ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2017

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

14-AE-A3
Thermodynamique appliquée et transfert de chaleur

Problème # 1 (17 %)

Soit un cycle Otto dont le taux compression est de 9. Au début de l`évolution de compression, l`air se trouve à 85 kPa et à 12 °C. La température maximale du cycle est de 1300 K. Faites l'analyse du cycle selon les *hypothèses de l'air standard avec les coefficients de chaleur massique (Cp et Cv) variables*.

a) Tracez le cycle sur un diagramme P-v (1%)
b) Remplissez le tableau des propriétés ci-dessous pour chacun des états thermodynamique (8%)
c) Calculez la chaleur fournie pour chaque cycle thermodynamique (***en kJ/kg***) (3%).
d) Calculez le travail net produit pour chaque cycle (***en kJ/kg***) (3%).
e) Calculer le rendement thermique pour le cycle (2%).

État	**1**	**2**	**3**	**4**
P (kPa)				
T (°C)				
u (kJ/kg)				

Problème #2 (20%)

Une sphère en acier (k = 20 W/m·K, α= 5x10^{-6} m^2/s) entre dans un four dont la température ambiante est de 500°C et le coefficient de convection est h = 400 W/m^2·K. La température initiale de la sphère est de 20°C. La sphère à un rayon extérieur de 10 cm.

a) Quel est le temps requis pour que la température de surface de la sphère atteigne 450°C (12%)?
b) Quelle est alors la température au centre de la sphère (3%)?
c) Quelle est alors la quantité de chaleur gagnée par la sphère (5%)

Problème # 3 (22 %)

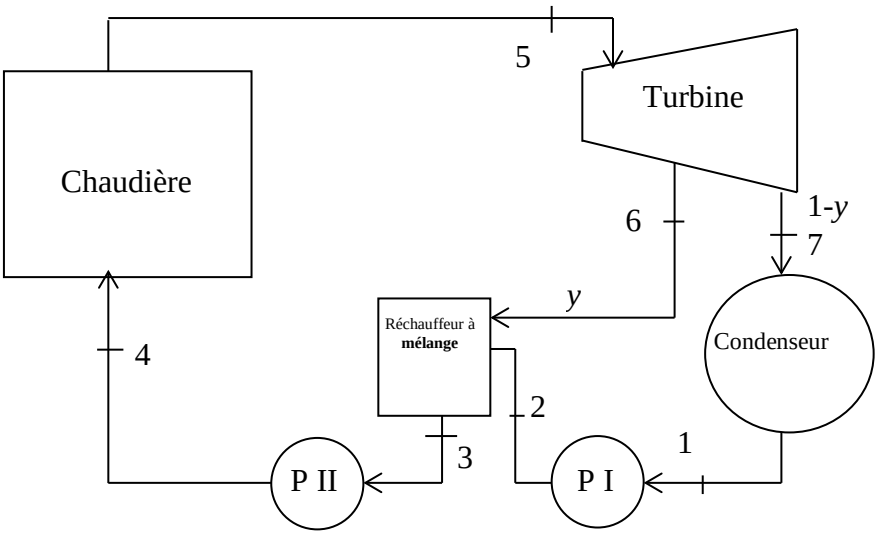
Un échangeur coque et tubes et utilisé pour chauffer de l'eau de procédé (côté tubes) en condensant de la vapeur d'eau (côté coque). La vapeur d'eau, à une pression de 1,5233 bars, entre dans la coque sous forme de vapeur saturée et en sort sous forme de liquide saturé. Le coefficient de convection de la vapeur d'eau est $h = 2000\ W/m^2 \cdot K$

L'eau de procédé circule dans les tubes. Il y a un total de 125 tubes faisant 4 passes dans la calandre. La longueur de chaque passe de tube est de 3 mètres. Les tubes, à paroi mince, ont un diamètre de 1 cm. Le débit d'eau total est de 15 kg/s et la température d'entrée de l'eau est $T_{c,i}$ = 20°C. Évaluez les propriétés de l'eau à 310 K.

a) Déterminez la puissance thermique de l'échangeur de chaleur en kW (15%)
b) Déterminez la température de sortie de l'eau $T_{c,o}$ (2%)
c) Déterminez le débit de vapeur condensée en kg/s. (5 %)

Problème # 4 (15%)

Une centrale thermique développe une puissance nette de 100 MW et fonctionne selon un cycle de Rankine avec régénération en utilisant un réchauffeur à mélange. La pression dans la chaudière est de 8 MPa. La vapeur entre dans la turbine à 8 MPa et 480 ^{o}C. Par la suite la vapeur est détendue jusqu'à une pression de 0,7 MPa. Une fraction (y) de cette vapeur est soutirée de la turbine à une pression de 0,7 MPa et est envoyée dans le réchauffeur à mélange. La fraction (1-y) de la vapeur continue sa détente jusqu'au condenseur. La pression dans le condenseur est de 10 kPa.



En considérant un rendement isentropique de 85 % pour les turbines et 100 % pour les pompes,

a) Remplissez le tableau à la page suivante. (7 %)
b) Déterminez la fraction, y, de la vapeur soutirée de la turbine. (3%)

c) Déterminez le débit massique de la vapeur à l'entrée de la turbine (en kg/s). (2 %)
d) Déterminez le rendement thermique du cycle. (3%)

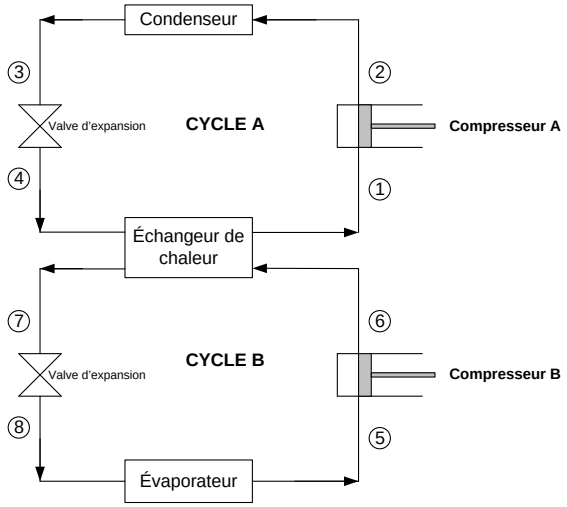
États	P (kPa)	h (kJ/kg)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Problème #5 (26 %)

Un cycle de réfrigération à compression de vapeur en cascade ***idéal*** est présenté sur la figure suivante. Le condenseur opère à une pression de 0,01 MPa et l'évaporateur à une pression de 120 kPa.

Le cycle haute température (A) utilise de l'***eau*** comme réfrigérant et l'évaporateur du cycle A (compris entre les points 4 et 1) opère à une température de saturation de 10 °C. Le cycle basse température (B) utilise du ***R-134a*** comme réfrigérant et le condenseur du cycle B (compris entre les points 6 et 7) opère à une pression de 500 kPa.

a) Remplissez le tableau des propriétés à la page suivante. (16 %)
b) Sachant que le système absorbe de la chaleur du milieu réfrigéré à un taux de 18 kW, déterminez :
   i. La puissance du compresseur A (2%)
   ii. La puissance du compresseur B (2%)
   iii. Le rejet de chaleur au condenseur (3%)
   iv. Le COP du système (3%)



État	1	2	3	4	5	6	7	8
P (kPa)								
h (kJ/kg)								
T (°C)								