Final de PS27 – A 2002

Exercice 1 : Etude du cycle d'un fluide réfrigérant

On considère un liquéfacteur où 1 kg de fluide réfrigérant susceptible d'exister sous les deux phases liquide et vapeur décrit le cycle suivant :
Une transformation isotherme amène l'état initial à la température T_1 et à la pression P_1 (représenté par un point A_1 de la courbe de rosée où existent la vapeur et une goutte de liquide) à l'autre extrémité du palier de saturation, sur la courbe d'ébullition (point A_2)
Le liquide obtenu est refroidi jusqu'à une température T'_1 à pression constante (point A_3)
Une détente isenthalpique amène le fluide à la température T_2 ($T_2 < T'_1$) où existent liquide et vapeur (point A_4).
Le mélange est ensuite partiellement évaporé à température et pression constante, jusqu'à l'intersection de l'isotherme T_2 avec l'adiabatique réversible passant par l'état initial (point A_5).
On revient à l'état initial le long de l'adiabatique réversible.
1 – Compléter la feuille en positionnant les points A_1, A_2, A_3, A_4 et A_5 sur le graphique (P,V).
On désigne par L_1 et L_2 les chaleurs de vaporisation aux températures T_1 et T_2 et par c la chaleur massique du liquide supposée constante. Les isenthalpes sont confondues avec les isothermes du côté du liquide ($\Delta H = 0$ car $\Delta T = 0$).
Données : $T_1 = 283$ K, $T'_1 = 280{,}22$ K, $T_2 = 268$K, $L_1 = 314$ kcal/kg, $L_2 = 318$ kcal/kg, $c = 0{,}164$ kcal/(kg.°C)
2 Sachant que l'entropie d'un mélange liquide vapeur est $\Delta S = S(T',x') - S(T,x) = c.\ln\frac{T'}{T} + \frac{x'.L(T')}{T'} - \frac{x.L(T)}{T}$, déterminer le taux de vapeur saturante x_5. Calculer x_5.
Remarque : $\Delta S = 0 = S(A_5) - S(A_1)$
3 – Sachant que la transformation A_3A_4 est isenthalpique, la variation d'enthalpie le long du chemin $A_3A'_3A'_4A_4$ est nulle aussi, donner l'expression de la variation d'enthalpie entre A_3 et A'_3 et celle entre A'_4 et A_4. Déduire alors l'expression du taux de vapeur saturante x_4. Calculer x_4.

Exercice 2 : Rendement d'un moteur à explosion . Cycle de Beau de Rochas

On considère un gaz parfait ($\gamma = 1{,}4$) d'équation PV = RT pour une mole. Dans un moteur à explosion, le gaz décrit le cycle de Beau de Rochas composé de 2 adiabatiques et de 2 isochores réversibles. Le fluide subit :

Une compression adiabatique de l'état 1 à l'état 2
Un échauffement isochore de l'état 2 à l'état 3
Une détente adiabatique de l'état 3 à l'état 4
Un refroidissement isochore de l'état 4 à l'état 1.

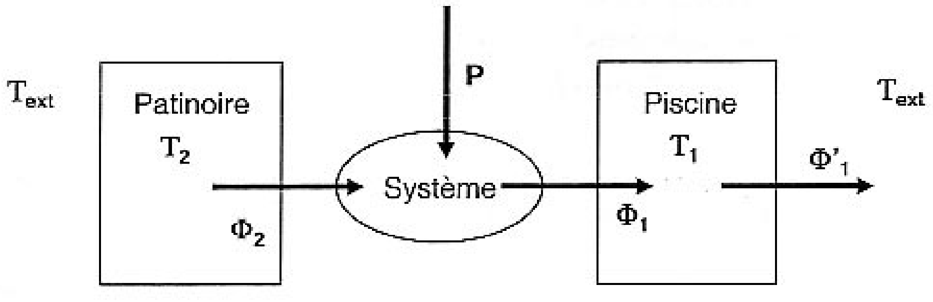
1 - Représenter ce cycle dans un diagramme de Clapeyron.
2 – On appelle rapport de compression volumétrique ou taux de compression le rapport : $r = \frac{V_1}{V_2}$. Déterminer pour chacun des états 2,3 et 4 les valeurs des coordonnées P, V, et T en fonction de P_1, T_1, de la température maximale $T_m = T_3$ et de r. Compléter le tableau.

3 – Le gaz a une température initiale de 340K sous une pression de 10^5 Pa. Sa température maximale est 2430K. Le cylindre où évolue l'air a un volume initial de 774 cm^3 et un volume de 90 cm^3 après compression.
Calculer le nombre de moles de gaz et les valeurs numériques de pression, température et volume dans chaque état. Compléter le tableau.
4 – Donner les expressions des quantités de chaleur et de travail sur chacune des transformations (adiabatiques et isochores) en fonction de n, C_v, γ, T_1, T_m et r.
5 – Exprimer le rendement du cycle en fonction de r et γ. Comment varie ce rendement en fonction du taux de compression ?

CHANGER DE COPIE

Exercice 3 : Complexe piscine patinoire

La gestion énergétique d'une patinoire couverte de volume $V_2 = 10.10^3$ m^3, de surface $S_2=2.10^3$ m^2, nécessite de retirer, à l'aide d'une machine thermique, un flux de chaleur $\phi_2 = \frac{dQ_2}{dt}$ correspondant, en régime permanent, aux apports de chaleur venant de l'extérieur à température T_{ext} . Ce flux de chaleur est donné par la relation $\Phi_2 = G_2.V_2.(T_{ext} - T_2)$ où T_2 est la température de l'air dans la patinoire et $G_2 = 0,8$ $W.m^{-3}.K^{-1}$ un coefficient tenant compte de la qualité d'isolation thermique du bâtiment patinoire et de son taux de renouvellement d'air. Sachant qu'on ne peut retirer un flux de chaleur Φ_2 à une source froide sans fournir un flux de chaleur $\phi_1 = \frac{dQ_1}{dt}$ à une source chaude, on se dit qu'il serait dommage que ce flux de chaleur Φ_1 ne serve pas au chauffage d'une piscine. Dans ce problème on envisage une machine où on utilise l'effet frigorifique par rapport à la patinoire et l'effet pompe à chaleur par rapport à la piscine. P correspond à la puissance instantanée fournie au système ($P = \frac{dW}{dt}$).



On raisonne avec une machine thermique ditherme réversible (machine de Carnot) fonctionnant avec une source froide à température T_2 = 268K et avec une source chaude à température T_1 = 295K. La température extérieure T_{ext} est comprise entre T_2 et T_1.

A- Etude du système côté piscine

1- Ecrire le premier et le second principes de la Thermodynamique en faisant intervenir les données P, T_2 et T_1, Φ_2 et Φ_1.

2- En déduire : $\phi_1 = -\frac{T_1}{T_2}.G_2.V_2.(T_{ext} - T_2)$ et $P = (\frac{T_1}{T_2} - 1).G_2.V_2.(T_{ext} - T_2)$

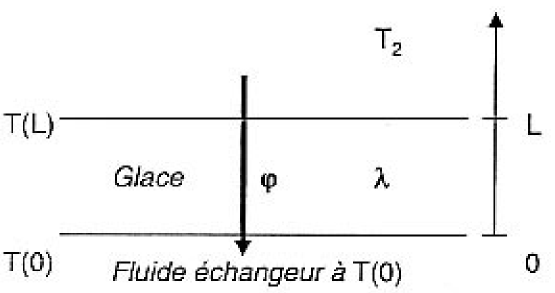
Pour la piscine, le flux de chaleur transféré, en régime permanent, vers l'environnement extérieur est égal à $\Phi'_1 = G_2.V_2.(T_{ext} - T_1)$

3-Pour comparer $|\phi_1|$ flux de chaleur reçue par la piscine en provenance de la machine thermique à $|\phi'_1|$ flux de chaleur perdu par la piscine vers l'environnement extérieur, on procédera de la manière suivante :

- a- Montrer qu'il existe une température $T_{ext} = T_{car} = \dfrac{2T_1T_2}{T_1 + T_2}$ telle que $|\phi_1| = |\phi'_1|$.
  Calculer numériquement T_{car}. (on rappelle que $T_2 < T_{ext} < T_1$).
- b- En déduire que, si $T_{ext} > T_{car}$, la machine thermique fournit suffisamment de chaleur pour maintenir la température T_1 dans la piscine.
- c- En déduire que, si $T_{ext} < T_{car}$, la machine thermique ne fournit pas suffisamment de chaleur pour maintenir la température T_1 dans la piscine. Donner l'expression du complément de chauffage Φ nécessaire pour maintenir la piscine à température T_1.

B- Etude du système côté patinoire

L'hypothèse de transformations réversibles n'est pas raisonnable, ainsi le fluide de la machine ne peut être à températures T_1 ou T_2 lorsqu'il passe dans l'échangeur de chaleur relatif à la piscine ou à la patinoire. Dans la patinoire, l'échangeur, dont le rôle est de maintenir l'eau à l'état de glace, est situé sous celle-ci. Au contact glace/air de la patinoire, il n'y a pas d'échanges de chaleur par convection naturelle.



Les échanges de chaleur par rayonnement entre la glace et l'air de la patinoire se traduisent par la loi $\varphi = \sigma.\left[T^4{}_2 - T^4(L)\right]$ où φ est la densité de flux de chaleur échangé. Quand T_2 est proche de $T(L)$, cette loi peut être linéarisée sous la forme $\varphi = h.\left[T_2 - T(L)\right]$ avec $h = 4\sigma.T_2^3$.

4 - A partir d'un bilan thermique, montrer que $G_2.V_2.(T_{ext} - T_2) = h.S_2.(T_2 - T(L))$ si S_2 est la surface de la glace. En déduire T(L). Calculer numériquement T(L) et φ pour $T_{ext} = 278K$.

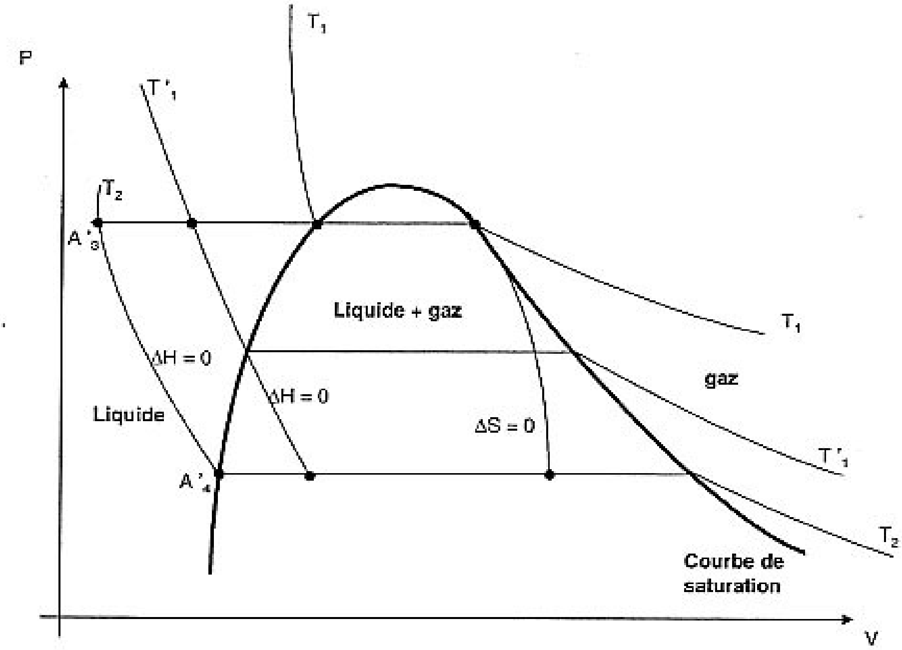
5 - A partir des lois de la conduction de la chaleur en régime permanent, calculer la température T(0) si l'épaisseur de la glace est L= 5cm et si sa conductivité thermique est $\lambda = 2{,}2\ W.m^{-2}.K^{-1}$

Données: $\sigma = 5{,}67.10^{-8}\ W.m^{-2}.K^{-4}$

FINAL PS27 – A2002

NOM : Prénom :

Exercice n°1



Exercice n°2

Question 2 – Donner les formules littérales de P, V et T

	Pression	Volume	Température
Etat 1	P_1	V_1	T_1
Etat 2		$V_1.r^{-1}$	
Etat 3		$V_1.r^{-1}$	
Etat 4		V_1	

Question 3 – Donner les valeurs de P, V et T

	r =	n =	
	Pression (Pa)	Volume (cm^3)	Température (K)
Etat 1	10^5	774	340
Etat 2		90	
Etat 3		90	
Etat 4		774	