**STS MCI**

Cycles théoriques

Document de référence 4

Moteur 5 Temps

MCI Brest

## table

[document de référence 3 : comparaison cycles 2](#_Toc503175521)

[ATKINSON-Diesel-Sabathé-BDR 2](#_Toc503175522)

[1. Objectifs 2](#_Toc503175523)

[2. Notions abordées 2](#_Toc503175524)

[3. Moyens 2](#_Toc503175525)

[4. problématique 2](#_Toc503175526)

[5. Le moteur à 5 temps:présentation 3](#_Toc503175527)

[6. travail demandé 3](#_Toc503175528)

[6.1. Tableau de fonctionnement : 3](#_Toc503175529)

[6.2. Volume de détente prolongée 3](#_Toc503175530)

[6.3. Analyse théorique 4](#_Toc503175531)

[6.3.1. Données 4](#_Toc503175532)

[6.3.2. Hypothèses et modélisation 4](#_Toc503175533)

[6.3.3. Approche globale 5](#_Toc503175534)

[6.3.4. Calcul des masses en œuvre et de l’énergie 5](#_Toc503175535)

[6.3.4.1. Masse en œuvre 5](#_Toc503175536)

[6.3.4.2. Energie 5](#_Toc503175537)

[6.3.4.3. Application numérique 5](#_Toc503175538)

[6.3.5. Détermination des caractéristiques des points 5 et 6 5](#_Toc503175539)

[6.3.5.1. Point 5 5](#_Toc503175540)

[6.3.5.2. Point 6 6](#_Toc503175541)

[6.3.5.3. Application numérique 6](#_Toc503175542)

[6.3.6. Calcul du travail du cycle 2 6](#_Toc503175543)

[6.3.6.1. Par : 6](#_Toc503175544)

[6.3.6.2. Par calcul direct : 6](#_Toc503175545)

[6.3.6.3. Application numérique 6](#_Toc503175546)

[6.3.7. Bilan : 7](#_Toc503175547)

[6.4. Discussion 7](#_Toc503175548)

## document de référence 3 : comparaison cycles

## ATKINSON-Diesel-Sabathé-BDR

1. Objectifs

* Analyser le fonctionnement du moteur « à 5 Temps »
* Calculer le rendement thermodynamique théorique de ce moteur.
* Discuter le rendement en fonction des divers paramètres dont il dépend.

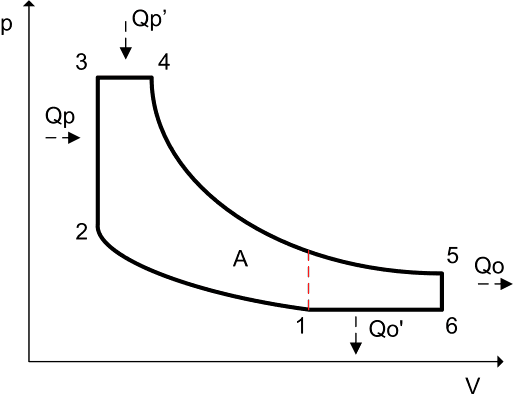
1. Notions abordées

* Thermodynamique : premier principe, transformations usuelles. Cycle Beau de Rochas.
* Matlab : création d’une matrice dans une double boucle itérative.

1. Moyens

* On exploite un document paru sur le web et dans différentes revues, écrit par « l’inventeur » du procédé : Gerhard Schmitz.
* On dispose de Matlab pour effectuer les calculs numériques et tracer les graphes.

1. problématique

* On sait que, intrinsèquement, le rendement du cycle Beau de Rochas est déterminé par la chaleur perdue lors de la phase échappement isochore . Le rendement thermodynamique s’écrit :
* Une des raisons de cette perte d’énergie est le fait que les rapports volumétriques de compression et de détente sont égaux : on ne récupère pas toute l’énergie potentielle lors de la détente.
* De nombreuses « idées » existent pour tenter de récupérer cette énergie : la suralimentation, les cycles à compression « décalée », c'est-à-dire avec un fort RFA : cycle d’ATKINSON ou de MILLER (avec suralimentation).
* Une nouvelle solution, à priori pertinente, est le moteur à 5 Temps.

Cycle Beau de Rochas

Cycle ATKINSON OU MILLER (avec suralimentation)

Q1

**Wcycle**

Q2

1. Le moteur à 5 temps:présentation

* Schéma du système : Il s’agit d’un moteur 3 cylindres, notés 1, 2 et 3 à partir de la gauche par exemple. Les cylindres 1 et 3 seulement réalisent les combustions. Le cylindre du milieu (2) a pour fonction de « récupérer » les énergies des cylindres 1 et 3 et de les convertir en travail en détendant les gaz. Pour une meilleure efficacité, il est prévu que le moteur soit suralimenté.

Wcycle

Q1

* On pourra aussi parler de cylindre HP (Haute Pression) pour les cylindres 1 et 3, et de cylindre BP (Basse Pression) pour le cylindre 2.

1. travail demandé
   1. Tableau de fonctionnement :

* Compléter le tableau de fonctionnement ci-dessous en utilisant les symboles proposés.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cylindre | 0° | 180° | 360° | 540° | 720° |
| 1 | A 🡫 | C 🡩 | CD 🡫 | T 🡩 |  |
| 2 | E 🡩 | D 🡫 | E 🡩 | D 🡫 |  |
| 3 | CD 🡫 | T 🡩 | A 🡫 | C 🡩 |  |

A 🡫 : admission ; C 🡩 : compression ; CD 🡫 : combustion détente (HP) ; T 🡩 : transfert ; E 🡩 : échappement ; D 🡫 : détente (BP).

* + On a bien 5 temps : admission, compression, combustion détente, transfert et échappement.

* 1. Volume de détente prolongée

PMB

PMH

PMB

PMH

Détente prolongée.

* Déterminer le volume et le rapport volumétrique de détente prolongée effectifs.
  + On a au point 5 :
  + Et au point 6 :
  + Le rapport volumétrique de détente effectif est :

, soit

* 1. Analyse théorique
     1. Données

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cylindres 1 et 3 | | | cylindre 2 | | | constantes | | | | | |
| V cyl1 | 150 | cm3 | V cyl2 | 449 | cm3 | P1 | 1 | bar |  | 1,4 | su |
| vmcyl\_1 | 16,67 | cm3 | vmcyl\_2 | 26,412 | cm3 | T1 | 298 | K | PCI | 44 | kJ.g-1 |
| cyl1 | 7 | su | cyl2 | 18 | su | r | 286,7 | J.kg-1.K-1 | PCO | 14,5 | su |
| Acyl1 | 6 | cm | Acyl2 | 8,3 | cm | cp | 1003,4 | J.kg-1.K-1 |  | 1 | su |
| rcyl1 | 2,65 | cm | rcyl2 | 4,15 | cm | cv | 716,7 | J.kg-1.K-1 |  |  |  |
| lcyl1 | 13 | cm | lcyl2 | 13 | cm | M air | 29 | g.mol-1 |  |  |  |
| Scyl1 | 28,274 | cm2 | Scyl2 | 54,11 | cm2 | R | 8,314 | J.kg-1.K-1 |  |  |  |

* + 1. Hypothèses et modélisation
* Gaz parfaits assimilés à l’air.

P

V

Q1

Q2

1

2

3

4

Q3\_a

Q3\_b

V1=Vcyl1+Vmcyl\_1

V5=Vcyl1+ Vmcyl\_1 + Vmcyl\_2

V6= Vmcyl\_1 + Vmcyl\_2 + Vcyl2

V2= Vmcyl\_1

5

6

7

8

* Cylindres 1 et 3 :
  + on considère un cycle Beau de Rochas classique.
* Cylindre 2 :
  + L’énergie perdue par le cycle BdR est “transmise” au cycle du cylindre 2.
  + A la fin de la détente du cylindre 1, le volume occupé par les gaz est le volume au-dessus du piston du cylindre 1 plus le volume mort du cylindre 2.
  + La masse de gaz alors en œuvre est celle du cylindre 1 plus celle du cylindre 2.
  + Cette masse subit une détente 5-6, de rapport volumétrique
  + L’énergie perdue correspond à l’énergie de l’isochore 8-5.
  + En fin d’échappement du cylindre 2, on est à la température .
  + Le rapport volumétrique de détente effectif est :

, soit

* + 1. Approche globale
* L’application du premier principe nous donne :
  + Pour le cylindre 1 :
  + Pour le cylindre 2 :
* Le rendement du cycle « complet » sera :
* Résolution :
  + Pour le cylindre 2, 2 voies sont possibles :
    - Ou :
    - Dans les 2 cas, il faut déterminer les caractéristiques des points 5 et 6.
    1. Calcul des masses en œuvre et de l’énergie
       1. Masse en œuvre
* Masse en œuvre dans le cycle 1 :
* Masse en œuvre dans le cycle 2 :
* Masse d’air admise :
  + - 1. Energie
      2. Application numérique

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cylindres 1 et 3 | | | cylindre 2 | | |
| V cyl1 | 150 | cm3 | V cyl2 | 449 | cm3 |
| vmcyl\_1 | 25,00 | cm3 | vmcyl\_2 | 26,886 | cm3 |
| cyl1 | 7 | su | cyl2 | 17,7 | su |
| Acyl1 | 6 | cm | Acyl2 | 8,3 | cm |
| rcyl1 | 2,65 | cm | rcyl2 | 4,15 | cm |
| lcyl1 | 13 | cm | lcyl2 | 13 | cm |
| Scyl1 | 28,274 | cm2 | Scyl2 | 54,11 | cm2 |
| mair\_cyl1 | 0,205 | g | mair\_cyl2 | 0,031 | g |
| mair\_cyl1 déplacé | 0,175575 | g | cyl2\_effectif | 2,48 |  |
| Q1 | 532,780 | J |  |  |  |

* + 1. Détermination des caractéristiques des points 5 et 6
       1. Point 5
* On connaît par hypothèse le point 8 : , .
* La chaleur apportée sur l’isochore 8-5 nous donne :
* Et :
  + - 1. Point 6
* Sur l’isentropique de détente : et
  + - 1. Application numérique

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| cycle 2 | |  |
| T5 | 1742,37 | K |
| P5 | 5,85 | bar |
| P6 | 1,64 | bar |
| T6 | 1211,40 | K |

* + 1. Calcul du travail du cycle 2
       1. Par :
       2. Par calcul direct :
* Rappel :
  + 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 prise au point initial *i* :
  + Le travail s’écrit entre les points *i* (initial) et *f* (final) :

Pour la détente, on aura donc :

* + - 1. Application numérique

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| W5-6 | -89,93 | J |
| W6-7 | 29,90 | J |
| Q6-8 | -184,60 | J |

* + 1. Bilan :
* En déduire le rendement du cycle complet, c'est-à-dire pour les 3 cylindres.
  + On a sur 2 tours moteur :
    - L’énergie introduite :
    - Le travail des cylindres 1 et 3 :
    - Le travail du cylindre 2 :
  + Le rendement théorique est par conséquent :
  + Application numérique :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Q1 | 532,780 | J |
| Wcyc\_1 | -288,15 | J |
| Q2 | -244,63 | J |
| Wcyc\_2 | -154,70 | J |
| h th cycle 5T | 0,654 |  |

* 1. Discussion
* Analyser et justifier, à l’aide des graphiques ci-dessous et en quelques lignes, l’évolution du rendement.
  + Logiquement, le rendement augmente avec  : c’est le gain sur la partie BdR du cycle ().
  + On voit cependant que le rendement est dépendant de l’énergie introduite, ce qui n’est pas le cas pour le BdR. A faible énergie introduite, on récupère peu d’énergie pour la partie détente prolongée, ce qui est confirmé par le graphique du travail de détente en fonction de , .
  + Par ailleurs, on voit que le rendement est finalement peu sensible à . Le volume du cylindre de détente a en revanche une influence non négligeable. Au-delà d’une certaine valeur, de l’ordre de 600 cm3, le rendement tend à diminuer. Ceci est dû au travail de détente prolongée qui tend vers une limite asymptotique, alors que le travail d’échappement ne cesse de croître…



