

LP 14 : Application des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques

Binôme : Pierre Janiszewski, Clara Schattner (passage du 24/09/2015)

Correcteur : Arnaud le Diffon

Messages à faire passer dans la leçon :

Historiquement la thermodynamique a pour objectif d'optimiser le fonctionnement de nouvelles machines (à l'époque) : les machines thermiques.

- ⇒ Application de la théorie aux machines : mise en place des équations et formules des rendements
- ⇒ Cas de rendement maximal : cycle de Carnot. Pas intéressant pour l'industrie car puissance nulle, mais le rendement de Carnot donne de bonnes indications sur le rendement réel (influence des T_f et T_c)
- ⇒ Etude d'un cycle idéal d'une machine réelle : choix à faire entre moteur à vapeur (choix fait pour la leçon présentée), le réfrigérateur ou le moteur à combustion (attention, dans ce cas prévoir les réponses pour expliquer pourquoi on applique une théorie des cycles fermés à un cycle ouvert !)

Plan choisi :

Intro : petit point historique, application numérique comparant l'énergie pour soulever 1kg sur 1m et l'énergie emmagasinée par 1kg d'eau chauffé d'1°C.

- I- Machines thermiques – définitions et principe de fonctionnement
 - a. Définitions
 - b. Application des deux principes
 - c. Rendements (+ODG)
 - d. Cycle de Carnot
Construction, diagramme T,S (voir le CapPrépa PCSI)
- II- Etude du cycle idéal d'une machine réelle : le moteur à vapeur
 - a. Fonctionnement – cycle de Rankine
Description du cycle et diagramme T,S (comparaison avec cycle de Carnot)
Schéma d'un REP
 - b. Utilisation du diagramme P,h et calcul du rendement
 - c. Amélioration du rendement
Influence des températures T_f et T_c
Surchauffe : cycle de Hirn

Conclusion : la thermo permet d'optimiser le rendement, mais il faut aussi considérer la puissance fournie par la machine => considérations d'ingénierie.

Applications traitées :

Calculs pour le moteur à vapeur

Applications qui auraient pu être traitées :

Cas du réfrigérateur ou du cycle moteur à combustion (Beau de Rochas ou Diesel)

Attention : tous les CR (et ALD) préconisent de ne pas traiter tous les exemples (style catalogue), mais d'en choisir un, max deux. On pourrait par exemple traiter en II le réfrigérateur avec simplement description du cycle et lecture graphique du rendement, puis en III faire l'étude détaillée du moteur à vapeur avec les calculs.

Expériences présentées :

Aucune

Bibliographie et remarques bibliographiques :

- Tout en un (nouveau programme) PCSI et PC/PC*=> cours + moteur à vapeur en exercice
- Thermodynamique appliquée, Van Wylen, Sonntag => calculs détaillés pour différents cycles + discussions sur les pertes (attention, pas toujours très clair : tous les travaux/échanges thermiques sont positifs et choix du signe à la fin pour le calcul du rendement...)
- Le cours de Physique de Feynman, Mécanique 2 : pour avoir une approche plus historique des principes et du cycle réversible.

- Chaleur thermodynamique, états de la matière, de P.Fleury et T.P.Mathieu : livre ancien dont il faut se méfier peut-être des valeurs numériques choisies, mais qui aborde les causes de diminution du rendement pour une machine réelle.
- ALD : CapPrépa PCSI => calculs sur le cycle de Carnot
- ALD : CapPrépa MP/PT => détails sur pleins de cycles (partie PT)

Remarques importantes du correcteur :

- Ne pas trop s'appesantir sur la partie théorique (moins de 20 minutes)
- Ne pas faire un catalogue des cycles possibles
- Bien de faire une utilisation des diagrammes (lecture graphique)
- Bien de faire le lien avec des installations réelles (centrale nucléaire), contextualisation

Remarques importantes des rapports de jury :

- **2015** : Les diagrammes thermodynamiques, exploités dans les programmes de CPGE, sont trop rarement présentés et utilisés.
- **2014** : L'utilisation de diagrammes thermodynamiques relatifs à des fluides réels pour illustrer le propos est appréciée par le jury. Les moteurs thermiques ne sont pas réalisés en visant uniquement un rendement optimal.
- **2008, 2007, 2006** : Les candidats ne peuvent se contenter de traiter le fonctionnement de machines « théoriques », mais doivent développer un exemple de machine réelle.
- **2003** : Au delà de l'exposé classique que l'on trouve toujours, il faut discuter les causes d'irréversibilité : s'agit-il de frottements mécaniques ou de problèmes de diffusion thermique ? Par ailleurs, les moteurs réversibles ont forcément un fonctionnement lent. : comment peut-on alors récupérer de la puissance avec une telle machine thermique ? Il est intéressant d'évoquer également la nature des fluides subissant les cycles. Pourquoi certaines machines utilisent elles des fluides subissant des changements d'état ?

Extrait du programme MPSI/PCSI

- **Notions et contenus :**

Application du premier principe et du deuxième principe aux machines thermiques cycliques dithermes : rendement, efficacité, théorème de Carnot.

Exemples d'études de machines thermodynamiques réelles à l'aide de diagrammes (p,h).

- **Capacités exigibles :**

Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme.

Analyser un dispositif concret et le modéliser par une machine cyclique ditherme.

Définir un rendement ou une efficacité et la relier aux énergies échangées au cours d'un cycle.

Justifier et utiliser le théorème de Carnot.

Citer quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles.

Utiliser le 1er principe dans un écoulement stationnaire sous la forme $h_2 - h_1 = w_u + q$, pour étudier une machine thermique ditherme.

Questions posées

- Expliquer les signes des travaux et échanges thermiques dans les 3 types de machines thermiques
- Construction du diagramme de Paveau ?
- Cycle de Carnot = unique cycle réversible ? Justification du cycle (2 isothermes et 2 adiabatiques réversibles) => voir le CapPrépa
- Pourquoi on n'utilise pas Carnot en pratique ? (puissance nulle et contraintes fortes sur P et V pour avoir un travail intéressant)
- Dans le REP, pourquoi les circuits primaires et secondaires ne sont pas reliés ?
- Comment applique-t-on le premier principe à un fluide en écoulement stationnaire ?
- Phénomène de cavitation : comment ça marche ? pourquoi ça fait des dégâts sur la turbine ? ODG calculable
- Principe d'une tuyère, d'une turbine,...