IUT de Saint Denis — Module TMTHERM

Contrôle de thermodynamique

G.I.M. 2

Mardi 22 janvier 2013

— Durée 1h30 - Polycopiés de cours autorisés
— Documents joints : Tables de saturation de l'eau et du R134a, Diagramme enthalpique du R134a, Diagramme de l'air humide à pression atmosphérique.

1 Pompe à Chaleur :

On désire chauffer une maison à l'aide d'une pompe à chaleur. Lorsque la température extérieure est de 10°C, la puissance nécessaire pour maintenir la température intérieure à 20°C est de $8\,kW$.

La pompe à chaleur fonctionne selon un cycle de Rankine inversé sec classique. Le fluide frigorigène est le R134a dont le diagramme enthalpique ainsi que les tables de saturation sont joints. On considère que le fonctionnement du compresseur est adiabatique. Les évolutions dans l'évaporateur et le condenseur sont considérées comme isobares. On supposera que la variation d'énergie cinétique entre l'entrée et la sortie des différents organes est négligeable. Le fonctionnement du détendeur sera supposé isenthalpique. On admettra que le liquide sortant du condenseur est saturé et de même, que la vapeur sortant de l'évaporateur est saturée. La température de condensation est de 40°C tandis que la température d'évaporation est de 0°C. A la sortie du compresseur, la température est égale à $47,18°C$.

1. Tracer sur le diagramme fourni, le cycle noté ABCD subi par le fluide frigorigène. Le point A sera pris en sortie de condenseur, B en sortie de détendeur, C en sortie d'évaporateur, D en sortie de compresseur.
2. Déterminer les caractéristiques (température, enthalpie massique) du point B en sortie de détendeur.
3. Déterminer le titre de vapeur à l'entrée de l'évaporateur.
4. A la sortie du compresseur, l'enthalpie est égale à $427,25\,KJ/Kg$ et l'entropie à $1,7357\,KJ.K^{-1}.Kg^{-1}$. Peut on dire que la compression est isentropique ? Justifiez votre réponse. La valeur de l'entropie vous paraît elle conforme au deuxième principe. Expliquez en quoi.
5. Calculer le coefficient de performance de la machine dans ces conditions de fonctionnement.
6. Calculer le débit de fluide frigorigène nécessaire pour assurer la puissance de chauffage requise.
7. Calculer la puissance mécanique fournie par le moteur au compresseur.
8. La distribution de la chaleur dans la maison est assurée par un soufflage d'air. L'air aspiré dans la maison est à 20°C et il ressort de son passage dans le condenseur à 30°C. Calculer le débit d'air nécessaire.

On donne : Chaleur massique à pression constante de l'air : $c_p = 1003\ JK^{-1}kg^{-1}$

2 Mélange de deux flux d'air

Dans une installation de conditionnement d'air, on mélange adiabatiquement deux variétés d'air humide. Le premier flux d'air (flux n°1) est puisé à l'extérieur, où la température est égale à $T_1 = 5°\text{C}$ et le degré hygrométrique est $\varphi_1 = 90\%$. Le second flux d'air (Flux n°2) arrive à la température de $T_2 = 30°\text{C}$ et un degré hygrométrique égal à $\varphi_2 = 60\%$. Le débit massique d'air sec de ce second flux d'air est fixé à $\dot{m} = 200\,Kg/heure$. On suppose que la pression ambiante est égale à 1 bar.

1. Calculer la pression partielle de la vapeur d'eau puis l'humidité absolue pour le flux d'air humide n°1.
2. De même pour le flux d'air n°2.
3. Calculer l'enthalpie de l'unité d'air humide (par kg d'air sec) pour le flux d'air n° 1.
4. De même pour le flux n°2.
5. On désire obtenir un flux de mélange dont l'enthalpie vaut $h_3 = 50\,Kj\,/Kg\,air\,sec.$ Calculer le débit d'air sec du flux d'air n°1 nécessaire pour obtenir ce résultat.
6. En déduire l'humidité absolue du mélange ainsi que la température.
7. Positionner les 3 points sur le diagramme. La position du point 3 vous semble-t-elle correcte ? Expliquez pourquoi.

3 Des-humidification

Dans une installation industrielle, un flux d'air devant être des-humidifié est dirigé vers une batterie de refroidissement constituée d'un faisceau de tubes à ailettes parcourus par un courant d'eau glacée. Le flux d'air entrant est caractérisé par une température de 30°C, une humidité absolue de $0,019$ Kg d'eau par Kg d'air sec et une enthalpie de l'unité d'air humide de $79\,KJ/Kg$ d'air sec. De même, on détermine les conditions sur le flux d'air sortant soit une température de $10°C$, une humidité absolue de $0,007$ Kg d'eau par Kg d'air sec et une enthalpie de l'unité d'air humide de $28\,KJ/Kg$ d'air sec. En conséquence, une partie de la vapeur d'eau contenue dans l'air est condensée. On récupère les condensats dans un bac adéquat. Le débit d'air sec est égal à $2000\,Kg/heure$.

On considère que la pression est constante et égale à 1 bar.

1. Calculer le débit d'eau condensée.
2. Calculer la puissance calorifique perdue par l'air
3. L'eau entrant dans les tubes à ailettes est à la température de $4°C$, le débit d'eau est de $2\,Kg/s$. Calculer la température de sortie de l'eau.

On donne : Chaleur massique de l'eau : $c_p = 4185\ JK^{-1}kg^{-1}$

SOLVAY
FLUOR UND DERIVATE GMBH

Solkane® 134a

Vapeur surchauffée

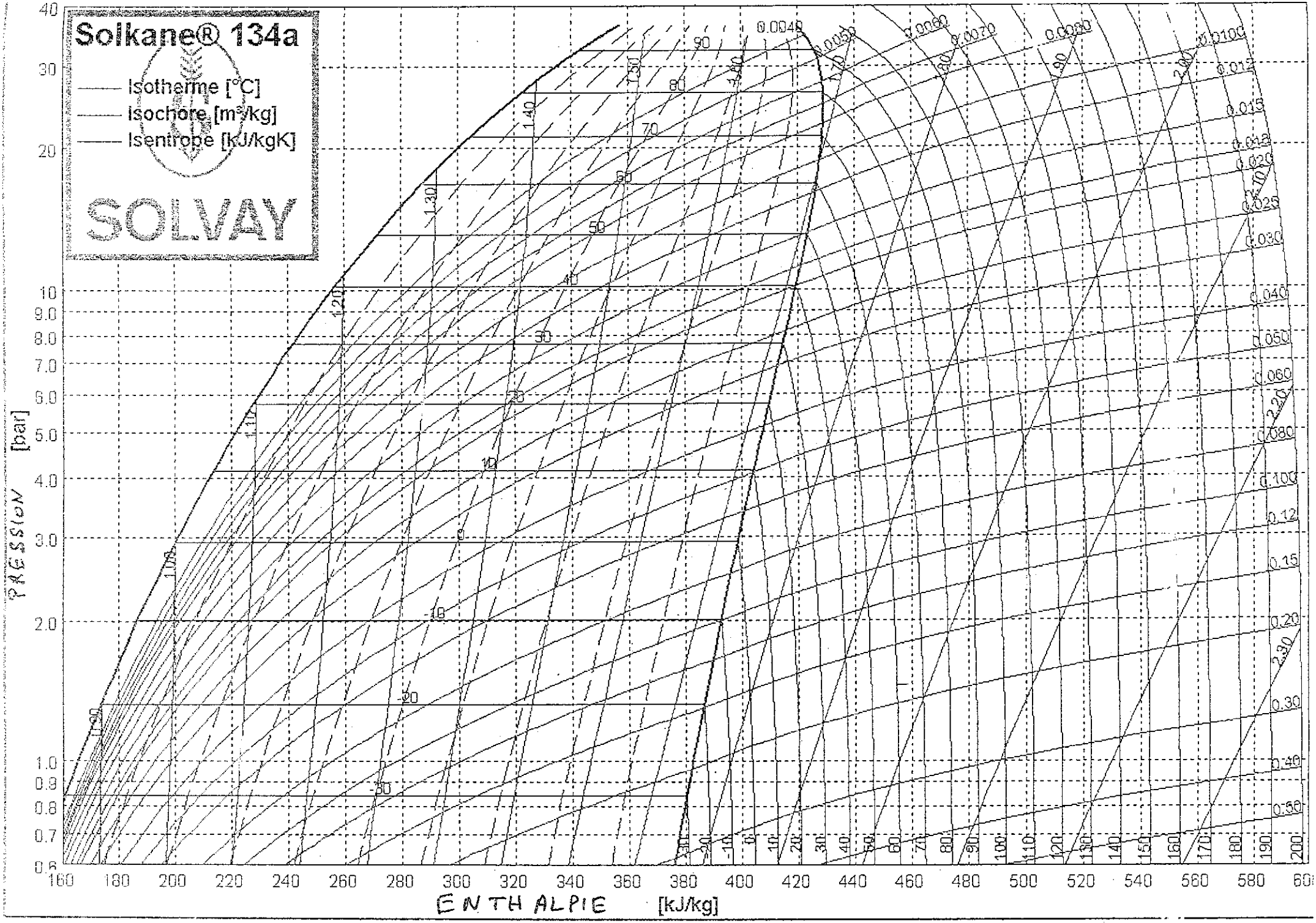
t	p	Rho	v	h	s
C	bar	kg/m^3	dm^3/kg	kJ/kg	kJ/(kgK)
40,02	10,17	50,08	19,97	419,34	1,7108
41,00	10,17	49,73	20,11	420,43	1,7142
42,00	10,17	49,38	20,25	421,55	1,7178
43,00	10,17	49,04	20,39	422,65	1,7213
44,00	10,17	48,71	20,53	423,76	1,7248
45,00	10,17	48,39	20,67	424,86	1,7282
46,00	10,17	48,07	20,80	425,95	1,7317
47,00	10,17	47,76	20,94	427,04	1,7351
48,00	10,17	47,46	21,07	428,13	1,7385
49,00	10,17	47,16	21,20	429,22	1,7419
50,00	10,17	46,87	21,33	430,30	1,7452
51,00	10,17	46,59	21,46	431,39	1,7486
52,00	10,17	46,31	21,59	432,46	1,7519
53,00	10,17	46,04	21,72	433,54	1,7552
54,00	10,17	45,77	21,85	434,61	1,7585
55,00	10,17	45,50	21,98	435,69	1,7617
56,00	10,17	45,24	22,10	436,76	1,7650
57,00	10,17	44,99	22,23	437,82	1,7682
58,00	10,17	44,74	22,35	438,89	1,7715
59,00	10,17	44,50	22,47	439,95	1,7747
60,00	10,17	44,26	22,60	441,02	1,7779

SOLVAY
FLUOR UND DERIVATE GMBH

Solkane® 134a

Vapeur saturée

t	p	Rho'	Rho"	v'	v"	h'	h"	r	s'	s"
C	bar	kg/l	kg/m^3	dm^3/kg	dm^3/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kgK)	kJ/(kgK)
-20,00	1,33	1,359	6,79	0,736	147,33	173,56	386,51	212,95	0,8999	1,7412
-15,00	1,64	1,343	8,29	0,744	120,61	180,06	389,56	209,51	0,9254	1,7369
-10,00	2,01	1,327	10,05	0,753	99,54	186,63	392,58	205,95	0,9505	1,7331
-5,00	2,43	1,311	12,08	0,763	82,76	193,27	395,56	202,29	0,9754	1,7297
0,00	2,93	1,295	14,43	0,772	69,28	200,00	398,49	198,49	1,0000	1,7267
5,00	3,50	1,278	17,14	0,782	58,35	206,79	401,37	194,58	1,0243	1,7241
10,00	4,15	1,261	20,23	0,793	49,43	213,65	404,19	190,54	1,0484	1,7217
15,00	4,88	1,243	23,76	0,804	42,08	220,58	406,94	186,35	1,0723	1,7196
20,00	5,72	1,225	27,78	0,816	35,99	227,59	409,61	182,02	1,0960	1,7176
25,00	6,65	1,206	32,35	0,829	30,91	234,67	412,20	177,53	1,1195	1,7158
30,00	7,70	1,187	37,53	0,842	26,65	241,83	414,69	172,86	1,1429	1,7141
35,00	8,87	1,167	43,40	0,857	23,04	249,08	417,07	168,00	1,1663	1,7124
40,00	10,17	1,146	50,06	0,872	19,98	256,43	419,33	162,90	1,1897	1,7107
45,00	11,60	1,125	57,62	0,889	17,36	263,90	421,44	157,54	1,2132	1,7090
50,00	13,18	1,102	66,21	0,908	15,10	271,52	423,38	151,86	1,2367	1,7071
55,00	14,92	1,078	76,03	0,928	13,15	279,32	425,12	145,80	1,2605	1,7049
60,00	16,82	1,053	87,28	0,950	11,46	287,33	426,63	139,30	1,2845	1,7024


Solkane® 134a
Isotherme [°C]
Isochore [m³/kg]
Isentrope [kJ/kgK]
SOLVAY
PRESSION [bar]
ENTHALPIE [kJ/kg]

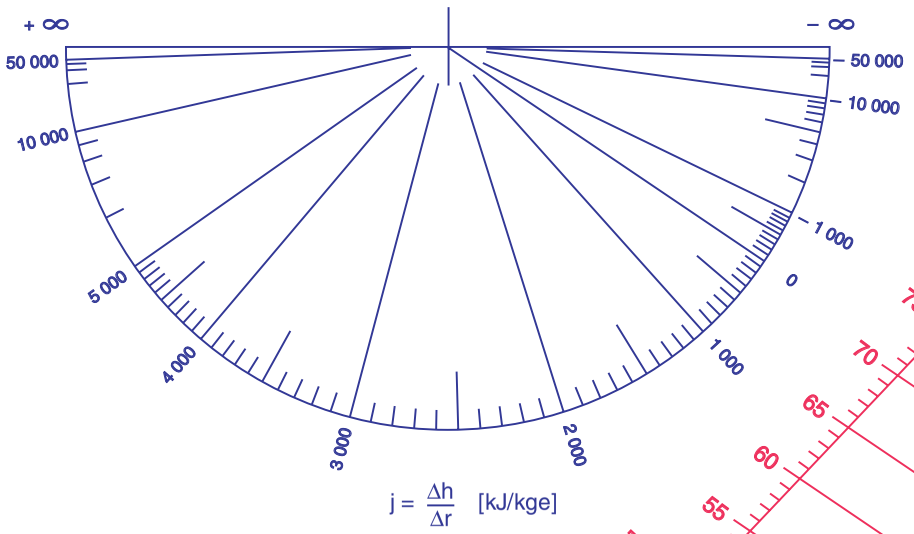
Constantes thermodynamiques de l'eau en ébullition et de la vapeur d'eau saturante (entrée par les températures)

t °C	p bars	$v' \cdot 10^3$ m³/kg	H' kcal/kg	S' kcal/kg.deg	v'' m³/kg	L_v kcal/kg	H'' kcal/kg	S'' kcal/kg.deg
0	0,006104	1,0002	0	0	206,30	597,3	597,3	2,1865
5	0,008719	1,0001	5,03	0,0182	147,20	594,5	599,5	2,1554
10	0,01227	1,0004	10,04	0,0361	106,42	591,7	601,7	2,1256
15	0,01704	1,0010	15,04	0,0536	77,97	588,9	603,9	2,0972
20	0,02337	1,0018	20,04	0,0708	57,84	586,0	606,0	2,0699
25	0,03167	1,0030	25,03	0,0877	43,40	583,2	608,2	2,0438
30	0,04241	1,0044	30,02	0,1043	32,93	580,4	610,4	2,0188
35	0,05622	1,0061	35,01	0,1206	25,24	577,6	612,6	1,9948
40	0,07375	1,0079	40,01	0,1367	19,55	574,7	614,7	1,9719
45	0,09582	1,0099	45,00	0,1525	15,28	571,8	616,8	1,9499
50	0,12334	1,0121	49,99	0,1681	12,04	569,0	619,0	1,9287
55	0,1574	1,0145	54,98	0,1834	9,578	566,1	621,1	1,9084
60	0,1992	1,0171	59,98	0,1985	7,678	563,2	623,2	1,8889
65	0,2501	1,0199	64,98	0,2134	6,201	560,2	625,2	1,8701
70	0,3117	1,0228	69,98	0,2281	5,045	557,3	627,3	1,8521
75	0,3855	1,0258	74,99	0,2426	4,133	554,3	629,3	1,8347
80	0,4736	1,0290	80,00	0,2568	3,408	551,3	631,3	1,8180
85	0,5780	1,0324	85,02	0,2709	2,828	548,3	633,3	1,8018
90	0,7011	1,0359	90,04	0,2848	2,361	545,2	635,2	1,7862
95	0,8452	1,0396	95,07	0,2986	1,982	542,1	637,2	1,7712
100	1,0132	1,0435	100,10	0,3122	1,673	539,0	639,1	1,7566
105	1,2084	1,0474	105,14	0,3256	1,419	535,8	640,9	1,7426
110	1,4331	1,0515	110,19	0,3388	1,210	532,6	642,8	1,7289
115	1,6911	1,0558	115,25	0,3519	1,036	529,4	644,6	1,7157
120	1,9860	1,0603	120,3	0,3649	0,8017	526,1	646,4	1,7029
125	2,3216	1,0649	125,4	0,3777	0,7704	522,7	648,1	1,6905
130	2,7020	1,0697	130,5	0,3904	0,6683	519,3	649,8	1,6784
135	3,131	1,0747	135,6	0,4029	0,5820	515,8	651,4	1,6667
140	3,615	1,0798	140,7	0,4154	$508,7 \cdot 10^3$	512,3	653,0	1,6553
145	4,156	1,0851	145,8	0,4277	$446,1 \cdot 10^3$	508,7	654,5	1,6442
150	4,762	1,0906	151,0	0,4399	$392,6 \cdot 10^3$	505,0	656,0	1,6333
155	5,435	1,0962	156,2	0,4520	$346,6 \cdot 10^3$	501,3	657,5	1,6227
160	6,182	1,1021	161,3	0,4640	$306,8 \cdot 10^3$	497,4	658,7	1,6124
165	7,010	1,1081	166,5	0,4759	$272,5 \cdot 10^3$	493,5	660,0	1,6022
170	7,922	1,1144	171,8	0,4877	$242,6 \cdot 10^3$	489,5	661,3	1,5923
175	8,928	1,1208	177,0	0,4994	$216,6 \cdot 10^3$	485,4	662,4	1,5825
180	10,031	1,1275	182,3	0,5110	$193,9 \cdot 10^3$	481,3	663,6	1,5730
185	11,238	1,1344	187,6	0,5225	0,1739	477,0	664,6	1,5636
190	12,557	1,1415	192,9	0,5340	0,1564	472,6	665,5	1,5543
195	13,994	1,1489	198,2	0,5454	0,1409	468,1	666,3	1,5452
200	15,556	1,1565	203,6	0,5567	0,1272	463,5	667,1	1,5362
205	17,251	1,1644	209,0	0,5679	0,1151	458,7	667,7	1,5273
210	19,086	1,1726	214,4	0,5791	0,1043	453,9	668,3	1,5185
215	21,069	1,1812	219,9	0,5903	0,09465	448,9	668,8	1,5098
220	23,209	1,1900	225,4	0,6014	0,08606	443,7	669,1	1,5011
225	25,513	1,1992	230,9	0,6124	0,07837	438,4	669,3	1,4925
230	27,989	1,2087	236,5	0,6234	0,07147	433,0	669,5	1,4840
235	30,645	1,2187	242,2	0,6344	0,06527	427,5	669,7	1,4756
240	33,491	1,2291	247,8	0,6454	0,05967	421,7	669,5	1,4671
245	36,536	1,2399	253,6	0,6563	0,05462	415,8	669,4	1,4587
250	39,79	1,2512	259,3	0,6672	0,05006	409,7	669,0	1,4503
255	43,26	1,2631	265,2	0,6782	0,04591	403,3	668,5	1,4418
260	46,96	1,2755	271,1	0,6891	0,04215	396,8	667,9	1,4334
265	50,89	1,2886	277,1	0,7000	0,03872	390,2	667,3	1,4249
270	55,07	1,3023	283,1	0,7109	0,03560	383,2	666,3	1,4163
275	59,51	1,3168	289,2	0,7219	0,03274	376,0	665,2	1,4077

liquide | vapeur

Diagramme de l'air humide

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



© Copyright

Revue CFP
6, passage Tenaille
75014 PARIS
Tél. : 01 45 40 30 60

Enthalpie [kJ/kgas]

Volume spécifique [m³/kgas]

Degré hygrométrique [%]

Teneur en humidité [kge/kgas]

Pression partielle de vapeur d'eau [Pa]

Température [°C]