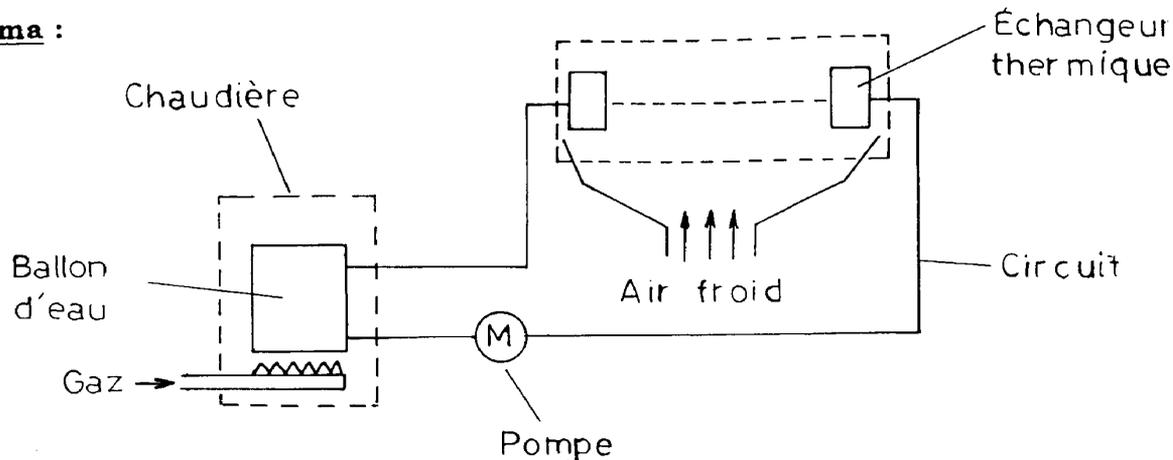


PARTIE 1 : THERMODYNAMIQUE (6 points)

Etude d'une unité de chauffage.

Soit le schéma simplifié de cette installation.

Schéma :



Caractéristiques techniques :

* Chaudière au gaz méthane :

- pouvoir calorifique du gaz méthane : $P_c = 35.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$;
- masse volumique du gaz : $\rho = 0,67 \text{ g.L}^{-1}$;
- fluide utilisé : l'eau. Masse volumique $\rho = 1,0.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$;
chaleur massique $c = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

* Echangeurs thermiques :

- surface d'un échangeur : $s = 0,85 \text{ m}^2$;
- fluide chaud (eau) : débit volumique $q_v = 0,5 \text{ L.s}^{-1}$;
- fluide froid (air) : débit volumique $q_v = 2040 \text{ L.s}^{-1}$;
masse volumique $\rho = 1,3 \text{ g.L}^{-1}$;
chaleur massique $c = 1,05 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

* Circuit réalisé en tube d'acier : diamètre intérieur $d = 40 \text{ mm}$;
longueur totale $L_t = 75 \text{ m}$.

A. Etude des échangeurs thermiques.

1) Le fluide chaud (eau) a une température d'entrée $t_E = 95^\circ\text{C}$ et sa température de sortie est $t_S = 75^\circ\text{C}$.

Calculer la température de sortie t'_S du fluide froid (air) sachant que sa température d'entrée est $t'_E = 15^\circ\text{C}$.

2) Le coefficient de transmission global de l'ensemble des échangeurs est $K = 200 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. On suppose que les conduites sont calorifugées.

On rappelle que la différence moyenne des températures des deux fluides est donnée par la relation :

$$\Delta\theta_m = \frac{\Delta\theta_{\text{entrées}} - \Delta\theta_{\text{sorties}}}{\ln \frac{\Delta\theta_{\text{entrées}}}{\Delta\theta_{\text{sorties}}}}$$

Déterminer la surface totale d'échange thermique et en déduire le nombre d'échangeurs de l'installation.

B. Etude de la chaudière en régime permanent.

En régime permanent, l'eau arrive dans le corps de chauffe de la chaudière à la température de 75°C et en ressort à la température de 95°C.

Calculer, dans ces conditions, le débit de gaz nécessaire pour maintenir ces températures, le rendement du brûleur étant égal à 0,90.

PARTIE 2 : MECANIQUE DES FLUIDES (4 points)

1. Déterminer la vitesse c d'écoulement de l'eau dans les tubes.

2. Déterminer le type d'écoulement.

Données : viscosité cinématique de l'eau : $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$;

nombre de Reynolds : $R = \frac{cd}{\nu}$;

type d'écoulement :	$R < 2000$	écoulement laminaire
	$2 \cdot 10^3 < R < 4 \cdot 10^4$	écoulement turbulent lisse
	$R > 4 \cdot 10^4$	écoulement turbulent rugueux

3. Calculer les pertes de charge dans la canalisation (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Données : pertes de charge linéaires : $J = \lambda \cdot \frac{L_t}{d} \cdot \frac{c^2}{2}$;

coefficient de perte de charge :

- pour un écoulement laminaire $\lambda = \frac{64}{R}$

- pour un écoulement turbulent lisse $\lambda = \frac{0,316}{R^{0,25}}$

- pour un écoulement turbulent rugueux $\lambda = 0,79 \sqrt{\frac{\varepsilon}{d}}$ avec $\varepsilon = 0,2 \text{ mm}$.

pertes de charge singulières : $J' = \sum \xi \frac{c^2}{2}$ ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$) ;

avec $\sum \xi = 53$.

4. Déterminer la puissance que doit fournir la pompe.

**PARTIE 3 : ETUDE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU ALIMENTE
PAR UN HACHEUR** (10 points)

Un moteur à courant continu à excitation indépendante présente les caractéristiques suivantes :

Induit : Résistance : $R = 0,10 \Omega$;

Tension nominale d'alimentation : $U_N = 190 \text{ V}$;

Intensité nominale du courant : $I_N = 100 \text{ A}$;

Fréquence de rotation nominale : $n_N = 1800 \text{ tr.min}^{-1}$.

Ensemble des pertes magnétiques et mécaniques : $p_c = 1,0 \text{ kW}$.

A. Etude du régime nominal.

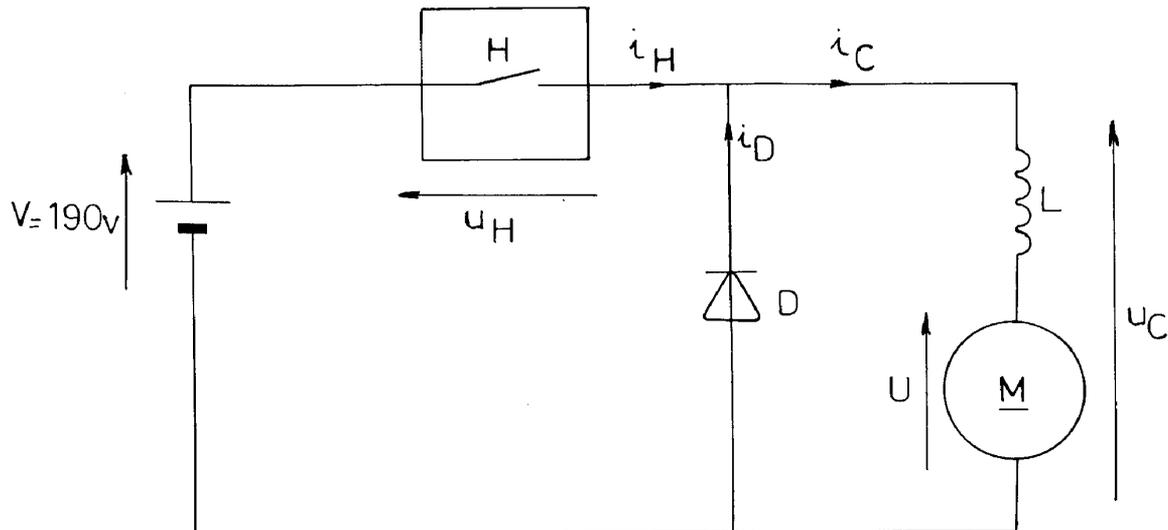
- 1) Calculer la force électromotrice E_N du moteur.
- 2) Calculer la puissance absorbée par l'induit.
- 3) Calculer la puissance utile du moteur.
- 4) En déduire le moment du couple nominal.

B. Variations de la fréquence de rotation.

- 1) Déterminer l'expression de la fréquence de rotation n (en tr.min^{-1}) en fonction de la force électromotrice E (en V.).
- 2) Déterminer l'expression de la fréquence de rotation n (en tr.min^{-1}) en fonction de la tension d'alimentation U lorsque l'intensité du courant appelé vaut $I_N = 100 \text{ A}$.
- 3) Tracer la courbe représentant $n = f(U)$.
(U en V. ; n en tr.min^{-1}) pour $I_N = 100 \text{ A}$.

C. Commande du moteur par un hacheur.

Pour alimenter l'induit du moteur sous tension variable, on utilise un hacheur ; le schéma de principe du montage est le suivant :



H : interrupteur électronique

D : diode idéale

L : inductance de lissage permettant d'obtenir un courant d'intensité i_C constante ; la valeur moyenne de la tension à ses bornes est nulle.

Le fonctionnement de H est le suivant :
entre 0 et αT , H est fermé ;
entre αT et T, H est ouvert.

- 1) Calculer la valeur moyenne $\langle u_C \rangle$ de u_C en fonction de V et de α ; en déduire l'expression de U en fonction de V et de α .
- 2) Le moteur entraîne une machine qui lui oppose un couple résistant de moment $T_r = 90 \text{ N.m}$; déterminer l'intensité du courant appelé par l'induit.
- 3) La fréquence de rotation doit être égale à 1000 tr.min^{-1} ; déterminer la valeur à donner à α .