

## Final de TE42

Document autorisé : un formulaire de cours manuscrit recto simple

Durée : 2h00

**Partie I** : Installation de réfrigération

I) Description

Une chambre froide à 0°C est placée dans une pièce à 20°C. Un groupe frigorifique assure le transfert de chaleur.

Le fluide de travail est du R22. Son diagramme  $\ln(p)/h$  vous est fourni, ainsi qu'un tracé partiel du cycle étudié.

- L'évaporation/surchauffe 4-1 est une isobare à  $P_{\text{sat}}(-10^\circ\text{C})$ . L'échange se fait avec une enceinte à  $T_f = 0^\circ\text{C}$ .
- Le refroidissement/condensation 2-3 est une isobare à  $P_{\text{sat}}(60^\circ\text{C})$ . L'échange se fait avec l'air de la pièce maintenu à  $T_f = 20^\circ\text{C}$ .
- Pour les calculs exergétiques, la référence sera prise à  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ , la température extérieure.
- Le régime est permanent ou périodique pour chaque transformation. On prendra un débit massique  $q_m = 1\text{kg/s}$ .

II) Etude de la compression 1-2

En sortie d'évaporateur, une surchauffe isobare de 5°C est assurée par le pilotage de la vanne de détente.

II.1) Référence isentropique

a) On prend pour référence la compression isentropique 1-2s. Reporter cette transformation sur le diagramme puis, compléter les points  $P_1, P_{2s}$  du tableau tab.1. On rappelle que le premier principe s'écrit pour cette transformation :  $q_m(h_{2s} - h_1) = P_u$

b) Par application du théorème de l'exergie, calculer la perte exergétique  $xhi$ . Que peut-on en conclure ?

II.2) Compression adiabatique

Le rendement isentropique est en fait voisin de  $\eta_{is} = 0.8$ . On rappelle la définition du rendement isentropique :  $\eta_{is} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$ .

a) En déduire les coordonnées  $(h_2, s_2)$  du point de fin de compression  $P_2$ .

Recopier puis compléter le tableau ci-dessous :

Point	$h_i$ (kJ / kg)	$s_i$ (kJ / kg / K)	$xh_i$ (kJ / kg)
$P_i$			
$P_1$			
$P_{2s}$			
$P_2$			

Tab.1

b) En déduire la nouvelle perte exergétique, et le rendement exergétique correspondant.

### II.3) Compression non adiabatique

a) La compression n'est plus considérée comme adiabatique. On estime à 10% de la puissance utile fournie, la puissance thermique fournie à la pièce. Calculer le rapport des puissances de compression non adiabatique et adiabatique, les points  $P_1, P_2$  étant invariants.

b) Calculer le rendement de cette transformation par rapport à l'isentropique

c) Calculer le nouveau rendement exergétique.

### III) Recherche du CEF, coefficient d'effet frigorifique

On prendra comme modèle pour la compression, la compression adiabatique du II.2. La détente 3-4 conserve l'enthalpie.

III.1) Recopier et Compléter les tableaux Tab.2, Tab.3 suivants :

$P_i$	$p_i$ (bar)	$h_i$ (kJ/kg)	Titre $x_i$
$P_1$			1
$P_2$			1
$P_3$			0.1
$P_4$			

Tab.2

$T_{ij}$	$h_j - h_i$ (kJ / kg)	$W_u$ (kJ / kg)	$Q_e$ (kJ / kg)
$P_1 - P_2$			
$P_2 - P_3$			
$P_3 - P_4$			
$P_4 - P_1$			
Bilan	0		

Tab.3

III.2) Déterminer le coefficient d'efficacité frigo de cette machine

III.3) Calculer  $s_3$  l'entropie du point  $P_3$ .

### IV) Bilan exergétique global

On considère comme système thermodynamique, le fluide R22 contenu dans le groupe frigorifique. Le régime est permanent.

IV.1) Quels sont les échanges de ce système avec 'son' extérieur ? Lister et calculer les fournitures et les utilisations exergétiques correspondantes.

IV.2) Ecrire l'équation de bilan exergétique pour ce système. Calculer la perte exergétique totale  $\dot{x}_{hi}$ , pour un débit  $q_m = 1 \text{ kg} / \text{s}$ .

IV.3) En déduire le rendement exergétique global et commenter le. Lister les causes destructrices d'exergie et proposer un éventuel remède.

## Changer de copie

### Partie II : Cycles de Beau de Rochas et de Miller ( 10 points)

On considère un moteur à essence à 4 temps fonctionnant suivant un cycle de Beau de Rochas. La cylindrée de ce moteur est définie par un diamètre d'alésage de 76 mm et une course de 66 mm.

Le mélange air + essence est admis de façon isobare à la pression de 1 bar et à la température de 325 K et on suppose que le coefficient de remplissage est égal à 1.

Le mélange air + essence et les fumées sont considérés comme un gaz parfait tel que  $\gamma = 1,33$  et  $c_v = 690 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . De plus, la combustion fournit une quantité de chaleur  $q_c = 2,7 \text{ MJ/kg}$ .

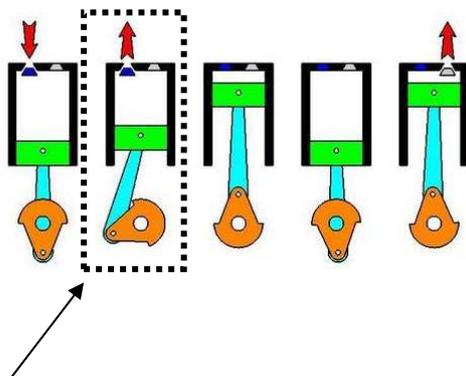
- 1) Représenter graphiquement le cycle théorique de Beau de Rochas avec les phases d'admission et d'échappement dans un diagramme (p,V) puis calculer  $V_1$  et  $V_2$  sachant que son rapport volumétrique de compression est  $\varepsilon = 10,6$ .
- 2) Déterminer les pressions et températures des différents points du cycle et reporter vos résultats dans un tableau récapitulatif.
- 3) Déterminer le travail massique indiqué par cycle puis le rendement thermodynamique théorique  $\eta_{\text{BdR}}$ .

On s'intéresse maintenant à la mise en œuvre du cycle de Miller sur ce moteur.

Ce cycle est dérivé du cycle de Beau de Rochas. Le principe est d'avoir une course de compression plus faible que la course de la détente. Par conséquent, le rapport volumétrique de compression  $\varepsilon_c$  est inférieur au rapport volumétrique de détente  $\varepsilon_d = V_4/V_3$ .

Pour cela, on laisse la soupape d'admission ouverte au début de la course de remontée du piston (voir schéma ci-dessous).

Le séquençement est donc le suivant :



- admission isobare 0 – 1,
- 'compression' isobare 1 – 1',
- compression isentropique 1' – 2,
- apport de chaleur (combustion) isochore 2 – 3,
- détente isentropique 3 – 4,
- refroidissement isochore 4 – 1.

Une partie du mélange est donc refoulée de façon isobare dans le canal d'admission (jusqu'au cycle suivant).

Ce cycle est parfois appelé cycle à 5 temps.

On suppose ici que les pressions des phases 0 – 1, 1 – 1' et 4 – 1 sont identiques et égales à 1 bar et que la phase 1 – 1' s'effectue sur 20 % de la course du piston.

- 4) Représenter graphiquement le cycle théorique de Miller avec les phases d'admission et d'échappement dans un diagramme (p,V) puis calculer  $V_{1'}$  sachant que  $V_1$  et  $V_2$  n'ont pas changé.
- 5) Calculer le nouveau rapport volumétrique de compression  $\varepsilon_c$ . Recalculer les nouvelles valeurs des pressions et températures des différents points du cycle sachant que  $T_{1'} = T_1$  et que la combustion reste identique (la quantité de chaleur apportée est toujours  $q_c = 2,7 \text{ MJ/kg}$ ). Présenter vos résultats dans un tableau récapitulatif.
- 6) Déterminer le travail massique indiqué par cycle puis le rendement thermodynamique théorique  $\eta_{\text{Miller}}$  et comparer avec  $\eta_{\text{BdR}}$ .