

Exercice 1 : Pompe à chaleur

Une pompe à chaleur fonctionnant avec un fluide réfrigérant R134a est utilisée pour maintenir un espace chauffé à 25°C en absorbant la chaleur d'une source géothermale (Figure 1). L'eau de la source entre dans l'évaporateur à une température de 50°C et sort à une température de 40°C. Le débit d'eau est de 0,065kg/s. Le réfrigérant entre dans l'évaporateur à une température de 20°C et un titre thermodynamique de 23% et il sort à l'état de vapeur saturée. Le réfrigérant sort du compresseur à une pression de 1.4 MPa et à la même entropie qu'à l'entrée (compression isentropique). On négligera les pertes de charge dans le condenseur et dans l'évaporateur. Répondez aux différentes questions en vous aidant du diagramme enthalpique (h, P) du R134a et de la table thermodynamique. On donne la capacité calorifique à pression constante de l'eau liquide $C_{p1}=4180$ J/kg/K.

- 1) Calculer l'enthalpie du réfrigérant en entrée d'évaporateur
- 2) Tracer le cycle sur le diagramme enthalpique du R134a
- 3) Déterminer le degré de sous refroidissement du liquide en sortie de condenseur ($T_{sat}-T_3$)
- 4) Calculer le débit de réfrigérant dans l'installation
- 5) Calculer la puissance transmise au local \dot{Q}_H et le COP coefficient de performance de la pompe à chaleur
- 6) Comparer au COP du cycle de Carnot. Quelle serait la puissance théorique minimale à fournir au compresseur pour la même puissance transmise \dot{Q}_H ?
- 7) Quelles sont les principales sources d'irréversibilité ? Comment pourrait-on augmenter le COP ?

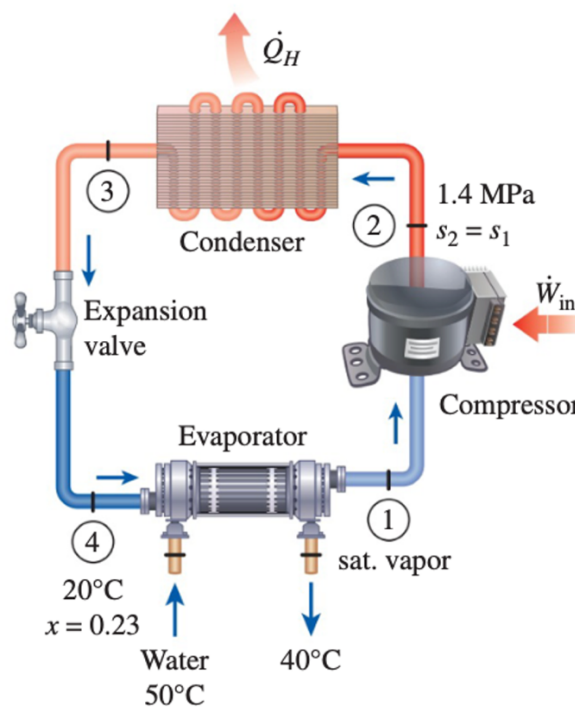


Figure 1 : Schéma de la pompe à chaleur

Diagramme (h, P) du R134A

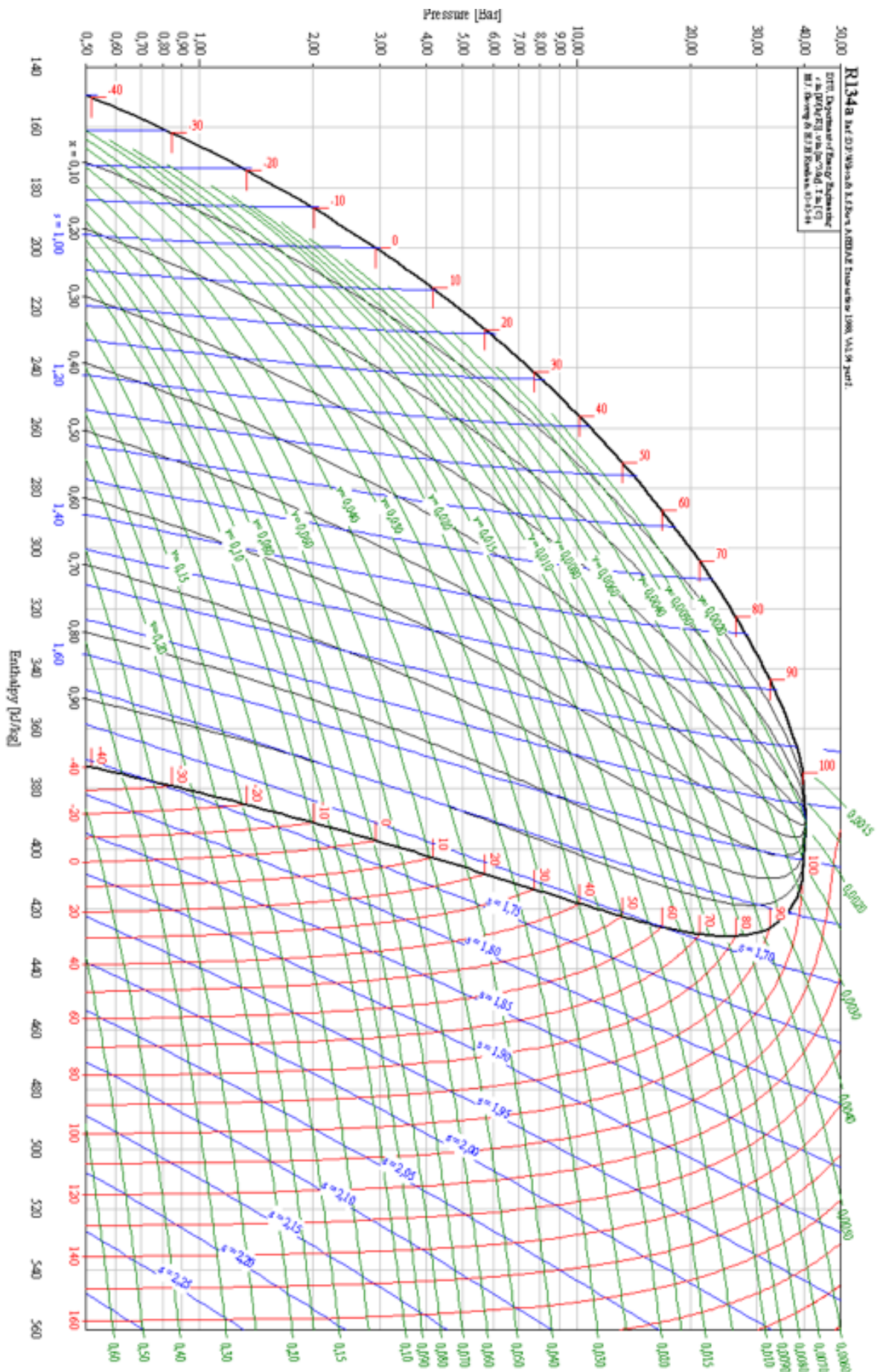


Table Thermodynamique R 134a							
	Liquide	Liquide	Vapeur	Liquide	Vapeur	Liquide	Vapeur
Temperature	Pression	Densité	Densité	Enthalpie	Enthalpie	Entropie	Entropie
(°C)	(bar abs)	(Kg/M ³)	(Kg/M ³)	(KJ/Kg)	(KJ/Kg)	(KJ/Kg-K)	(KJ/Kg-K)
18	5,3718	1232,6	26,109	224,66	408,69	1,0867	1,7188
19	5,5424	1229	26,934	226,06	409,22	1,0915	1,7184
20	5,7171	1225,3	27,78	227,47	409,75	1,0962	1,718
21	5,8959	1221,7	28,648	228,88	410,27	1,101	1,7177
22	6,0789	1218	29,539	230,29	410,79	1,1057	1,7173
23	6,2662	1214,2	30,452	231,7	411,31	1,1105	1,7169
24	6,4578	1210,5	31,389	233,12	411,82	1,1152	1,7166
50	13,179	1102,3	66,272	271,62	423,44	1,2375	1,7072
51	13,513	1097,6	68,134	273,18	423,8	1,2422	1,7068
52	13,854	1092,9	70,047	274,74	424,15	1,2469	1,7064
53	14,201	1088,1	72,012	276,31	424,49	1,2516	1,7059
54	14,555	1083,2	74,03	277,89	424,83	1,2563	1,7055
55	14,915	1078,3	76,104	279,47	425,15	1,2611	1,705
56	15,282	1073,4	78,235	281,06	425,47	1,2658	1,7045

Exercice 2 : Humidificateur d'une pièce

Un système de conditionnement d'air fonctionne à pression atmosphérique. Il est composé d'une section de chauffage (« heating coils » sur la figure 2) et d'une section avec un humidificateur qui permet d'injecter de la vapeur d'eau saturée à 100°C (la chaleur latente de vaporisation à 100°C vaut 2676 kJ.kg⁻¹). L'air humide entre dans la section de chauffage avec un débit de 35 m³/min à une température de 10°C et une humidité relative ou degré d'hygrométrie de 70%. Il sort de l'humidificateur à une température de 20°C et une humidité relative de 60%. A l'aide de la table thermodynamique de l'eau ou du diagramme psychrométrique (figure 3), de l'écriture des bilans de masse et d'enthalpie entre les différentes parties du système :

- 1) Déterminer le débit massique de vapeur d'eau saturée en entrée de l'humidificateur
- 2) Déterminer la température de l'air et son humidité relative en sortie de la section chauffée, avant d'entrée dans l'humidificateur
- 3) Déterminer la puissance à fournir dans la section de chauffage.

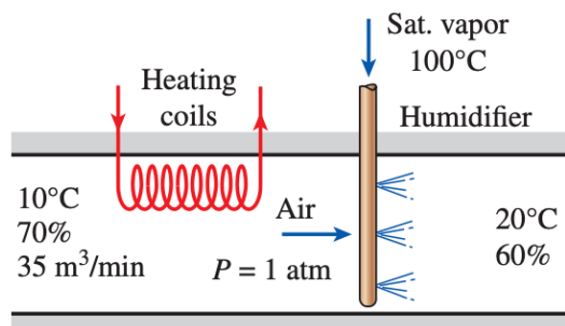


Figure 2 : Système de chauffage et humidificateur

On donne : les capacités calorifiques à pression constante de l'air $C_{pa} = 1 \text{ kJ/kg/K}$, de la vapeur d'eau $C_{pv} = 1.82 \text{ kJ/kg/K}$ et de l'eau liquide $C_{pl} = 4.18 \text{ kJ/kg/K}$, la chaleur latente de vaporisation de l'eau à 20°C 2501 kJ/kg , la constante des gaz parfait $R = 8.314 \text{ J/mol/K}$, la masse molaire de l'air $M_a = 29\text{g/mol}$ et de l'eau $M_e = 18\text{g/mol}$.

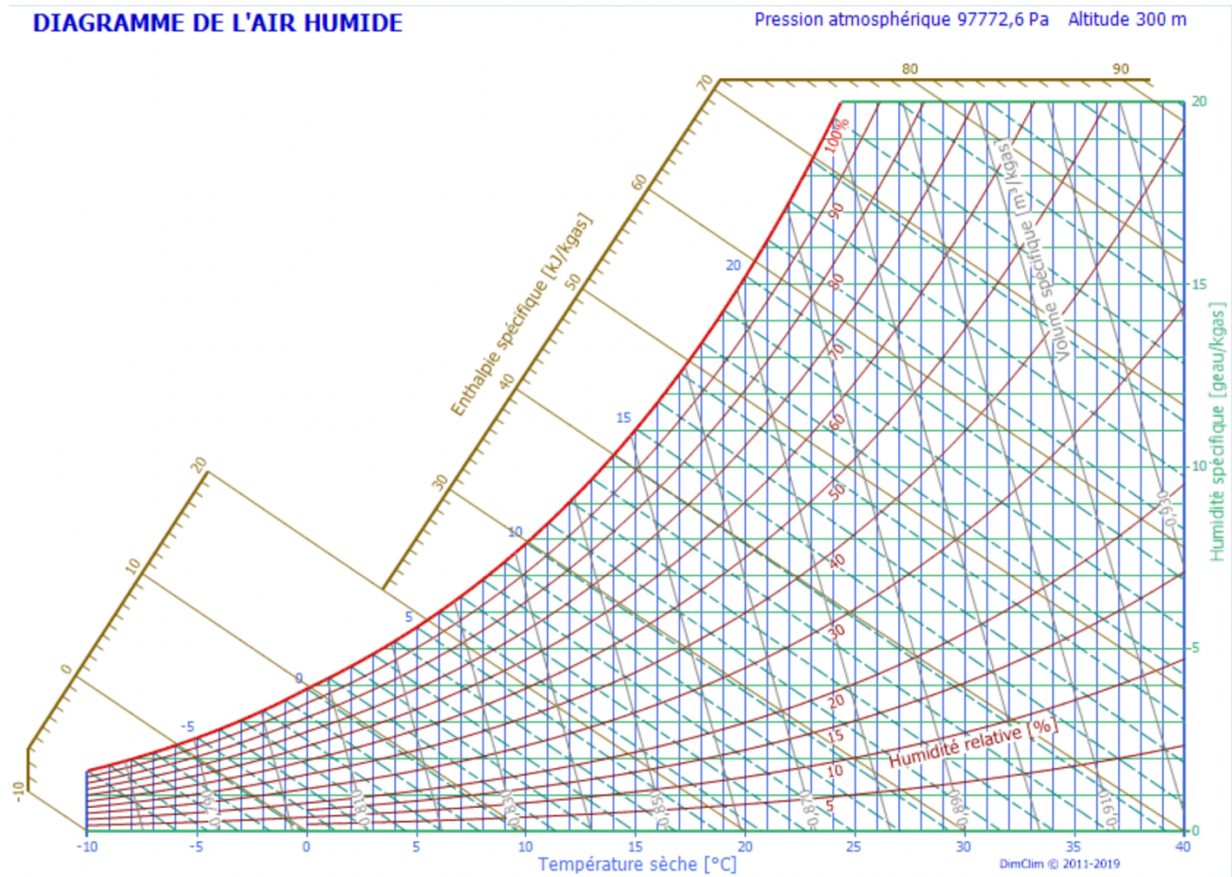


Figure 3 : Diagramme psychrométrique de l'air humide

t °C	p bars	v_a m ³ /kg	v_v m ³ /kg	h_l kJ/kg	h_v kJ/kg	L_{lv} kJ/kg	s_l kJ/kg/K	s_v kJ/kg/K
0	0,006108	0,001000	206,3	-0,04	2 501,6	2 501,6	-0,0002	9,1577
0,01	0,006112	0,001000	206,2	0,00	2 501,6	2 501,6	0,0000	9,1575
5	0,008719	0,001000	147,2	21,01	2 510,7	2 489,7	0,0762	9,0269
6,98	0,010	0,001000	129,2	29,34	2 514,4	2 485,0	0,1060	8,9767
10	0,012271	0,001000	106,4	41,99	2 519,9	2 477,9	0,1510	8,9020
13,04	0,015	0,001000	87,98	54,71	2 525,5	2 470,7	0,1957	8,8288
15	0,017040	0,001000	77,98	62,94	2 529,1	2 466,1	0,2243	8,7826
17,51	0,020	0,001001	67,01	73,46	2 533,6	2 460,2	0,2607	8,7246
20	0,02337	0,001001	57,84	83,86	2 538,2	2 454,3	0,2963	8,6684
21,10	0,025	0,001002	54,26	88,45	2 540,2	2 451,7	0,3119	8,6440
24,10	0,030	0,001002	45,67	101,00	2 545,6	2 444,6	0,3544	8,5785
25	0,03166	0,001002	43,40	104,77	2 547,3	2 442,5	0,3670	8,5592

Table thermodynamique de l'eau