

Jeudi 23 janvier 2014

- Durée 1h45 - Polycopiés de cours autorisés
- Documents joints : Tables de saturation de l'eau et du R143a, Diagramme enthalpique du R143a, Diagramme de l'air humide à pression atmosphérique.

## 1 Machine frigorifique :

Vous êtes chargé dans votre entreprise de vérifier le fonctionnement d'une machine frigorifique produisant des glaçons. Pour ce faire, vous installez une série de thermocouples vous permettant de mesurer la température aux différents points caractéristiques du cycle. On supposera que la machine fonctionne selon un cycle de Rankine inversé sec, que le régime est permanent, que les pertes de charge dans l'évaporateur et dans le condenseur sont négligeables. De même, on supposera que les variations d'énergie cinétique entre l'entrée et la sortie de chacun des éléments principaux de la machine sont négligeables. On supposera également que la détente est parfaitement isenthalpique. En outre, la machine est équipée en sortie de condenseur d'un réservoir de liquide qui garantit que c'est bien du liquide saturé qui arrive à l'entrée du détendeur. Au point de fonctionnement nominal, la puissance frigorifique nécessaire à la production des glaçons est de  $8,2 \text{ KW}$ .

Le relevé de vos températures donne le tableau suivant :

n° point	position de la mesure	température /°C
1	entrée détendeur	35
2	entrée évaporateur	-5
3	entrée compresseur	2
4	entrée condenseur	52

1. Compte tenu de vos mesures, estimez la pression d'évaporation.
2. De même, estimez la pression de condensation.
3. Y a-t-il une surchauffe en sortie d'évaporateur ? si oui, de combien de degrés.
4. Déterminer l'enthalpie massique  $h_1$  du liquide arrivant au détendeur.
5. Déterminer l'enthalpie massique  $h_3$  de la vapeur quittant l'évaporateur.
6. En supposant que la machine fonctionne à son point nominal, estimer le débit du fluide frigorigène.
7. Calculer le titre de vapeur à l'entrée de l'évaporateur.
8. Estimer la puissance mécanique absorbée par le fluide au cours de son passage dans le compresseur.
9. La compression est elle isentropique ? Justifiez votre réponse.

## 2 Humidification d'air

Dans une installation de traitement d'air, on aspire de l'air dans les conditions suivantes : Température  $T_1 = 10^\circ\text{C}$  et humidité relative  $\varphi_1 = 70\%$  , débit d'air sec :  $\dot{m}_a = 0,106 \text{ Kg/s}$ . On considérera que la pression est constante et égale à  $1 \text{ bar}$ . Dans une première étape, cet air est chauffé par une série de résistances électriques jusqu'à une température de  $T_2 = 20^\circ\text{C}$  . Par la suite, on injecte dans le flux d'air de la vapeur d'eau saturée à  $100^\circ\text{C}$  . Le point final de cette dernière opération sera dénommé point 3. La mesure de l'humidité absolue de ce point donne :  $\eta_3 = 0,014 \text{ Kg/Kg a.s.}$

1. Calculer la pression partielle de la vapeur d'eau puis l'humidité absolue pour le flux d'air humide aspiré dans l'état 1.
2. De même déterminer la pression partielle de la vapeur d'eau ainsi que l'humidité absolue de l'air après chauffage c'est à dire dans l'état 2.
3. Calculer l'enthalpie de l'unité d'air humide (par kg d'air sec) pour le flux d'air dans l'état 1.
4. De même, calculer l'enthalpie pour le flux d'air dans l'état 2.
5. Calculez la puissance électrique consommée par les résistances.
6. Calculer l'enthalpie de l'unité d'air humide pour le flux d'air final dans l'état 3.
7. En déduire la température  $T_3$  dans l'état final.
8. Calculer la pression partielle de la vapeur dans l'état final.
9. Calculer le débit d'eau injecté dans le flux d'air au cours de la deuxième étape.
10. Que se passe-t-il si on multiplie le débit injecté par un facteur 1,5 ? Explicitez l'état final de l'air dans ce cas.

## Vapeur saturée

t	p	r'	r''	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
°C	bar	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /kg	dm <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kgK)	kJ/(kgK)
-20,00	3,16	1,089	14,15	0,919	70,69	171,16	375,57	204,40	0,8915	1,6989
-15,00	3,78	1,073	16,83	0,932	59,40	178,30	378,34	200,05	0,9191	1,6941
-10,00	4,49	1,057	19,91	0,946	50,22	185,48	381,05	195,57	0,9464	1,6896
-5,00	5,30	1,041	23,44	0,960	42,67	192,71	383,68	190,97	0,9734	1,6856
0,00	6,20	1,024	27,45	0,976	36,43	200,00	386,22	186,22	1,0000	1,6818
5,00	7,22	1,007	32,03	0,993	31,22	207,36	388,66	181,30	1,0263	1,6781
10,00	8,36	0,989	37,24	1,011	26,86	214,82	390,99	176,17	1,0525	1,6747
15,00	9,63	0,970	43,17	1,031	23,16	222,38	393,18	170,79	1,0785	1,6713
20,00	11,04	0,951	49,95	1,052	20,02	230,09	395,21	165,12	1,1045	1,6678
25,00	12,60	0,930	57,70	1,075	17,33	237,97	397,05	159,09	1,1306	1,6642
30,00	14,33	0,908	66,62	1,101	15,01	246,06	398,67	152,61	1,1569	1,6603
35,00	16,23	0,885	76,95	1,130	13,00	254,43	400,00	145,58	1,1836	1,6560
40,00	18,32	0,860	89,02	1,163	11,23	263,14	400,99	137,85	1,2109	1,6511
45,00	20,60	0,833	103,30	1,201	9,68	272,29	401,53	129,24	1,2390	1,6452
50,00	23,11	0,803	120,53	1,246	8,30	282,03	401,47	119,44	1,2684	1,6380

## Vapeur surchauffée

t	p	r	v	h	s
°C	bar	kg/m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/(kgK)
-4,97	5,30	23,46	42,63	383,70	1,6855
-4,00	5,30	23,31	42,91	384,76	1,6895
-3,00	5,30	23,15	43,19	385,84	1,6935
-2,00	5,30	23,01	43,47	386,93	1,6975
-1,00	5,30	22,86	43,74	388,01	1,7015
0,00	5,30	22,72	44,02	389,09	1,7055
1,00	5,30	22,58	44,29	390,17	1,7094
2,00	5,30	22,44	44,56	391,25	1,7133
3,00	5,30	22,30	44,83	392,33	1,7173
4,00	5,30	22,17	45,10	393,40	1,7211
5,00	5,30	22,04	45,37	394,47	1,7250
6,00	5,30	21,91	45,63	395,54	1,7288
7,00	5,30	21,79	45,90	396,61	1,7327
8,00	5,30	21,67	46,16	397,68	1,7365
9,00	5,30	21,54	46,42	398,75	1,7402
10,00	5,30	21,42	46,68	399,81	1,7440
11,00	5,30	21,31	46,93	400,88	1,7478
12,00	5,30	21,19	47,19	401,94	1,7515
13,00	5,30	21,08	47,44	403,00	1,7552
14,00	5,30	20,97	47,70	404,06	1,7589
15,00	5,30	20,86	47,95	405,12	1,7626
16,00	5,30	20,75	48,20	406,18	1,7663
17,00	5,30	20,64	48,45	407,24	1,7700
18,00	5,30	20,54	48,70	408,30	1,7736
19,00	5,30	20,43	48,94	409,36	1,7772
20,00	5,30	20,33	49,19	410,42	1,7808
21,00	5,30	20,23	49,44	411,48	1,7844
22,00	5,30	20,13	49,68	412,54	1,7880
23,00	5,30	20,03	49,92	413,59	1,7916
24,00	5,30	19,93	50,16	414,65	1,7952
25,00	5,30	19,84	50,41	415,71	1,7987
26,00	5,30	19,74	50,65	416,77	1,8023
27,00	5,30	19,65	50,89	417,82	1,8058
28,00	5,30	19,56	51,12	418,88	1,8093
29,00	5,30	19,47	51,36	419,94	1,8128
30,00	5,30	19,38	51,60	421,00	1,8163

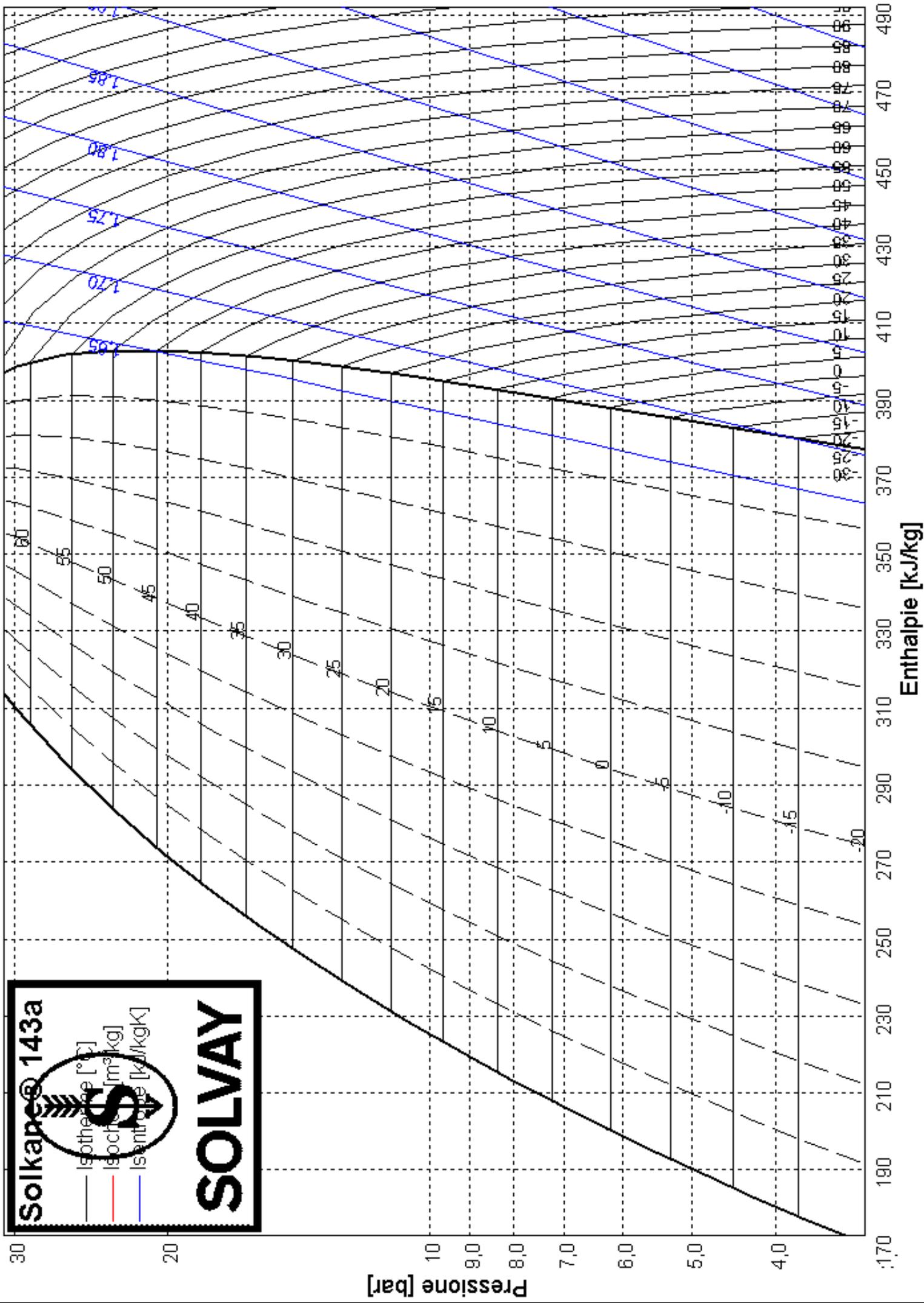
## Vapeur surchauffée

t	p	r	v	h	s
°C	bar	kg/m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/(kgK)
35,00	16,23	76,96	12,99	400,00	1,6560
36,00	16,23	76,10	13,14	401,55	1,6610
37,00	16,23	75,26	13,29	403,07	1,6659
38,00	16,23	74,47	13,43	404,58	1,6708
39,00	16,23	73,70	13,57	406,08	1,6756
40,00	16,23	72,97	13,71	407,55	1,6803
41,00	16,23	72,26	13,84	409,01	1,6850
42,00	16,23	71,57	13,97	410,46	1,6896
43,00	16,23	70,91	14,10	411,90	1,6941
44,00	16,23	70,27	14,23	413,32	1,6986
45,00	16,23	69,65	14,36	414,73	1,7031
46,00	16,23	69,06	14,48	416,13	1,7075
47,00	16,23	68,48	14,60	417,53	1,7118
48,00	16,23	67,91	14,73	418,91	1,7161
49,00	16,23	67,36	14,84	420,28	1,7204
50,00	16,23	66,83	14,96	421,65	1,7246
51,00	16,23	66,32	15,08	423,00	1,7288
52,00	16,23	65,81	15,19	424,35	1,7330
53,00	16,23	65,32	15,31	425,70	1,7371
54,00	16,23	64,84	15,42	427,03	1,7412
55,00	16,23	64,38	15,53	428,36	1,7452
56,00	16,23	63,92	15,64	429,69	1,7493
57,00	16,23	63,48	15,75	431,01	1,7533
58,00	16,23	63,04	15,86	432,32	1,7572
59,00	16,23	62,62	15,97	433,63	1,7612
60,00	16,23	62,20	16,08	434,93	1,7651

**Solkane® 143a**

— Isotherme [°C]  
 — Isochore [m³/kg]  
 — Isentropie [kJ/kgK]

**SOLVAY**



# Diagramme de l'air humide

Pression atmosphérique : 101 325 [Pa] Altitude : 0 [m]

