

**CONCOURS INTERNE D'INGENIEUR SUBDIVISIONNAIRE
OCTOBRE 98
PHYSIQUE APPLIQUEE**

Durée : 3 heures

Barème :

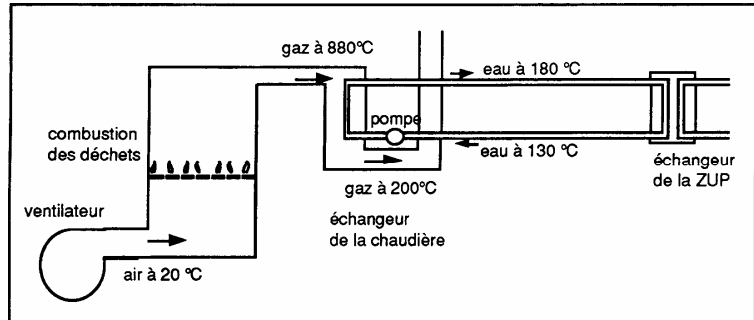
RDM	9 points
Hydraulique	5 points
Energétique/ Electricité	6 points

PARTIE ENERGETIQUE & ELECTRICITE

USINE D'INCINERATION D'ORDURES MENAGERES.

Les ordures ménagères d'une agglomération sont traitées dans une usine d'incinération. 2 350 tonnes de déchets ont été brûlées durant un mois de 30 jours.

□1) On demande de calculer la puissance moyenne \mathcal{P}_1 libérée par la combustion des déchets. □



2) L'énergie thermique ainsi obtenue est utilisée pour assurer la fourniture d'eau chaude d'une ZUP. Au cours de ce même mois, la ZUP a consommé 3 500 MWh sous forme d'eau chaude. A quelle puissance moyenne \mathcal{P}_2 ceci correspond-il ?

3) Les gaz chauds provenant de la combustion traversent l'échangeur de la chaudière où se trouvent des tubes dans lesquels circule de l'eau sous pression. Cette eau, en circulation fermée entre l'échangeur de la chaudière et l'échangeur de la chaufferie de la ZUP, entre à 130 °C dans la chaudière et en ressort à 180 °C. La pompe qui réinjecte l'eau chaude dans l'échangeur de la chaudière a un débit de 120 m³/h. Calculer la puissance moyenne \mathcal{P}_3 récupérée par l'eau.

4) L'air nécessaire à la combustion est insufflé à la température de 20 °C par un ventilateur dont le débit est de 24 000 m³/h à 20 °C sous une pression de 101 325 Pa. Les gaz entrent à 880 °C dans l'échangeur de la chaudière et en ressortent à 200 °C. Calculer :

- le débit massique d'air, assimilé à un gaz parfait,
- la puissance \mathcal{P}_4 que les gaz perdent dans l'échangeur de la chaudière, en supposant un débit massique égal au précédent.

5) Quels sont les rendements thermiques :

- de l'installation complète,
- de la chaudière ?

6) Le moteur électrique triphasé qui entraîne directement la pompe est alimenté par une tension 220-380 V, 50 Hz. Son rendement est de 95 % et son facteur de puissance : 0,85. L'intensité du courant dans les fils de phase est de 20 A. La pompe a un rendement de 90 % et une vitesse de rotation de 1 445 tr/min.

- En justifiant votre réponse, indiquer quel est le type de moteur électrique utilisé.
- Calculer sa puissance électrique et sa puissance mécanique.
- Quels sont la puissance hydraulique et le couple de la pompe ?

Données numériques :

Déchets : Pouvoir calorifique : $PCI (K_m) = 9,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$

Eau : dans le domaine des températures considéré, Masse volumique $\mu = 0,9344 \text{ kg.dm}^{-3}$
Capacité thermique massique : $c = 4 330 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Air : Masse volumique : 1,293 kg.m⁻³ à 0 °C et 101 325 Pa,

Gaz : On admettra que la capacité thermique massique (isobare) des gaz en $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ suit la loi :

$$c_p = 1040 + 0,29 T \quad \text{où } T \text{ est la température en kelvin.}$$

CORRECTION :

$$1) \quad \mathcal{P}_1 = \frac{Q_1}{t} = \frac{m \cdot K_m}{t} = \frac{2380 \cdot 10^3 \times 9,6 \cdot 10^6}{30 \times 24 \times 3600}$$

$$\mathcal{P}_1 = 8,7037 \cdot 10^4 \text{ W}$$

$$\boxed{\mathcal{P}_1 \approx 8,70 \text{ MW}}$$

$$2) \quad \mathcal{P}_2 = \frac{W}{t} = \frac{3500 \cdot 10^6}{30 \times 24} = 4,8611 \cdot 10^4 \text{ W}$$

$$\boxed{\mathcal{P}_2 \approx 4,86 \text{ MW}}$$

$$3) \quad \text{Chaleur reçue par l'eau: } Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\text{d'où } \mathcal{P}_3 = \rho \frac{V}{t} c \Delta T = \rho q_v c \Delta T = 934,4 \times \frac{120}{3600} \times 4330 \times 50$$

$$= 6,7433 \text{ MW}$$

$$\boxed{\mathcal{P}_3 \approx 6,74 \text{ MW}}$$

$$4) a) \quad q_v = 24000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_m = \frac{dm}{dt} = \frac{\rho dV}{dt} = \rho q_v$$

$$\text{on a } pV = nRT \text{ et } p \text{ cste}$$

$$p = pRT \quad \text{d'où } pT = \text{cste} \quad \text{donc } \rho = \frac{\rho_0 T_0}{T}$$

$$\rho = \frac{1,293 \times 273}{293} = 1,2047 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$q_m = 8,0316 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\boxed{q_m \approx 8,03 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$b) \quad \text{Soit } Q_4 \text{ la chaleur échangée par les gaz. } p = \text{cste} \Rightarrow$$

$$\delta Q_4 = dH = m c_p dT, \quad \text{d'où } Q_4 = m \int_{T_i}^{T_f} (a + bT) dT \quad \left\{ \begin{array}{l} a = 1040 \\ b = 0,29 \end{array} \right.$$

$$\text{alors } \mathcal{P}_4 = -\frac{Q_4}{t} = -q_m \left[aT + \frac{1}{2} bT^2 \right]_{1153}^{473} \quad (Q_4 < 0 \text{ car cédée})$$

$$= -8,0316 \left(1040 \times (473 - 1153) + \frac{0,29}{2} (473^2 - 1153^2) \right)$$

$$= 6,9676 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$\boxed{\mathcal{P}_4 \approx 6,97 \text{ MW}}$$

$$5) \quad \text{Rendement global } \eta = \frac{\mathcal{P}_2}{\mathcal{P}_1} = 0,5585$$

$$\boxed{\eta \approx 56 \%}$$

$$\text{Rendement de la chaudière } \eta_c = \frac{\mathcal{P}_3}{\mathcal{P}_1} = 0,7748$$

$$\boxed{\eta_c \approx 77 \%}$$

$$6) a) \quad \text{Moteur asynchrone triphasé à 2 paires de pôles, car robuste et peu cher.}$$

$$b) \quad \mathcal{P}_{\text{élec}} = U \sqrt{3} \cos \varphi = 380 \times 20 \times \sqrt{3} \times 0,85 = 11,189 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\mathcal{P}_{\text{méca}} = 0,95 \times \mathcal{P}_{\text{élec}} = 10,6296 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} \mathcal{P}_{\text{él.}} = 11,2 \text{ kW} \\ \mathcal{P}_{\text{m.}} = 10,6 \text{ kW} \end{array}}$$

$$c) \quad \mathcal{P}_{\text{hyd}} = 0,9 \times \mathcal{P}_{\text{méca}} = 9567 \text{ W}$$

$$\boxed{\mathcal{P}_h = 9,6 \text{ kW}}$$

$$\mathcal{P}_h = \vec{\Gamma} \cdot \vec{\omega} \Rightarrow \Gamma = \frac{\mathcal{P}}{\omega} = \frac{9567 \times 60}{2\pi \times 1445} = 63,221$$

$$\boxed{\Gamma = 63,2 \text{ Nm}}$$