

TD4 (Chapitres 6 & 7) – Réponses et ‘comment faire’ des exercices et problèmes recommandés et optionnels

6.5 (6-5) Non, car ce processus viole l'énoncé de Clausius, et donc la deuxième loi de la thermodynamique

6.12 (6-12) Non, ce processus ne viole pas de lois thermodynamiques. Cependant, l'inverse violerait la deuxième loi de la thermodynamique.

6.16 (6-16) Non, l'énoncé de Kelvin-Planck ne s'applique que pour les cycles, qui sont requis pour faire la conversion énergie thermique → travail .

6.22) Réponse: 21.9%

(6-23) Comment: considérons le moteur d'auto comme un moteur thermique recevant d'un réservoir chaud (combustion du carburant) de la chaleur  $\dot{Q}_H$  égale à l'énergie du carburant et convertissant une partie (60 kW) en travail.

6.24) Réponses: a)  $2.893 \times 10^6$  kg par jour b) 401.8 kg/s

(6-29) Comment: - connaissant  $\eta_T$  et  $\dot{W}_{out}$ , on peut trouver  $\dot{Q}_H$   
- on utilise  $\dot{Q}_H$  pour trouver  $\dot{m}_{charbon}$  et  $\dot{m}_{air}$  ( $= 12\dot{m}_{charbon}$ )

6.35) Réponses: a) 0.83 kW b) 1.83 kW ou 110 kJ/min

(6-40) Comment: - connaissant  $COP_R$  et  $\dot{Q}_L$ , on peut trouver  $\dot{W}_{in}$   
- le bilan d'énergie sur le réfrigérateur donne  $\dot{Q}_H$

[6.48] Réponses: a) 2.64 b) 1.963 kW

Comment : - le bilan d'énergie sur le condenseur donne  $\dot{Q}_H$ , puis connaissant la puissance mécanique fournie, on peut trouver  $COP_{PT}$

- le bilan d'énergie (système fermé) sur le cycle entier donne  $\dot{Q}_L$

6.59) i) réversible → quasi-statique : oui ii) quasi-statique → réversible : pas nécessairement

(6.60)

(6-69)

6.76) Non, car du travail doit être fourni au réfrigérateur, ce qui diminue le travail net sortant.

(6.78)

(6-91)

[6-92] Réponse : Impossible

Comment: - Le  $COP_R$  peut être calculé avec le taux de transfert de chaleur et la puissance

fournie

- Le  $COP_{R, \text{rév}}$  peut être calculé avec les température des réservoir
- La comparaison de  $COP_R$  avec  $COP_{R, \text{rév}}$  dirait si c'est possible.

6.93) Réponses: a) 6.59 b) 37.4 c) 17.63 L/min

(6.95) Comment: - la conservation de masse et le bilan d'énergie sur le compresseur (connaissant

(6-113) les états d'entrée (1) et de sortie (2) et  $\dot{m}_r = \frac{V_1}{v_1}$ ) donnent  $\dot{W}_{in}$

- le bilan d'énergie sur la salle donne  $\dot{Q}_L$ , ce qui permet de calculer - le bilan d'énergie sur le réfrigérateur donne  $COP_R$

-  $COP_{R, \text{max}} = COP_{R, \text{rév}} = f(T_H, T_L)$

- On utilise  $COP_{R, \text{max}}$  pour obtenir  $COP_{R, \text{max}} = COP_{R, \text{rév}} = f(T_H, T_L)$  et calculer  $\dot{W}_{in, \text{min}}$  à partir du bilan d'énergie sur le compresseur avec les mêmes  $h_1, h_2$  à l'entrée et la sortie

7.1 (7-1) Non, car c'est  $\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$  et non  $\oint \delta Q \leq 0$ .

7.6 (7-6) La définition de  $\Delta S$  implique que l'évolution dans ce cas soit intérieurement réversible.

7.20 (7-20) Oui, si  $S_{gen} = -\int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$  (toute l'entropie générée sort du système par la chaleur).

(Cependant l'entropie de l'univers augmente.)

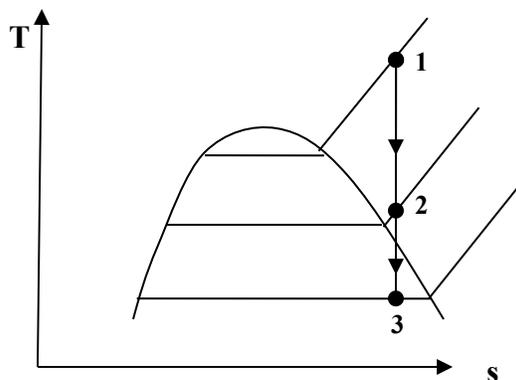
7.34) Réponse: 8.10 kJ/K

(7-39) Comment: - On connaît l'état initial (1), donc  $s_1$ , ainsi que le titre du mélange saturé à l'état final (2). Mais le volume et la masse restent constants, ce qui spécifie  $v_2$ , et donc  $s_2$ .

7.52) Réponses: a)

(7.56)

(7-64)



b) 993.9 kJ/kg

- Comment: - Pour dessiner le diagramme T-S avec lignes de saturation il faut connaître la phase de chaque état.
- On connaît l'état à l'entrée (1) et les pressions aux sorties ( $P_2, P_3$ ). Sachant que la turbine est adiabatique et réversible (donc isentropique), on peut trouver les états (2) et (3) aux sorties.
  - La conservation de la masse et le bilan d'énergie sur la turbine *isentropique*, donnent la puissance isentropique. Connaissant le rendement isentropique de la turbine actuelle, on peut dériver la puissance actuelle.

7.54) Réponses: a) 27.04 °C      b) 0.205 kJ/K

(7.58) Comment: - Présumons que le cuivre et l'eau sont des substances incompressibles, donc leurs états sont déterminés par la température seulement.

- (7-67)
- On connaît la masse des substances et leurs températures initiales ( $T_{c1}, T_{e1}$ ). Le bilan d'énergie donne leur température finale ( $T_2$ ).
  - Les températures initiales et finales permettent de trouver le changement d'entropie pour chaque substance incompressible et la somme de ces changements donne le changement d'entropie total du système, qui est le même que celui de l'évolution (univers) car il n'y a pas de transfert de chaleur avec l'environnement.

[7-67] Réponse: 0.790 kJ/K

- Comment: - On connaît les états initial (1) ( $P_1, V_1, m$  donnés) et final (2) ( $P_2, v_2 = v_1$ )
- En supposant un gaz parfait et des chaleurs massiques constantes on peut calculer  $\Delta S = m\Delta s$ . Notez que la réponse du livre (0.719 kJ/K) vient du fait d'avoir pris la chaleur massique proche de  $T_1$  dans le tableau A-2 au lieu de la prendre à la température moyenne.

7.73) Réponses: -0.0617 kJ/K

- (7.78) Comment: - On connaît la masse d'azote et l'états initial (1) ( $P_1, T_1$ ). On peut calculer  $V_1$  par l'équation de gaz parfait et connaissant  $V_2$  on peut utiliser l'évolution polytropique donnée pour trouver  $P_2$  et donc  $T_2$  pour ainsi définir l'état final (2).
- (7-89)
- On peut calculer le changement d'entropie de l'azote (gaz parfait) avec soit ( $P_1, T_1$ ) et ( $P_2, T_2$ ) ou ( $V_1, T_1$ ) et ( $V_2, T_2$ ).

7.81) Réponses: a) 70.2 °C      b) 4661 kJ      c) 1.77 kJ/K

(7.89) Comment: - On peut supposer que la pression initiale dans la salle est à 101.3 kPa et que le volume de l'eau est négligeable comparé à celui de la salle, pour obtenir la masse de l'air.

- (7-104)
- Le bilan d'énergie pour la salle entière donne température finale.
  - Le bilan d'énergie pour l'air ou l'eau donne l'échange de chaleur.
  - Le bilan d'entropie pour la salle entière donne la génération d'entropie.

7.90) Réponse: 5100 kPa

(7.98) Comment: - La pression à la sortie de la pompe serait maximale pour une évolution  
(7-115) intérieurement réversible (travail vdP).  
- On peut supposer que l'eau liquide est incompressible.

7.95) i) évolution isentropique

$$(7.104) (7-123) \text{ ii) } \eta_{turbine} = \frac{W_{act}}{W_{isen}}, \eta_{comp} = \frac{W_{isen}}{W_{act}}, \eta_{moyère} = \frac{e_{cinétique,out,act}}{e_{cinétique,out,isen}}$$

7.96) Non, car une compression non-idéale avec refroidissement pourrait exiger moins de  
(7.105) travail qu'une compression isentropique.  
(7-124)

7.97) Oui, car en l'absence de la perte de chaleur, les irréversibilités ( $\dot{S}_{gen}$ ) causent  
(7.106) l'augmentation de l'entropie du fluide entre l'entrée et la sortie de la turbine.  
(7-125)

[7-104] Réponses: a) 69.09°C      b) 3054 kW

Comment: - On connaît l'état d'entrée (1), donc  $h_1$ , et la pression à la sortie (2). On  
peut donc trouver  $h_{2s}$ .

- On peut utiliser la définition du rendement isentropique (valeur donnée) pour trouver  $h_2$  et donc  $T_2$ .
- La conservation de masse et le bilan d'énergie donnent la puissance de la turbine.

7.103) Réponses: a) 6.95 kg/s      b) 73.4%

(7.112) Comment: - On connaît les états d'entrée (1) et de sortie (2), donc  $h_1, h_2$ , ainsi  
(7-132) que la puissance actuelle de la turbine.

- La conservation de masse et le bilan d'énergie donnent  $\dot{m}$  (attention aux unités).
- La conservation de masse et le bilan d'énergie avec un état de sortie isentropique (conservant la même vitesse de sortie de la turbine) donnent la puissance isentropique, ce qui permet d'obtenir le rendement isentropique.

[7.119] Réponses: a) -10.09 °C      b) 0.0202 kJ/kg·K

Comment: - On connaît l'état d'entrée (1), donc  $h_1$ .

- La conservation de masse et le bilan d'énergie donnent  $h_2$ , ce qui en conjonction avec  $P_2$  (donnée), spécifie l'état (2) à la sortie, donc  $T_2$ .
- Le bilan d'entropie (laissant le système s'étendre jusqu'à ce que ses frontières sont à la température ambiante de 25 °C) donne la génération d'entropie.

7.113) Réponses: a) 31.35 kW      b) 0.0190 kW/K

(7.123) Comment: - On suppose que les débits de liquides d'eau sont incompressibles (états déterminés seulement par la température)

(7-148)

- On connaît les débits massiques et les températures initiale et finale de l'écoulement froid ( $T_{f1}, T_{f2}$ ). Le bilan d'énergie sur l'écoulement froid donne le transfert de chaleur entre l'écoulement froid et l'écoulement chaud.
- Connaissant la température initiale de l'écoulement chaud ( $T_{c1}$ ). Le bilan d'énergie sur l'écoulement chaud (avec le transfert de chaleur calculé) ou sur un système comprenant les deux écoulements donne  $T_{c2}$ .
- Le bilan d'entropie sur le système incluant les deux écoulements ( $\dot{Q}_{frontière} = 0$ ) donne la génération d'entropie.

7.129) Réponses: a) 0.174 kg/s      b) 0.282 kW/K

(7.139) Comment: - On connaît les états d'entrée (1 et 2) et l'état de sortie (3) de l'eau, ainsi que le débit massique à l'état 1 et le taux de perte total de chaleur.

(7-168)

- La conservation de la masse combiné au bilan d'énergie sur le mélangeur donnent le débit massique ( $\dot{m}_2$ ) (et donc aussi  $\dot{m}_3$ )
- Le bilan d'entropie sur un système incluant le mélangeur et dont la température sur la frontière est la même que celle de la température ambiante (25 °C) donne le taux de génération totale d'entropie.