CENTRE DE GESTION
DE LA FONCTION PUBLIQUE TERRITORIALE DU RHÔNE

CONCOURS ou EXAMEN

donnant accès à l'emploi de :

Ingénieur territorial

à titre interne [X] (1)
à titre externe [ ] (1)
au titre du troisième concours [ ] (1)

Spécialité Informatique et système d'information

Épreuve de **PHYSIQUE**

Date de l'épreuve 14/06/2017

Colonne réservée à l'Administration
Numéro de correction
Numéro d'anonymat
Note attribuée (réservé au jury): 9,5/10
Visa du jury ou de la Commission de Surveillance

(1) Cocher la case correspondante

Problème 1 :

Question 1 :

a) masse fréon / minute $= m = 2{,}25\,kg$

Masse molaire fréon $= M = 121\,g/mol$
$= 0{,}121\,kg/mol$

nb mol / minutes $= \frac{m}{M}$

$= \frac{2{,}25}{0{,}121}$

$\underline{n = 18{,}6\ mol}$

b) vapeur fréon considéré gaz parfait

$P_1 V_1 = nRT_1$

$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1}$

$V_1 = \frac{18{,}6 \times 8{,}32 \times 272}{1{,}9 \times 10^5}$

$V_1 = 0{,}22\ m^3$

$V_1 = 220\ L$

[redacted]

Question 2 : Transformation adiabatique, réversible entre 1 et 2

Loi de Laplace

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$$

$$V_2^{\gamma} = \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{P_2}$$

$$V_2 = \sqrt[\gamma]{\frac{P_1 V_1^{\gamma}}{P_2}}$$

$$\underline{V_2 = 0,063 \ m^3} \qquad (= 63 \ L)$$

Vapeur fréon toujours gaz parfait

$$P_2 V_2 = n R T_2$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{n R}$$

$$\underline{T_2 = 346 \ K}$$

Question 3 :

~~a) Entre 2 et 3 $P_2 = P_3$, on a une transformation isobare~~

~~donc~~ $\cancel{\delta Q = c_p \, dT}$

~~donc~~ $\cancel{Q_{a_{2\to3}} = c_p (T_3 - T_2)}$

$$\cancel{Q_a = -1,8 \ kJ}$$

Question 3 :

a) Calculons la capacité thermique massique c_f du fréon entre 2 et 3 on est à pression constante. et grâce aux unités

c_f en $J.K^{-1}.kg^{-1}$

c_p en $J.K^{-1}.mol^{-1}$

M en $kg.mol^{-1}$

on obtient $c_f = \frac{c_p}{M}$ $\frac{J.K^{-1}.\cancel{mol^{-1}}}{kg.\cancel{mol^{-1}}}$ $J.K^{-1}.kg^{-1}$

$c_f = 412 \ J.K^{-1}kg^{-1}$

refroidissement T_2 à T_3

$Q_a = c_f \times m \times (T_3 - T_2)$

$= -33\ 372 \ J$

$\underline{= -33,4 \ kJ}$

b) liquéfaction totale à 310K

$Q_b = -L \times m$ (L à 310K) - car chaleur latente de vaporisation = - chaleur latente liquéfaction

$= -130 \times 2,25$

$\underline{Q_b = -292,5 \ kJ}$

c) $Q_{23} = Q_a + Q_b$

$\underline{Q_{23} = -325,9 \ kJ}$

Question 4 : $Q_{41} = 240\ 000 \ J$

L'échange de chaleur se fait entre eau et fréon donc $Q_{eau} = -Q_{41}$.

or $Q_{eau} = c_{eau} \times m_{eau} \times (T_f - T_i)_{eau}$ en 1 minute.

donc $c_{eau} \times m_{eau} (T_f - T_i)_{eau} / minute = -Q_{u1}$

$$\frac{m_{eau}}{minute} = \frac{-Q_{u1}}{c_{eau}(T_f - T_i)_{eau}}$$

$$= \frac{-240\ 000}{4180 \times (-5)}$$

$\frac{m_{eau}}{minutes} = 11,5\ kg \cdot min^{-1}$ or pour l'eau 1kg = 1L

Débit = $11,5\ L \cdot min^{-1}$

Problème 2 :

Q1 : On a 2 moteurs qui délivre 250 kW de puissance utile à 80% de rendement maxi

On doit donc leur délivrer $P = \frac{250}{0,8}$ kW par moteur.

$P = 312,5\ kW$

$P_{tot} = 2 \times P$

$= 2 \times 312,5$

$P_{tot} = 625\ kW$ or puissance apparente = $\frac{\text{puissance active}}{\cos\varphi}$ $S_{tot} = \frac{P_{tot}}{\cos\varphi} = \frac{625}{0,75} = 833\ kVA$

Q2 :

$S_{tot} = 833\ kVA$

Le transformateur est en surcharge.

Q3 : En modifiant $\cos\varphi'$ à 0,92 on obtient

$S_{tot} = \frac{P_{tot}}{\cos\varphi'} = \frac{625}{0,92} = 679\ kVA$

Q4 :

Le condensateur (800 kVA) est soulagé et n'est plus en surcharge.
(679 ≤ 833)

Q5 : Au départ on avait $P_{tot} = 625$ kW. or $P_{tot} = VI\cos\varphi$ $Q_{tot} = VI\sin\varphi$

donc $Q_{tot} = \frac{P_{tot} \times \sin\varphi}{\cos\varphi}$

et $\cos\varphi = 0,75$

$\varphi = \cos^{-1} 0,75$

$\sin\varphi = \sin(\cos^{-1} 0,75)$

$\sin\varphi = 0,66$

donc $Q_{tot} = P_{tot} \times \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}$

$Q_{tot} = 550$ kVar (au départ)

Ensuite on ajoute une batterie de condensateur dont la puissance réactive est

$Q_c = -V^2 C\omega$ (en étoile V)

$Q_c = -V^2 C \times 2\pi f$ Var

Or ensuite on a un nouveau φ' tel que $\cos\varphi' = 0,92$ avec $\sin\varphi' = \sin(\cos^{-1} 0,92) = 0,39$

on a donc, idem que précédemment : $Q'_{tot} = P_{tot} \times \frac{\sin\varphi'}{\cos\varphi'}$

le nouveau $Q'_{tot} = 265$ kVar

on a en fait (car on n'a ajouté que des condensateurs entre état 1 et état 2)

$$\Delta Q = \underset{Q'_{tot}}{Q_2} - \underset{Q_{tot}}{Q_1} = Q_C \qquad (Q'_{tot} = Q_{tot} + Q_c)$$

$$Q'_{tot} - Q_{tot} = Q_C$$

$$265000 - 550000 = -V^2 C \times 2\pi f$$

$$C = \frac{Q'_{tot} - Q_{tot}}{-V^2 \times 2\pi f} \qquad \left(\text{en étoile } V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231\,V\right)$$

$C = 0,017$ F

$C = 17$ mF

Problème 3 :

Q1 : ~~Le réservoir de Montbauron étant très grand, il y a toujours de l'eau qui circule avec la même force au dessus d'elle.~~
~~Donc on peut considérer que V_c est constante.~~

~~En considérant toutes les hypothèse de l'énoncé.~~
~~On a conservation du débit entre A et C~~

~~donc $\rho V_A S_A = \rho V_C S_C$ (S étant la section)~~

Le réservoir de Montbauron étant très grand, le niveau d'eau du lac ne baisse pas. Donc le point C qui est à la surface du lac est fixe.

Donc $\underline{V_C = 0 \ m.s^{-1}}$

En considérant toutes les hypothèses de l'énoncé, on peut utiliser Bernoulli entre A et C.

donc $\frac{1}{2}\rho V_A^2 + \rho g z_A + \cancel{P_A} = \frac{1}{2}\cancel{\rho V_C^2} + \rho g z_C + \cancel{P_C}$ or P_C = pression atmosphérique
PA = " "

on a $\frac{1}{2}\cancel{\rho} V_A^2 + \cancel{\rho} g z_A = \cancel{\rho} g z_C$ $\rho > 0$ $P_A = P_C$ et $V_C = 0$.

$V_A^2 = 2g(z_C - z_A)$

$V_A = \sqrt{2g(z_C - z_A)}$ or $z_C - z_A = 15,5 \ m$

$\underline{V_A = 17,4 \ m.s^{-1}}$

Q2 : En se plaçant dans un référentiel supposé Galiléen.
Le système étudié est le jet d'eau de masse > 0.
On prend un repère orthonormé $(A, \vec{i}, \vec{j})$ avec $\vec{i}$ horizontal vers la droite et $\vec{j}$ vertical vers le haut

Les forces extérieures sont le poids $\vec{P} = m\vec{g}$ ($\vec{g}$ vertical vers le bas)

D'après Newton $\frac{d\vec{p}}{dt} = \Sigma F_{ext} = m\vec{a}$

donc $m\vec{a} = m\vec{g}$ $(m \neq 0)$

$\vec{a} = \vec{g}$

$\vec{g}$ vertical vers le bas.

donc $\vec{a} \begin{vmatrix} 0 \\ -g \end{vmatrix}$

(or $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ donc $\vec{v} = \int \vec{a}\,dt$)

$\vec{v} \begin{vmatrix} C_1 \\ -gt + C_2 \end{vmatrix}$ or en $t=0$ $\vec{v} = \vec{V_A}$ $\vec{V_0} \begin{vmatrix} 0 \\ V_A \end{vmatrix}$ donc $C_1 = 0$, $C_2 = V_A$

donc $\vec{V} \begin{vmatrix} 0 \\ -gt + V_A \end{vmatrix}$

Or on obtient la hauteur h_j en B lorsque le jet est en haut avec $V = 0$.

on est donc en B lorsque $-gt + V_A = 0$

$$t = \frac{V_A}{g}$$

$$\text{en } \underline{t = 1,77\ s}$$

notons M le point du jet d'eau.

(or $\frac{d\vec{AM}}{dt} = \vec{v}$ donc $\vec{AM} = \int \vec{v}\,dt$) $\vec{AM} \begin{vmatrix} C_3 \\ -\frac{1}{2}gt^2 + V_A t + C_4 \end{vmatrix}$ or en $t=0$ M est en A donc $\vec{AM} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$ donc $C_3 = 0$, $C_4 = 0$

donc $\vec{AM} \begin{vmatrix} 0 \\ -\frac{1}{2}gt^2 + V_A t \end{vmatrix}$

or $\vec{AM}$ est maximum lorsque le jet est en B donc à $t = 1,77\ s$

or à $t = 1,77\ s$ $\vec{AB} \begin{vmatrix} 0 \\ -\frac{1}{2}gt^2 + V_A t \end{vmatrix}$

donc $h_j = -\frac{1}{2}g(1,77)^2 + V_A(1,77)$ donc $\underline{h_j = 15,4\ m}$

Q 3 : On a un débit volumique constant imposé par $Q_e = 65$ litre/s

$$Q_e = 0,065 \ m^3.s^{-1}$$

Débit constant et conservé et diamètre constant donc vitesse entrée = vitesse sortie.

$$\text{donc } V_e = V_s \quad \text{et} \quad \overset{\text{(débit)}}{S \times V} \text{ conservé}$$

$$S V_e = S V_s = Q_e$$

$$V = \frac{Q_e}{S}$$

or S = section 400 mm = $\pi R^2 = 0,126 \ m^2$
0,4 m
diamètre

$$\underline{V_e = V_s = 0,52 \ m.s^{-1}}$$

Q 4 :
Pour faire remonter l'eau on a besoin d'un Δ d'énergie entre E et D

$$\Delta_{NRJ} = \cancel{P_E - P_D} + \rho g (z_E - z_D) + \cancel{\frac{1}{2} \rho (V_E^2 - V_D^2)}$$

or $P_A = P_D$
$V_e = V_s$
$V_E = V_D$

$$\Delta_{NRJ} = \rho g (z_E - z_D)$$

$$= \rho g (19)$$

$$= 186\ 390 \ J.m^{-3}$$

or $J.m^{-3} \times \frac{1}{\rho_{kg.m^{-3}}} \Rightarrow J.kg^{-1}$

$$\Delta_{NRJ} = \frac{186\ 390}{\rho} \ J.kg^{-1}$$

$$= 186,39 \ J.kg^{-1}$$

(on additionne les pertes = $18 \ J.kg^{-1}$)

$\Delta_{NRJ\,tot} = 204,39 \ J.kg^{-1}$

or Puissance en $J.s^{-1}$

or $J.kg^{-1} \times$ Debit $kg.s^{-1} = J.s^{-1}$
et débit = $m^3.s^{-1} \times \rho \ kg.m^{-3}$

$$\text{Puissance} = 204,39 \times 0,065 \times \rho$$

$$\underline{\text{Puissance} = 13\ 285 \ W}$$