de la loi actuelle sur les ventes par internet c'est que vous avez 14 jours pour tester la caméra puis vous faire rembourser si elle ne convient pas).

On trouve des webcams 60fps mais après test (la Sipro Full HD 1080P Webcam USB Objectif de Mise au Point Manuelle 4 mm, 30fps/60fps/100fps Caméras de Bureau USB CMOS OV2710 pour Linux Windows Android Mac OS, Plug and Play sur Amazon à 33€) ce mercredi 26 juin, ça capture à 30fps. Et ce n'est pas évident de configurer des logiciels de captation vidéo adéquatement, voir cette page par exemple où il n'y a pas de paramètres pour définir les fps:

[https://wiki.archlinux.org/title/Webcam\\_setup](https://wiki.archlinux.org/title/Webcam_setup)

Test avec la Zcam e2:

vidéo de 60s à 60fps (en théorie 3600 frames) avec un fond de thérapie (plus d'alcool à 90° confisqué par les flics): le moteur tourne mais visiblement plus doucement que lorsque le pot est plein d'alcool à 90°. On vérifie la vitesse de rotation.

Bizarrement, j'ai un message "processus arrêté" à la frame 273 avec le script Python

et ffmpeg fait le taf et on obtient un demi-tour entre deux frames, soit 30 tours secondes, soit bien 1800 tours minutes

Fichier disponible ici si vous souhaitez vérifier:

## Étape 4 - faire tourner le moteur avec une source solaire

Fair 1 moteur stirling performant exige beaucoup d r&d (go! pour les hackers qui veulent faire des leaks des archives d philips ou d la ford torino -oui les années 60/70 cesi pas q génial pour la musiqu-).

En théori, avec 1 rendement d 40%, il faudrait 1 recepteur solair d 2,5m2 (soit approximativement un recepteur de 90cm de rayon) pour 1 moteur d 1 kW et on va ici s caler sur la puissance d la flamm qui fait tourner l moteur correctement: 60W à 90W

On va d'abord utiliser 1 reflecteur d petit taill sur lequel on va venir fixer des bouts d miroir pétés (apres test d fixation d bouts d miroir c'est nettement moins bon qu'avec la surfac initial du reflecteur) et mesurer l temps d'ébullition d'1 petit quantit d'eau et on viendra fair 1 regl d trois pour 1 diametr adapt (la puissanc du soleil est linéair d la surfac ensoleill): test c mardi 25 juin 2024 ensoleill.

Reflecteurs d 6cm d rayon en photo dont la surfac reflechissant est constitu d "bumps" pas nécessairement aussi bon que les surfacs dédiées telles que vendues par solar brother (<https://www.solarbrother.com/acheter/reflecteur-solaire-adhesif-s-reflect-500/>) En mettant l doigt au milieu du reflecteur le midi en pointant l reflecteur en direction du soleil, on a une sensation proch d la sensation d bruler d'1 briquet au bout d 5s. Le test pour fair bouillir 3mL d'eau a cependant échou, soit parce qu les surfacs ne sont pas assez lisses, soit parc qu la bougi fait trop d'ombr au reflecteur, soit parc que l reflecteur n'est pas assez bien orient par rapport au soleil et/ou la bougi pas plac assez précisément au foyer d convergences des rayons.

L'ensoleillement est d'environ 1000W/m2, et la surfac du reflecteur d'environ  $3,14 \times 0,06 \times 0,06 = 0,0113\text{m}^2$  La puissanc du reflecteur est donc théoriquement d'environ  $0,0113 \times 1000 = 11,3\text{W}$

Pour avoir 1 puissanc d 90W à midi (qu'on pourra moduler à la baiss avec 1 horair où l'ensoleillement est plus faibl), il faudrait donc 1 reflecteur d rayon r:

$$r = \sqrt{(90/3,14 \times 1000)} = \sqrt{(90/3140)} = \sqrt{(0,02866242)} = 0,17\text{m}$$

Il nous faut donc un bout d spher d 34cm d diametr.

L'antenn satellit (dit paraboliqu) récupér dans une recycleri fait 60cm d diametr, c qui est beaucoup trop grand, la surfac etant proportionell au carr du rayon (en premier approximation).

On va donc acheter une antene paraboliqu parabol d diametr 40cm (pas trouv plus petit) et y fixer un réflecteur solair adhésif.

Test du 12/07 négatif avec parabol d 40cm et réflecteur adhésif: le cylindr du piston est transparent et la chaleur des rayons solaires concentrés n chauff pas bien l cylindr. On peut pas démonter l cylindre pour y mettr dla paill d fer comm dans la vidéo de l'étape 1. Test demain avec collag dfeuil alu. Sinon il faudra trouver un moteur avec un cylindre métal.

La vidéo buggu est n'est pas uploadabl. Retest quand météo numériqu meilleur

Test negatif du 13/07 midi avec papier alu sur le cylindr: régler la parabol sur le cylindr a midi est compliqu, il fzut etr tres précis et avec l materiel qj'ai (un pied de micro) il faut suspendr l moteur en l'air,etc.

Test négatif du 16 juillet 18h: parabol d 40cm, concentration des rayons a peu près satisfaisant, puissanc solair insuffisant

Test négatif du 23 juillet 18h: parabol d 60cm, concentration des rayons solaires trop dispers, puissanc solair insuffisant

Le carr d lumièr concentr est trop dispersé. Il semblerait judicieux d fair un concentrateur plus précis (un véritable bout dsphère).

On essaierai après les vacances d fair un concentrateur sphériqu (donc avec un point focal plus concentr) avec un moule en plâtr sur un spher typ ballon d kin/yoga. Si vous voulez fair l tutoriel pour fair c typ d concentrateur, libr à vous!



[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_3mL\\_eau\\_reflecteur.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_3mL_eau_reflecteur.mp4)

[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur\\_Stirling\\_reflecteur1.mp4](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Fichier:Moteur_Stirling_reflecteur1.mp4)







---

## Étape 5 - optimiser et fabriquer un récepteur solaire mobile

Là, j vous pass la balon.

D'abord, il faudrait réfléchir à 1 récepteur qui suit l soleil dynamiquement en fonction d sa position dans la journ (du jour et d l'heur) et d la latitud et longitud, et plus important: qui soit capabl d renvoyer les rayons concentrés sur 1 point fix quel q soit l'heur.

Ensuit, on peut imaginer 1 truc constitu d plusieurs recepteurs d diametres distinct adapté à 1 ensoleillement variabl.

On a alors 1 sourc d'énergi renouvelabl infini et transportabl qui va fonctionner pour 1 ensoleillement avec 1 seuil haut et 1 seuil bas.

On peut mêm aller jusqu'à imaginer 1 société dont les machines n tournent pas quand il n'y pas assez ou trop d soleil, mais c'est d la scienc fiction.

Pour donner des points d repères, les plus grands miroirs non pétés qu'on est actuellement capables d fabriquer sont les miroirs d télescope géants d 30m d diametr.

Les miroirs d télescopes d 5m à 10m d diametres sont plus courants pour les grands télescopes.

J n suis pas spécialiste du tout, just 1 vulgarisateur préoccupé par l changement climatiq et la mont du fascism.

A c titt et à c stad d mon expérimentation, seuls deux aspects "pratiques" m'interrogent pour 1 utilisation courant:

stopper l moteur (il suffit pas d stopper l'injection de carburant)

pour des utilisations longues: garder la sourc froid froid assez longtemps sans surdimensionner la puissanc en entr d la sourc chaud (pour 1 deltaT performant)

Et parc qu'à l'heur du fascim rampant qui mont dans tout la société, il faut arreter d s'auto censurer pour parler d politique quand on parl en son nom,

1 gouvernement qui prend au sérieux l changement climatiq aurait depuis longtemps mis

les moteurs stirling dans les problemes d prépa, incité des consortiums à travailler dessus,

cr des groupes mixtes d'ingénieur.e.s-technicien.e.s-bricoleurs.e.s non diplômé.e.s multi territoriaux pour travailler sur c type d questions!

Les connaissances scientifiq et techniques sont contextuelles d'époques et c n'est pas q dans le spatial (aller sur la lun)

qu'on a perdu des savoirs faire, si les lobbys empechent d remettre à l'ordr du jour des techniques oubliées

qui ont fait leur preuve, c'est au politique d créer les incitations nécessaires!

---



## Étape 6 - a vous

voilà, vous avez maintenant des ressources web pour fabriquer un moteur stirling, des pistes pour faire des recherches sur les fabricants de moteurs stirlings performants, une methodo pour tester et verifier les vitesses de rotation de moins de 3600 tours/minutes dans un contexte numérique de flicage surveillance et entrave, une idée pour des moteurs à concentration à base de concentrateurs dynamiques.

Pour un algo de suivi du soleil, vous pouvez reprendre du code ici:  
Dimensionner et faire un tracker solaire photovoltaïque low tech

Cependant, un dispositif à base de 4 cellules photoelectriques et un petit circuit electronique de recherche de maximum par rotation/entraînement d'un moteur pourrait avantageusement remplacer le codage en dur et s'adapter à toutes les latitudes et longitudes.

J'ai aussi le soucis du sabotage des concentrateurs (rayures, reflecteur décollés) assez vite, mais je suis sur que vous trouverez des parades à ça aussi!

---