

Sujet Final ER41 A2016

Nom:
Prénom:

Signature:

Aucun document autorisé - durée 2h

Question de cours

Dessiner le schéma général d'une centrale nucléaire de type RBMK. Quel est le fluide caloporteur? Quel est le modérateur? Quel est le principal problème de ce type de centrale ?

Exercice 1 : Cycle de Otto.

On doit à l'ingénieur allemand Nikolaus Otto, en 1864, la mise au point du moteur que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de « moteur à essence ». Le cycle de principe de ce moteur, appelé cycle d'Otto, est constitué de deux phases isentropiques (adiabatique et réversible) encadrées par deux phases isochores. Ainsi, la transformation A-B est une compression isentropique. Elle est suivie d'un apport de chaleur isochore de B vers C (rejet de chaleur). Ensuite le système subit une détente isentropique (C-D) suivie d'une transformation isochore (D-A). Le cycle d'Otto est conçu pour permettre une mise en œuvre simple de la phase d'apport de chaleur. Le carburant est mélangé à l'air avant son insertion dans le moteur, et une combustion très rapide est provoquée avec une étincelle lorsque le volume dans le cylindre est minimal : c'est ce que l'on nomme l'allumage commandé. Otto destine son moteur à des applications statiques, mais sa simplicité relative et sa réactivité assureront son succès dans les transports (notamment avec son fils Gustav Otto, avionneur dont l'entreprise donnera naissance à BMW).

1. Représentez ce cycle théorique dans un diagramme de Clapeyron

2. Etant donné qu'aucun transfert de chaleur n'a lieu dans les phases de compression et de détente isentropiques et si on considère que les propriétés du gaz (C_v) ne changent pas au cours du cycle. Déterminer le rendement théorique du cycle de Otto η_{Otto} en fonction de T_A , T_B , T_C et T_D les températures à chaque étape du cycle.

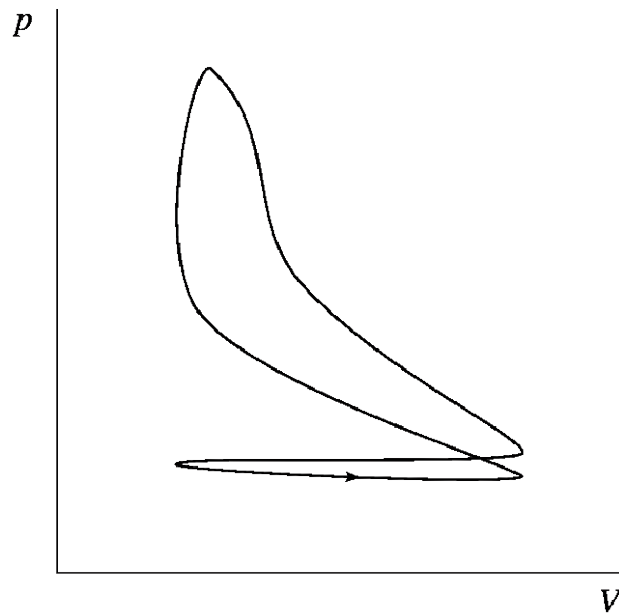
3. En définissant le taux de compression ε comme étant le rapport entre V_A et V_B , exprimez le rendement du cycle en fonction de ε et de γ .

4. Au début du Cycle, l'air est à 21°C et à 1 bar. La chaleur spécifique fournie à chaque cycle est de 500 kJ.kg^{-1} . Le taux de compression ϵ est de 7. Quelles sont les températures au début et à la fin de la combustion ? (Les grandeurs nécessaires au calcul sont à la fin de l'exercice)

5. Quelle est la quantité de chaleur rejetée lors du refroidissement ?

6. Quel est le rendement de ce cycle théorique ?

7. En pratique, l'évolution de l'air sur le diagramme de Clapeyron est fort différente du cycle décrit par Otto et ressemble davantage à la figure suivante. Proposez deux raisons à cela.



8. Si l'on place ce moteur sur un avion, on constate, lorsque l'appareil gagne en altitude que la puissance que le moteur peut fournir baisse de façon importante. Quelle modification peut-on apporter au moteur pour éviter ce problème ?

$$c_{v(\text{air})} = 718 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad R_{\text{air}} = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$c_{p(\text{air})} = 1005 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad \gamma_{\text{air}} = 1,4$$

$$c_{v(\text{gaz})} = 823 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad R_{\text{gaz}} = 327 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$c_{p(\text{gaz})} = 1150 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad \gamma_{\text{gaz}} = 1,333$$

Exercice 2 : un peu de désordre.

Un vase calorifugé contient $m_1=200\text{g}$ de liquide de capacité thermique massique $c_1=2850\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ à la température $t_1 =20^\circ\text{C}$. On y plonge rapidement un bloc de cuivre de masse $m_2=250\text{g}$ ($c_2=390\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$) pris initialement à la température $t_2 = 80^\circ\text{C}$. La capacité thermique du récipient est $c_3=150\text{ JK}^{-1}$ est soigneusement refermé.

1. Déterminer la température d'équilibre

2. Calculez la variation globale d'entropie au cours de cette opération

3. On retire le couvercle et on laisse l'ensemble se refroidir lentement jusqu'à la température ambiante jusqu'à la température ambiante de 20°C . Quelle est la variation d'entropie de l'ensemble (vase, liquide, cuivre).

4. Quelle est la variation d'entropie de l'ensemble (vase, liquide, cuivre, milieu extérieur) ?
Qu'en concluez vous ?

Exercice 3 : Pompe à chaleur

Une pompe à chaleur dont le fonctionnement est supposé réversible échange de la chaleur avec deux sources : l'une est l'eau d'un lac dont la température est $T_0 = 280 \text{ K}$, l'autre est une masse $M = 1000 \text{ kg}$ thermiquement isolée dont la température initiale est $T_i = 293 \text{ K}$. La capacité thermique massique à pression constante de l'eau est $c_p = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Calculer, lorsque la masse M d'eau a atteint la température finale $T_f = 333 \text{ K}$:

1. Les transferts thermiques machine/eau et machine/lac

2. Le travail absorbé par la pompe

3. La variation d'entropie de la source froide

4. Le COP moyen de la pompe. Commentez ce résultat.