

**Corrigé du BTS FED 2016 (Physique et chimie associées au système)****A - Circuit de chauffage/refroidissement**

**I.** – La température extérieure peut (théoriquement) descendre à  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (avec une marge de sécurité). Avec un pourcentage volumique en glycol de 40 % dans la solution aqueuse de type MPG, la température de congélation peut atteindre, dans le cas le plus restrictif, la température de  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ce fluide a été choisi convenablement pour protéger les installations du gel.

**II.** – Limitation des nuisances sonores

Afin d'éviter des nuisances sonores, il est nécessaire de limiter la vitesse du fluide dans les canalisations à environ  $0,25\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Pour assurer une bonne diffusion dans les différentes parties du circuit, le débit massique  $q_M$  du fluide caloporteur doit être égal à  $7,75\text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ .

1. Le débit volumique  $q_V$  du fluide est en relation avec le débit massique :  $\rho = \frac{q_M}{q_V}$ .

On a donc :  $q_V = \frac{q_M}{\rho}$

$$q_V \cong 1,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

2. On en déduit la vitesse du fluide dans le circuit :  $v = \frac{4 q_V}{\pi D^2}$

$$v \cong 0,20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Cette valeur permet d'éviter les nuisances sonores.

**III.** – Optimisation de l'écoulement du fluide

Les pertes de charge linéiques  $\Delta p$  dans le réseau de distribution doivent être inférieures à  $50\text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$  afin de faciliter l'écoulement.

1. Le nombre de Reynolds associé à l'écoulement est :  $Re \cong 1930$  ; le régime est laminaire.

2. Les pertes de charge linéiques  $\Delta p$  s'écrivent :  $\Delta p = \frac{8 \eta q_V}{\pi r^4}$

$$\Delta p \cong 24,7 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$$

Cette valeur est inférieure à la valeur seuil de  $50\text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$ .

**B - Fonctionnement de la PAC**

1. Les points représentant l'état du fluide sont positionnés sur le diagramme enthalpique (voir à la fin de corrigé). Le cycle est décrit dans le sens contraire des aiguilles d'une montre ; c'est un cycle récepteur ce qui est conforme au cycle d'une PAC.

2. Tableau du document réponse n°2 :

	h	p	T
Unités	$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	bar	$^{\circ}\text{C}$
A	398	3,00	0
B	406	3,00	10,0
C	433	10,0	52,6
D	418	10,0	39,0
E	255	10,0	39,0
F	255	3,00	0

3. La chaleur massique reçue par le fluide est égale à la variation d'enthalpie massique lors d'une évolution isobare :  $q_{FB} = h_B - h_F$   $q_{FB} \cong 151 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Le « travail de transvasement massique, lui, s'écrit :  $w_{BC} = h_C - h_B$   $w_{BC} \cong 27 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Le COP théorique est donc égal à :  $\frac{q_{FB}}{w_{BC}} \cong 5,6$

Le fabricant donne un COP de 3,0. Comment peut-on expliquer cette différence ?

Le cycle qui nous sert à calculer le COP théorique est un cycle « idéalisé » : la compression réelle n'est pas isentropique car non réversible, les échanges de chaleur ne sont pas parfaits, le moteur du compresseur a un rendement dont il faudrait tenir compte,...

Le COP calculé par l'intermédiaire de ce cycle n'est qu'indicatif.

Remarque : La PAC fonctionne, d'après le constructeur, avec du R410a et non du R134a !

### C - Adoucissement l'eau

Dans le dossier technique, il est indiqué dans la partie « traitement de l'eau » :

« Sera prévu la mise en place d'un adoucisseur pour le remplissage des réseaux de distribution hydraulique. L'adoucisseur chimique à résine sera de type adoucisseur industriel. L'eau sera re-durcie en sortie d'adoucisseur à environ  $7^\circ\text{f}$  par l'intermédiaire d'une vanne proportionnelle de réglage de dureté. »

On analyse l'eau de ville arrivant jusqu'au réseau hydraulique du cinéma afin de déterminer sa dureté.

On prélève un volume  $V = 500 \text{ cm}^3$ . Les concentrations massiques en ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  sont respectivement  $C_m(\text{Ca}^{2+}) = 60,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  et  $C_m(\text{Mg}^{2+}) = 36,6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

1. Les concentrations molaires en ions calcium et magnésium s'écrivent respectivement :

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{C_m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca})} \text{ avec } C_m(\text{Ca}^{2+}) \text{ exprimée en } \text{g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ soit : } C_m(\text{Ca}^{2+}) \cong 60,3 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{C_m(\text{Mg}^{2+})}{M(\text{Mg})} \text{ avec } C_m(\text{Mg}^{2+}) \text{ exprimée en } \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{On a donc : TH} = \left( \frac{C_m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca})} + \frac{C_m(\text{Mg}^{2+})}{M(\text{Mg})} \right) \times 10^4 \text{ soit : } \text{TH} \cong 30,1^\circ\text{f}$$

2. L'eau est dure. ; il faut installer un adoucisseur.

3. Dans une résine échangeuse d'ions, les ions calcium et magnésium sont échangés par des ions positifs (ions sodium  $\text{Na}^+$  par exemple) qui ne précipitent pas facilement avec les ions carbonate. Ces ions sodium ne jouent aucun rôle dans la dureté de l'eau.

4. A la sortie de l'adoucisseur, on a :  $7^\circ\text{f} = c_T \times 10^4$  avec  $c_T$  en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ; on

trouve :  $c_T \cong 7 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

