

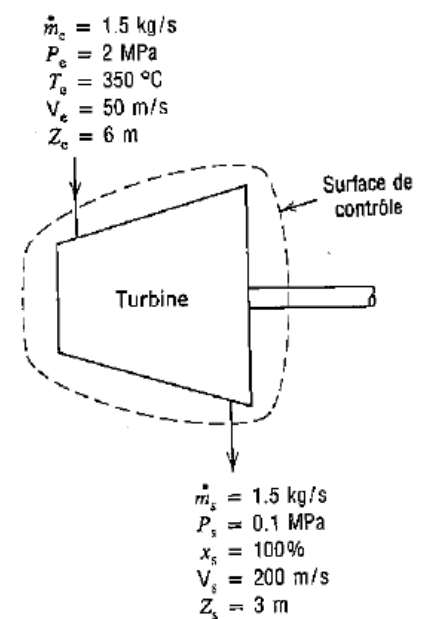
TD part 1 – Chapitres 1 à 3

1. Puissance d'une Turbine à Vapeur

On se propose de calculer la puissance fournie par une turbine fonctionnant avec de la vapeur d'eau. Le débit-masse à l'entrée de cette turbine est de 1.5 kg/s. La chaleur cédée par le système est de 8.5 kW. Les données d'entrée/sortie sont fournies dans le tableau ci dessous:

	Données à l'entrée	Données à la sortie
Pression	2.0 MPa	0.1 MPa
Température	350 °C	
Titre		100 %
Vitesse	50 m/s	200 m/s
Élévation au-dessus d'un plan de référence	6 m	3 m
$g = 9.8066 \text{ m/s}^2$		

1. A l'aide des tables de vapeur saturée fournies en annexe, déterminer les enthalpies massique à l'entrée et à la sortie de la turbine.
2. Calculer la puissance de la turbine.
3. Déterminer l'importance relative des variations d'énergie cinétique et potentielle dans la puissance totale.
4. Quels types de solutions pourraient être envisagées pour augmenter la puissance d'un tel dispositif ?



2. Prix d'une douche

De l'eau passe dans un tuyau à raison de 15 l/min. Une résistance électrique fait passer la température de l'eau de 15 à 43 °C. Quel est le prix d'une douche sachant que la durée de la douche est de 4 min, que le kWh est à 0,11 € et le m³ d'eau est à 2.8 €.

3. Comment sauver Doc'

Le Lundi 8 avril 1985 à 9h du matin, Marty rend visite à son ami, le docteur Emmet Brown et découvre avec stupéfaction son corps étendu sur le sol, sans vie !!!! Marty se précipite alors vers la Deloreane pour remonter le temps !! Mais il ne dispose que d'une dose de Plutonium limité et doit calculer l'heure exacte de l'accident... En se souvenant des ses cours de thermique qu'il a suivi avec beaucoup d'attention à Mécavenir, Marty mesure la température du corps de Doc et celle de la pièce. Le corps de Doc est à 21°C et la température ambiante est de 20°C . A quelle date Marty doit il programmer la Deloreane pour pouvoir sauver son ami ? (On considérera le corps humain comme un système mince cylindrique de 30 cm de diamètre composé uniquement d'eau. Doc mesure 1,85m et il est en bonne santé donc sa température est de 37.5°C . On donne : masse volumique : 996 kg/m^3 , $c_p=4178\text{ J/kg/K}$ et $h=8\text{ W/m}^2/\text{K}$)

4. Gonflette

On comprime de l'air de 1 Atm à 3 Atm dans une pompe à vélo. On suppose que la compression est adiabatique. Calculer le travail fourni.

5. Met de l'huile

A $T=0^{\circ}\text{C}$ la capacité calorifique est 1796 J/kg/K et la densité est de 899 kg/m^3 , à 100°C , ces valeurs sont 2219 et 840. Calculer la puissance thermique nécessaire pour amener 5 litres d'huile de 0°C à 100°C .

6. Mélange

Dans une enceinte adiabatique, 50 kg de cuivre à 100°C est plongé dans 80 L d'eau à 25°C . Calculer la température finale.

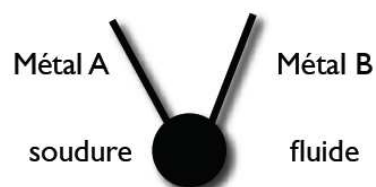
7. Bouilloire

1.2 L d'eau liquide à 15°C sont chauffées dans une bouilloire équipée d'une résistance électrique de 1200W. La bouilloire pèse 0.5kg et sa capacité calorifique est de 0.7 kJ/kg/K . On néglige les pertes de chaleur. Combien de temps faut il pour chauffer l'eau à 95°C ?

8. Temps de réponse d'un thermocouple

Le thermocouple fait partie des capteurs de température les plus utilisés. Il est constitué de deux fils métalliques soudés à leurs extrémités. Chacune des extrémités est portée à une température différente. Ce déséquilibre de température provoque un léger champ électrique. On forme ainsi un générateur (par effet Seebeck), dont la force électromotrice dépend de la température des deux soudures. Connaissant la température d'une des soudures (par exemple plongée dans de la glace en fusion) et la fem débitée par la boucle thermoélectrique, il est alors possible de déterminer la température de la deuxième soudure.

Supposons que cette soudure, initialement à la température T_0 , soit immergée à l'instant $t = 0$ dans un fluide à la température T_f . Au bout de combien de temps peut-on assimiler la température de la soudure à celle du fluide ?



Données :

- diamètre de la soudure (supposée sphérique) : $D = 100\mu m$
- masse volumique de la soudure : $\rho = 8000kg.m^{-3}$
- capacité calorifique massique de la soudure : $c = 1000J.kg^{-1}.K^{-1}$
- coefficient d'échange global : $h = 100W.m^{-2}.K^{-1}$

9. Etude d'une carte d'ordinateur

On se donne un ordinateur qui dissipe une certaine puissance.

Une des cartes informatique fait $L_m = 20cm$ par $W_m = 15cm$, la carte à un c_p moyen, une densité ρ moyenne et une épaisseur $e = 5mm$ moyenne très faible ($e \ll W_m$). Elle dissipe une puissance totale de $P = 10W$, sachant que le coefficient de convection naturelle dans ce cas particulier peut être estimé par la formule suivante,

$$h_{conv} = 1.4 \left(\frac{T_c - T_{air}}{W_m} \right)^{1/4}$$

On va déterminer sa température en fonction de la température de l'air qui la contourne.

On fait ici une analyse globale de la carte, on suppose que sa température est la même dans tout son volume. On suppose que la température dépend du temps, on la note $T_c(t)$.

- 1) Quelle est la surface totale approchée de la carte? Son Volume?
- 2) Quel est le flux total de convection à la surface de la carte?
- 3) Ecrire la variation par rapport au temps de l'énergie interne moyenne de la carte supposée à température uniforme dans la carte $T_c(t)$.
- 4) Faire le bilan d'énergie complet en introduisant la puissance dissipée par la carte et le refroidissement par convection naturelle. Obtenir l'équation de variation de l'énergie interne par rapport au temps de la carte.
- 5) En régime permanent la température ne varie plus, en déduire l'écart de température entre la carte et l'air qui l'entoure en fonction de la puissance P fournie continuellement.
- 6) Quelle est la valeur numérique de l'écart de température?
- 7) On coupe l'alimentation électrique, montrer que l'équation de variation de l'énergie est de la forme (identifier B):

$$\frac{dT_c}{dt} = -B(T_c - T_{air})^{5/4}$$

- 8) Vérifier que la solution pour la température en fonction du temps est :

$$T_c(t) = T_{air} + 4^4 B^{-4} (t + t_0)^{-4}$$

si $\rho = 1300kg/m^3$; $c_p = 1500J/kg/^\circ C$ et $T_{air} = 20^\circ C$, valeur de B ?

Variables thermodynamiques de la vapeur d'eau

Vapeur surchauffée

<i>T</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>
<i>P</i> = .010 MPa (45.81)				<i>P</i> = .050 MPa (81.33)				<i>P</i> = .10 MPa (99.63)				
Sat.	14.674	2437.9	2584.7	8.1502	3.240	2483.9	2645.9	7.5939	1.6940	2506.1	2675.5	7.3594
50	14.869	2443.9	2592.6	8.1749								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4479	3.418	2511.6	2682.5	7.6947	1.6958	2506.7	2676.2	7.3614
150	19.512	2587.9	2783.0	8.6882	3.889	2585.6	2780.1	7.9401	1.9364	2582.8	2776.4	7.6134
200	21.825	2661.3	2879.5	8.9038	4.356	2659.9	2877.7	8.1580	2.172	2658.1	2875.3	7.8343
250	24.136	2736.0	2977.3	9.1002	4.820	2735.0	2976.0	8.3556	2.406	2733.7	2974.3	8.0333
300	26.445	2812.1	3076.5	9.2813	5.284	2811.3	3075.5	8.5373	2.639	2810.4	3074.3	8.2158
400	31.063	2968.9	3279.6	9.6077	6.209	2968.5	3278.9	8.8642	3.103	2967.9	3278.2	8.5435
500	35.679	3132.3	3489.1	9.8978	7.134	3132.0	3488.7	9.1546	3.565	3131.6	3488.1	8.8342
600	40.295	3302.5	3705.4	10.1608	8.057	3302.2	3705.1	9.4178	4.028	3301.9	3704.7	9.0976
700	44.911	3479.6	3928.7	10.4028	8.981	3479.4	3928.5	9.6599	4.490	3479.2	3928.2	9.3398
800	49.526	3663.8	4159.0	10.6281	9.904	3663.6	4158.9	9.8852	4.952	3663.5	4158.6	9.5652
900	54.141	3855.0	4396.4	10.8396	10.828	3854.9	4396.3	10.0967	5.414	3854.8	4396.1	9.7767
1000	58.757	4053.0	4640.6	11.0393	11.751	4052.9	4640.5	10.2964	5.875	4052.8	4640.3	9.9764
1100	63.372	4257.5	4891.2	11.2287	12.674	4257.4	4891.1	10.4859	6.337	4257.3	4891.0	10.1659
1200	67.987	4467.9	5147.8	11.4091	13.597	4467.8	5147.7	10.6662	6.799	4467.7	5147.6	10.3463
1300	72.602	4683.7	5409.7	11.5811	14.521	4683.6	5409.6	10.8382	7.260	4683.5	5409.5	10.5183
<i>P</i> = .20 MPa (120.23)				<i>P</i> = .30 MPa (133.55)				<i>P</i> = .40 MPa (143.63)				
Sat.	.8857	2529.5	2706.7	7.1272	.6058	2543.6	2725.3	6.9919	.4625	2553.6	2738.6	6.8959
150	.9596	2576.9	2768.8	7.2795	.6339	2570.8	2761.0	7.0778	.4708	2564.5	2752.8	6.9299
200	1.0803	2654.4	2870.5	7.5066	.7163	2650.7	2865.6	7.3115	.5342	2646.8	2860.5	7.1706
250	1.1988	2731.2	2971.0	7.7086	.7964	2728.7	2967.6	7.5166	.5951	2726.1	2964.2	7.3789
300	1.3162	2808.6	3071.8	7.8926	.8753	2806.7	3069.3	7.7022	.6548	2804.8	3066.8	7.5662
400	1.5493	2966.7	3276.6	8.2218	1.0315	2965.6	3275.0	8.0330	.7726	2964.4	3273.4	7.8985

Vapeur surchauffée

<i>T</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>
<i>P</i> = .20 MPa (120.23)				<i>P</i> = .30 MPa (133.55)				<i>P</i> = .40 MPa (143.63)				
500	1.7814	3130.8	3487.1	8.5133	1.1867	3130.0	3486.0	8.3251	.8893	3129.2	3484.9	8.1913
600	2.013	3301.4	3704.0	8.7770	1.3414	3300.8	3703.2	8.5892	1.0055	3300.2	3702.4	8.4558
700	2.244	3478.8	3927.6	9.0194	1.4957	3478.4	3927.1	8.8319	1.1215	3477.9	3926.5	8.6987
800	2.475	3663.1	4158.2	9.2449	1.6499	3662.9	4157.8	9.0576	1.2372	3662.4	4157.3	8.9244
900	2.706	3854.5	4395.8	9.4566	1.8041	3854.2	4395.4	9.2692	1.3529	3853.9	4395.1	9.1362
1000	2.937	4052.5	4640.0	9.6563	1.9581	4052.3	4639.7	9.4690	1.4685	4052.0	4639.4	9.3360
1100	3.168	4257.0	4890.7	9.8458	2.1121	4256.8	4890.4	9.6585	1.5840	4256.5	4890.2	9.5256
1200	3.399	4467.5	5147.3	10.0262	2.2661	4467.2	5147.1	9.8389	1.6996	4467.0	5146.8	9.7060
1300	3.630	4683.2	5409.3	10.1982	2.4201	4683.0	5409.0	10.0110	1.8151	4682.8	5408.8	9.8780
<i>P</i> = .50 MPa (151.86)				<i>P</i> = .60 MPa (158.85)				<i>P</i> = .80 MPa (170.43)				
Sat.	.3749	2561.2	2748.7	6.8213	.3157	2567.4	2756.8	6.7600	.2404	2576.8	2769.1	6.6628
200	.4249	2642.9	2855.4	7.0592	.3520	2638.9	2850.1	6.9665	.2608	2630.6	2839.3	6.8158
250	.4744	2723.5	2960.7	7.2709	.3938	2720.9	2957.2	7.1816	.2931	2715.5	2950.0	7.0384
300	.5226	2802.9	3064.2	7.4599	.4344	2801.0	3061.6	7.3724	.3241	2797.2	3056.5	7.2328
350	.5701	2882.6	3167.7	7.6329	.4742	2881.2	3165.7	7.5464	.3544	2878.2	3161.7	7.4089
400	.6173	2963.2	3271.9	7.7938	.5137	2962.1	3270.3	7.7079	.3843	2959.7	3267.1	7.5716
500	.7109	3128.4	3483.9	8.0873	.5920	3127.6	3482.8	8.0021	.4433	3126.0	3480.6	7.8673
600	.8041	3299.6	3701.7	8.3522	.6697	3299.1	3700.9	8.2674	.5018	3297.9	3699.4	8.1333
700	.8969	3477.5	3925.9	8.5952	.7472	3477.0	3925.3	8.5107	.5601	3476.2	3924.2	8.3770
800	.9896	3662.1	4156.9	8.8211	.8245	3661.8	4156.5	8.7367	.6181	3661.1	4155.6	8.6033
900	1.0822	3853.6	4394.7	9.0329	.9017	3853.4	4394.4	8.9486	.6761	3852.8	4393.7	8.8153
1000	1.1747	4051.8	4639.1	9.2328	.9788	4051.5	4638.8	9.1485	.7340	4051.0	4638.2	9.0153

1100	1.2672	4256.3	4889.9	9.4224	1.0559	4256.1	4889.6	9.3381	.7919	4255.6	4889.1	9.2050	
1200	1.3596	4466.8	5146.6	9.6029	1.1330	4466.5	5146.3	9.5185	.8497	4466.1	5145.9	9.3855	
1300	1.4521	4682.5	5408.6	9.7749	1.2101	4682.3	5408.3	9.6906	.9076	4681.8	5407.9	9.5575	
P = 1.00 MPa (179.91)					P = 1.20 MPa (187.99)					P = 1.40 MPa (195.07)			
Sat.	.194 44	2583.6	2778.1	6.5865	.163 33	2588.8	2784.8	6.5233	.140 84	2592.8	2790.0	6.4693	
200	.2060	2621.9	2827.9	6.6940	.169 30	2612.8	2815.9	6.5898	.143 02	2603.1	2803.3	6.4975	
250	.2327	2709.9	2942.6	6.9247	.192 34	2704.2	2935.0	6.8294	.163 50	2698.3	2927.2	6.7467	
300	.2579	2793.2	3051.2	7.1229	.2138	2789.2	3045.8	7.0317	.182 28	2785.2	3040.4	6.9534	
350	.2825	2875.2	3157.7	7.3011	.2345	2872.2	3153.6	7.2121	.2003	2869.2	3149.5	7.1360	
400	.3066	2957.3	3263.9	7.4651	.2548	2954.9	3260.7	7.3774	.2178	2952.5	3257.5	7.3026	
500	.3541	3124.4	3478.5	7.7622	.2946	3122.8	3476.3	7.6759	.2521	3121.1	3474.1	7.6027	
600	.4011	3296.8	3697.9	8.0290	.3339	3295.6	3696.3	7.9435	.2860	3294.4	3694.8	7.8710	
700	.4478	3475.3	3923.1	8.2731	.3729	3474.4	3922.0	8.1881	.3195	3473.6	3920.8	8.1160	
800	.4943	3660.4	4154.7	8.4996	.4118	3659.7	4153.8	8.4148	.3528	3659.0	4153.0	8.3431	
900	.5407	3852.2	4392.9	8.7118	.4505	3851.6	4392.2	8.6272	.3861	3851.1	4391.5	8.5556	
1000	.5871	4050.5	4637.6	8.9119	.4892	4050.0	4637.0	8.8274	.4192	4049.5	4636.4	8.7559	
1100	.6335	4255.1	4888.6	9.1017	.5278	4254.6	4888.0	9.0172	.4524	4254.1	4887.5	8.9457	
1200	.6798	4465.6	5145.4	9.2822	.5665	4465.1	5144.9	9.1977	.4855	4464.7	5144.4	9.1262	
1300	.7261	4681.3	5407.4	9.4543	.6051	4680.9	5407.0	9.3698	.5186	4680.4	5406.5	9.2984	
P = 1.60 MPa (201.41)					P = 1.80 MPa (207.15)					P = 2.00 MPa (212.42)			
Sat.	.123 80	2596.0	2794.0	6.4218	.110 42	2598.4	2797.1	6.3794	.099 63	2600.3	2799.5	6.3409	
225	.132 87	2644.7	2857.3	6.5518	.116 73	2636.6	2846.7	6.4808	.103 77	2628.3	2835.8	6.4147	
250	.141 84	2692.3	2919.2	6.6732	.124 97	2686.0	2911.0	6.6066	.111 44	2679.6	2902.5	6.5453	
300	.158 62	2781.1	3034.8	6.8844	.140 21	2776.9	3029.2	6.8226	.125 47	2772.6	3023.5	6.7664	
350	.174 56	2866.1	3145.4	7.0694	.154 57	2863.0	3141.2	7.0100	.138 57	2859.8	3137.0	6.9563	
400	.190 05	2950.1	3254.2	7.2374	.168 47	2947.7	3250.9	7.1794	.151 20	2945.2	3247.6	7.1271	
500	.2203	3119.5	3472.0	7.5390	.195 50	3117.9	3469.8	7.4825	.175 68	3116.2	3467.6	7.4317	
600	.2500	3293.3	3693.2	7.8080	.2220	3292.1	3691.7	7.7523	.199 60	3290.9	3690.1	7.7024	
700	.2794	3472.7	3919.7	8.0535	.2482	3471.8	3918.5	7.9983	.2232	3470.9	3917.4	7.9487	

Vapeur surchauffée

<i>T</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	
P = 1.60 MPa (201.41)					P = 1.80 MPa (207.15)					P = 2.00 MPa (212.42)			
800	.3086	3658.3	4152.1	8.2808	.2742	3657.6	4151.2	8.2258	.2467	3657.0	4150.3	8.1765	
900	.3377	3850.5	4390.8	8.4935	.3001	3849.9	4390.1	8.4386	.2700	3849.3	4389.4	8.3895	
1000	.3668	4049.0	4635.8	8.6938	.3260	4048.5	4635.2	8.6391	.2933	4048.0	4634.6	8.5901	
1100	.3958	4253.7	4887.0	8.8837	.3518	4253.2	4886.4	8.8290	.3166	4252.7	4885.9	8.7800	
1200	.4248	4464.2	5143.9	9.0643	.3776	4463.7	5143.4	9.0096	.3398	4463.3	5142.9	8.9607	
1300	.4538	4679.9	5406.0	9.2364	.4034	4679.5	5405.6	9.1818	.3631	4679.0	5405.1	9.1329	
P = 2.50 MPa (223.99)					P = 3.00 MPa (233.90)					P = 3.50 MPa (242.60)			
Sat.	.079 98	2603.1	2803.1	6.2575	.066 68	2604.1	2804.2	6.1869	.057 07	2603.7	2803.4	6.1253	
225	.080 27	2605.6	2806.3	6.2639									
250	.087 00	2662.6	2880.1	6.4085	.070 58	2644.0	2855.8	6.2872	.058 72	2623.7	2829.2	6.1749	
300	.098 90	2761.6	3008.8	6.6438	.081 14	2750.1	2993.5	6.5390	.068 42	2738.0	2977.5	6.4461	
350	.109 76	2851.9	3126.3	6.8403	.090 53	2843.7	3115.3	6.7428	.076 78	2835.3	3104.0	6.6579	
400	.120 10	2939.1	3239.3	7.0148	.099 36	2932.8	3230.9	6.9212	.084 53	2926.4	3222.3	6.8405	
450	.130 14	3025.5	3350.8	7.1746	.107 87	3020.4	3344.0	7.0834	.091 96	3015.3	3337.2	7.0052	
500	.139 98	3112.1	3462.1	7.3234	.116 19	3108.0	3456.5	7.2338	.099 18	3103.0	3450.9	7.1572	
600	.159 30	3288.0	3686.3	7.5960	.132 43	3285.0	3682.3	7.5085	.113 24	3282.1	3678.4	7.4339	
700	.178 32	3468.7	3914.5	7.8435	.148 38	3466.5	3911.7	7.7571	.126 99	3464.3	3908.8	7.6837	
800	.197 16	3655.3	4148.2	8.0720	.164 14	3653.5	4145.9	7.9862	.140 56	3651.8	4143.7	7.9134	
900	.215 90	3847.9	4387.6	8.2853	.179 80	3846.5	4385.9	8.1999	.154 02	3845.0	4384.1	8.1276	
1000	.2346	4046.7	4633.1	8.4861	.195 41	4045.4	4631.6	8.4009	.167 43	4044.1	4630.1	8.3288	
1100	.2532	4251.5	4884.6	8.6762	.210 98	4250.3	4883.3	8.5912	.180 80	4249.2	4881.9	8.5192	
1200	.2718	4462.1	5141.7	8.8569	.226 52	4460.9	5140.5	8.7720	.194 15	4459.8	5139.3	8.7000	
1300	.2905	4677.8	5404.0	9.0291	.242 06	4676.6	5402.8	8.9442	.207 49	4675.5	5401.7	8.8723	