

TD n°1 Thermodynamique 2014

Systèmes – 1^{er} Principe

1/ Freinage d'une voiture

Une voiture de masse M descend à la vitesse V_0 une pente d'angle α par rapport à la direction horizontale. Le conducteur actionne le système de freinage et la voiture s'arrête au bout d'une distance L . La voiture est équipée de 4 freins à disques avec système ABS anti-bloquant.

a/ Calculer la variation d'énergie interne de la voiture si l'on suppose que le flux d'énergie thermique évacué dans l'air lors du freinage est nul. Commenter les hypothèses nécessaires au calcul.

b/* Les freins à disques étant assimilés à des cylindres de rayon R , d'épaisseur e , de masse volumique ρ , et leur énergie interne E étant donnée par

$$E = mCT + cste \text{ où } C \text{ est la chaleur massique}$$

Calculer l'élévation de température des disques pendant le freinage si l'on suppose que toute la chaleur est absorbée par les disques.

c/ En discutant le théorème de l'énergie cinétique identifier le mécanisme qui provoque cette variation d'énergie.

d/* Montrer que lors d'un freinage similaire pour une voiture qui monte la pente, l'élévation de température sera inférieure à celle calculée précédemment.

A.N. :

$M = 1000 \text{ kg}$	$V_0 = 72 \text{ km/h}$	$L = 100 \text{ m}$	$\alpha = 0,07 \text{ rad}$
$R = 10 \text{ cm}$	$e = 1 \text{ cm}$	$\rho = 8 \text{ g.cm}^3$	$C = 0,42 \text{ kJ/kg/K}$

2/ Bilan d'énergie lors d'un choc

Une balle de 10 g est lâchée d'une hauteur de 50 m. La balle rebondit sur un sol indéformable et remonte à 75 % de la hauteur initiale. On néglige les frottements de l'air.

a/ Commenter les phénomènes en déterminant les différentes formes d'énergie (1) au moment où la balle est lâchée, (2) juste avant de toucher le sol, (3) juste après avoir touché le sol, (4) après rebond au sommet de sa trajectoire.

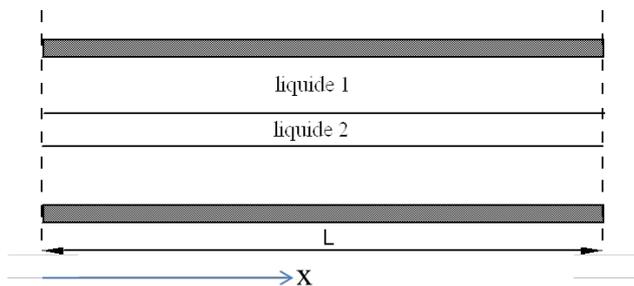
b/* Si l'énergie interne de la balle est donnée par

$$E = mC_V T + cste \text{ où } C_V \text{ est la chaleur massique égale à } 3,5 \text{ kJ/kg/K}$$

Quelle variation de température subirait une balle échangée 500 fois par deux joueurs en supposant que la vitesse relative à l'impact soit identique à celle de la balle à l'instant (2) de l'expérience de chute précédente ?

3/ Etude d'un échangeur thermique

Un échangeur thermique est constitué de 2 tubes coaxiaux de longueur L à l'intérieur desquels circulent deux liquides incompressibles et indilatables de chaleurs massiques $C_1 = 3,5 \text{ kJ/kg/K}$ et $C_2 = 4,8 \text{ kJ/kg/K}$. Le fluide 1 circule dans la couronne périphérique, le fluide 2 au centre (cf schéma).



Le liquide 1 est introduit à $250 \text{ }^\circ\text{C}$ et ressort à $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Le liquide 2 est introduit à $20 \text{ }^\circ\text{C}$ et subit une élévation de température de $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

a/ En appliquant le premier principe, et en supposant que l'échangeur est calorifugé, trouver la relation théorique entre les débits massiques des deux liquides. (On prendra $h_T \approx h = CT + C^{te}$)

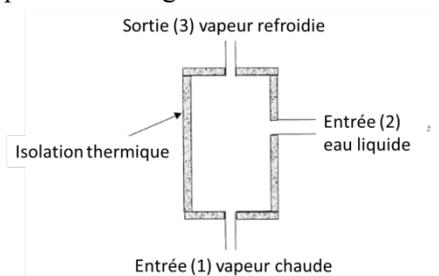
b/ En réalité une mesure des débits massiques fournit l'information : $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 200 \text{ g/s}$. Qu'en déduisez-vous sur les hypothèses du calcul précédent ?

c/ Calculer la chaleur Q_{12} échangée entre les fluides 1 et 2. Quelle est la valeur Q_p de la chaleur perdue ? Comment peut-on rendre cet échangeur plus rentable ?

d/* Représenter l'évolution schématique de la température de chacun des liquides en fonction de la position axiale x pour un fonctionnement co-courant, puis pour un fonctionnement contre-courant. En évoquant le second principe que peut-on dire sur le sens de circulation des deux fluides ?

4/ Analyse d'un désurchauffeur

Un désurchauffeur de vapeur est constitué par une entrée de vapeur d'eau à haute température (1), une entrée d'eau sous forme liquide (2) et une sortie de vapeur (3). L'eau liquide est injectée pour abaisser la température de la vapeur sans perdre d'énergie.



On cherche à faire un diagnostic énergétique de cette installation, à évaluer notamment les poids respectifs des variations de flux d'énergie cinétique, potentielle ou d'enthalpie. On donne ci-dessous les enthalpies massiques h , les débits volumiques, les volumes massiques v , les diamètres D des canalisations par lesquelles les fluides s'écoulent et les côtes z des points où les propriétés thermodynamiques sont mesurées.

	h	\dot{V}	v	D	z
1	3387 kJ/kg	2,61 m ³ /mn	0,03674 m ³ /kg	5 cm	0 m
2	419 kJ/kg	?	1 l/kg	2,5 cm	6 m
3	2878 kJ/kg	2,28 m ³ /mn	0,02681 m ³ /kg	5 cm	9 m

a/ Déterminer le débit massique (et le débit volumique) de l'eau liquide (2).

b/ Calculer les flux d'énergie cinétique, potentielle et d'enthalpie aux points (1), (2) et (3).

c/ Appliquer le premier principe et comparer les valeurs numériques des variations de flux d'énergie cinétique, potentielle et d'enthalpie. Quel terme est dominant ?

d/* En utilisant les tables donner les températures de la vapeur à l'entrée et à la sortie.

p_{bar}	60			70			80		
t °C	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg/K	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg/K	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg/K
300	0,03317	2 804,9	5,9270	0,02946	2 839,4	5,9327	0,02426	2 786,8	5,7942
320	0,03614	2 885,0	6,0692	0,03198	2 918,3	6,0681	0,02681	2 878,7	5,9519
340	0,03874	2 954,2	6,1880	0,03420	2 987,0	6,1820	0,02896	2 955,3	6,0790
360	0,04111	3 016,5	6,2913	0,03623	3 049,1	6,2817	0,03088	3 022,7	6,1872
380	0,04330	3 074,0	6,3836	0,03812	3 106,7	6,3714	0,03265	3 084,2	6,2828
400	0,04539	3 128,3	6,4680	0,03992	3 161,2	6,4536	0,03431	3 141,6	6,3694
420	0,04738	3 180,1	6,5462	0,04165	3 213,5	6,5301	0,03589	3 196,2	6,4493
440	0,04931	3 230,3	6,6196	0,04331	3 264,2	6,6022	0,03740	3 248,7	6,5240
460	0,05118	3 279,3	6,6893	0,04494	3 313,7	6,6707	0,03887	3 299,7	6,5945
480	0,05302	3 327,4	6,7559	0,04653	3 362,4	6,7362	0,04030	3 349,6	6,6617
500	0,05482	3 375,0	6,8199	0,04809	3 410,6	6,7993	0,04170	3 398,8	6,7262
520	0,05659	3 422,2	6,8818	0,04962	3 458,3	6,8603	0,04308	3 447,4	6,7883
540	0,06008	3 515,9	7,0000	0,05114	3 505,9	6,9195	0,04443	3 495,7	6,8484
560	0,06179	3 562,7	7,0568	0,05264	3 553,3	6,9771	0,04577	3 543,8	6,9068
580	0,06349	3 609,4	7,1122	0,05412	3 600,6	7,0332	0,04709	3 591,7	6,9636
600	0,06518	3 656,2	7,1664	0,05559	3 647,9	7,0880	0,04839	3 639,5	7,0191
620	0,06686	3 703,1	7,2195	0,05705	3 695,2	7,1416	0,04969	3 687,4	7,0732
640	0,06853	3 750,0	7,2715	0,05850	3 742,6	7,1941	0,05097	3 735,2	7,1262
660	0,07019	3 797,1	7,3225	0,05994	3 790,1	7,2456	0,05225	3 783,1	7,1781
680	0,07184	3 844,3	7,3725	0,06137	3 837,7	7,2960	0,05351	3 831,1	7,2290
700	0,07348	3 891,7	7,4217	0,06279	3 885,4	7,3456	0,05477	3 879,2	7,2790

p_{bar}	90			100			110		
t °C	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg/K	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg/K	v m ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kg/K
320	0,02269	2 834,3	5,8355	0,01926	2 783,5	5,7145	0,01628	2 723,5	5,5835
340	0,02484	2 920,9	5,9792	0,02147	2 883,4	5,8803	0,01864	2 841,7	5,7797
360	0,02669	2 994,7	6,0976	0,02331	2 964,8	6,0110	0,02049	2 932,8	5,9259
380	0,02837	3 060,5	6,2000	0,02493	3 035,7	6,1213	0,02208	3 009,6	6,0454
400	0,02993	3 121,2	6,2915	0,02641	3 099,9	6,2182	0,02351	3 077,8	6,1483
420	0,03140	3 178,2	6,3750	0,02779	3 159,7	6,3057	0,02483	3 140,5	6,2401
440	0,03280	3 232,7	6,4525	0,02911	3 216,2	6,3861	0,02608	3 199,4	6,3238
460	0,03415	3 285,3	6,5252	0,03036	3 270,5	6,4612	0,02726	3 255,5	6,4014
480	0,03546	3 336,5	6,5942	0,03158	3 323,2	6,5321	0,02840	3 309,6	6,4742
500	0,03674	3 386,8	6,6600	0,03276	3 374,6	6,5994	0,02950	3 362,2	6,5432
520	0,03799	3 436,3	6,7234	0,03391	3 425,1	6,6640	0,03058	3 413,8	6,6091
540	0,03922	3 485,4	6,7845	0,03504	3 475,1	6,7261	0,03162	3 464,6	6,6723
560	0,04042	3 534,2	6,8437	0,03615	3 524,5	6,7863	0,03265	3 514,8	6,7334
580	0,04162	3 582,7	6,9013	0,03724	3 573,7	6,8446	0,03366	3 564,6	6,7925
600	0,04280	3 631,1	6,9574	0,03832	3 622,7	6,9013	0,03466	3 614,2	6,8499
620	0,04396	3 679,5	7,0121	0,03939	3 671,6	6,9567	0,03564	3 663,6	6,9058
540	0,04512	3 727,8	7,0656	0,04044	3 720,4	7,0107	0,03661	3 712,9	6,9604
560	0,04627	3 776,1	7,1180	0,04148	3 769,1	7,0635	0,03757	3 762,1	7,0137
580	0,04741	3 824,5	7,1693	0,04252	3 817,9	7,1153	0,03852	3 811,3	7,0659
700	0,04853	3 873,0	7,2196	0,04355	3 866,8	7,1660	0,03947	3 860,5	7,1170