

On se propose d'étudier différentes versions d'une installation thermique motrice.

PARTIE A

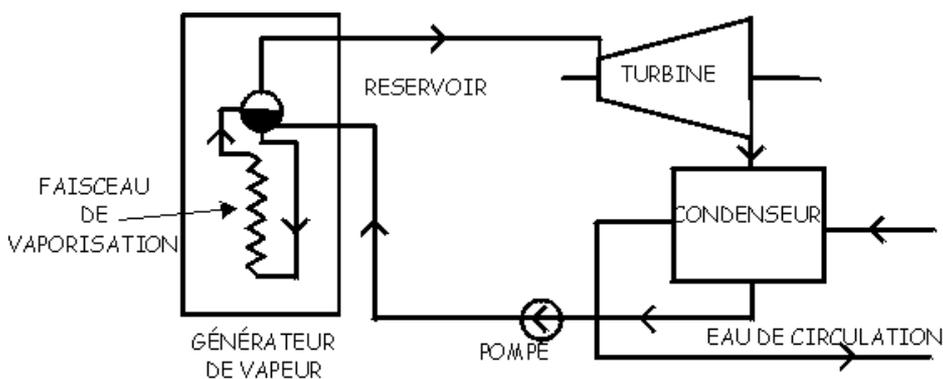
La machine fonctionne suivant un cycle de Rankine. Le générateur de vapeur produit de la vapeur saturée qui traverse la turbine où elle se détend avant de se condenser, puis l'eau condensée retourne à la chaudière à travers la pompe alimentaire [schéma de l'installation : document II. 1. a].

Les différentes étapes du cycle sont les suivantes :

- A → B → C échauffement isobare de 30°C à 295°C à $p_1 = 80$ bars (pression absolue) puis vaporisation à 295°C,
- C → D détente adiabatique réversible de $p_1 = 80$ bars à $p_2 = 0,04$ bar,
- D → E fin de condensation à $p_2 = 0,04$ bar,
- E → A compression adiabatique réversible de l'eau de $p_2 = 0,04$ bar à $p_1 = 80$ bars,

1. Donner l'allure du cycle sur un diagramme (p, V) faisant apparaître la courbe de saturation de l'eau.
2. Représenter le cycle sur le diagramme entropique fourni (document II,2). Expliquer comment on peut sur un tel diagramme évaluer le rendement du cycle (indiquer le principe sans chercher à effectuer de calcul).
3. Déterminer l'enthalpie massique du fluide aux points A, B, C, D.
4. Faire figurer sur le diagramme de Mollier (document II,4) l'évolution CD, En déduire le titre x de la vapeur d'eau à la sortie de la turbine.
5. Calculer le rendement théorique du cycle : η .
6. En admettant que le générateur de vapeur fournisse 500 tonnes de vapeur à l'heure, quelle serait la puissance théorique correspondante ?
7. Sachant que l'élévation de température de l'eau de circulation est de 8°C, calculer le débit massique de l'eau de circulation (on prendra : chaleur massique de l'eau : $c = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$).
8. Si l'on sait que dans l'échangeur une surface tubulaire de 1m^2 permet la condensation de 40 kg de vapeur à l'heure, quelle doit être la surface d'échange nécessaire ?

Document II.1



II a

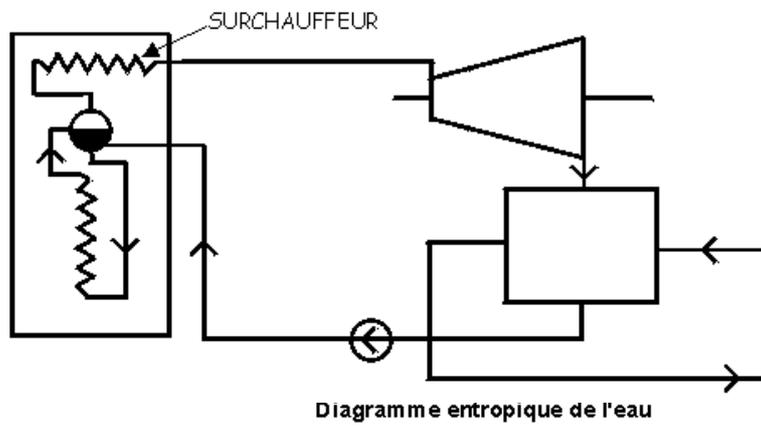
PARTIE B

La machine fonctionne maintenant suivant un cycle de Hirn.

L'eau, une fois vaporisée dans les conditions précédentes subit une surchauffe isobare à 80 bar jusqu'à 500°C, Le reste du cycle demeure inchangé [schéma de l'installation document II.1.b].

On notera C → C' la Surchauffe
C' → D' la détente dans la turbine.

1. Représenter sur le diagramme entropique déjà utilisé, d'une couleur différente, le nouveau cycle décrit.
2. Donner l'enthalpie massique aux points C' et D', Noter sur le diagramme de Mollier la détente CD. Quel est maintenant le titre x' de la vapeur à la sortie de la turbine ?
3. Calculer le nouveau rendement η' du cycle.
4. Quelle est l'augmentation relative du rendement obtenue grâce à la surchauffe ?



II b

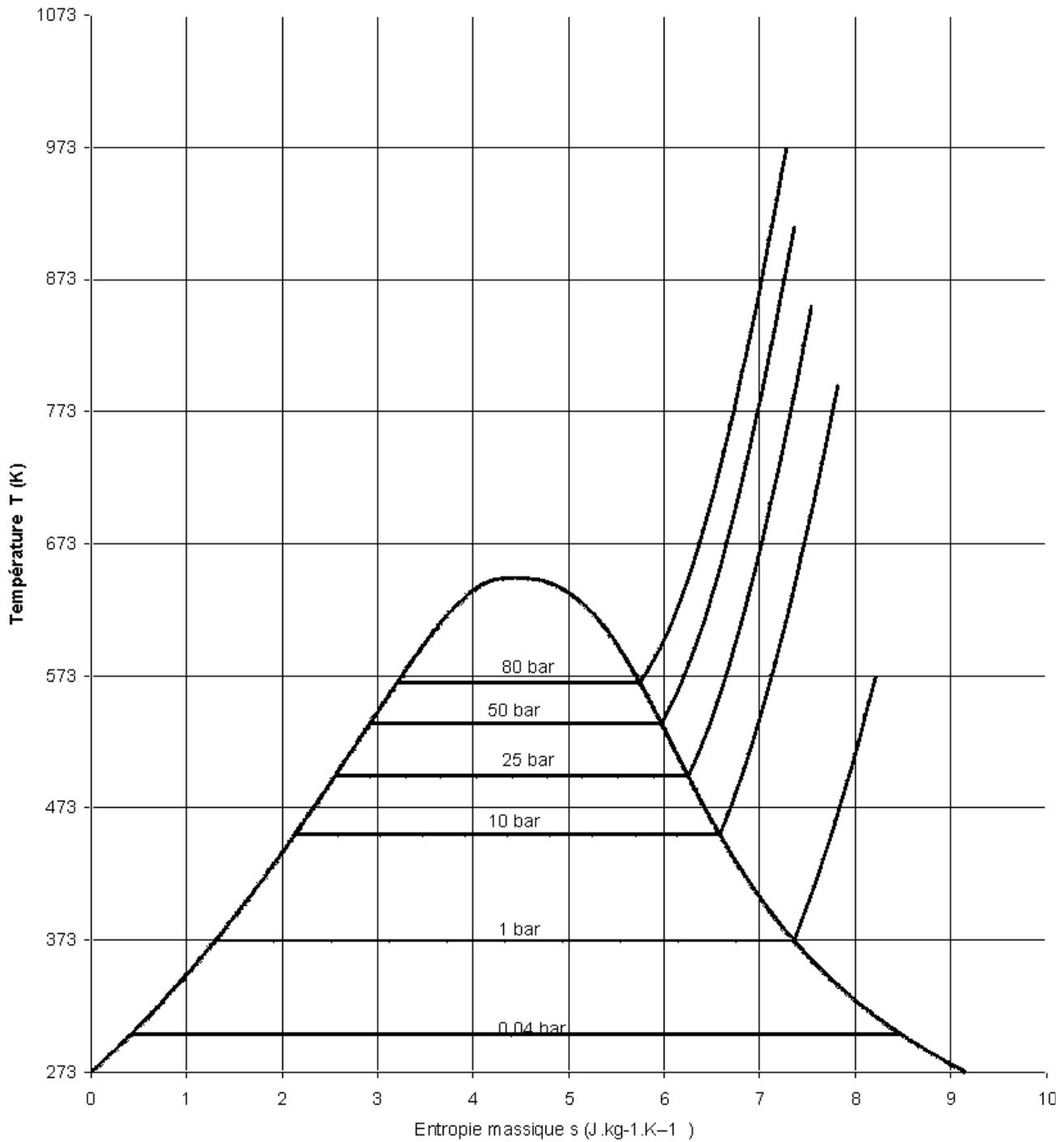
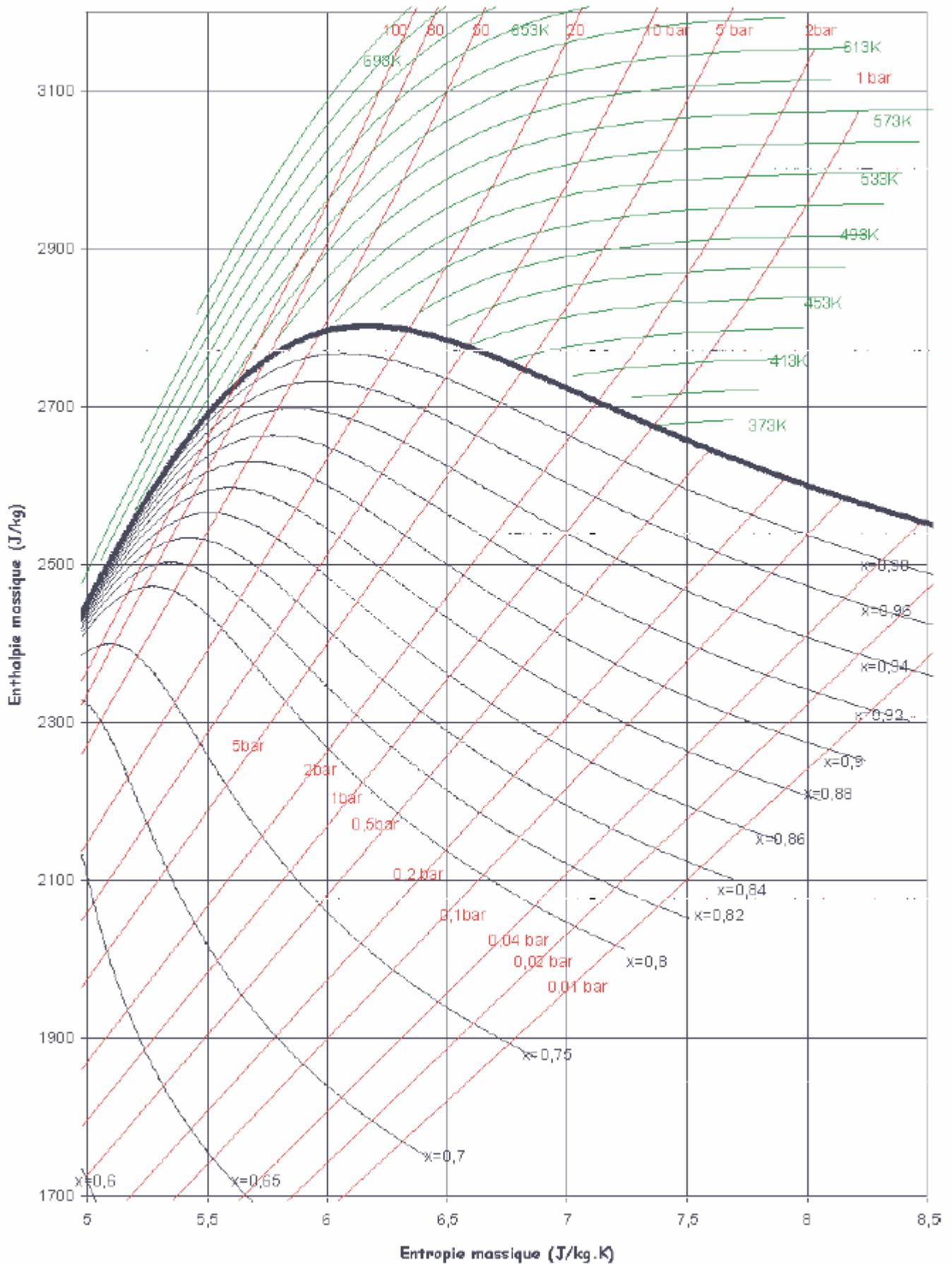


Diagramme de Mollier de l'eau



Document II.3
Propriétés de l'eau (Région saturée)

Température °C	Pression bar	Volume massique		Enthalpie massique		Entropie massique	
		liquide m ³ /kg	vapeur m ³ /kg	liquide kJ/kg	vapeur kJ/kg	liquide kJ/K·kg	vapeur kJ/K·kg
0,01	0,006106	0,0010002	206,3	0	2501	0	9,1544
5	0,005719	0,0010001	147,2	21,05	2510	0,0762	9,0241
10	0,012277	0,0010004	106,42	42,04	2519	0,161	8,8914
15	0,017041	0,001001	77,97	62,97	2528	0,2244	8,7806
20	0,02337	0,0010018	57,84	83,9	2637	0,2964	8,6665
25	0,03168	0,001003	43,4	104,81	2547	0,3672	8,557
30	0,04241	0,0010044	32,93	125,71	2556	0,4366	8,4523
35	0,05622	0,0010061	25,24	146,6	2565	0,5049	8,3519
40	0,07375	0,0010079	19,55	167,5	2574	0,5723	8,2559
45	0,09584	0,0010099	15,28	188,4	2582	0,6384	8,1638
50	0,12335	0,0010121	12,04	209,3	2592	0,7038	8,0753
55	0,1574	0,0010145	9,578	230,2	2600	0,7679	7,9901
60	0,19917	0,0010171	7,678	251,1	2609	0,8311	7,9084
65	0,2501	0,0010199	6,201	272,1	2617	0,8934	7,8297
70	0,3117	0,0010228	5,045	293	2626	0,9549	7,7544
75	0,3855	0,0010258	4,133	314	2635	1,0157	7,6815
80	0,4736	0,001029	3,408	334,9	2643	1,0753	7,6116
85	0,5781	0,0010324	2,828	355,9	2651	1,1342	7,5438
90	0,7011	0,0010359	2,361	377	2659	1,1925	7,4787
95	0,8451	0,0010396	1,982	398	2668	1,2502	7,4155
100	1,0131	0,0010435	1,673	419,1	2676	1,3071	7,3547
105	1,2079	0,0010474	1,419	440,2	2683	1,3132	7,2959
110	1,4326	0,0010515	1,21	461,3	2691	1,4184	7,2387
115	1,6905	0,0010559	1,036	482,5	2696	1,4733	7,1832
120	1,9654	0,0010803	0,8917	503,7	2706	1,5277	7,1298
125	2,3208	0,0010649	0,7704	525	2713	1,5814	7,0777
130	2,7011	0,0010697	0,6683	546,3	2721	1,6354	7,0272
135	3,13	0,0010747	0,582	567,5	2727	1,6569	6,9781
140	3,614	0,0010798	0,5087	589	2734	1,7392	6,9304
145	4,155	0,0010651	0,4481	610,5	2740	1,7907	6,8839
150	4,78	0,0010906	0,3926	632,2	2746	1,8418	6,8383
155	5,433	0,0010962	0,3466	653,9	2753	1,8924	6,794
160	6,18	0,0011021	0,3068	675,6	2758	1,9427	6,7508
165	7,008	0,0011061	0,2725	697,3	2763	1,9924	6,7081
170	7,92	0,0011144	0,2426	719,2	2769	2,0417	6,6636
175	8,925	0,0011208	0,2166	741,1	2773	2,0909	6,6256
180	10,087	0,0011275	0,1939	763,1	2778	2,1395	6,5858
185	11,234	0,0011344	0,1739	785,2	2782	2,1876	6,5465
190	12,553	0,0011415	0,1564	807,5	2786	2,2357	6,5074
195	13,969	0,0011489	0,1409	829,9	2790	2,2834	6,4694
200	15,551	0,0011565	0,1272	852,4	2793	2,3308	6,4318
205	17,245	0,0011644	0,1151	875	2796	2,3777	6,3945
210	19,66	0,0011726	0,1043	897,7	2796	2,4246	6,3577
215	21,062	0,0011812	0,09465	920,7	2800	2,4751	6,3212
220	23,201	0,00119	0,08606	943,7	2802	2,5179	6,2849
225	25,504	0,0011992	0,07837	966,9	2802	2,564	6,2488
230	27,979	0,0012087	0,07147	990,4	2803	2,6101	6,2133
235	30,635	0,0012187	0,06527	1013,9	2804	2,6561	6,178
240	33,48	0,0012291	0,05967	1037,5	2803	2,7021	6,1425
245	36,524	0,0012399	0,05462	1061,6	2803	2,7478	6,1073
250	39,776	0,0012512	0,05006	1085,7	2801	2,7934	6,0721
255	43,25	0,0012631	0,04591	1110,2	2799	2,8394	6,0366
260	46,94	0,0012755	0,04215	1135,1	2796	2,8851	6,0013
265	50,87	0,0012886	0,03872	1160,2	2794	2,9307	5,9657
270	55,05	0,0013023	0,0356	1185,3	2790	2,9764	5,9297
275	59,49	0,0013168	0,03274	1210,7	2785	3,0223	5,8938
280	64,19	0,0013321	0,03013	1236,9	2780	3,0681	5,8573
285	69,18	0,0013483	0,02773	1263,1	2773	3,1146	5,8205
290	74,45	0,0013655	0,02554	1290	2766	3,1611	5,7827
295	80,02	0,0013839	0,02351	1317,2	2758	3,2079	5,7443
300	85,92	0,0014036	0,02164	1344,9	2749	3,2548	5,7049
305	92,14	0,001425	0,01992	1373,1	2739	3,3026	5,6647
310	98,7	0,001447	0,01832	1402,1	2727	3,3508	5,6233
315	105,61	0,001472	0,01683	1431,7	2714	3,3996	5,5802