**STS MCI**

Cycles théoriques

Beau de Rochas

Document de référence 1

MCI Brest

## table

[séquence 3 : calculs analytiques 2](#_Toc503023554)

[1. Calcul analytique des travaux 2](#_Toc503023555)

[1.1. Calcul sur une isobare 2](#_Toc503023556)

[1.2. Principe du calcul sur une isentropique : 2](#_Toc503023557)

[1.2.1. Calcul par le premier principe 2](#_Toc503023558)

[1.2.2. Par calcul intégral 2](#_Toc503023559)

[1.3. Travail de compression 3](#_Toc503023560)

[1.4. Travail de détente 3](#_Toc503023561)

[2. Bilan du cycle 3](#_Toc503023562)

[3. Exercice complémentaire : script Matlab pour graphique 3D… 4](#_Toc503023563)

[4. Energie récupérable 4](#_Toc503023564)

[5. Synthèse 6](#_Toc503023565)

## document de référence 1 : calculs analytiques

1. Calcul analytique des travaux
   1. Calcul sur une isobare

* Le travail s’écrit entre les points *i* (initial) et *f* (final) :

La pression étant constante, on a :

* Pour l'admission et l'échappement on aura : et . Ces 2 travaux s'annulent.
  1. Principe du calcul sur une isentropique :
     1. Calcul par le premier principe
* Pour une transformation isentropique on a, par définition :
* On a déjà déterminé et : ;
* Il vient donc :
* AN :
  + 1. Par calcul intégral
* Sur une isentropique, on a selon la loi de Laplace  . On peut donc exprimer facilement la pression en fonction du volume et d’une constante (conditions au point initial *i* ) :
* Le travail s’écrit donc entre les points *i* (initial) et *f* (final) :
  1. Travail de compression
* Pour la compression, on a ainsi : , et en remarquant que : , il vient :
  + AN :
  1. Travail de détente
* Pour la détente on aura de même : , et donc :
  + AN :

1. Bilan du cycle

* En remarquant que , on a :

On sait déjà que : et

Il vient :

Soit :

* Bilan du cycle :

Pour un cycle BdR, le travail ne dépend que de l’énergie introduite et du rapport volumétrique.

* On en déduit l’énergie perdue  :

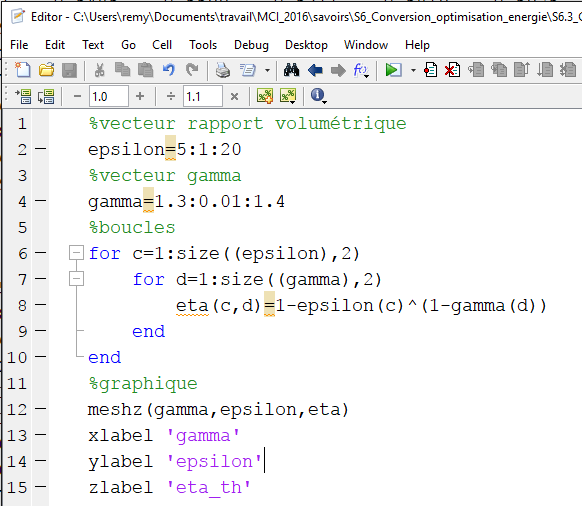
Et le rendement est :

* On peut également calculer le rendement de façon très simple :

On sait que (voir séquence 2)).

En remarquant la propriété des fractions : , il vient :

Le rendement théorique du cycle BdR ne dépend donc que du rapport volumétrique et de l'exposant isentropique.

1. Exercice complémentaire : script Matlab pour graphique 3D…
2. Energie récupérable

* On peut évidemment voir que si la détente se « prolonge » jusqu’à revenir au niveau de la pression initiale de 1 bar, on peut récupérer du travail. On peut facilement calculer le travail de détente complet .

➌

* On cherche le travail pour . Il faut donc effectuer un changement de variable d’intégration en , et non en .

➊

➍ bis

➍

➋

Et en formant la différentielle de  :

Que l’on replace dans l’intégrale :

A.N. :

* Il ne faut pas oublier le travail d’échappement :
  + Le volume se détermine facilement :
  + AN : ;
* Le travail du cycle avec détente complète est donc :
* Le travail gagné par la détente prolongée est :
* Le rendement théorique serait alors de :
  + On ne retrouve pas un rendement égal à 1… En effet, si l’on est revenu, en « suivant » cette transformation isentropique, à une pression de 1 bar, on n’a pas retrouvé la température initiale de 298 K. La température se détermine facilement :

et soit :

A.N. :

* + Considérons la variation d’énergie interne entre les états (3) et (1) dans lequel le gaz se trouve à la pression de 1 bar et la température à 298 K. L’énergie interne étant une fonction d’état, elle ne dépend que des états final et initial. On peut donc considérer une transformation isentropique puis une transformation isobare avec échange de chaleur. Le premier principe appliqué à la transformation 3 – 1 donne :

et

Le bilan donne dans ces conditions :

1. Synthèse

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Calculs analytiques | | | Calculs discrets (avec un pas de V/400) | | |
| W comp | 419,968 | J |  | 420,6 | J | Du PMB au PMH : |
| W det | -2557,810 | J |  | -2557,910 | J | Du PMH au PMB : |
| W cycle | -37,842 | J |  | -37,289 | J |  |
| rendement BdR | 0,6019 |  |  | 0,6017 |  |  |
| Avec détente complète | | | | | | |
| W det "complet" | -3239,979 | J | Avec | -3240 | J | Jusqu’à |
| W cycle "complet | -2527 | J |  | -2527 | J |  |
| rendement "complet" | 0,711 |  |  | 0,711 |  |  |
| T4bis | 1083,133 | K |  | 1082,856 | K | Jusqu’à |
| Q2 | -1414,023 | J |  | -1414,6 | J |  |
| bilan | 0,000 | J |  | 0,000 | J |  |
| Q2bis | -1023 | J |  | -1023 | J |  |
| bilan bis | 0,000 | J |  | 0,000 | J |  |
| PMTH | 2527 | kJ.m-3 |  | 2527 | kJ.m-3 |  |

* Les résultats montrent que les calculs analytique et discret sur le rendement sont très proches (10-4), ceci est vrai avec un « pas » de calcul assez faible (1/400ième de la cylindrée).
* Les pressions et températures atteintes lors du cycle théorique sont nettement plus élevées que pour un cycle réel : 153 bars en combustion pour un rapport volumétrique de 10, cela correspond à un niveau de pression maximale d’un moteur Diesel en pleine charge, avec un rapport volumétrique de 15 !
* On peut facilement vérifier que le rendement théorique ne dépend que du rapport volumétrique  et de . En effet, si l’on fait varier les autres paramètres, en particulier l’énergie introduite (en modifiant la richesse par exemple), le rendement reste constant. L’énergie perdue peut théoriquement être récupérée sous forme de travail en exploitant la détente complète des gaz. C’est la justification des turbos…

