

BTS FED Option Froid et conditionnement d'air 2017 – Corrigé

A - Traitement de l'eau

I - Analyse du pH

1. L'échantillon traité par l'analyseur a un pH de 8,98 ; l'échantillon analysé a un pH supérieur à 7 ; il est basique.

2. Définition du pH : $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$; on en déduit : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$ (exprimée en mol.L⁻¹)

$$C = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,05 \times 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

II - Traitement du calcaire

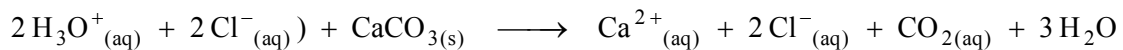
Le compte rendu de service de l'annexe 2 indique un entartrage de la tour. Une analyse du système permet d'estimer la masse de tartre à la valeur de 1,0 tonne.

Il est décidé de détartrer à l'aide d'acide chlorhydrique concentré lors du prochain arrêt de l'installation.

Les caractéristiques sur l'acide chlorhydrique sont données sur l'annexe 3.

L'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}, \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) réagit avec le tartre ($\text{CaCO}_{3(\text{s})}$) pour donner du dichlorure de calcium ($\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}, 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$), du dioxyde de carbone et de l'eau.

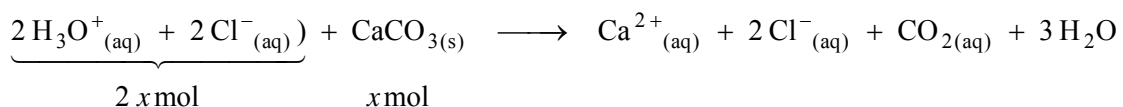
1. Equation de la réaction :



2. La solution d'acide chlorhydrique est corrosive ; elle peut provoquer de graves brûlures et des lésions oculaires. Elle est irritante pour les voies respiratoires.

La manipulation de cette solution doit être faite en respectant strictement les consignes de sécurité (port de protections adaptées, en particulier).

3. Pour traiter la quantité de tartre ($x \text{ mol}$) contenue dans $m_{\text{CaCO}_3} = 1,0 \text{ t} = 1,0 \times 10^6 \text{ g}$, il faut disposer d'une quantité minimale de $2 x \text{ mol}$ d'acide chlorhydrique.



■ Calcul de la quantité de tartre : $x \text{ mol} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{1,0 \times 10^6 \text{ g}}{100 \text{ g.mol}^{-1}} \approx 10^4 \text{ mol}$

■ Calcul de la quantité $n \text{ mol}$ d'acide chlorhydrique, de concentration $C_C = 10,58 \text{ mol.L}^{-1}$, contenue dans $V = 2100 \text{ L}$: $n \text{ mol} = C_C \times V \approx 2,22 \times 10^4 \text{ mol}$

■ Conclusion : $n \text{ mol} > 2 x \text{ mol}$; la quantité d'acide est suffisante pour éliminer l'ensemble du tartre de l'installation.

III - Analyse du titre hydrotimétrique

Cette partie sera traitée en s'aidant des annexes 2 et 4.

1. Le titre hydrotimétrique indique la dureté de l'eau ; une eau dure peut entartrer l'installation par précipitation de carbonate de calcium ou de carbonate de magnésium. Il faut donc déterminer les concentrations des ions magnésium et calcium. C'est le TH qui permet de mesurer cette dureté.

2.

- La concentration en ions calcium s'écrit :

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ (exprimée en mmol.L}^{-1}\text{)} = \frac{104 \text{ mg.L}^{-1}}{\text{M(Ca) (exprimée en g.mol}^{-1}\text{)}} \quad \text{avec : M(Ca) = 40,1 g.mol}^{-1}$$

- La concentration en ions magnésium s'écrit :

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ (exprimée en mmol.L}^{-1}\text{)} = \frac{10 \text{ mg.L}^{-1}}{\text{M(Mg) (exprimée en g.mol}^{-1}\text{)}} \quad \text{avec : M(Mg) = 24,3 g.mol}^{-1}$$

- On a donc : $\text{TH} = 10 \{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]\}$ $\text{TH} \approx 30 \text{ }^\circ\text{f}$

3. La valeur du titre hydrotimétrique de l'eau circulant dans la tour aéroréfrigérante a un titre hydrotimétrique supérieur à celui de l'eau adoucie car cette eau circule dans un environnement entartré.

De plus, il semblerait, d'après le rapport, qu'il manque de sel dans l'adoucisseur. Dans ce cas, l'eau que l'on introduit peut avoir un TH supérieur à celui préconisé.

B - Pompe de circulation du réseau d'eau

I - Etude électrique

1. La plaque signalétique donne le $\cos \varphi = 0,92$; on a : $P = U I \cos \varphi$ $P \approx 562 \text{ W}$

2. La puissance théorique de la pompe indiquée par la plaque signalétique est : 520 W. Cette puissance correspond à un fonctionnement nominal de la pompe ce qui n'est pas le cas ici ; en particulier, l'intensité nominale (2,4 A) ne correspond pas à l'intensité relevée (2,6 A).

3. $I = 2,6 \text{ A} \pm \left\{ \frac{3}{100} \times 2,6 \text{ A} + 0,5 \text{ mA} \right\}$

- Calcul de I_{\max} : $I_{\max} = 2,6 \text{ A} + \left\{ \frac{3}{100} \times 2,6 \text{ A} + 0,5 \text{ mA} \right\}$ soit : $I_{\max} \approx 2,68 \text{ A}$

- Calcul de : $I_{\min} = 2,6 \text{ A} - \left\{ \frac{3}{100} \times 2,6 \text{ A} + 0,5 \text{ mA} \right\}$ soit : $I_{\min} \approx 2,52 \text{ A}$

- Conclusion : La protection thermique du moteur est réglée à la valeur de 2,7 A ; cette valeur n'est pas atteinte de sorte que la protection thermique du moteur ne se déclenche pas.

II - Glissement

Valeur du glissement : $g = \frac{3000 \text{ tr.min}^{-1} - 2800 \text{ tr.min}^{-1}}{3000 \text{ tr.min}^{-1}} \approx 7 \%$

III - Synthèse

Le glissement étant inférieur à 10 %, on peut considérer que la surconsommation du moteur est due à un problème de débit hydraulique.

C - Performances thermiques de la tour aéroréfrigérante

I - Rendement du cycle frigorifique

1. Voir le document réponse 1.

2.1. Calcul du coefficient de performance de Carnot COP_C de cette installation :

$$COP_C = \frac{T_{ev}}{T_{cond} - T_{ev}} \text{ avec : } T_{ev} = 264,7 \text{ K et } T_{cond} = 297 \text{ K} \quad COP_C \approx 8,2$$

2.2. Le coefficient de performance théorique de l'installation COP_{th} est égal à 7,66 de sorte que le rendement

$$\eta_{ex} \text{ s'écrit : } \eta_{ex} = \frac{COP_{th}}{COP_C} \approx 93 \%$$

Le COP théorique de l'installation est tout à fait satisfaisant ; toutefois, le COP réel de l'installation sera plus faible que le COP théorique et bien plus faible que le COP_C .

II - Effet du tartre sur l'échangeur

1. Les échanges thermiques sont des échanges par conduction et par convection.

2. Le calcul est réalisé pour une surface d'échange S de 1 m^2 .

$$\text{Expression de la résistance thermique : } R_{th} = \frac{e_{acier}}{\lambda_{acier}} + \frac{e_{calcaire}}{\lambda_{calcaire}} \quad R_{th} \approx 7,67 \times 10^{-4} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Expression du flux thermique : } \Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} \text{ avec : } \Delta T = 63,6^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 48,6^\circ\text{C} \text{ ou } 48,6 \text{ K}$$

$$\Phi \approx 63,3 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$$

3. Le flux thermique $\Phi_{paroi\ seule} = 607,5 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ est presque 10 fois la valeur calculée précédemment !

Le détartrage de l'échangeur est indispensable.

III - Qualité des mesures de température

1. Il suffit de brancher un millivoltmètre aux bornes du thermocouple, celui-ci étant plongé dans le milieu dont on veut déterminer la température.

Le constructeur du thermocouple a, a priori, étalonné celui-ci de sorte que l'on n'a pas besoin d'une source de température à 0°C .

Le tableau donné par le constructeur permet de relever la température en lisant la tension affichée par le millivoltmètre.

2. Tableau des résultats :

Températures	0°C	30°C	70°C	100°C	120°C	150°C
Tension théorique U_{th} (en mV)	0	1,196	2,909	4,279	5,228	6,704
Tension relevée sur le graphe U_{gr} (en mV)	0,05	1,2	2,93	4,29	4,75	5,1
Ecart relatif $\varepsilon = \frac{ \Delta U }{U_{th}}$	Ecart faible	0,3 %	0,7 %	0,25 %	9 %	24 %

Le thermocouple ne donne pas de bons résultats pour des valeurs supérieures à 100°C .

Document réponse 1 :

