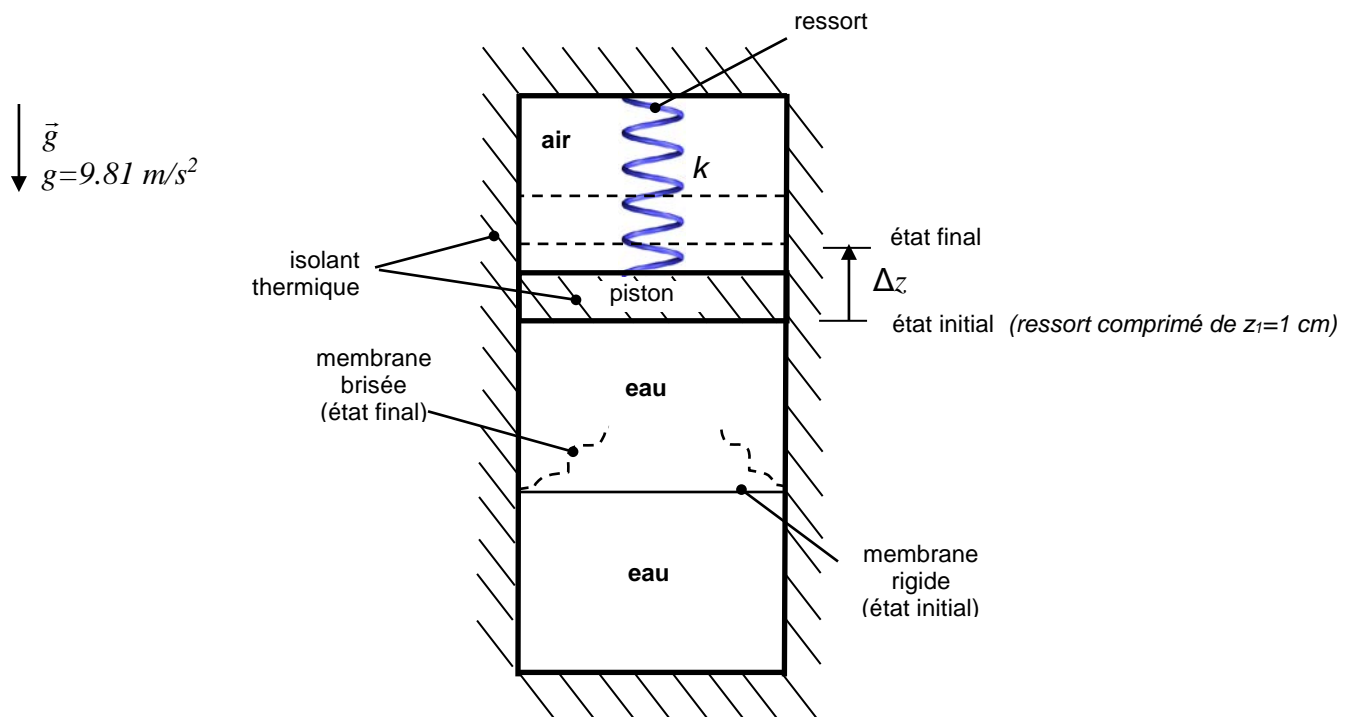


DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE  
MEC1210 THERMODYNAMIQUE

Un cylindre vertical fixe, rigide et étanche est divisé en trois cavités par un piston et une membrane rigide, tel qu'illustré sur la figure ci-dessous. Le piston, qui peut glisser verticalement *sans friction*, a une masse de  $16.3099 \text{ kg}$  et une surface de  $0.016 \text{ m}^2$  et est connecté à l'extrémité supérieure du cylindre par ressort linéaire ayant avec une constante  $k = 64 \text{ kN/m}$ . Toutes les parois solides et le piston sont faits d'isolant thermique parfait.

Initialement, avec le piston stationnaire, la cavité supérieure contient de l'air à  $50 \text{ kPa}$  et  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  et le ressort est *comprimé* de  $1 \text{ cm}$ , la cavité centrale contient  $0.004 \text{ m}^3$  d'un mélange liquide-vapeur saturé d'eau avec un titre de  $0.883$  et la cavité inférieure contient  $0.004 \text{ m}^3$  d'eau à  $600 \text{ kPa}$  et  $350 \text{ }^\circ\text{C}$ .

La membrane rigide se brise soudainement permettant à l'eau des deux cavités inférieures de se mélanger et poussant le piston vers le haut comprimant d'avantage le ressort et l'air. À l'état final, la température de l'air est de  $52 \text{ }^\circ\text{C}$ , la pression du mélange d'eau est de  $300 \text{ kPa}$  et le piston a monté de  $4.582 \text{ cm}$  ( $\Delta z$ ) par rapport à l'état initial et est de nouveau stationnaire.



On peut supposer qu'il n'y a aucun stockage d'énergie thermique dans le piston, le ressort et la membrane, et que l'effet gravitationnel sur l'eau et l'air est négligeable. L'air peut être traité comme un gaz parfait à chaleurs massiques variables, avec  $R = 0.287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K}$ .

(suite au verso)

On demande de déterminer:

- La masse (en kg) **et** la phase de l'eau dans chacune des deux cavités inférieures (en kg) à l'état initial. (2 pts)
- La pression de l'air (en kPa) **et** la température de l'eau (en °C) à l'état final. (2 pts)
- Le travail fait par l'eau sur le piston (en kJ). (2.5 pts)
- La masse d'air (en kg) (en utilisant un bilan d'énergie) **et** son volume initial (en m<sup>3</sup>) dans la cavité supérieure. (3.5 pts)

**Relations et données utiles**

Énergie stockée dans un ressort =  $\frac{1}{2}k(z - z_{force=0})^2$

**Propriétés thermodynamiques de l'eau – table de saturation**

**TABLE A-5**

Saturated water—Pressure table

Press., P kPa	Sat. temp., T <sub>sat</sub> °C	Specific volume, m <sup>3</sup> /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, v <sub>f</sub>	Sat. vapor, v <sub>g</sub>	Sat. liquid, u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Sat. vapor, u <sub>g</sub>	Sat. liquid, h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Sat. vapor, h <sub>g</sub>	Sat. liquid, s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Sat. vapor, s <sub>g</sub>
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593

**Propriétés thermodynamiques de l'eau – tables de vapeur surchauffée**

**TABLE A-6**

Superheated water

T °C	v m <sup>3</sup> /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	T °C	v m <sup>3</sup> /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
P = 0.30 MPa (133.52°C)					P = 0.60 MPa (158.83°C)				
Sat.	0.60582	2543.2	2724.9	6.9917	Sat.	0.31560	2566.8	2756.2	6.7593
150	0.63402	2571.0	2761.2	7.0792	200	0.35212	2639.4	2850.6	6.9683
200	0.71643	2651.0	2865.9	7.3132	250	0.39390	2721.2	2957.6	7.1833
250	0.79645	2728.9	2967.9	7.5180	300	0.43442	2801.4	3062.0	7.3740
300	0.87535	2807.0	3069.6	7.7037	350	0.47428	2881.6	3166.1	7.5481

**Propriétés thermodynamiques de l'air comme gaz parfait**

**TABLE A-17**

Ideal-gas properties of air

T K	h kJ/kg	P <sub>r</sub>	u kJ/kg	v <sub>r</sub>	s <sup>o</sup> kJ/kg · K
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783