

MEC1210 THERMODYNAMIQUE

ENSEIGNANT: MARTIN GARIÉPY
BUREAU: JAB-5067
TELEPHONE: (514)340-4711 ext. 7450
COURRIEL: martin.gariepy@polymtl.ca

SEPTEMBRE 2011

D'après les notes de cours de Pr. Huu Duc Vo



Chapitre 4: Propriétés des corps purs, simples et compressibles

OBJECTIFS

- Définir les propriétés de substances pures.
- Comprendre la physique du changement de phase
- Illustrer les diagrammes P-V, T-V et P-T
- Comprendre et utiliser les tables de vapeur d'eau.



Rappel

- **Substance pure**: substance dont la composition chimique est homogène et stable
- **Phase**: quantité de matière physiquement homogène (solide , liquide, gaz) et de composition chimique uniforme
- **État**: Description thermodynamique d'un système.



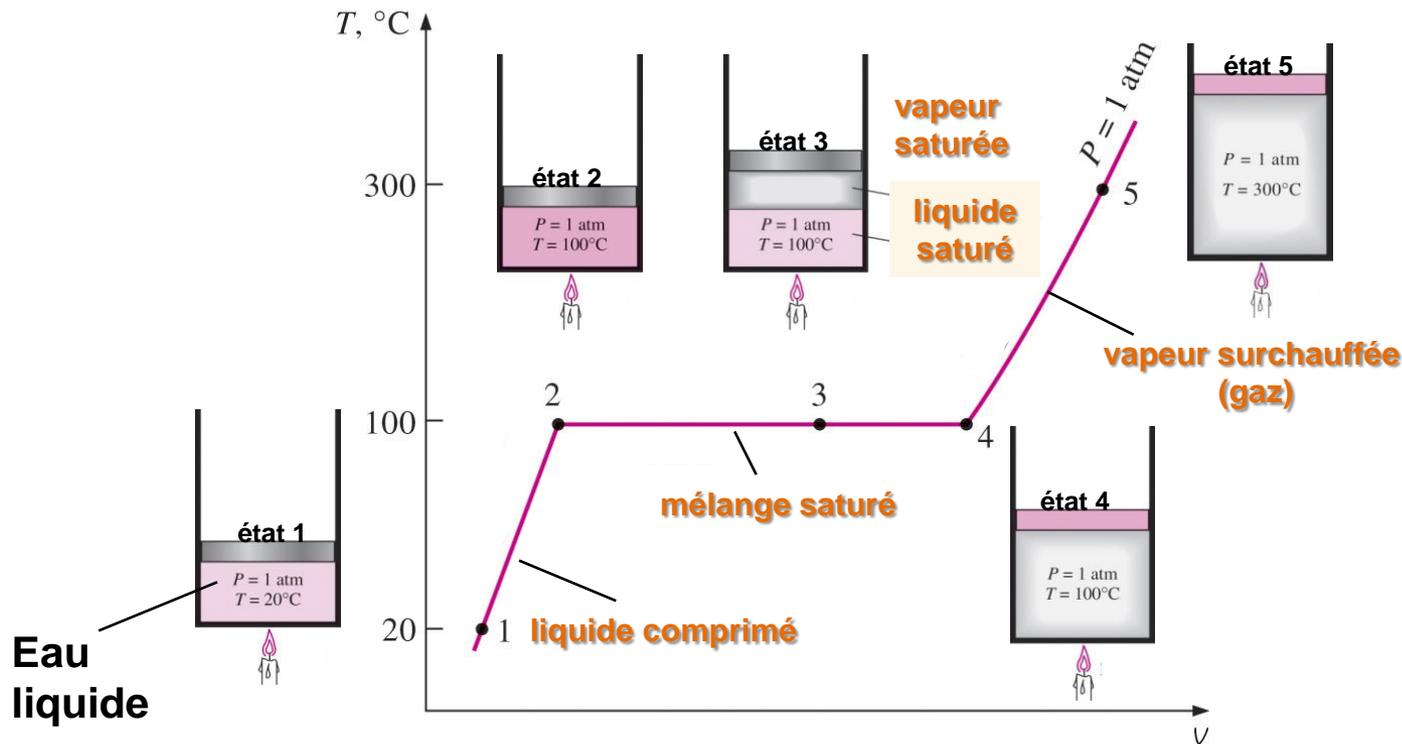
POSTULAT D'ÉTAT

- Pour une substance **compressible (eau, air, etc)**, seulement **2** variables **indépendantes** sont suffisantes pour décrire son état.
- Deux variables sont indépendantes si on peut changer une variable sans nécessairement affecter la deuxième
- Exemple: Description de l'état de l'air
 - On peut donner la **pression** et la **température**
 - Par la loi des gas parfaits, on peut retrouver sa **densité**
 - Par le volume du système, on peut retrouver sa **masse**
 - Par sa température, on peut retrouver son **enthalpie**
 - Etc.



Relation P-v-T

Soit de l'eau dont la température initiale est de 20°C et la pression initiale, de 1atm (101.325kPa), contenue dans le system piston-cylindre sans frottement



Température et Pression de Saturation

Température de saturation (T_{sat}): désigne la température à laquelle se produit l'évaporation pour **une pression donnée.**

Pression de saturation (P_{sat}): désigne la pression à laquelle se produit l'évaporation pour **une température donnée.**

Température (en degrés Celsius)	Pression de saturation (en kilopascal)
-10	0,26
-5	0,40
0	0,61
5	0,87
10	1,23
15	1,71
20	2,34
25	3,17
30	4,25
40	7,39
50	12,35
100	101,4
150	476,2
200	1 555
250	3 976
300	8 588



Diagramme T-v

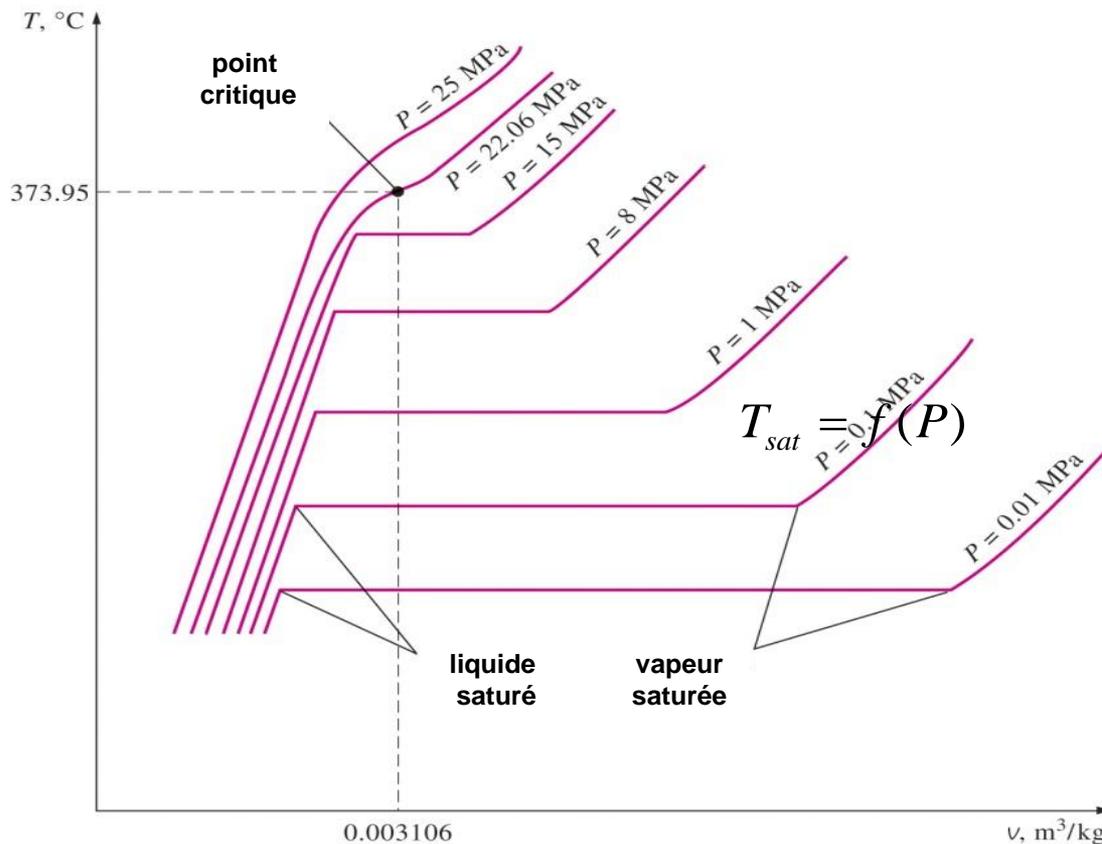


Diagramme T-v

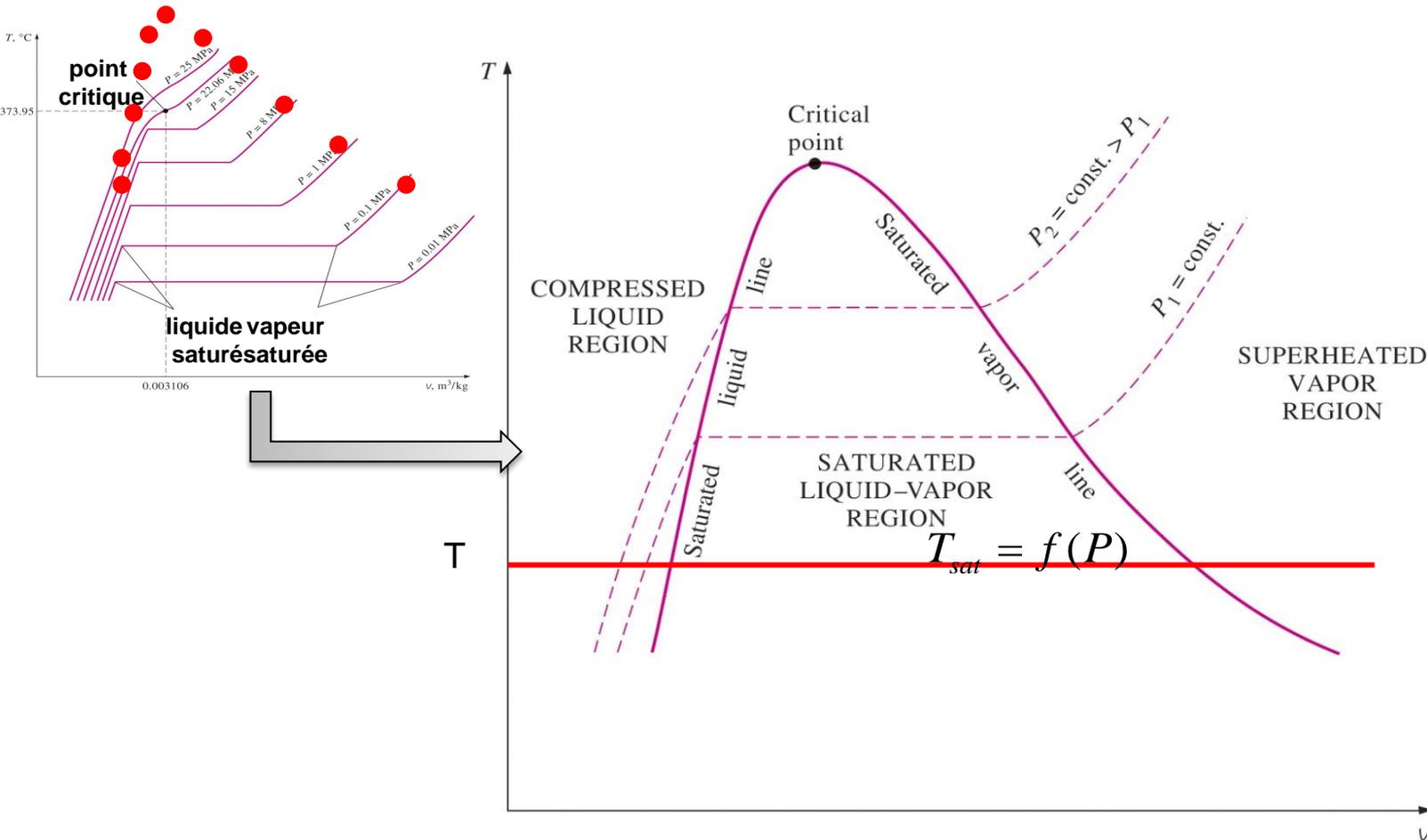
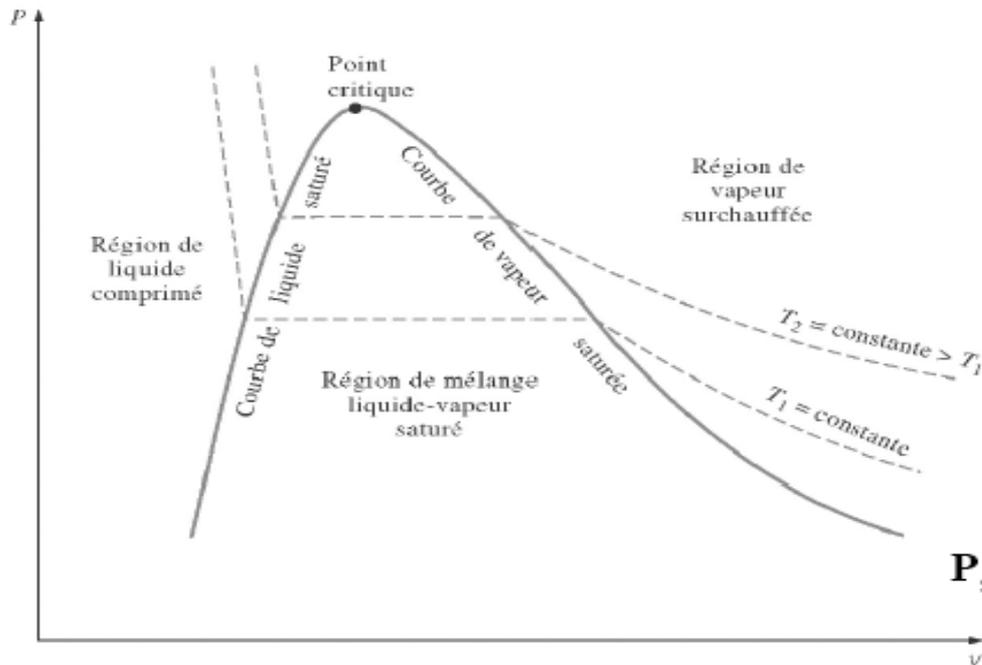
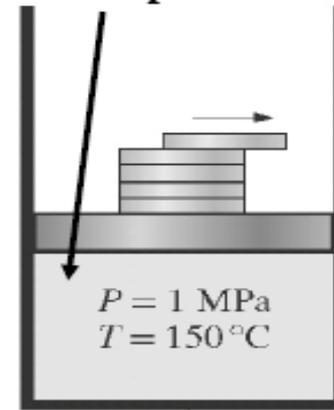


Diagramme P-v

Diagramme P-v



Eau: liquide comprimé.



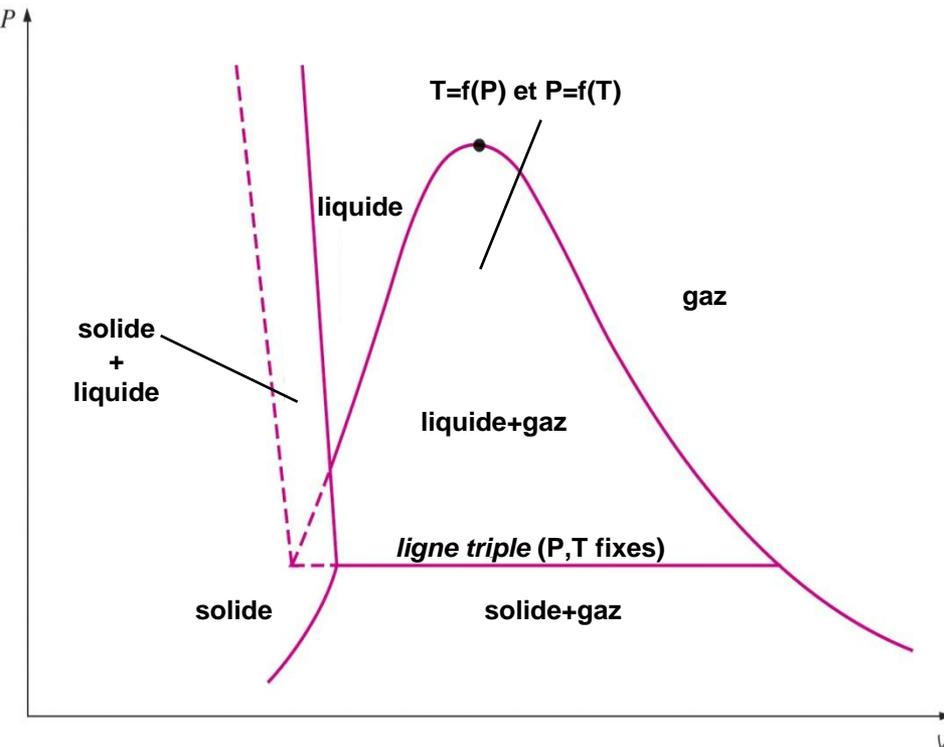
Chaleur

$P_{\text{sat}} = 476 \text{ kPa à } 150 \text{ °C}$

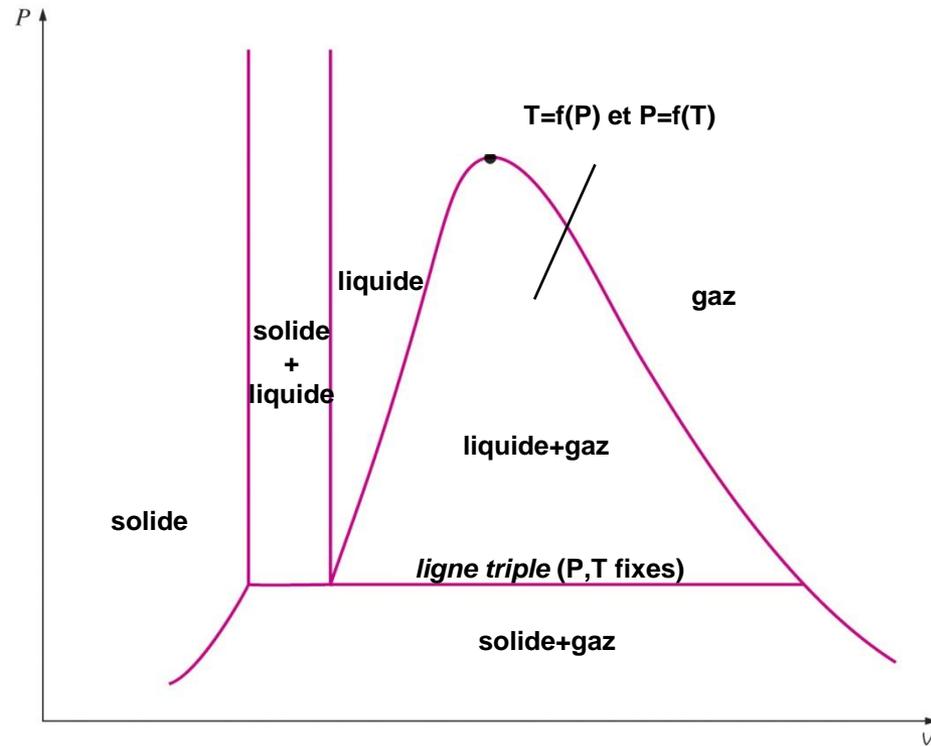


b) Diagramme P-v(cont.)

Substance qui **se dilate** durant la solidification (eau)



Substance qui **se contracte** durant la solidification



d) Diagramme P-T (diagramme de phase)

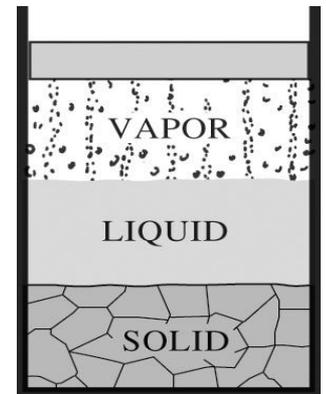
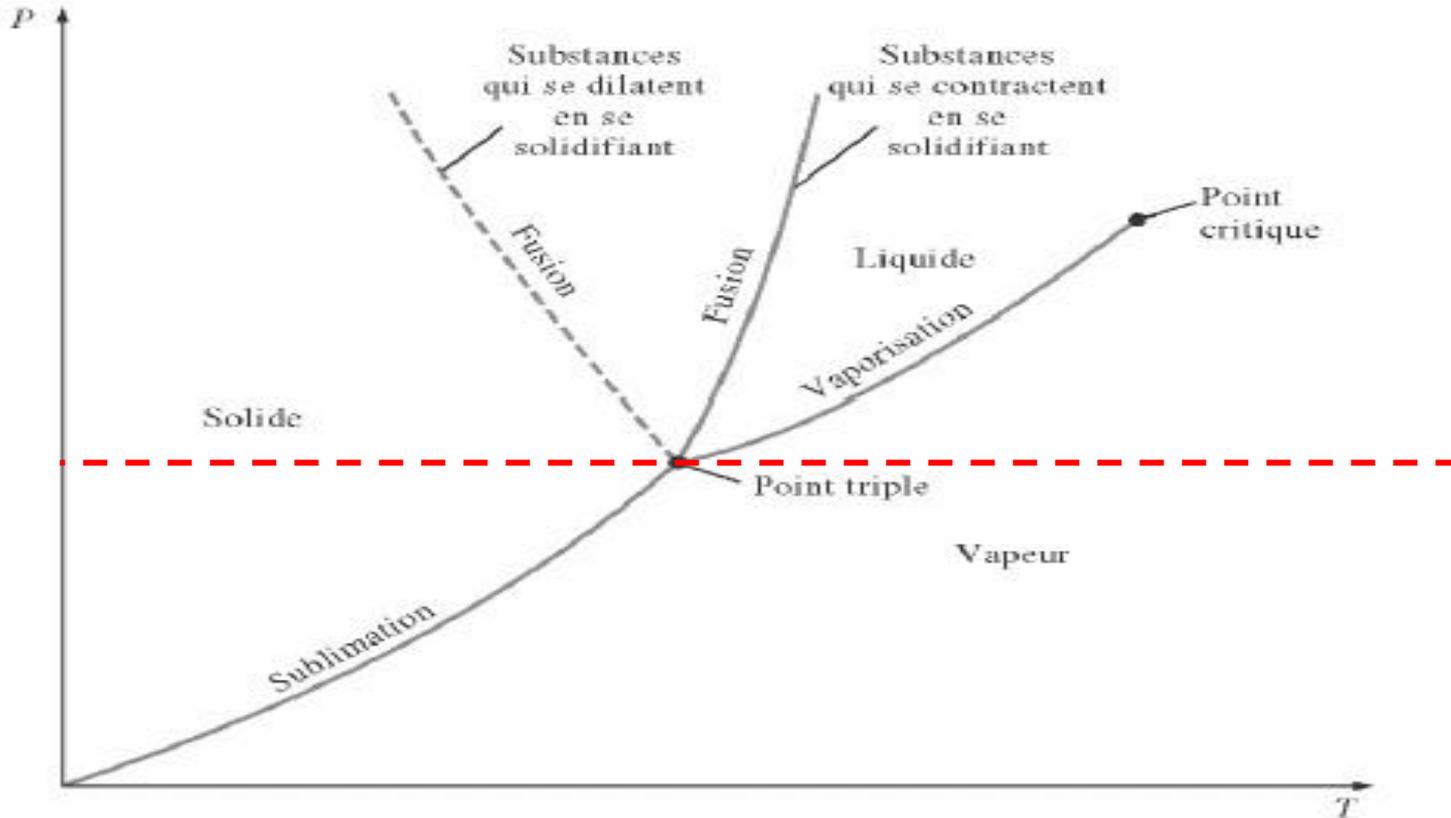
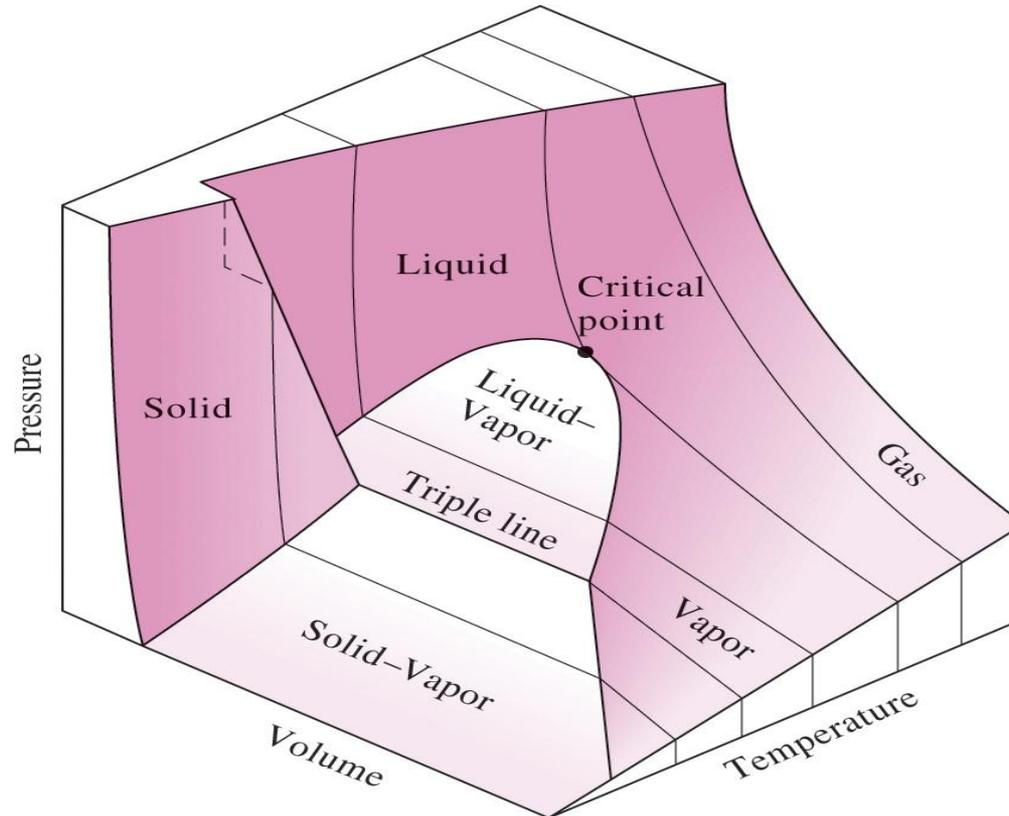


Diagramme P-v-T

Substance qui se dilate
durant la solidification



L'enthalpie

- **Enthalpie (h):** $H = U + PV$ [kJ] (P: pression, U: énergie interne)
 $h = u + Pv$ [kJ /kg] (v: volume massique)
- Nécessaire à l'étude des centrales thermiques et des systèmes de réfrigération
- Volume Massique de liquide saturé: v_f
- Volume Massique de vapeur saturé: v_g
- Enthalpie de Vaporisation (v_{fg}): Quantité d'énergie requise par unité de masse pour vaporiser un liquide saturé à une pression et une température données

$$\square \Delta e_{sys} = e_{in} - e_{out}$$

$$\Delta u + \Delta e_c + \Delta e_p = \underbrace{\delta q + \delta w_{autre}}_{\text{énergie transférée au système}}$$



Liquides et vapeurs saturés

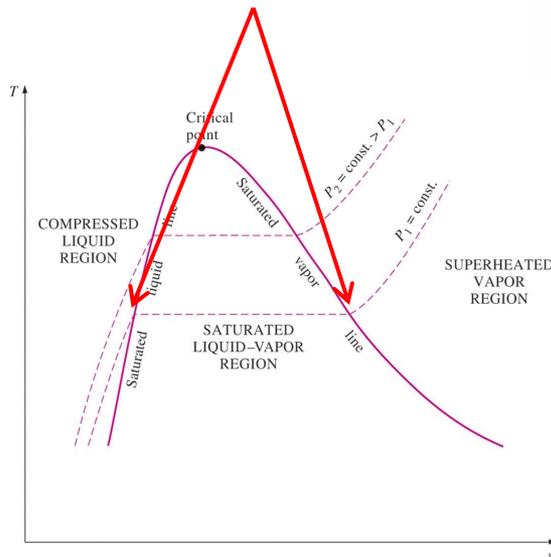
Vapeur d'eau à saturation: température A-4

TABLE A.4

Variables de la vapeur d'eau saturée: table de la température.

Température $T, ^\circ\text{C}$	Pression de saturation $P_{\text{sat}}, \text{kPa}$	Volume massique m^3/kg		Énergie interne kJ/kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		
		Liquide saturé v_f	Vapeur saturée v_g	Liquide saturé u_f	Évapo- ration u_{fg}	Vapeur saturée u_g	Liquide saturé h_f	Évapo- ration h_{fg}	Vapeur saturée h_g	Liquide saturé s_f	Évapo- ration s_{fg}	Vapeur saturée s_g
0,01	0,6117	0,001000	206,00	0,000	2 374,9	2 374,9	0,001	2 500,9	2 500,9	0,0000	9,1556	9,1556
5	0,8725	0,001000	147,03	21,019	2 360,8	2 381,8	21,020	2 489,1	2 510,1	0,0763	8,9487	9,0249
10	1,2281	0,001000	106,32	42,020	2 346,6	2 388,7	42,022	2 477,2	2 519,2	0,1511	8,7488	8,8999
15	1,7057	0,001001	77,885	62,980	2 332,5	2 395,5	62,982	2 465,4	2 528,3	0,2245	8,5559	8,7803
20	2,3392	0,001002	57,762	83,913	2 318,4	2 402,3	83,915	2 453,5	2 537,4	0,2965	8,3696	8,6661
25	3,1698	0,001003	43,340	104,83	2 304,3	2 409,1	104,83	2 441,7	2 546,5	0,3672	8,1895	8,5567
30	4,2469	0,001004	32,879	125,73	2 290,2	2 415,9	125,74	2 429,8	2 555,6	0,4368	8,0152	8,4520
35	5,6291	0,001006	25,205	146,63	2 276,0	2 422,7	146,64	2 417,9	2 564,6	0,5051	7,8466	8,3517
40	7,3851	0,001008	19,515	167,53	2 261,9	2 429,4	167,53	2 406,0	2 573,5	0,5724	7,6832	8,2556
45	9,5953	0,001010	15,251	188,43	2 247,7	2 436,1	188,44	2 394,0	2 582,4	0,6386	7,5247	8,1633

Pour connaître les propriétés thermo à ces endroits:



Liquides et vapeurs saturés

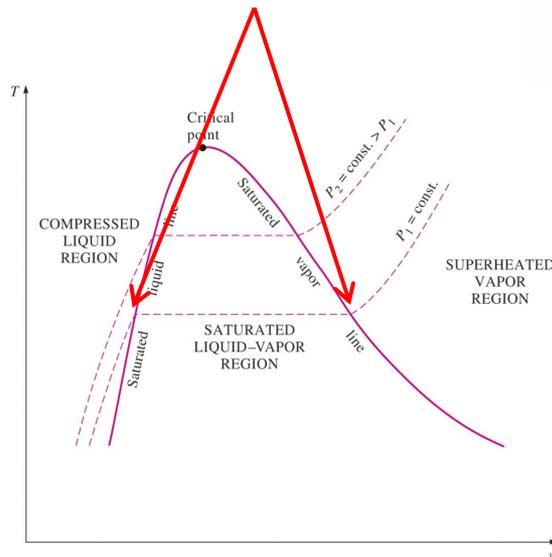
Vapeur d'eau à saturation: pression A-5

TABLE A.5

Variables de la vapeur d'eau saturée: table de la pression.

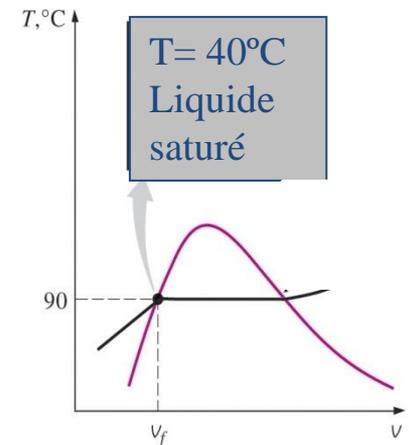
Pression P , kPa	Température de saturation T_{sat} , °C	Volume massique m^3/kg		Énergie interne kJ/kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$		
		Liquide saturé v_f	Vapeur saturée v_g	Liquide saturé u_f	Évaporation u_{fg}	Vapeur saturée u_g	Liquide saturé h_f	Évaporation h_{fg}	Vapeur saturée h_g	Liquide saturé s_f	Évaporation s_{fg}	Vapeur saturée s_g
1,0	6,97	0,001000	129,19	29,302	2 355,2	2 384,5	29,303	2 484,4	2 513,7	0,1059	8,8690	8,9749
1,5	13,02	0,001001	87,964	54,686	2 338,1	2 392,8	54,688	2 470,1	2 524,7	0,1956	8,6314	8,8270
2,0	17,50	0,001001	66,990	73,431	2 325,5	2 398,9	73,433	2 459,5	2 532,9	0,2606	8,4621	8,7227
2,5	21,08	0,001002	54,242	88,422	2 315,4	2 403,8	88,424	2 451,0	2 539,4	0,3118	8,3302	8,6421
3,0	24,08	0,001003	45,654	100,98	2 306,9	2 407,9	100,98	2 443,9	2 544,8	0,3543	8,2222	8,5765
4,0	28,96	0,001004	34,791	121,39	2 293,1	2 414,5	121,39	2 432,3	2 553,7	0,4224	8,0510	8,4734
5,0	32,87	0,001005	28,185	137,75	2 282,1	2 419,8	137,75	2 423,0	2 560,7	0,4762	7,9176	8,3938
7,5	40,29	0,001008	19,233	168,74	2 261,1	2 429,8	168,75	2 405,3	2 574,0	0,5763	7,6738	8,2501
10	45,81	0,001010	14,670	191,79	2 245,4	2 437,2	191,81	2 392,1	2 583,9	0,6492	7,4996	8,1488
15	53,97	0,001014	10,020	225,93	2 222,1	2 448,0	225,94	2 372,3	2 598,3	0,7549	7,2522	8,0071

Pour connaître les propriétés thermo à ces endroits:



Exemple #1, p. 109

Un réservoir rigide renferme 50 kg d'eau liquide saturé à 40°C. Déterminez la pression ainsi que le volume du réservoir.



Exemple #2, p. 109

Un système piston-cylindre contient 1 m³ de vapeur saturée à 10 kPa. Déterminez la température et la masse de vapeur dans le système.

Exemple #3, p. 110

Sous une pression de 10 kPa, 200 g d'eau liquide saturée sont évaporés. Déterminez la variation du volume du fluide pendant l'évolution et la quantité d'énergie transmise à l'eau.



Mélange liquide-vapeur saturé

□ Titre d'un mélange:
$$\chi = \frac{m_{\text{vapeur}}}{m_{\text{totale}}}$$

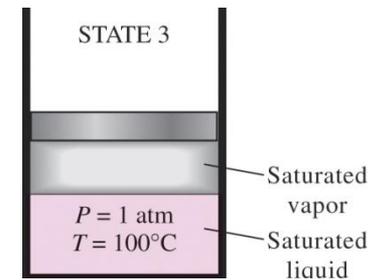
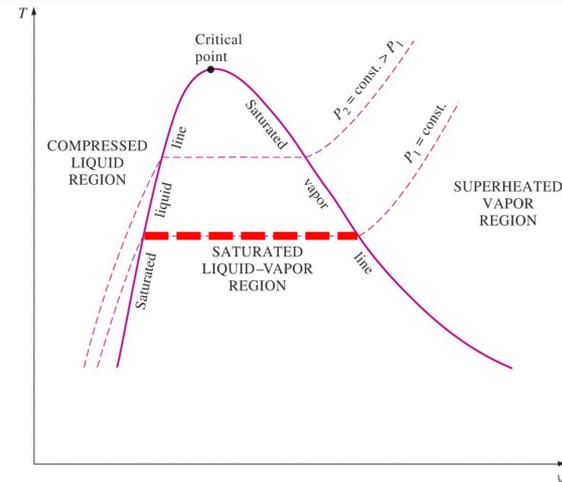
$$m_{\text{totale}} = m_f + m_g$$

□ Calcul des propriétés d'un mélange:

$$u_{\text{moyen}} = u_f + \chi u_{fg}$$

$$h_{\text{moyen}} = h_f + \chi h_{fg}$$

$$v_{\text{moyen}} = v_f + \chi v_{fg}$$



Exemple #1

Un réservoir indéformable contient 10 kg d'eau dont la température est de 30 °C. Si 8 kg d'eau se trouvent sous forme liquide et le reste de la masse sous forme de vapeur, calculez la pression et le volume du réservoir.

Exemple #2

Un réservoir de 80 L contient 4 kg de réfrigérant R-134A à la pression de 160 kPa. Déterminez la température dans le réservoir, le titre, l'enthalpie, et le volume occupé par la phase vapeur.

R134a - TetraFlouroEthane Saturation Properties - Pressure Table (60 kPa - 3 MPa)

Pressure kPa	Temp °C	volume (m ³ /kg)		enthalpy (kJ/kg)		
		vf	vg	hf	hfg	hg
60	-36.9	0.0007098	0.3112	3.9	223.9	227.8
80	-31.1	0.0007185	0.2376	11.3	220.2	231.5
100	-26.4	0.0007259	0.1924	17.3	217.2	234.5
120	-22.3	0.0007324	0.1621	22.5	214.5	237.0
140	-18.8	0.0007383	0.1402	27.1	212.1	239.2
160	-15.6	0.0007437	0.1235	31.2	209.9	241.1
180	-12.7	0.0007487	0.1104	35.0	207.9	242.9

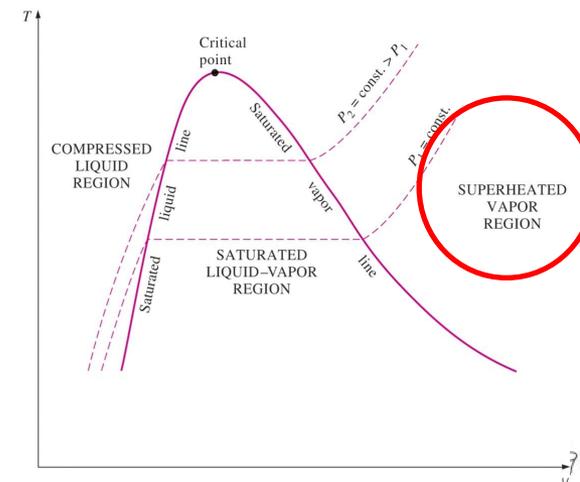
Vapeur surchauffée

Vapeur surchauffée A-6

TABLE A.6

Variables de la vapeur d'eau surchauffée.

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
$P = 0,01 \text{ MPa (} 45,81 \text{ °C)}^*$				$P = 0,05 \text{ MPa (} 81,32 \text{ °C)}$				$P = 0,10 \text{ MPa (} 99,61 \text{ °C)}$				
Sat. ¹	14,670	2 437,2	2 583,9	8,1488	3,2403	2 483,2	2 645,2	7,5931	1,6941	2 505,6	2 675,0	7,3589
50	14,867	2 443,3	2 592,0	8,1741								
100	17,196	2 515,5	2 687,5	8,4489	3,4187	2 511,5	2 682,4	7,6953	1,6959	2 506,2	2 675,8	7,3611
150	19,513	2 587,9	2 783,0	8,6893	3,8897	2 585,7	2 780,2	7,9413	1,9367	2 582,9	2 776,6	7,6148
200	21,826	2 661,4	2 879,6	8,9049	4,3562	2 660,0	2 877,8	8,1592	2,1724	2 658,2	2 875,5	7,8356
250	24,136	2 736,1	2 977,5	9,1015	4,8206	2 735,1	2 976,2	8,3568	2,4062	2 733,9	2 974,5	8,0346
300	26,446	2 812,3	3 076,7	9,2827	5,2841	2 811,6	3 075,8	8,5387	2,6389	2 810,7	3 074,5	8,2172
400	31,063	2 969,3	3 280,0	9,6094	6,2094	2 968,9	3 279,3	8,8659	3,1027	2 968,3	3 278,6	8,5452
500	35,680	3 132,9	3 489,7	9,8998	7,1338	3 132,6	3 489,3	9,1566	3,5655	3 132,2	3 488,7	8,8362
600	40,296	3 303,3	3 706,3	10,1631	8,0577	3 303,1	3 706,0	9,4201	4,0279	3 302,8	3 705,6	9,0999
700	44,911	3 480,8	3 929,9	10,4056	8,9813	3 480,6	3 929,7	9,6626	4,4900	3 480,4	3 929,4	9,3424
800	49,527	3 665,4	4 160,6	10,6312	9,9047	3 665,2	4 160,4	9,8883	4,9519	3 665,0	4 160,2	9,5682
900	54,143	3 856,9	4 398,3	10,8429	10,8280	3 856,8	4 398,2	10,1000	5,4137	3 856,7	4 398,0	9,7800
1 000	58,758	4 055,3	4 642,8	11,0429	11,7513	4 055,2	4 642,7	10,3000	5,8755	4 055,0	4 642,6	9,9800
1 100	63,373	4 260,0	4 893,8	11,2326	12,6745	4 259,9	4 893,7	10,4897	6,3372	4 259,8	4 893,6	10,1698
1 200	67,989	4 470,9	5 150,8	11,4132	13,5977	4 470,8	5 150,7	10,6704	6,7988	4 470,7	5 150,6	10,3504
1 300	72,604	4 687,4	5 413,4	11,5857	14,5209	4 687,3	5 413,3	10,8429	7,2605	4 687,2	5 413,3	10,5229



Exemple #1, p. 115

Déterminez l'énergie interne de l'eau à 100 kPa et 200°C

Vapeur surchauffée A-6

TABLE A.6

Variables de la vapeur d'eau surchauffée.

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
$P = 0,01 \text{ MPa (} 45,81 \text{ °C)}^*$				$P = 0,05 \text{ MPa (} 81,32 \text{ °C)}$				$P = 0,10 \text{ MPa (} 99,61 \text{ °C)}$				
Sat. ¹	14,670	2 437,2	2 583,9	8,1488	3,2403	2 483,2	2 645,2	7,5931	1,6941	2 505,6	2 675,0	7,3589
50	14,867	2 443,3	2 592,0	8,1741								
100	17,196	2 515,5	2 687,5	8,4489	3,4187	2 511,5	2 682,4	7,6953	1,6959	2 506,2	2 675,8	7,3611
150	19,513	2 587,9	2 783,0	8,6893	3,8897	2 585,7	2 780,2	7,9413	1,9367	2 582,9	2 776,6	7,6148
200	21,826	2 661,4	2 879,6	8,9049	4,3562	2 660,0	2 877,8	8,1592	2,1724	2 658,2	2 875,5	7,8356
250	24,136	2 736,1	2 977,5	9,1015	4,8206	2 735,1	2 976,2	8,3568	2,4062	2 733,9	2 974,5	8,0346
300	26,446	2 812,3	3 076,7	9,2827	5,2841	2 811,6	3 075,8	8,5387	2,6389	2 810,7	3 074,5	8,2172
400	31,063	2 969,3	3 280,0	9,6094	6,2094	2 968,9	3 279,3	8,8659	3,1027	2 968,3	3 278,6	8,5452
500	35,680	3 132,9	3 489,7	9,8998	7,1338	3 132,6	3 489,3	9,1566	3,5655	3 132,2	3 488,7	8,8362
600	40,296	3 303,3	3 706,3	10,1631	8,0577	3 303,1	3 706,0	9,4201	4,0279	3 302,8	3 705,6	9,0999
700	44,911	3 480,8	3 929,9	10,4056	8,9813	3 480,6	3 929,7	9,6626	4,4900	3 480,4	3 929,4	9,3424
800	49,527	3 665,4	4 160,6	10,6312	9,9047	3 665,2	4 160,4	9,8883	4,9519	3 665,0	4 160,2	9,5682
900	54,143	3 856,9	4 398,3	10,8429	10,8280	3 856,8	4 398,2	10,1000	5,4137	3 856,7	4 398,0	9,7800
1 000	58,758	4 055,3	4 642,8	11,0429	11,7513	4 055,2	4 642,7	10,3000	5,8755	4 055,0	4 642,6	9,9800
1 100	63,373	4 260,0	4 893,8	11,2326	12,6745	4 259,9	4 893,7	10,4897	6,3372	4 259,8	4 893,6	10,1698
1 200	67,989	4 470,9	5 150,8	11,4132	13,5977	4 470,8	5 150,7	10,6704	6,7988	4 470,7	5 150,6	10,3504
1 300	72,604	4 687,4	5 413,4	11,5857	14,5209	4 687,3	5 413,3	10,8429	7,2605	4 687,2	5 413,3	10,5229

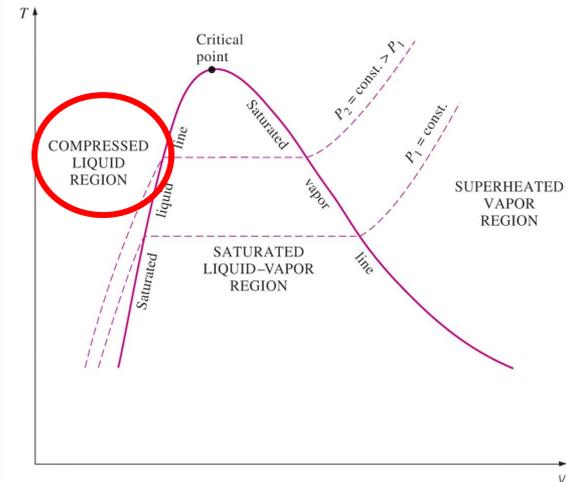


Liquide comprimé

TABLE A.7

Variables de l'eau comprimée.

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
P = 5 MPa (263,94°C)				P = 10 MPa (311,00°C)				P = 15 MPa (342,16°C)				
Sat.	0,0012862	1 148,1	1 154,5	2,9207	0,0014522	1 393,3	1 407,9	3,3603	0,0016572	1 585,5	1 610,3	3,6848
0	0,0009977	0,04	5,03	0,0001	0,0009952	0,12	10,07	0,0003	0,0009928	0,18	15,07	0,0004
20	0,0009996	83,61	88,61	0,2954	0,0009973	83,31	93,28	0,2943	0,0009951	83,01	97,93	0,2932
40	0,0010057	166,92	171,95	0,5705	0,0010035	166,33	176,37	0,5685	0,0010013	165,75	180,77	0,5666
60	0,0010149	250,29	255,36	0,8287	0,0010127	249,43	259,55	0,8260	0,0010105	248,58	263,74	0,8234
80	0,0010267	333,82	338,96	1,0723	0,0010244	332,69	342,94	1,0691	0,0010221	331,59	346,92	1,0659
100	0,0010410	417,65	422,85	1,3034	0,0010385	416,23	426,62	1,2996	0,0010361	414,85	430,39	1,2958
120	0,0010576	501,91	507,19	1,5236	0,0010549	500,18	510,73	1,5191	0,0010522	498,50	514,28	1,5148
140	0,0010769	586,80	592,18	1,7344	0,0010738	584,72	595,45	1,7293	0,0010708	582,69	598,75	1,7243
160	0,0010988	672,55	678,04	1,9374	0,0010954	670,06	681,01	1,9316	0,0010920	667,63	684,01	1,9259
180	0,0011240	759,47	765,09	2,1338	0,0011200	756,48	767,68	2,1271	0,0011160	753,58	770,32	2,1206
200	0,0011531	847,92	853,68	2,3251	0,0011482	844,32	855,80	2,3174	0,0011435	840,84	858,00	2,3100
220	0,0011868	938,39	944,32	2,5127	0,0011809	934,01	945,82	2,5037	0,0011752	929,81	947,43	2,4951
240	0,0012268	1 031,6	1 037,7	2,6983	0,0012192	1 026,2	1 038,3	2,6876	0,0012121	1 021,0	1 039,2	2,6774
260	0,0012755	1 128,5	1 134,9	2,8841	0,0012653	1 121,6	1 134,3	2,8710	0,0012560	1 115,1	1 134,0	2,8586
280					0,0013226	1 221,8	1 235,0	3,0565	0,0013096	1 213,4	1 233,0	3,0410
300					0,0013980	1 329,4	1 343,3	3,2488	0,0013783	1 317,6	1 338,3	3,2279
320									0,0014733	1 431,9	1 454,0	3,4263
340									0,0016311	1 567,9	1 592,4	3,6555



- ❑ Les propriétés des liquides comprimés sont quasiment invariantes
- ❑ Les propriétés des liquides comprimés sont indépendantes de la pression
- ❑ À moins d'indication contraire, on prends les propriétés du liquide comprimé **comme si c'était un liquide saturé à la température du fluide**



Interpolation linéaire

Quel est le volume massique de la vapeur surchauffée à 1,0 MPa et 220°C

Température(°C)	Volume massique(m ³ /kg)
200	0,20602
250	0,23275

$$\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{v - v_1}{v_2 - v_1}$$
$$\Rightarrow \frac{220 - 200}{250 - 200} = \frac{v - 0.20602}{0.23275 - 0.20602}$$
$$\Rightarrow v(220^\circ C) = 0.21671 \text{ m}^3/\text{kg}$$



Notes importantes au sujet des tables

- Les propriétés thermodynamiques sont mesurées à partir d'une référence quelconque qui dépend généralement de l'auteur de la table
- Seul les **deltas** sont importants en thermodynamique (la différence entre deux états)
- La valeur que l'on retrouve dans la table est calculée à partir de la valeur de référence;



Exemple p. 116

Remplissez le tableau suivant

T, °C	P, kPa	h, kJ/kg	x	État de la phase
a)	200		0.7	
b) 140		1800		
c)	950	752.74	0.0	
d) 80	500			
e)	800	3162.2		



L'équation d'état d'un gaz parfait

- $Pv = RT$
- $PV = mRT$
- $P = \rho RT$
- $PV = NR_u T$
- $P\bar{v} = R_u T$

GAZ	R (kJ/kg·K)	R _u (kJ/(kml·K))
Air	0.2870	8.31447
Chlore	0.1173	-
Oxygène	0.2598	-



Chaleur massique

- Quantité de chaleur requise pour élever de 1°C une masse de 1kg

- $C_V = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_{V=cst}$ [kJ/kg·K]

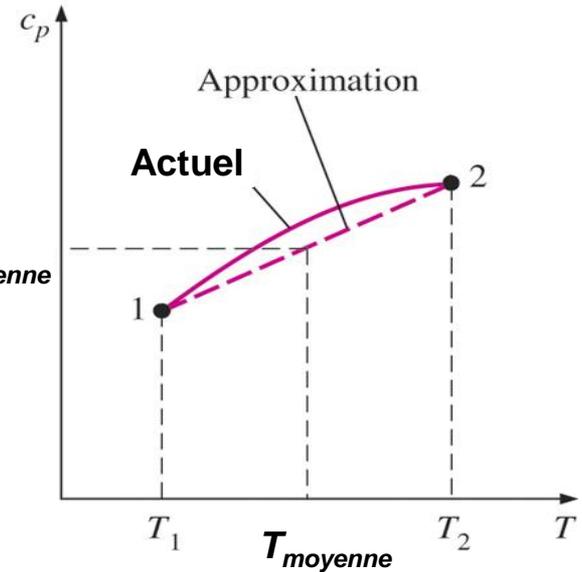
- $C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_{p=cst}$ [kJ/kg·K]

- Pour une substance à l'état liquide ou solide, $c_p = c_v = c$



L'énergie interne, l'enthalpie et les chaleurs massique

- $u = u(T)$
- $h = u + p\nu = u + RT \rightarrow h = h(T, c_{p,moyenne})$
- $\Delta u = u_2 - u_1 = c_v (T_2 - T_1)$
- $\Delta h = h_2 - h_1 = c_p (T_2 - T_1)$
- On peut calculer les variations d'énergie interne et d'enthalpie par:
 - Par les tables
 - Par intégration de l'équation de c_p et c_v disponible dans les tables à la fin du livre (vraie relation entre c_p , c_v et T)
 - Par estimation d'un c_p et c_v moyen tel qu'illustré ci-haut



L'énergie interne, l'enthalpie et les chaleurs massique

$dh = du + RT$

$dh = c_p dT$

$u = c_v dT$

$c_p = c_v + R$

$k = \frac{c_p}{c_v}$

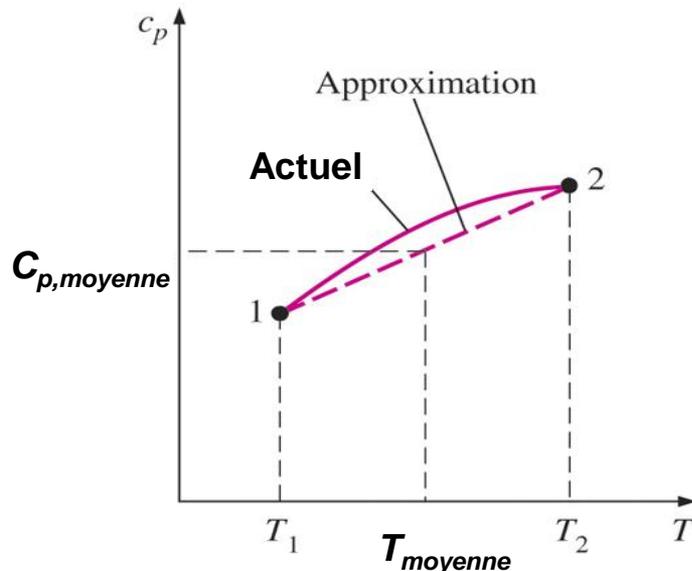
Pour l'air, $k=1.4$



Exemple p.155

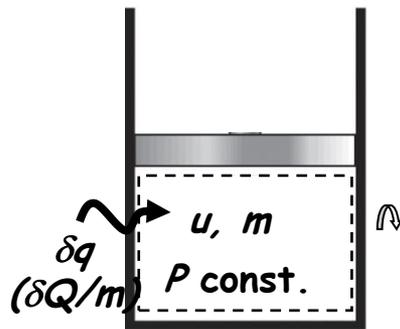
De l'air à 300 K et à 200 kPa est chauffé à pression constante jusqu'à 600 K. Déterminez la variation d'énergie interne de l'air par unité de masse à l'aide de:

- Les variables thermodynamiques de la table A.17
- Du polynôme pour la chaleur massique de l'air
- D'une valeur moyenne de la chaleur massique, table A2.b



Exemple p. 157

Soit un réservoir rigide et adiabatique contenant 1 kg d'Hélium à 300K et à 300 kPa. L'hélium est brassé à l'aide d'un agitateur de 15 W qui fonctionne pendant 30 minutes. Déterminez la température finale et la pression finale de l'hélium.



4) Variation d'enthalpie

- Substance incompressible: $\Delta h = c_{moy} \Delta T + v \Delta P$
- Solide: $\Delta h = c_{moy} \Delta T$
- Fluide (pression constante): $\Delta h = c_{moy} \Delta T$
- Fluide (température constante): $\Delta h = v \Delta P$



Exemple p. 162

Un bloc de fer dont la masse est de 50 kg et de température à $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ est plongé dans un réservoir adiabatique contenant 0.5 m^3 d'eau liquide à $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Déterminez la température lorsque l'équilibre est atteint.



Exemples 4.36 p.173

Deux réservoirs A et B sont séparés par une parois. Le réservoir A contient 2kg de vapeur d'eau à 1MPa et à 300°C, alors que le réservoir B contient 3kg d'un mélange d'eau liquide-vapeur saturé à 150 °C et à $x=0.5$. Soudainement, la paroi est retirée. Au moment d'atteindre l'équilibre mécanique et thermique, les deux réservoirs se trouvent à 300kPA. Déterminez alors:

- la température et le titre de la vapeur d'eau à l'état final
- la chaleur perdue par les deux réservoirs.



LECTURE SECTION DU LIVRE

Sections 3.1 à 3.6 et 4.3, 4.5 du livre, «THERMODYNAMIQUE, une approche pragmatique», Y.A. Çengel, M.A. Boles et M. Lacroix, Chenelière-McGraw-Hill, 2008.

