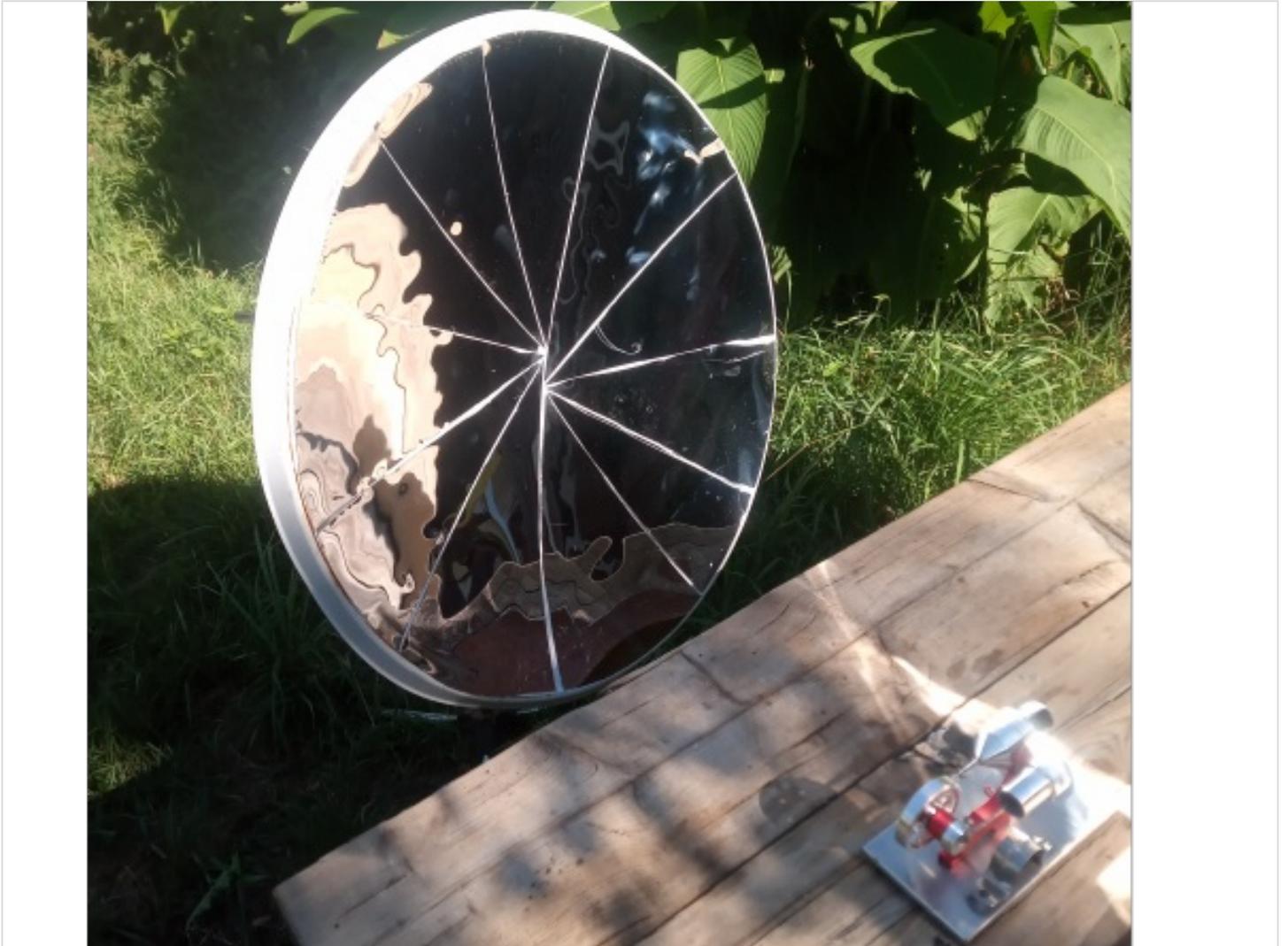


Moteur Stirling

 Aurelpere



https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Moteur_Stirling

Dernière modification le 06/09/2024

 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 vous fassiez parti de ceux qui pensent que les milliardaires prennent très au sérieux le changement climatique et veulent régler la question par la population en se réfugiant dans des bunkers survivalistes, ou vous fassiez parti de ceux qui pensent que les milliardaires s'en foutent et veulent juste continuer à s'enrichir jusqu'à la dernière goutte de pétrole, il devient urgent de trouver des alternatives aux modèles qu'on nous propose et au fascisme, et ça passe aussi par des alternatives techniques.

Le moteur Stirling a été inventé au XIX^e 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 1 canette de coca cola (DDM Brico Voyageur <https://www.youtube.com/watch?v=nBxKOKYx2rI>) à 1 moteur en bois avec des seringues en verre pour les pistons (Incroyables Expériences <https://www.youtube.com/watch?v=s79odgWz6BM>), à 1 moteur 125 cm³ 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 100 g et 1 kg (French Stirling Fablab 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_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

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

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

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 que c'est un jouet et pas 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_bougie.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_tachy2.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 14j pour tester la caméra puis vous faire rembourser si elle n'en 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

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:

<https://vpn.matangi.dev/stirling.mp4> (1,8Go)

Étape 4 - faire tourner le moteur avec une source solaire

Faire 1 moteur stirling performant exige beaucoup de R&D (go! pour les hackers qui veulent faire des leaks des archives de Philips ou de la Ford Torino - oui les années 60/70 c'est pas génial pour la musique-).

En théorie, avec 1 rendement de 40%, il faudrait 1 récepteur solaire de 2,5m² (soit approximativement un récepteur de 90cm de rayon) pour 1 moteur de 1 kW et on va ici se caler sur la puissance du flamme qui fait tourner le moteur correctement:

60W à 90W

On va d'abord utiliser 1 réflecteur de petit taille sur lequel on va venir fixer des bouts de miroir pétés (après test de fixation de bouts de miroir c'est nettement moins bon qu'avec la surface initiale du réflecteur) et mesurer le temps d'ébullition d'un petit quantité d'eau

et on viendra faire 1 réglage de trois pour 1 diamètre adapté (la puissance du soleil est linéaire de la surface ensoleillée):

test le mardi 25 juin 2024 ensoleillé.

Réflecteurs de 6cm de rayon en photo dont la surface réfléchissante est constituée de "bumps" pas nécessairement aussi bon que les surfaces dédiées telles que vendues par Solar Brother (<https://www.solarbrother.com/acheter/reflecteur-solaire-adhesif-s-reflect-500/>)

En mettant le doigt au milieu du réflecteur le midi en pointant le réflecteur en direction du soleil, on a une sensation proche de la sensation de brûler d'un briquet au bout de 5s.

Le test pour faire bouillir 3mL d'eau a cependant échoué, soit parce que les surfaces ne sont pas assez lisses, soit parce que la bougie fait trop d'ombre au réflecteur, soit parce que le réflecteur n'est pas assez bien orienté par rapport au soleil et/ou la bougie ne se place pas assez précisément au foyer de convergence des rayons.

L'ensoleillement est d'environ 1000W/m², et la surface du réflecteur d'environ 3,14*0,06*0,06=0,0113m²

La puissance du réflecteur est donc théoriquement d'environ 0,0113*1000=11,3W

Pour avoir 1 puissance de 90W à midi (qu'on pourra moduler à la baisse avec 1 horaire où l'ensoleillement est plus faible), il faudrait donc 1 réflecteur de rayon r:

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

Il nous faut donc un bout de sphère de 34cm de diamètre.

L'antenne satellitaire (dit parabolique) récupérée dans un recyclage fait 60cm de diamètre, ce qui est beaucoup trop grand, la surface étant proportionnelle au carré du rayon (en première approximation).

On va donc acheter une antenne parabolique parabolique de diamètre 40cm (pas trouver plus petit) et y fixer un réflecteur solaire adhésif.

Test du 12/07 négatif avec parabol de 40cm et réflecteur adhésif: le cylindre du piston est transparent et la chaleur des rayons solaires concentrés ne chauffe pas bien le cylindre.

On peut pas démonter le cylindre pour y mettre du papier alu dans la vidéo de l'étape 1. Test demain avec collage de feuille alu. Sinon il faudra trouver un moteur avec un cylindre métal.

La vidéo buggée n'est pas uploadable. Reteste quand météo numérique meilleure

Test négatif du 13/07 midi avec papier alu sur le cylindre: régler la parabole sur le cylindre à midi est compliqué, il faut être très précis et avec le matériel qu'il y a (un pied de micro) il faut suspendre le moteur en l'air, etc.

Test négatif du 16 juillet 18h: parabol de 40cm, concentration des rayons à peu près satisfaisante, puissance solaire insuffisante

Test négatif du 23 juillet 18h: parabol de 60cm, concentration des rayons solaires trop dispersés, puissance solaire insuffisante

Le carré de lumière concentrée est trop dispersé. Il semblerait judicieux de faire un concentrateur plus précis (un véritable bout de sphère).

Test 25.08: fabrication d'un réflecteur avec un ballon de yoga de 85cm. Obtention d'un réflecteur de 45cm de diamètre. Un peu court.

Commande d'un ballon de 150cm le 26.08. Hack d'Amazon et du compte en banque. On referra quand la banque autorisera un crédit consommation parce que pendant que les macronistes se gavent, je suis à sec.





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 sociét 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 téléscopt 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 spécialist du tout, just 1 vulgarisateur préoccupé par l changement climatiq

et la mont du fascism.

A c titr 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 politiqu 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 photoélectriques et un petit circuit électronique 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, réflecteur décollés) assez vite, mais je suis sur que vous trouverez des parades à ça aussi!
