

Etude du moteur de Stirling.

1. Présentation du moteur.

1.1. Une vidéo très complète.

Vous pouvez retrouver la présentation en vidéo du moteur de Stirling sur un site bien connu à l'URL suivante :

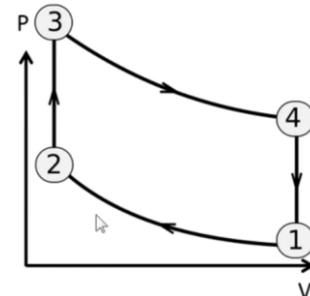
<https://www.youtube.com/watch?v=w16kTGI-hEI>

Si vous êtes au lycée vous pourrez la consulter dans le dossier suivant sous le nom (moteur de Stirling.MP4).

Ce PC > DOSSUP (R :) > PHY-CHIMIE > CPGE Physique chimie > PC SI > TP Stirling.

1.2. Le cycle théorique du moteur de Stirling.

Le cycle théorique du moteur de Stirling est présenté sur le graphique ci-contre :



- Une compression isotherme (1→2) au contact d'une source froide de température T_F
- Une compression isochore (2→3).
- Une détente isotherme (3→4) au contact d'une source chaude de température T_C .
- Une détente isochore (4→1).

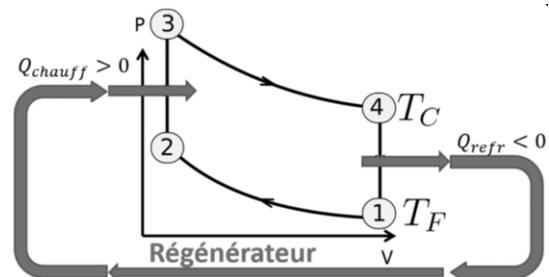
- ❖ Exprimer le transfert thermique Q_{23} reçu par le fluide lors de la compression isochore. En déduire Q_{41} reçu lors de la détente isochore. Que remarque-t-on ?
- ❖ Exprimer le travail W_{34} et le transfert thermique Q_{34} reçu par le fluide lors de la détente isotherme. En déduire le travail W_{12} et le transfert thermique Q_{12} reçu par le fluide lors de la compression isotherme.

1.3. Un moteur au rendement théorique égal à celui du moteur de Carnot ?

Le moteur de Stirling idéal est réputé pour présenter un rendement théorique égalant celui du moteur de Carnot fonctionnant entre les sources froide de température T_F et chaude de température T_C .

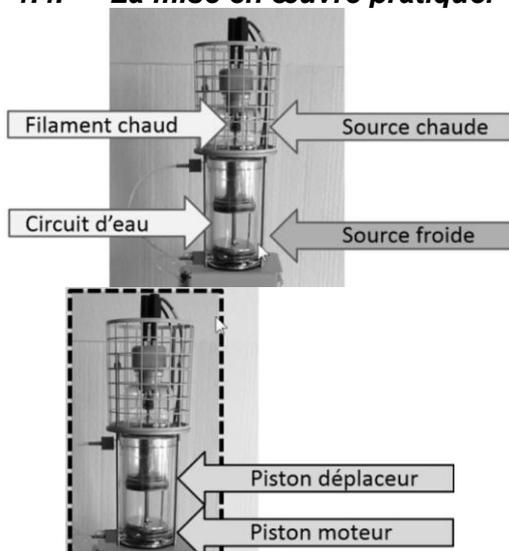
- ❖ Retrouver le rendement du moteur de Carnot.
- ❖ Déterminer le signe des transferts thermiques reçu par le gaz au cours du cycle et en déduire le rendement du moteur de Stirling. Commenter

Stirling observe que les transferts thermiques Q_{23} et Q_{41} sont de même valeurs absolues mais de signe opposé. Il imagine donc que si on arrive à stocker la chaleur cédée au cours de l'étape (4→1) dans un système régénérateur inclus dans le moteur pour qu'il soit à nouveau cédée au fluide au cours de l'étape (2→3) on les élimine du bilan global des échanges énergétiques.



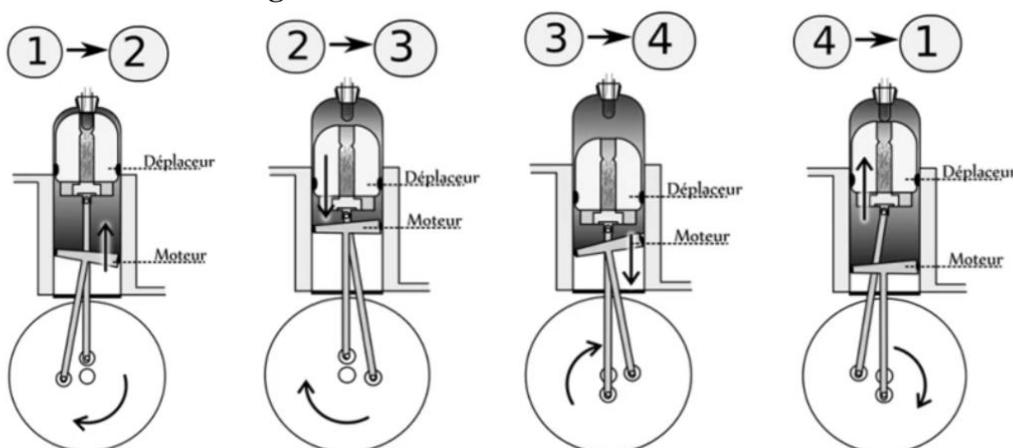
- ❖ Définir et exprimer le rendement du moteur de Stirling avec un régénérateur idéal. Vérifier que l'idée de Stirling permet effectivement en théorie de retrouver le rendement du moteur de Carnot.

1.4. La mise en œuvre pratique.



Dans le moteur disponible au lycée, on peut identifier les éléments suivants :

- La source chaude est un filament métallique qui fournit un transfert thermique par effet Joule.
- La source froide est un circuit d'eau qui entoure l'ensemble du cylindre dans lequel se déplace deux pistons.
- Un piston moteur qui est celui relié à la roue entraînée.
- Un piston déplaceur qui assure les transferts du fluide entre la chambre haute au contact de la source chaude et la chambre basse au contact de la source froide.



- Lors de la phase (1→2) le piston déplaceur est fixe et le fluide est dans la chambre basse au contact de la source froide et on réalise une compression isotherme à la température T_F .
- Lors de la phase (2→3) le piston moteur est fixe et le volume disponible au fluide dans le cylindre est constant. Le déplaceur descend entraînant le transfert du fluide de la chambre basse vers la chambre haute au contact du régénérateur qui lui transmet l'échange thermique « stocké ». On assiste donc à la compression isotherme.
- Lors de la phase (3→4) le piston déplaceur et le piston moteur descendent ensemble. Le fluide est dans la chambre haute au contact de la source chaude et on réalise une détente isotherme à la température T_C .
- Lors de la phase (4→1) le piston moteur est fixe et le volume disponible au fluide dans le cylindre est constant. Le déplaceur remonte entraînant le transfert du fluide de la chambre haute vers la chambre basse au contact du régénérateur auquel il transmet l'échange thermique « stocké ». On assiste donc à la détente isochore.

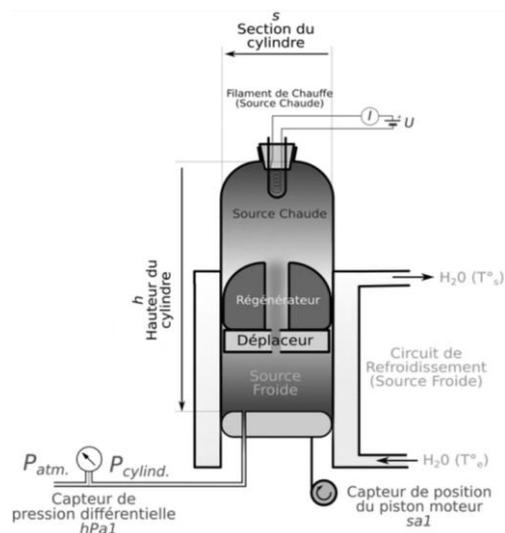
2. L'étude expérimentale et de traitement des données.

2.1. La mise en œuvre pratique.

On peut mesurer sur le système le volume en mesurant la position du piston moteur et la pression en connectant la sonde d'un capteur différentiel de pression entre la pression atmosphérique de 1,013 bar et la pression dans le cylindre.

Malheureusement, au lycée, nous n'avons pas encore installé de capteur de position sur le cylindre et la seule observation faisable est celle de l'évolution de la pression au cours du fonctionnement.

D'autres dispositifs plus modernes sont présents dans d'autres lycées qui ont mis à notre disposition les relevés expérimentaux présentés dans le notebook Jupiter mis à votre disposition.



2.2. Exploitation du notebook Jupiter.

Dans le même dossier que précédemment, on trouve les éléments du Notebook Jupiter à explorer. Ce PC > DOSSUP (R :) > PHY-CHIMIE > CPGE Physique chimie > PCSI > TP Stirling.

- Copier l'ensemble du Notebook dans votre répertoire « document ».

Matériel pour 12 tables :

- Un ordinateur

Matériel professeur :

- Le moteur de Stirling équipé du capteur de pression différentiel et de la roue codeuse pour repérer la position du piston et en déduire le volume.
- Présentation du principe de récupération des données par la carte Arduino et de l'exploitation pour tracer le cycle.