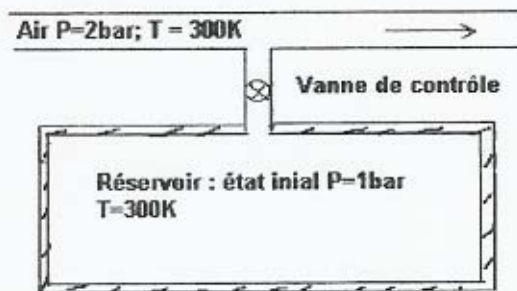


Examen de thermomécanique des machines

IMPORTANT : les questions spécifiques à TEN, MC et AGE sont marquées **T**, celles spécifiques à EI et EAC sont marquées **E**

Exercice 1

(**T E**) Un réservoir parfaitement calorifugé contient 0.5 kg d'air à 1 bar et 300K. Ce réservoir est relié à une conduite d'air à 2bar et 300K. Une vanne à l'entrée du réservoir permet de contrôler le passage d'une certaine quantité d'air (voir figure ci-dessous).



A un instant donné, la vanne est ouverte et laisse entrer 0.1kg d'air dans le réservoir, puis refermée.

On demande :

- 1) D'écrire et simplifier les équations de bilans énergie et masse pour ce système ouvert
- 2) D'exprimer l'énergie interne massique de l'air à l'état final dans le réservoir en fonction de son énergie massique à l'état initial, de l'enthalpie massique de l'air à l'entrée et des masses
- 3) De calculer la température et la pression finale dans le réservoir

On négligera les énergies potentielle et cinétique ; dans tout l'exercice l'air sera considéré comme un gaz parfait.

On donne : $r = 0.287 \text{ kJ/kgK}$; $\gamma = 1.4$

Problème 2

Une installation de pompe à chaleur utilisée pour chauffer une maison est représentée sur la figure ci-dessous. Le fluide frigorigène utilisé est le R 134a qui circule dans les différentes parties de l'installation; on négligera en tous points ses variations d'énergies cinétique et potentielle. Les propriétés thermodynamiques de ce fluide sont données dans les tables fournies (on négligera les variations d'énergie ou d'enthalpie dues à la pression pour la phase liquide). Toutes les parties de l'installation fonctionnent en régime permanent. Le débit massique du fluide réfrigérant vaut 4,6 kg/mn. La détente du fluide au niveau de la vanne est considérée comme isenthalpique.

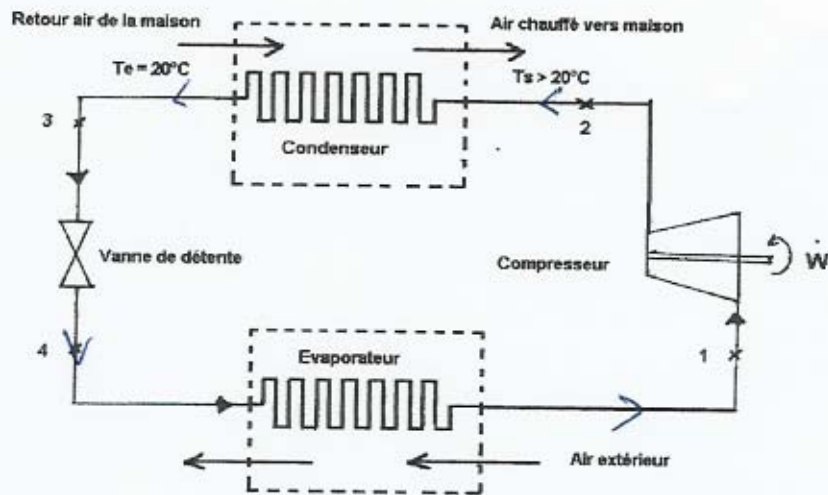


FIGURE 1

Aux différents points repérés sur la figure , on a relevé les valeurs suivantes :

1	2	3	4
$T_1 = - 10^{\circ}\text{C}$ $P_1 = 1,8 \text{ bar}$	$T_2 = 40^{\circ}\text{C}$ $P_2 = 8 \text{ bar}$	$T_3 = 28^{\circ}\text{C}$ $P_2 = 8 \text{ bar}$	$T_4 = - 12^{\circ}\text{C}$

La puissance électrique utilisée pour entraîner le compresseur vaut 2,6 kW (le moteur électrique ainsi que divers organes de liaisons génèrent des pertes mécaniques)

A l'aide des équations de bilans masse et énergie et en définissant des volumes de contrôle pour chaque élément de l'installation , déterminer:

- 1) **(T E)** à partir de quelle température extérieure minimale, la pompe cessera de fonctionner
- 2) **(T E)** la puissance thermique communiquée à l'air par le réfrigérant au sein du condenseur
- 3) **(T E)** la puissance thermique évacuée au niveau du compresseur
- 4) **(E)** le rendement de compression isentropique du compresseur
- 5) **(T E)** le titre du fluide frigorigène à la sortie du détendeur
- 6) **(T)** la puissance thermique absorbée par le réfrigérant au niveau de l'évaporateur
- 7) **(T E)** le coefficient de performance de cette installation (rapport des puissances fournies et reçues)
- 8) **(E)** le bilan exergétique de cette installation

Tableau 1 : Propriétés à l'état de saturation du R134a

Temp °C	Press bar	volume massique m ³ /Kg		Energie interne massique kJ/kg		Enthalpie massique kJ/kg			Entropie massique kJ/kg.K		Temp
		liquide	vapeur	liquide	vapeur	liquide	évap	vapeur	liquide	vapeur	
		sat.	sat	sat.	sat.	sat.		sat.	sat.	sat.	
		v _l x 10 ³	v _g	u _l	u _g	h _l	h _{lg}	h _g	s _l	s _g	
-12	1,854	0,7498	0,1068	34,25	220,36	34,39	205,77	240,15	0,1388	0,9267	-12
-8	2,1704	0,7569	0,0919	39,38	222,6	39,54	203	242,54	0,1583	0,9239	-8
-4	2,5274	0,7644	0,0794	44,56	224,84	44,75	200,15	244,9	0,1777	0,9213	-4
0	2,9282	0,7721	0,0689	49,79	227,06	50,02	197,21	247,23	0,197	0,919	0
4	3,3765	0,7801	0,06	55,08	229,27	55,35	194,19	249,53	0,2162	0,9169	4
8	3,8756	0,7884	0,0525	60,43	231,46	60,73	191,07	251,8	0,2354	0,915	8
12	4,4294	0,7971	0,046	65,83	233,63	66,18	187,85	254,03	0,2545	0,9132	12
16	5,0416	0,8062	0,0405	71,29	235,78	71,69	184,52	256,22	0,2735	0,9116	16
20	5,716	0,8157	0,0358	76,8	237,91	77,26	181,09	258,36	0,2924	0,9102	20
24	6,4566	0,8257	0,0317	82,37	240,01	82,9	177,55	260,45	0,3113	0,9089	24
26	6,853	0,8309	0,0298	85,18	241,05	85,75	175,73	261,48	0,3208	0,9082	26
28	7,2675	0,8362	0,0281	88	242,08	88,61	173,89	262,5	0,3302	0,9076	28
30	7,7006	0,8417	0,0265	90,84	243,1	91,49	172	263,5	0,3396	0,907	30
32	8,1528	0,8473	0,025	93,7	244,12	94,39	170,09	264,48	0,349	0,9064	32
34	8,6247	0,853	0,0236	96,58	245,12	97,31	168,14	265,45	0,3584	0,9058	34
36	9,1168	0,859	0,0223	99,47	246,11	100,25	166,15	266,4	0,3678	0,9053	36
38	9,6298	0,8651	0,021	102,38	247,09	103,21	164,12	267,33	0,3772	0,9047	38
40	10,164	0,8714	0,0199	105,3	248,06	106,19	162,05	268,24	0,3866	0,9041	40
42	10,72	0,878	0,0188	108,25	249,02	109,19	159,94	269,14	0,396	0,9035	42
44	11,299	0,8847	0,0177	111,22	249,96	112,22	157,79	270,01	0,4054	0,903	44

Tableau 2 : Propriétés de la vapeur surchauffée du R134a

T °C	v m3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
p = 1,4 bars = 0,14 MPa				p = 1,8 bars = 0,18 MPa				
(T_{sat} = -18,80 °C)				(T_{sat} = -12,73 °C)				
Sat.	0,13945	216,52	236,04	0,9322	0,10983	219,94	239,71	0,9273
-10	0,14549	223,03	243,4	0,9606	0,11135	222,02	242,06	0,9362
0	0,15219	230,55	251,86	0,9922	0,11678	229,67	250,69	0,9684
10	0,15875	238,21	260,43	0,023	0,12207	237,44	259,41	0,9998
20	0,1652	246,01	269,13	0,0532	0,12723	245,33	268,23	1,0304
30	0,17155	253,96	277,97	0,0828	0,1323	253,36	277,17	1,0604
40	0,17783	262,06	286,96	0,112	0,1373	261,53	286,24	1,0898
50	0,18404	270,32	296,09	0,1407	0,14222	269,85	295,45	1,1187
60	0,1902	278,74	305,37	0,169	0,1471	278,31	304,79	1,1472
70	0,19633	287,32	314,8	0,1969	0,15193	286,93	314,28	1,1753
80	0,20241	296,06	324,39	1,2244	0,15672	295,71	323,92	1,203
p = 8,0 bars = 0,80 MPa				p = 9,0 bars = 0,90 MPa				
(T_{sat} = 31,33 °C)				(T_{sat} = 35,53 °C)				
Sat.	0,02547	243,78	264,15	0,9066	0,02255	245,88	266,18	0,9054
40	0,02691	252,13	273,66	0,9374	0,02325	250,32	271,25	0,9217
50	0,02846	261,62	284,39	0,9711	0,02472	260,09	282,34	0,9566
60	0,02992	271,04	294,98	1,0034	0,02609	269,72	293,21	0,9897
70	0,03131	280,45	305,5	1,0345	0,02738	279,3	303,94	1,0214
80	0,03264	289,89	316	1,0647	0,02861	288,87	314,62	1,0521
90	0,03393	299,37	326,52	1,094	0,0298	298,46	325,28	1,0819
100	0,03519	308,93	337,08	1,1227	0,03095	308,11	335,96	1,1109
110	0,03642	318,57	347,71	1,1508	0,03207	317,82	346,68	1,1392
120	0,03762	328,31	358,4	1,1784	0,03316	327,62	357,47	1,167