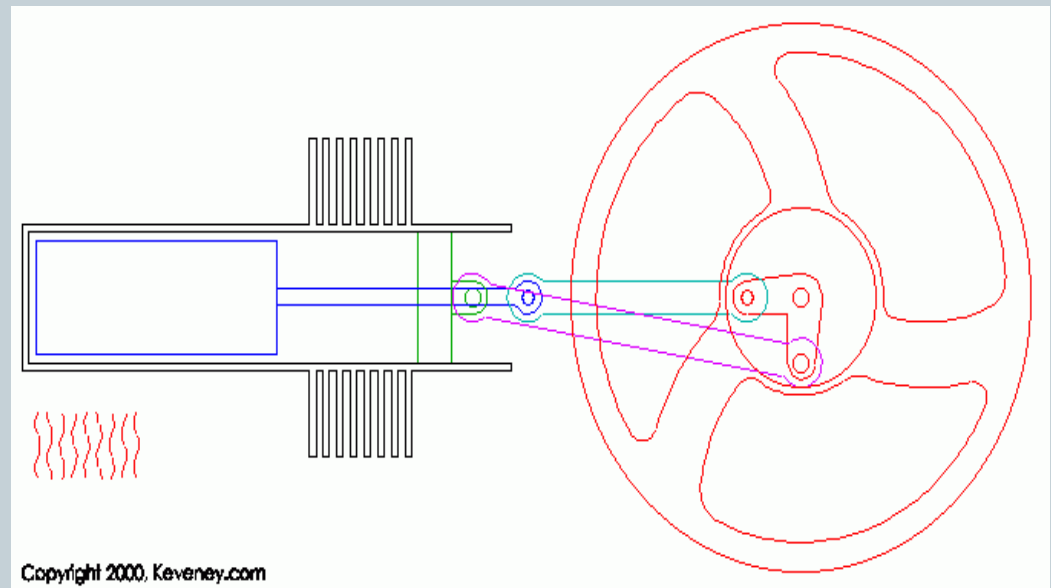


Etude du moteur Stirling

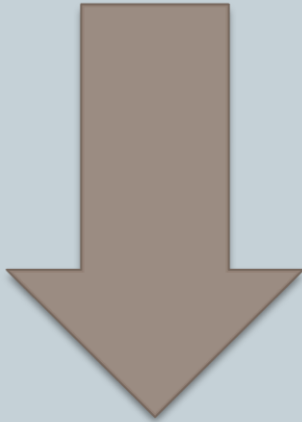


Problématique

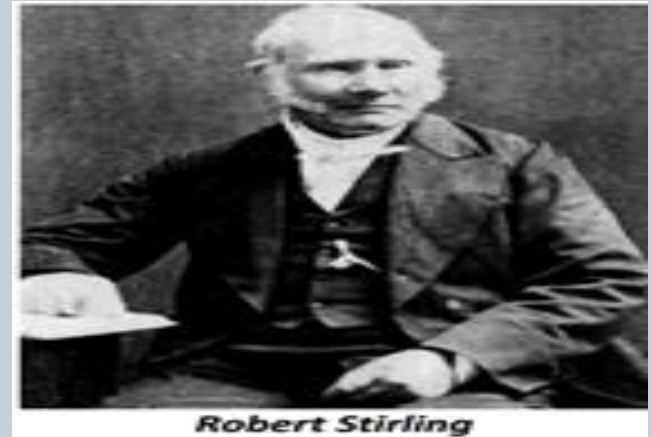


- *Pourquoi le moteur de Stirling?*
 - Explosion des machines thermiques
 - Perte d'énergie couteuse

Nécessité d'une
machine effective



Machine de Stirling:
Résolution de contraintes énergétiques et
structurales



Robert Stirling

Plan exposé



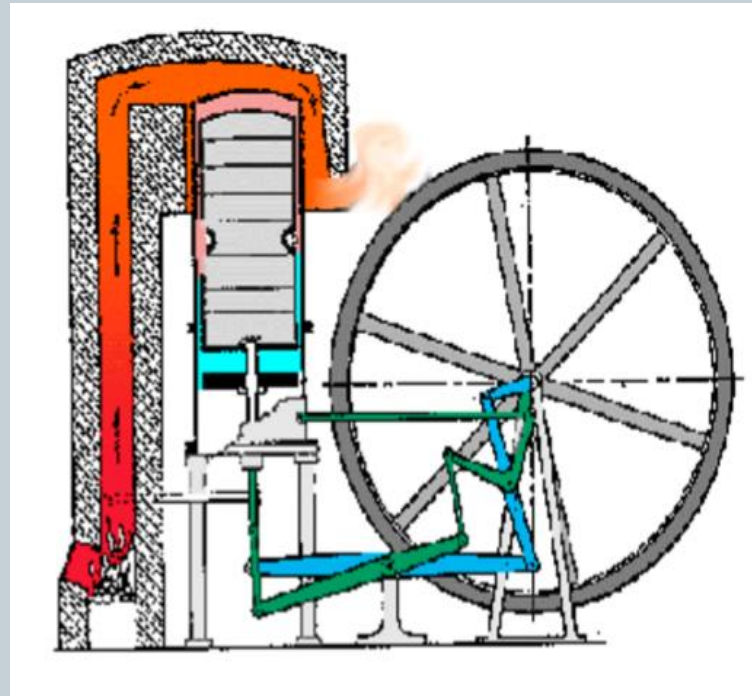
- 1- Problématique
- 2- Introduction
- 3- Les principaux moteurs Stirling
- 4- Principe de fonctionnement
- 5- Rendement du moteur sans régénération
- 6- Rendement du moteur avec régénération
- 7- Modèle de Schmidt
- 8-Conclusion

Introduction

- Moteur Stirling aussi appelé "moteur à air chaud" ou « moteur à combustion externe » .

Présente des caractéristiques impressionnantes:

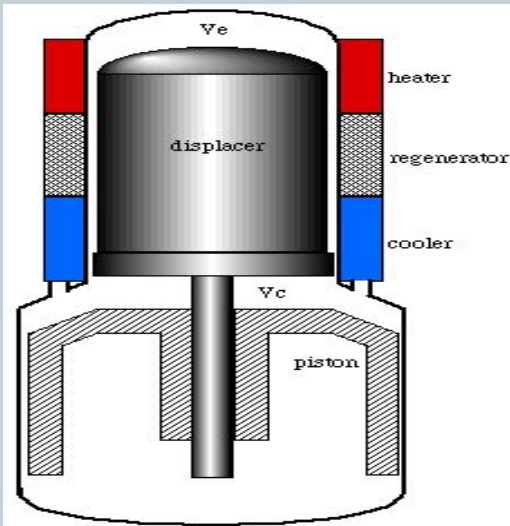
- Fonctionnement silencieux
- le rendement élevé
- la multitude de "sources chaudes" possibles
- l'aptitude écologique
- la durée de vie importante
- les utilisations très diverses



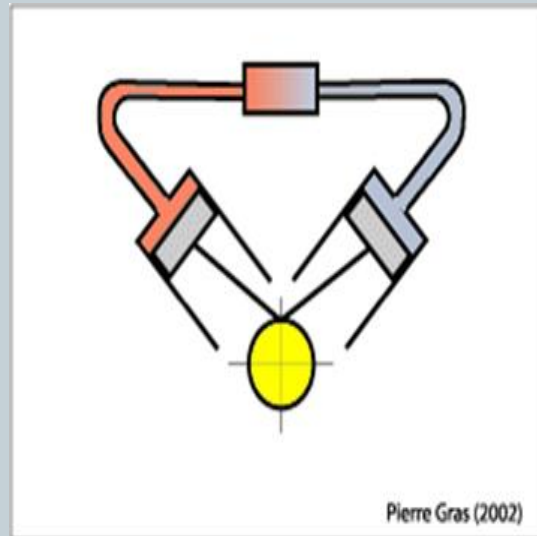
Les Principaux moteurs de Stirling:



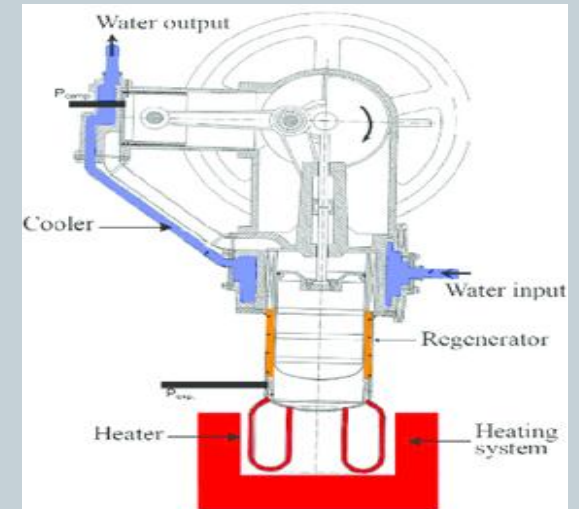
Moteur de type Beta



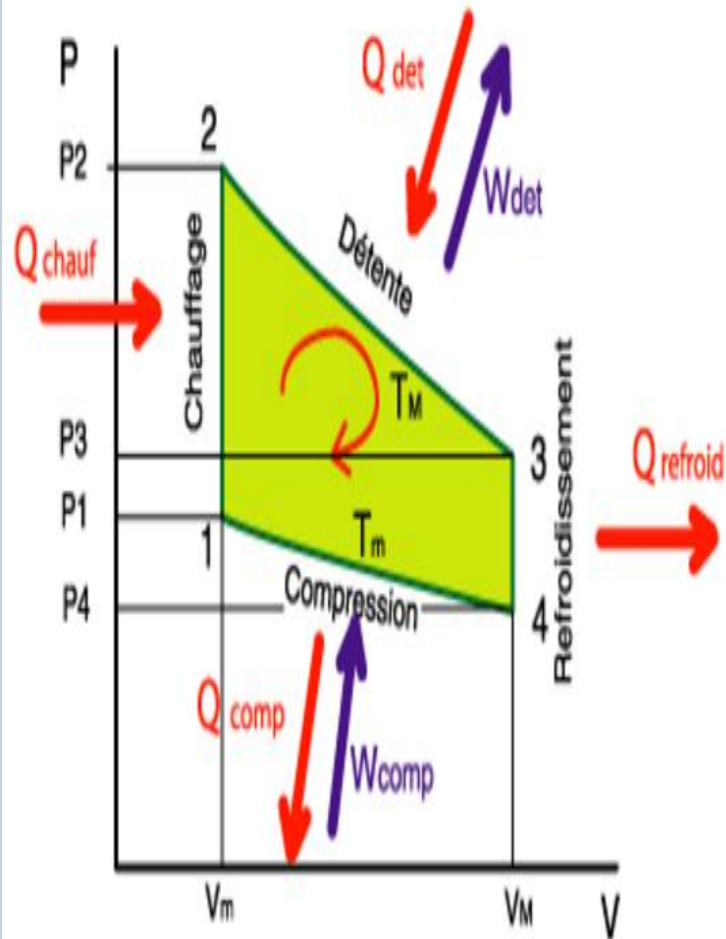
Moteur de type alpha



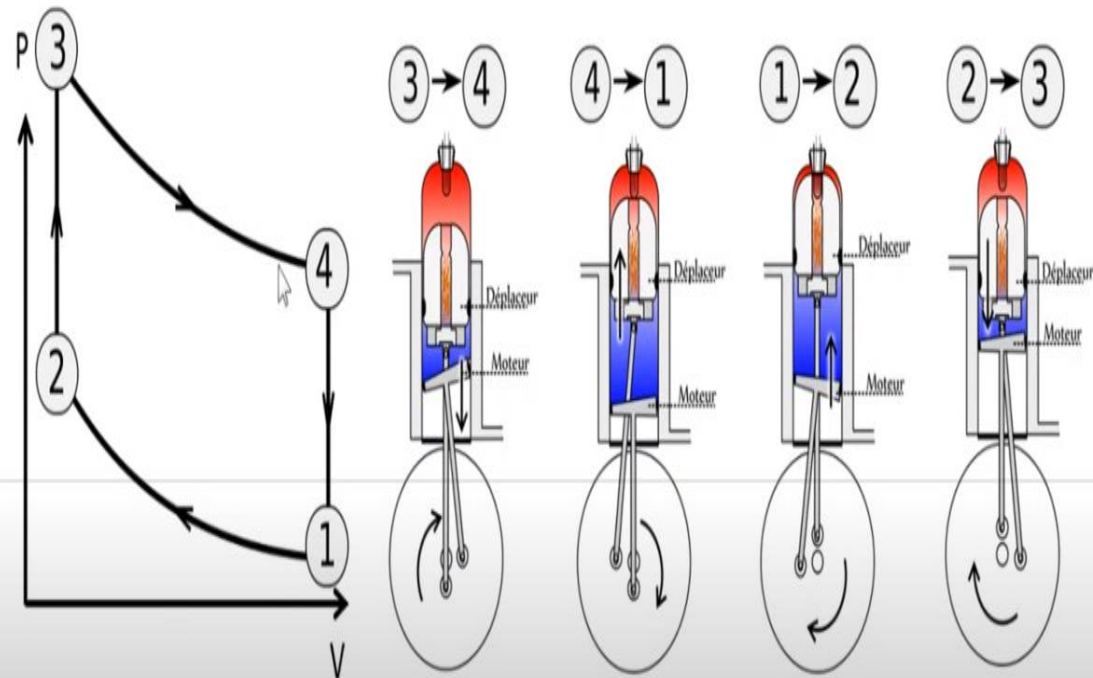
Le moteur de type Gamma



Principe de fonctionnement:



Cycle de Stirling
théorique



Rendement du moteur sans régénération

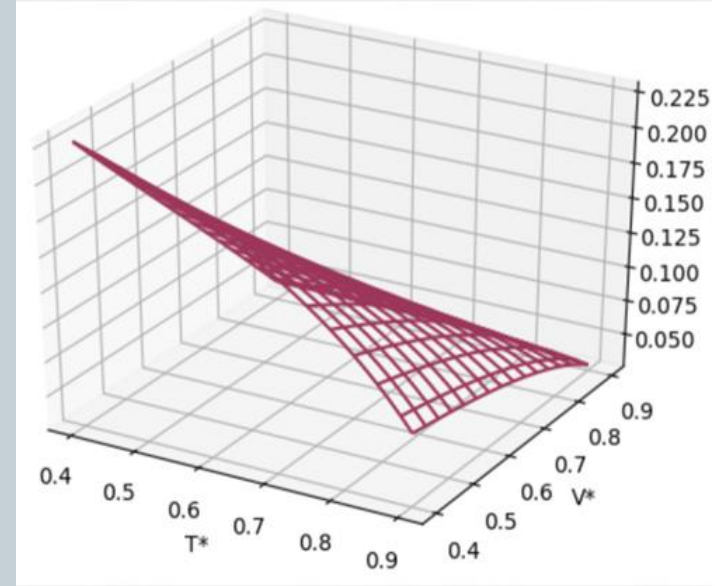


- Soit $T^* = T_f / T_c$
- $V^* = V_{\max} / V_{\min}$
- L'étude ne prend pas compte des:
 - -pertes thermiques
 - -irréversibilité du cycle
 - -frottements internes et externes
- Formule du rendement:

$$\eta = \frac{1 - T^*}{1 + \frac{1}{(\alpha - 1) \ln(V^*)} (1 - T^*)}$$

Simulation et résultats:

Variation du rendement en fonction du rapport T^* et V^* pour le moteur Stirling sans régénération



Interprétations:

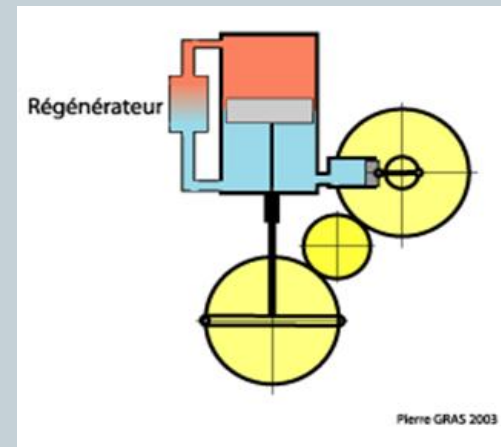
- On remarque que sans régénération, le rendement du moteur dépasse à peine 20% pour des valeurs différentes de T^* et V^*

Rendement du moteur avec régénération



- Il est nécessaire d'introduire le régénérateur dans le moteur Stirling pour diminuer les
- pertes énergétiques
- Afin de simplifier le rôle du générateur on définit le coefficient P (le rendement du générateur lui-même)

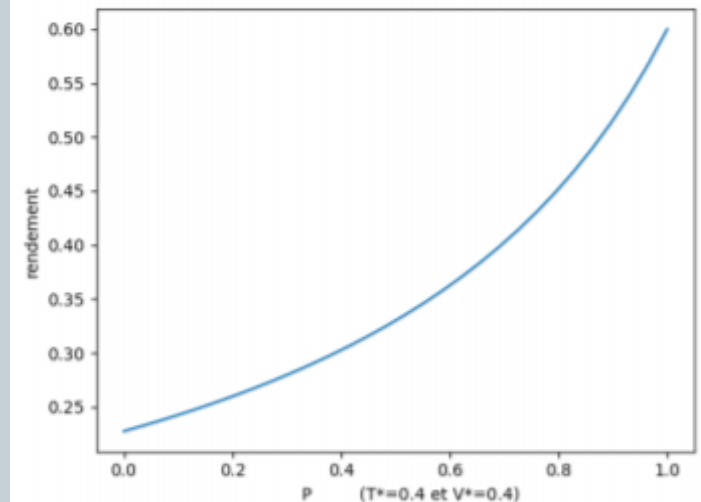
Le régénérateur compense une partie du transfert thermique avec l'extérieur:



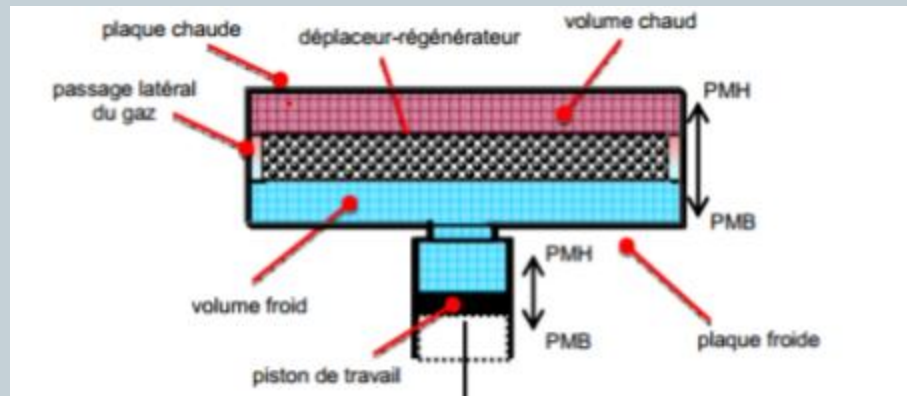
Simulation et résultats:



- La variation du rendement en fonction de P est une courbe croissante qui atteint son maximum(60%) pour une régénération parfaite ($P=1$) alors qu'en absence de régénérateur, le rendement ne dépasse pas 22%



Modèle de Schmidt



Le modèle le plus réaliste du moteur Stirling est le modèle de Schmidt, un modèle classique à cycle idéal qui se base sur les hypothèses:

- le gaz du travail est assimilé à un gaz parfait
- le fluide est de masse m constante
- une vitesse de rotation constante
- pression instantanée uniforme
- température constante de la paroi et homogène du gaz
- les pistons font un mouvement sinusoïdal

Analyse analytique:



Volume total:

$$V = \frac{V_{e0}}{2} [1 - \cos(\Theta)] + \frac{V_{e0}}{2} [1 + \cos(\Theta)] + \frac{V_{c0}}{2} [1 - \cos(\Theta - \Theta_0)] + V_r$$



$$V = V_{e0} + \frac{V_{c0}}{2} [1 - \cos(\Theta - \Theta_0)] + V_r$$



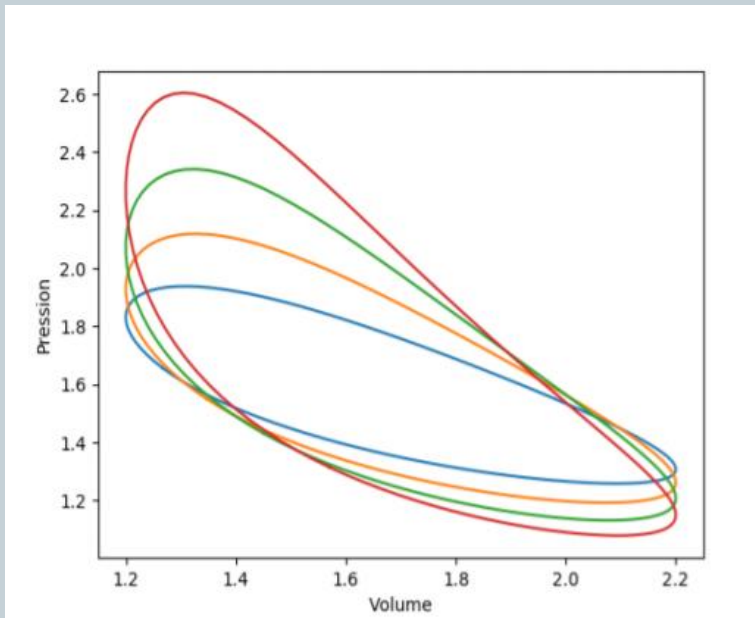
Pression instantanée :

$$p = \frac{nRTc}{V_e + \frac{T_c}{T_m} V_c + \frac{T_c}{T_f} V_r}$$

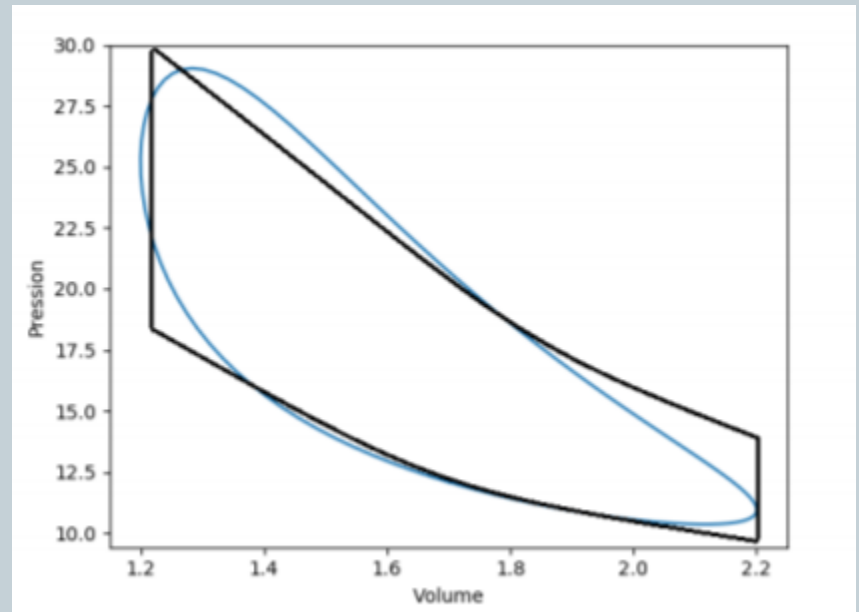


$$p = \frac{nRTc}{\frac{V_{e0}}{2} [1 - \cos(\Theta)] + \frac{T_c V_{e0}}{T_m} \frac{1 + \cos(\Theta)}{2} + \frac{V_{c0}}{2} [1 - \cos(\Theta - \Theta_0)] + \frac{T_c}{T_f} V_r}$$

Cycle P-V



La pression en fonction
du volume pour un
modèle de Schmidt



Comparaison entre le cycle
de Schmidt et le cycle idéal

Pertes d'énergie



On pose:

- T_1 : température du réchauffeur
 - T_2 : température du réfrigérant
 - T_3 : température du volume de compression
 - T_4 : Température du volume de
- $\Delta T_1 = T_1 - T_4$
 - $\Delta T_2 = T_2 - T_3$
 - w_1 : vitesse de rotation du moteur
 - K : conductance thermique

Pertes externes :

- L'échange de chaleur avec la source chaudes :

$$Q_1 = K_1(T_1 - T_4)$$

- L'échange de chaleur avec la source froide :

$$Q_2 = K_2(T_2 - T_3)$$

Pertes internes :

- Les pertes du régénérateur
- Des pertes dues a la conductance thermique entre la parti chaude et la partie froide, et le flux de chaleur perdu est :

$$Q_{ip} = K_{ip}(T_4 - T_3)$$

Puissance du moteur Stirling

Bilan énergétique :

- L'énergie cédée par le gaz à la source froide :

$$Q_{Sf} = Q_2 + Q_3 - Q_{ip} - [(1 - P) m r (T_4 - T_3)] / (\alpha - 1)$$

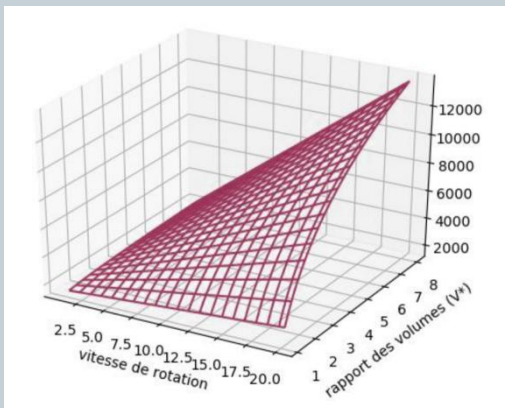
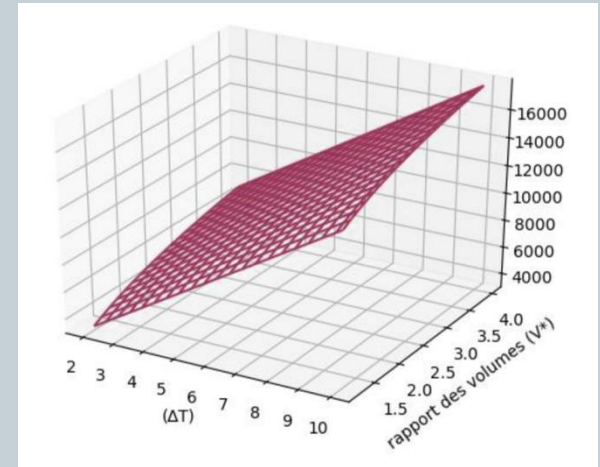
- L'énergie reçue par le gaz à la source chaude :

$$Q_{Sc} = Q_1 + Q_4 - Q_{ip} - [(1 - P) m r (T_4 - T_3)] / (\alpha - 1)$$

Puissance mécanique fournie par le moteur :

$$p = q_{Sc} - q_{Sf} = q_1 + q_4 - q_2 - q_3$$

$$P = K_1 \Delta T_1 + m w_1 r T_4 (\ln V_M / V_m) - K_2 \Delta T_2 - m r T_3 (\ln V_M / V_m)$$

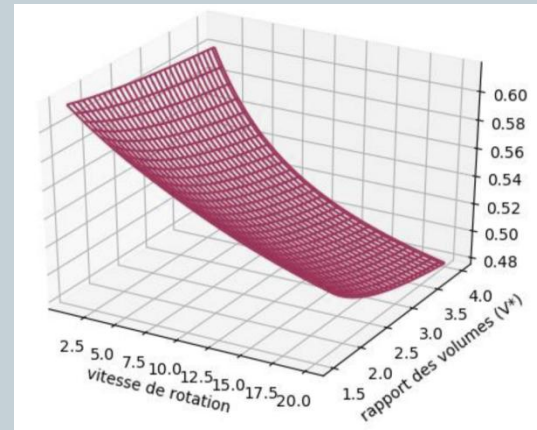
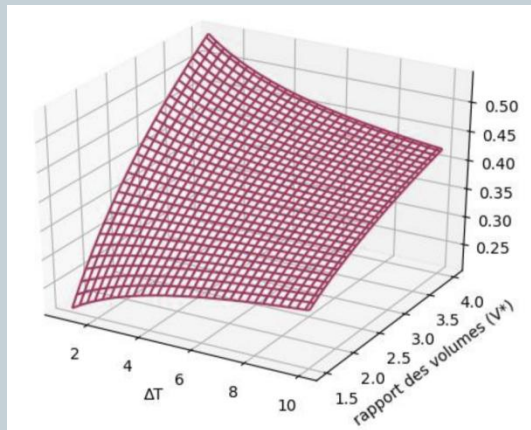


On constate que la puissance du moteur est proportionnelle avec ΔT et à V^*

Rendement du moteur Stirling

- $\eta = P/qc$

$$= \frac{K_1 \Delta T_1 + m w_1 r T_4 \ln(V^*) - K_2 \Delta T_2 - m r T_3 \ln(V^*)}{m w_1 r T_4 \ln(V^*) + K_1 \Delta T_1 + (1 - P) m r (T_4 - T_3) / (\alpha - 1) - K_1 p (T_4 - T_3)}$$



Pour avoir un meilleur rendement du moteur Stirling il faut diminuer la vitesse de rotation

Conclusion



- Le régénérateur est un élément clé pour un bon rendement du moteur Stirling
- la porosité (ainsi le volume) du régénérateur intervient dans le rendement du moteur Stirling
- le rendement du moteur dépend lui aussi du rendement du régénérateur
- Pour avoir des résultats plus réalistes et comparables avec ceux en pratique on doit se rendre compte des pertes dans le régénérateur



Merci pour votre attention

49608