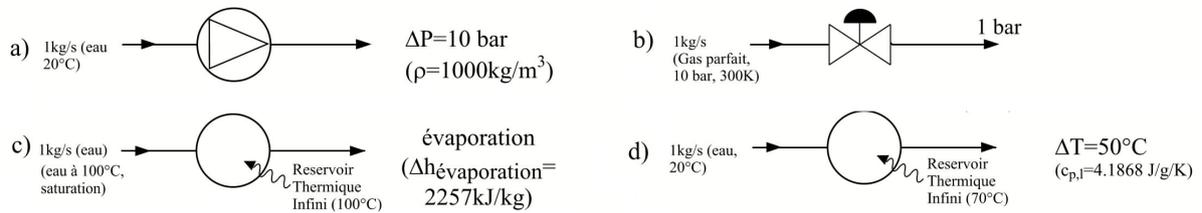


Thermodynamique générale et technique

Séance d'exercices 2

A.A. 2011-2012

1. Etudier les opérations suivantes :



Quelles opérations sont réversibles, adiabatiques, isentropiques, isobares, isochores, isothermes, iso-u, isenthalpiques ?

Quelle est la variation d'entropie du fluide principal (Δs) et la production d'entropie par unité de masse pour chaque opération (supposée idéale) ?

Note : on suppose que l'eau liquide est parfaitement incompressible.

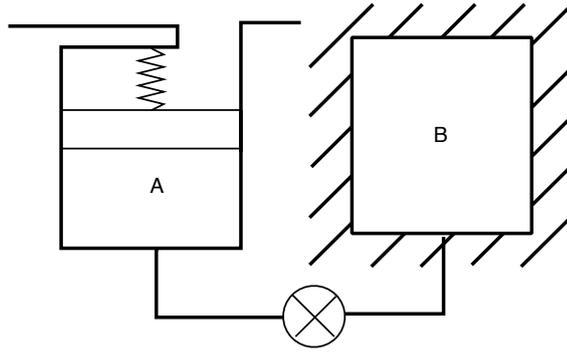
	a)	b)	c)	d)
Réversible				
Adiabatique				
Isentropique				
Isobare				
Isochore				
Isotherme				
Iso-u				
Isenthalpique				

Resultats :

	a)	b)	c)	d)
Réversible	✓	non	✓	non
Adiabatique	✓	✓	non	non
Isentropique	✓	non	non	non
Isobare	non	non	✓	✓
Isochore	✓	non	non	✓
Isotherme	✓	✓	✓	non
Iso-u	✓	✓	non	non
Isenthalpique	non	✓	non	non

	a)	b)	c)	d)
Δs (J/kg/K)	0	661,19	6048,51	659,35
σ (J/kg/K)	0	661,19	0	49,30

- Une barre en acier de 363g à une température de 783°C est enlevée d'un four et immergée dans un bain d'eau de 9 litres ayant une température initiale de 21°C. Calculez la température finale de l'ensemble de l'eau et de la barre en acier, en considérant que les deux éléments sont incompressibles et que leurs capacités calorifiques sont indépendantes de la température, ainsi que le changement d'entropie du système complet. Prenez pour $C_{eau} = 4187 \frac{J}{kgK}$ et $C_{acier} = 419 \frac{J}{kgK}$. [24°C ; 197 $\frac{J}{K}$]
- Un réservoir de stockage d'une capacité de 2m³ contient en volume 90% de liquide et 10% de vapeur de méthane à 160K. On chauffe le réservoir ; de la vapeur saturée à 160K s'écoule alors en régime permanent dans un réchauffeur où elle est chauffée à pression constante jusqu'à 300K. Le procédé se poursuit jusqu'à ce que tout le liquide du réservoir de stockage se soit écoulé. Calculez :
 - La quantité totale de chaleur transmise au réservoir. [225 125 kJ]
 - La quantité totale de chaleur transmise au réchauffeur. [191 660kJ]
- Soit le système illustré à la figure suivante. Le réservoir B, qui est isolé thermiquement, a une capacité de 300L et est initialement sous vide. Le cylindre A, qui n'est pas isolé, a un volume initial de 150L et contient de l'air à 20 °C et 3.5 MPa. La constante du ressort est de 40kN/m et la section du piston est de 0.03m². On ouvre le robinet et on laisse s'écouler l'air de A vers B jusqu'à ce que la pression dans B atteigne 1.5 MPa ; on ferme alors le robinet. On peut supposer que la force du ressort varie linéairement avec le déplacement et que l'on fournit à A la chaleur nécessaire pour que la température y demeure constante tout au long du procédé. Calculez :



- (a) La température finale et la masse dans le réservoir B. [$T=410K$] [$m=3.819kg$]
 (b) La pression finale, de même que la capacité du cylindre A. [$p=1.816MPa$] [$V=112l$]
 (c) La quantité de chaleur transmise à A au cours du procédé. [$Q=220kJ$]
5. On considère le mélange adiabatique de deux débits d'un même gaz parfait (p. ex. de l'azote) \dot{m}_1 et \dot{m}_2 à la même pression et à deux températures T_1 et T_2 ($T_1 > T_2$).
- (a) Etablir l'expression de la température de sortie du mélangeur.
 (b) Vérifier le second principe en calculant la production d'entropie par unité de débit sortant au cours de la transformation.

Note : la fonction logarithme étant une fonction convexe, on a

$$\ln[\theta x + (1 - \theta)y] \geq \theta \ln x + (1 - \theta) \ln y$$

Application numérique : $\dot{m}_1 = 10 \text{ kg/s}$, $\dot{m}_2 = 5 \text{ kg/s}$, $T_1=10^\circ\text{C}$, $T_2=40^\circ\text{C}$, $c_p(\text{N}_2)=1.0352 \text{ J/kg/K}$

Solution :

- (a) $T_3 = 293.15K$
 (b) $\frac{1}{\dot{m}} \frac{dS_{tot}}{dt} = 0.00118kJ/kg/K$
6. Un réservoir rigide et isolé est divisé en deux parties A et B d'un m^3 chacune par un diaphragme. Initialement, la partie A contient un mélange d'eau et de vapeur de titre en vapeur égal à 50 % à une température de 20°C et la partie B est vide. On rompt le diaphragme et le mélange remplit la totalité du réservoir. Calculer :
- (a) la production d'entropie au cours de la transformation; [$\Sigma = 4.985J/K$]
 (b) l'irréversibilité (en supposant que la source gratuite soit l'ambiance).
 [$Q_{noncompensee} = \text{Irréversibilité} = 1.46kJ$]
7. Un débit $\dot{m}_R=10 \text{ kg/min}$ de R134a à l'état de vapeur saturée à 1 MPa, entre dans un échangeur de chaleur où il est refroidi et condensé jusqu'à la condition de liquide saturé à la même pression. La puissance thermique est cédée à un débit d'air $\dot{m}_a=80 \text{ kg/min}$, qui entre dans l'échangeur à 60°C et à la pression de 0.1 MPa.
- (a) Si le mouvement de l'air peut être supposé isobare, c'est-à-dire en négligeant les pertes de charge, calculer la température de l'air à la sortie. [$T_4 = 80.5^\circ\text{C}$]
 (b) Démontrer que l'échangeur ne peut pas fonctionner dans les conditions opératoires spécifiées. [$\Sigma = -0.00777kW/K$; 0!!]
8. Déterminer la puissance minimale nécessaire pour la compression adiabatique d'un débit de 1 kg/s de O₂ de 150K, 1 atm jusqu'à 10 atm. Calculer aussi la température de sortie.

On considère ensuite une compression isotherme. Pendant la compression on retire un flux de chaleur de 50 kW. Calculez la puissance mécanique nécessaire pour cette compression isotherme et vérifiez le deuxième principe. Ce processus est-t-il possible ?

Finalement calculez le flux de chaleur minimum requis pour faire une compression isotherme et réversible. Comparez les valeurs de la puissance mécanique pour les deux cas (isentropique vs. isotherme, réversible).

Faire les calculs avec le diagramme $P - h$ ainsi que TestCenter.

Resultats :

- a) $\dot{W} = 125.7 \text{ kW}$, $T_2 = 289.8 \text{ K}$
- b) $\dot{W} = 41.7 \text{ kW}$, $\dot{S}_{\text{gen}} = -0.303 \text{ kW / K}$ – impossible !
- c) $\dot{Q} = -95.5 \text{ kW}$, $\dot{W} = 87.2 \text{ kW}$ ($< \dot{W}$ isentropique)

Thermodynamic properties of oxygen.
 From NBS D-2573.
 1 cal = 4.184 joules, v in ml/gmole, T in $^{\circ}\text{K}$, s in cal/gmole- $^{\circ}\text{K}$

