**STS MCI**

Cycles théoriques

Document de référence 2

Comparaison cycles BdR – Sabathé - Diesel

MCI Brest

## table

[document de référence 2 : comparaison cycles 2](#_Toc503165607)

[Diesel-Sabathé-BDR 2](#_Toc503165608)

[1. Objectifs 2](#_Toc503165609)

[2. Notions abordées 2](#_Toc503165610)

[3. Calcul du rendement théorique 2](#_Toc503165611)

[3.1. Modèle de Sabathé 2](#_Toc503165612)

[3.2. Expression du rendement 2](#_Toc503165613)

[3.3. Expression des quantités de chaleur 2](#_Toc503165614)

[3.4. Expression du rendement en fonction des températures 2](#_Toc503165615)

[3.5. Expression du rendement en fonction des pressions et des volumes 3](#_Toc503165616)

[4. Evolution vers les cycles Diesel et Beau de Rochas 3](#_Toc503165617)

[5. Comparaison à iso-rapport volumétrique 3](#_Toc503165618)

[6. Comparaison à iso-pmax 4](#_Toc503165619)

[6.1. Expression de la condition iso\_pmax 4](#_Toc503165620)

[6.2. Calcul du rapport volumétrique équivalent dans Excel 5](#_Toc503165621)

[7. Comparaison à iso-pmax et iso-masse 6](#_Toc503165622)

## document de référence 2 : comparaison cycles

## Diesel-Sabathé-BDR

1. Objectifs

Il s’agit de comparer le rendement des cycles théoriques Beau de Rochas, Diesel et Sabathé.

L’analyse comparative doit s’effectuer en faisant certaines hypothèses, qui déterminent 3 cas d’étude :

* Etude à iso cylindrée et iso rapport volumétrique.
* Etude à iso cylindrée et iso pression maximale.
* Etude à iso masse de gaz et iso pression maximale.

1. Notions abordées

* Thermodynamique : premier principe et lois usuelles des transformations isochore, isobare et isentropique.
* Résolution numérique d’équations par solveur.

1. Calcul du rendement théorique
   1. Modèle de Sabathé

On fera les calculs à partir du modèle de Sabathé.

P

V

Q1a

Q1b

Q2

vm

Vu+vm

1

2

3

4

5

Le cycle de Sabathé est constitué :

* D’une compression et d’une détente isentropiques.
* D’une combustion « en deux parties » :
  + Isochore
  + Isobare.

On peut « moduler » la répartition isochore / isobare en posant :

On note par ailleurs :

* 1. Expression du rendement

Par définition le rendement du cycle s’écrit :

* 1. Expression des quantités de chaleur

 : pour l’isochore 5-1 la chaleur échangée s’écrit :

 : pour l’isochore 2-3 on a de même :

: pour l’isobare 3-4 on a :

* 1. Expression du rendement en fonction des températures

Il vient donc :

Soit après simplification :

* 1. Expression du rendement en fonction des pressions et des volumes

On préfère généralement exprimer le rendement en fonction des pressions et des volumes plutôt que des températures. Pour cela on peut par exemple exprimer numérateur et dénominateur en fonction de , de façon à obtenir une fonction du type :

Il suffit pour cela d’utiliser les propriétés des différentes transformations.

* + Isentropiques : loi de Laplace
  + Isochores :
  + Isobare :

On peut donc accéder immédiatement à  et à :

Pour  :

Par conséquent :

Finalement :

En posant  :

1. Evolution vers les cycles Diesel et Beau de Rochas

* Pour un cycle Diesel, la combustion est purement isobare. On a donc et par conséquent :
* Pour un cycle BdR, on a une combustion purement isochore et donc . Le rendement devient sans surprise :

1. Comparaison à iso-rapport volumétrique

Les rapports et dépendent de la répartition de l’énergie

Il est donc judicieux d’exprimer et en fonction de  :

* Pour :

* Pour :
* On peut alors tracer l’évolution du rendement en fonction de  , ici pour :
* **Voir feuille "cas 1\_iso\_p" du classeur "TD\_compa\_cycles.xlsm".**

1. Comparaison à iso-pmax

On voit que dans ces conditions (iso-cylindrée et iso-rapport volumétrique) le cycle Diesel a un rendement moins bon que celui du BdR. Pour faire une comparaison plus significative, il faudrait que les cycles aient une même pression maximale. On peut donc ajouter une contrainte : comparaison à iso-pmax. Cela revient à calculer un rapport volumétrique différent qui permettrait d’obtenir la pression maximale de référence, c'est-à-dire celle du BdR.

* 1. Expression de la condition iso\_pmax

La condition d’iso-pression s’écrit :

La pression maxi des cycles est  :

La masse de gaz en œuvre est, si l’on introduit la cylindrée unitaire telle que :

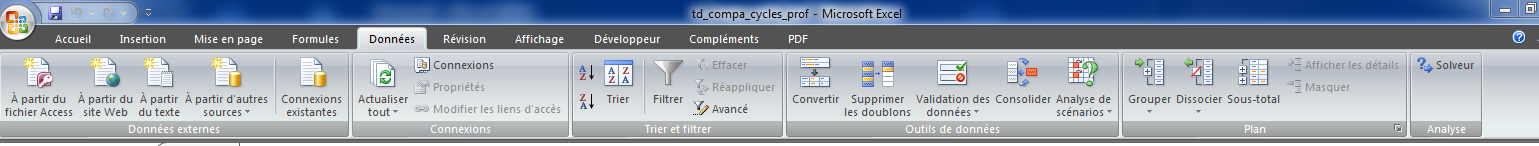
Et donc :

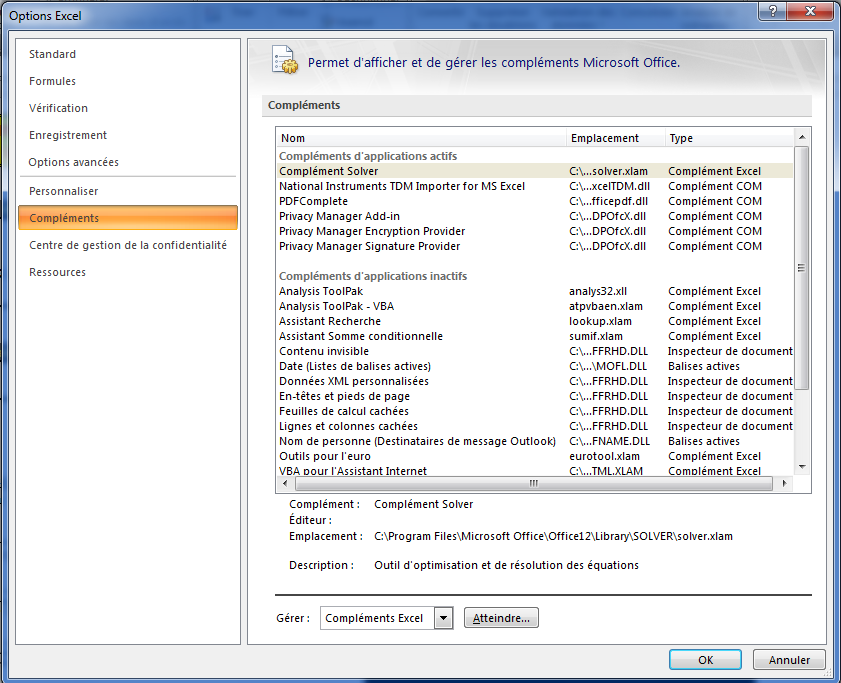
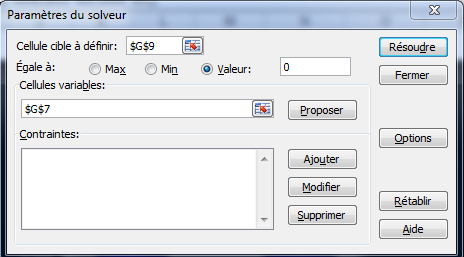
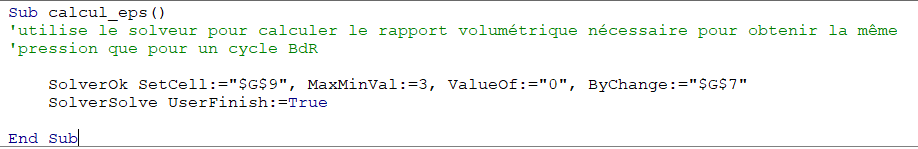
En utilisant les indices ad hoc, la condition devient (pour le BdR  ) :

Il s’agit d’une équation du type :

On ne peut résoudre cette équation que par des méthodes numériques. On propose donc d’utiliser les fonctions de solveur d’Excel.

* 1. Calcul du rapport volumétrique équivalent dans Excel

Il faut utiliser le **complément solveur**. Cette fonctionnalité est disponible dans le menu « données ».

* Si la fonction n’apparaît pas, il faut configurer les options dans la rubrique « compléments ».
* **Voir feuille "cas 2\_iso\_p" du classeur "TD\_compa\_cycles.xlsm".**
* La vue ci-dessous montre comment utiliser le solveur pour résoudre notre équation…
* On peut améliorer le fichier en créant une macro très simple que l’on affecte aux « toupies » :
* Aide sur le solveur VBA : <https://msdn.microsoft.com/fr-fr/vba/excel-vba/articles/using-the-solver-vba-functions>.
* Résultats :

On donne deux graphiques montrant le rapport volumétrique calculé et le gain de rendement relatif du Sabathé par rapport au BdR, et ceci pour .

Ces 2 graphiques sont tracés pour :

* Des valeurs de rapport volumétrique de base (BdR) de 8 à 12,
* Une énergie introduite Q1 de 1000 à 2000 Joules.

Avec les hypothèses de calcul définies plus haut, le rendement du Sabathé est toujours meilleur que celui du BdR, au prix d’un rapport volumétrique nettement plus élevé…

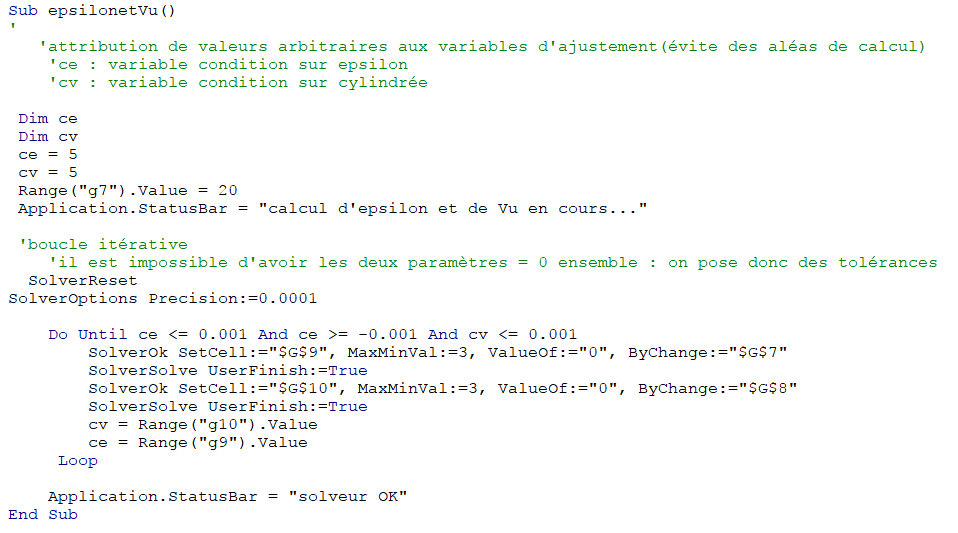
1. Comparaison à iso-pmax et iso-masse

On peut remarquer que si on calcule une nouvelle valeur de rapport volumétrique à iso-cylindrée, la masse de gaz participant au cycle n’est plus la même. On peut ajouter une contrainte pour recalculer une cylindrée telle que la masse de gaz soit constante. La comparaison entre les cycles sera alors vraiment objective. Cette contrainte peut se formuler par :

ou

Reprenons la formule vue plus haut donnant la masse de gaz :

La contrainte devient donc double :

Il s’agit donc de résoudre, à l’aide du solveur, un système de 2 équations à 2 inconnues. La macro ci-dessous propose une solution de calcul. **Voir la feuille "cas 3\_iso\_p\_iso\_m" du classeur**.