

CONCOURS INTERNE D'INGENIEUR SUBDIVISIONNAIRE
OCTOBRE 93
PHYSIQUE APPLIQUEE

Durée : 3 heures

Barème :

| | |
|-------------------------|-----------|
| RDM | 10 points |
| Dynamique / Hydraulique | 6 points |
| Energétique | 4 points |

PARTIE DYNAMIQUE / HYDRAULIQUE

Contrairement aux apparences, presque toutes les questions peuvent être traitées indépendamment.

On désire réaliser dans un hall de hauteur sous plafond H un jet d'eau émergeant au niveau du sol en un point O et recueilli en un point A situé à une distance x_0 de la verticale issue du point O (voir figure 3).

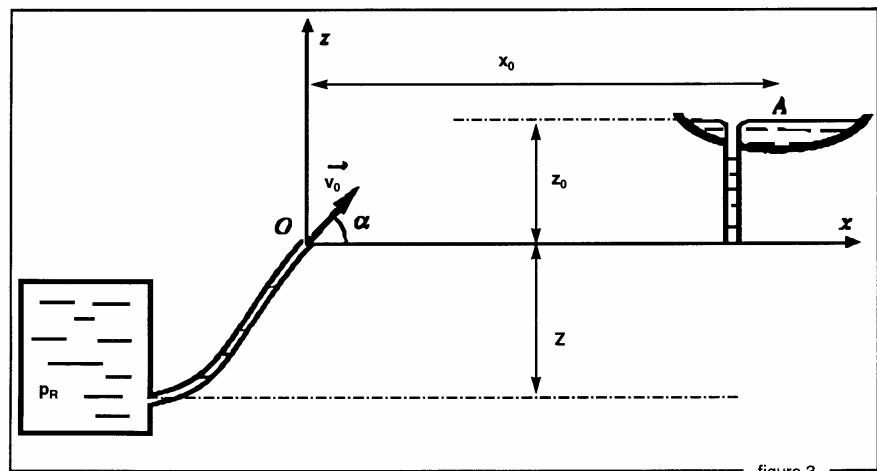


figure 3

Ce point **A** est au milieu d'une vasque dont le niveau de la surface libre, maintenu constant par un 'trop plein', se trouve à une hauteur **2%** du sol. Le jet est alimenté par une conduite reliée à un réservoir sous pression, enfoui et supposé suffisamment grand pour que l'eau qu'il contient puisse y être considérée immobile. L'alimentation de la conduite est située à une profondeur Z où règne une pression relative P_R . On note v_0 la

vitesse de l'eau dans la section contractée du jet, d'aire S , et α l'angle que fait la vitesse avec l'horizontale.

On négligera tous les phénomènes de perte de charge et de frottements.

On donne:

$H = 3,0 \text{ m}$; $Z = 3,0 \text{ m}$; $x_0 = 1,0 \text{ m}$; $z_0 = 0,8 \text{ m}$; $v_0 = 7,0 \text{ m.s}^{-1}$; $S = 2 \text{ cm}^2$; $g = 9,8 \text{ M.S}^{-2}$.

A - 1) a) Etablir, en fonction de v_0 , α et g , l'équation de la trajectoire du jet.

b) En faisant intervenir la position du point A, en déduire l'équation que doit vérifier $\tan \alpha$. (On rappelle que $J/\cos^2(X) = 1 + \tan^2(X)$)

2) a) Quelle est, en fonction de v_0 , α et g , l'expression de la hauteur maximale atteinte par le jet?

b) Quelle condition doit vérifier cette hauteur maximale ?

3)a) Quelle est, en fonction de $v.$, $(x, \%$ et g , l'expression de l'angle avec l'horizontale du jet lorsqu'il arrive dans la vasque ?

b) Quelle condition doit vérifier cet angle ?

4) Donner la (les) valeur (s) de l'angle $(x$ à retenir.

5) Déterminer le vecteur vitesse d'impact de l'eau dans la vasque.

B-1) Etablir en fonction de v_0 et Z l'expression de la pression PR à la sortie du réservoir et calculer sa valeur.

2) Quelle est la valeur de la composante horizontale de la résultante des forces sur la vasque ?

PARTIE ENERGETIQUE

Une usine d'incinération, fonctionnant en continu, dispose d'une chaudière capable de brûler 5 000 kilogrammes d'ordures ménagères par heure. Le pouvoir calorifique moyen de ce combustible est de 8,64 mégajoules par kilogramme.

1) Calculer la quantité de chaleur obtenue en une journée. On fournira le résultat en mégajoules et en kilowattheures.

2) Quelle est la puissance correspondante fournie par la combustion ?

3) La chaudière réchauffe de l'eau qui entre à la température de 80°C et ressort à 95°C . Le débit de la pompe de circulation est de 585 mètres cube par heure. Quel est le rendement de la chaudière ?

4) Cette eau alimente un réseau urbain dont les pertes thermiques sont de 12 %. L'utilisateur paie 0,11 franc le kilowattheure de chauffage urbain qu'il consomme. Quelle est la recette mensuelle pour un mois de 30 jours?

5) La même installation pourrait fabriquer de la vapeur qui alimenterait un turboalternateur produisant de l'énergie électrique. Le rendement global entre l'électricité fournie et l'énergie apportée par la combustion serait alors égal à 0,24. A quel prix faudrait-il vendre le kilowattheure fourni sous forme électrique pour réaliser la même recette mensuelle?

6) Dans le cas du fonctionnement décrit à la question 5), la vapeur serait portée à une température de 300°C à l'entrée de la turbine et refroidie jusqu'à 30°C . Calculer le rendement d'une machine de Carnot fonctionnant entre ces températures extrêmes. Comparer avec le rendement de 0,24 de la question 5) et donner quelques considérations explicatives.

On donne : capacité calorifique massique de l'eau : $4\,185\text{ J.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$.

$$1) \quad q_m = 5000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad K_m = 8,64 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \quad d'au \quad Q_c = K_m \times q_m \times t \quad t = 24 \text{ h}$$

$$Q_c = 8,64 \times 5000 \times 24 = 1036800 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J} = 10^6 \text{ W} \cdot \text{s} = 10^3 \text{ kW} \cdot \text{s} = \frac{10^3}{3600} \text{ kW} \cdot \text{h} = 0,277778 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$d'au \quad Q_c = 1,04 \cdot 10^6 \text{ MJ} = 2,88 \cdot 10^5 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$2) \quad P_c = \frac{Q_c}{t} \quad \text{A.N.} \quad P_c = \frac{1,0368 \cdot 10^6}{24 \times 3600} = 12,000 \quad [P_c = 12 \text{ MW}]$$

$$3) \quad V_v = 585 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = \frac{585}{3600} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad \rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Now allons exprimer la puissance P_e reçue par l'eau. Le rendement sera alors $\eta = \frac{P_e}{P_c}$

$$P_e = \frac{Q_e}{t} \quad \text{et} \quad a \text{ p ale} \quad Q_e = \Delta H = m c_p \Delta T \quad \text{avec} \quad m = \rho V \quad , \quad V_v = \frac{V}{t} \quad \text{cad} \quad m = \rho V_v t$$

$$Q_e = \rho V_v c_p \Delta T \quad d'au \quad P_e = \rho V_v c_p \Delta T \quad \text{A.N.} \quad P_e = 1000 \times \frac{585}{3600} \times 4,185 (95 - 80) = 10,200938 \approx 10,2 \text{ MW}$$

$$\text{donc} \quad \eta = \frac{P_e}{P_c} = \frac{10,200938}{12} = 0,850078 \quad [\eta = 0,85]$$

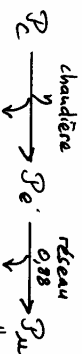
4) Chaleur reçue par l'edatager en 30 jours : $Q_u = P_u \times t$ avec $t = 30 \text{ jours}$ et $P_u = (1 - 0,12) P_e = 0,88 P_e$

$$\text{donc} \quad Q_u = 0,88 P_e \times t = 0,88 \times 10,200938 \cdot 10^3 \times 30 \times 24 = 6463314 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

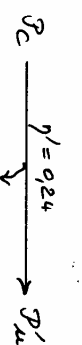
$$d'au \text{ la recette mensuelle} \quad r = Q_u \times p = 710364,57 \text{ F}$$

$$[r \approx 711 \text{ kF}]$$

5) 1e installation :



2e installation :



$$r' = Q_u \times p' = P_u' \times t \times p' = \eta' P_c' \times t \times p' \quad \text{on cherche } p' \text{ pour avoir } r = r'$$

CORRECTION :

$$\Rightarrow P' = \frac{r}{\eta' Z_e t} = \frac{10964,57}{0,24 \times 12 \cdot 10^3 \times 30 \times 24} = 0,342865$$

$$P' = 0,34 \text{ F (kWh)}^{-1}$$

$$6) T_{Ch} = 300^\circ\text{C} \quad T_{Fr} = 30^\circ\text{C}$$

machine de Carnot
→ cycle réversible

$$\text{rendement} \quad \eta_c = \left| \frac{W}{Q_{Ch}} \right| = -\frac{W}{Q_{Ch}} = \frac{Q_{Ch} + Q_{Fr}}{Q_{Ch}} = 1 + \frac{Q_{Fr}}{Q_{Ch}}$$

Le fonctionnement d'une machine de Carnot écart réversible, on utilise l'égalité de Carnot-Clausius :

$$\frac{Q_{Ch}}{T_{Ch}} + \frac{Q_{Fr}}{T_{Fr}} = 0 \Rightarrow \frac{Q_{Fr}}{Q_{Ch}} = -\frac{T_{Fr}}{T_{Ch}} \quad d'o\grave{u}$$

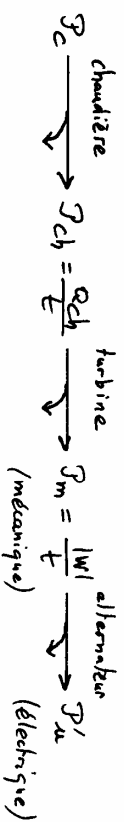
$$\boxed{\eta_c = 1 - \frac{T_{Fr}}{T_{Ch}}}$$

$$\text{A.N.} \quad \eta_c = 1 - \frac{223+30}{223+300} = 0,4212$$

$$\boxed{\eta_c = 0,42}$$

$\eta_0 > \eta'$ et ceci pour deux raisons : - ces rendements ne couvrent pas les mêmes opérations

- η_c est un rendement idéal (machine réversible), le rendement réel correspondant est plus faible.



$$\eta' = \eta (\text{chaudière}) \times \eta (\text{turbine}) \times \eta (\text{alternateur}) < \eta (\text{turbine})$$

$$\text{et } \eta_c > \eta (\text{turbine}) \quad d'o\grave{u} \quad \eta_0 > \eta'$$

