

Corrigé du BTS FED Physique et chimie associées au système 2017

A - Chauffage de l'eau du bassin de natation

I - Puissance thermique de l'installation

Le bassin contient un volume d'eau $V = 650 \text{ m}^3$.

Le cahier des charges indique que l'eau d'alimentation du bassin arrive à la température de 10°C et sera chauffée pour atteindre 28°C . On souhaite que cette opération soit réalisée pendant une durée appelée « temps de chauffe » égale à 36 h.

1. Energie thermique Q_{ch} nécessaire :

$$Q_{\text{ch}} = V \rho_{\text{eau}} c_{\text{eau}} \Delta\theta \quad \text{avec } \Delta\theta = 18^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{ch}} = 4,89 \times 10^{10} \text{ J}$$

2. La puissance P_{ch} nécessaire au chauffage de l'eau est égale à 377 kW

Le « temps de chauffe » $\Delta t = \frac{Q_{\text{ch}}}{P_{\text{ch}}}$ soit : $\Delta t = 1,30 \times 10^5 \text{ s}$ soit : $\Delta t = 36 \text{ h}$

Le cahier des charges est respecté.

3. Puisque le rendement de l'installation de chauffage est égal à $\eta = 82\%$, on a :

$$P_{\text{tot}} = \frac{P_{\text{ch}}}{\eta} \quad \text{avec : } P_{\text{tot}} = P_{\text{ch}} + P_{\text{th}} \quad ; \quad \text{on en déduit : } P_{\text{th}} = P_{\text{tot}} - \eta \times P_{\text{tot}} \quad \text{puis : } P_{\text{th}} = P_{\text{ch}} \frac{(1 - \eta)}{\eta}$$

$$P_{\text{th}} = 82,8 \text{ kW}$$

Données :

- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

II - Efficacité de l'unité thermodynamique

L'efficacité de l'unité thermodynamique (PAC) est égale au rapport de l'énergie thermique massique fournie à l'extérieur et du travail massique avec transvasement reçu par le fluide lors de la compression isentropique.

Dans le dossier technique, on peut lire que « l'unité thermodynamique produit simultanément de l'eau glacée et de l'eau tiède. L'eau glacée assure la déshumidification de l'air, l'eau tiède contribue notamment à maintenir la température des bassins ».

Le fluide frigorigène utilisé est le R410A.

Il subit un cycle de transformations réversibles dont on donne la description simplifiée :

- point A : vapeur saturée à la température θ_A et à la pression p_A ;
- du point A au point B : compression isentropique jusqu'à la pression p_B et la température θ_B ;
- du point B au point C : refroidissement isobare pour atteindre un état de liquide saturant ;
- du point C au point D : détente isenthalpique jusqu'à la pression p_D ;
- du point D au point A : le fluide se vaporise complètement.

On suppose qu'à l'état gazeux, le fluide frigorigène se comporte comme un gaz parfait.

Données :

$$\theta_A = 2,0^\circ\text{C} \text{ environ} ; p_A = 8,3 \text{ bar} ; p_B = 30,6 \text{ bar} ; \theta_B = 61^\circ\text{C} ; p_D = 8,3 \text{ bar} .$$

1. Cycle thermodynamique

1.1. Placer les points A, B, C et D sur le document réponse 1.

1.2. L'allure du cycle figure sur le document réponse 1.

2. Travail massique de transvasement

2.1.

Première méthode : La variation d'enthalpie est à lire sur le diagramme enthalpique :

Dans l'énoncé, les isothermes et les isenthalpes ne figuraient pas sur le diagramme de sorte que seule la seconde méthode était applicable.

Dans le cas contraire, on aurait relevé : $\theta_A = 1,6^\circ\text{C}$ et $h_A = 425 \text{ kJ.kg}^{-1}$

$$\theta_B = 73,7^\circ\text{C} \text{ et } h_B = 461 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$w_{\text{trAB}} = \Delta h_{\text{AB}} = 36 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Seconde méthode : On admet que la vapeur se comporte comme un gaz parfait :

$$w_{\text{trAB}} = \Delta h_{\text{AB}} = c_p \Delta\theta \text{ avec : } \Delta\theta = \theta_B - \theta_A = 59^\circ\text{C}$$

$$w_{\text{trAB}} = \Delta h_{\text{AB}} = 45 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

2.2. Le premier principe de la thermodynamique pour un fluide en écoulement permanent s'écrit :

$$q_{\text{AB}} + w_{\text{trAB}} = \Delta h_{\text{AB}}$$

L'évolution AB est isentropique (adiabatique et réversible) de sorte que l'on a : $q_{\text{AB}} = 0$.

On en déduit : $w_{\text{trAB}} = \Delta h_{\text{AB}}$

3. Énergie thermique massique

Première méthode : La variation d'enthalpie est à lire sur le diagramme enthalpique :

Dans l'énoncé, les isothermes et les isenthalpes ne figuraient pas sur le diagramme de sorte que seule la seconde méthode était applicable.

Dans le cas contraire, on aurait relevé : $\theta_C = 49,7^\circ\text{C}$ et $h_C = 292 \text{ kJ.kg}^{-1}$

$$q_{\text{cond}} = \Delta h_{\text{BC}} = 169 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Seconde méthode : La masse de fluide qui décrit le cycle pendant l'intervalle de temps Δt est m

avec : $q_m = \frac{m}{\Delta t}$; on a donc : $m = q_m \times \Delta t$

La puissance thermique échangée par le fluide au niveau du condenseur pendant la durée Δt

s'écrit : $P_{\text{cond}} = \frac{q_{\text{cond}} \times m}{\Delta t}$

Dans la dernière relation, on remplace m par son expression : $P_{\text{cond}} = \frac{q_{\text{cond}} \times q_m \times \cancel{\Delta t}}{\cancel{\Delta t}}$

On en déduit : $q_{\text{cond}} = \frac{P_{\text{cond}}}{q_m}$

$$q_{\text{cond}} = 154 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Remarque : L'écart relatif avec la valeur précédente est proche de 9 %.

4. L'efficacité ε s'écrit : $\varepsilon = \frac{q_{\text{cond}}}{w_{\text{trAB}}}$

$$\varepsilon = 3,4 \text{ en prenant } w_{\text{trAB}} = 45 \text{ kJ.kg}^{-1}.$$

B - Circuit de recyclage de l'eau

On utilisera les rappels de l'annexe 2.

Pour simplifier l'étude, on considère que :

- une seule pompe assure le recyclage de l'eau en l'aspirant à travers une bonde B située au fond du bassin, de diamètre intérieur égal à 250 mm,
- l'eau est refoulée en un point R au niveau de la surface de l'eau du bassin.

Le bassin contient un volume d'eau de 650 m^3 .

I - Pour un débit volumique q_v de la pompe égal à $165 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

La durée d_r nécessaire pour renouveler en totalité l'eau du bassin s'écrit :

$$165 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \times d_r \text{ (en h)} = V = 650 \text{ m}^3 \text{ soit : } d_r \text{ (en h)} = \frac{V \text{ (en m}^3\text{)}}{q_v \text{ (en m}^3 \cdot \text{h}^{-1}\text{)}} \quad d_r \text{ (en h)} \square 4 \text{ h}$$

II - Choix de la pompe

1. Dimensionnement de la pompe.

1.1. Le diamètre de la bonde est : $d_B = 250 \times 10^{-3} \text{ m}$; sa section est $S : S = \frac{\pi d_B^2}{4}$

Le débit volumique dans le système hydraulique est : q_v ; on a : $q_v = S \times v_B$

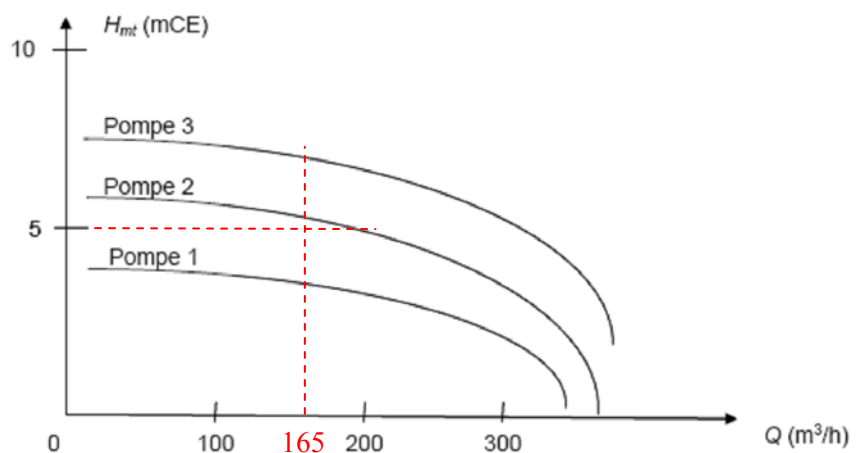
On en déduit : $v_B = \frac{4 q_v}{\pi d_B^2}$ avec : $q_v = 165 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = \frac{165 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}$ $v_B = 0,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1.2. On utilise la relation de conservation de l'énergie entre B et R avec : $z_R - z_B = h = 3,0 \text{ m}$

$$\frac{1}{2} \frac{v_B^2}{g} + \frac{p_B}{\rho g} + z_B + H_{mt} = \frac{1}{2} \frac{v_R^2}{g} + \frac{p_R}{\rho g} + z_R + \Delta h$$

On écrit : $H_{mt} = \frac{1}{2} \left(\frac{v_R^2 - v_B^2}{g} \right) + \left(\frac{p_0 - p_B}{\rho g} \right) + z_R + \Delta h + h$ $H_{mt} = 5,0 \text{ m}$

2. Choix d'une pompe ; la pompe 2 convient.



III - Dimensionnement de l'installation

Pour dimensionner l'installation électrique, le technicien a besoin de connaître la puissance électrique absorbée par la pompe.

1. Expression de la puissance hydraulique P_{hyd} de la pompe : $P_{\text{hyd}} = \rho g q_v H_{\text{mt}}$

Avec : $q_v = 165 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = \frac{165 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}$ $P_{\text{hyd}} = 2,3 \text{ kW}$

2. La plaque signalétique du moteur de la pompe indique un rendement égal à η avec : $\eta = \frac{P_{\text{hyd}}}{P_{\text{elec}}} = 85\%$ si la puissance fournie par le moteur est intégralement transmise à la pompe.

On a donc : $P_{\text{elec}} = \frac{P_{\text{hyd}}}{\eta}$ $P_{\text{elec}} = 2,7 \text{ kW}$

C - Qualité de l'eau de remplissage du bassin

On utilisera les rappels de l'annexe 1.

I - Dureté de l'eau

- L'eau de cette ville est très dure.
- Les ions responsables de la dureté de l'eau de ville sont essentiellement les ions calcium et magnésium..
- On utilise la relation : $\text{TH} = ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]) \times 10^4$ que l'on réécrit autrement : $\text{TH} = (C_T) \times 10^4$

On a donc : $C_T \text{ (en mol.L}^{-1}\text{)} = \text{TH} \times 10^{-4}$ $C_T = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

4. Une eau très dure ou dure est responsable de l'entartrage des canalisations et des ballons d'eau chaude. Le tartre est constitué de carbonate de calcium et/ou de carbonate de magnésium car les ions calcium et magnésium précipitent avec les ions carbonate CO_3^{2-} .

Pour diminuer la dureté d'une eau, il faut la faire passer sur des résines échangeuses d'ions ; les ions calcium et magnésium sont échangés contre des ions sodium. Les ions carbonate et les ions sodium ne précipitent pas ; l'entartrage des canalisations est donc évité.

II - Titre alcalimétrique complet

1. Equation de la réaction de dosage : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

2. La quantité d'ions HCO_3^- contenue dans le volume V d'eau de ville s'écrit : $n_{\text{HCO}_3^-} = C_{\text{hydr}} \times V$

La quantité d'ions H_3O^+ contenue dans le volume V_{AE} de solution d'acide chlorhydrique est : $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = V_{\text{AE}} \times c_A$

Le bilan précédent indique que l'équivalence est atteinte lorsque les quantités de réactifs sont égales soit : $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = n_{\text{HCO}_3^-}$. On en déduit : $C_{\text{hydr}} = \frac{V_{\text{AE}} \times c_A}{V}$ $C_{\text{hydr}} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

Concentration massique des ions HCO_3^- :

$C_m \text{ (en g.L}^{-1}\text{)} = C_{\text{hydr}} \times M(\text{HCO}_3^-)$ avec : $M(\text{HCO}_3^-) = 61,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $C_m = 212 \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$

3. La valeur du titre alcalimétrique complet est donc : $\text{TAC} = \frac{212 \text{ mg.L}^{-1}}{12,2 \text{ mg.L}^{-1}} = 17,4^\circ \text{f}$

D - Atténuation du bruit de la CTA

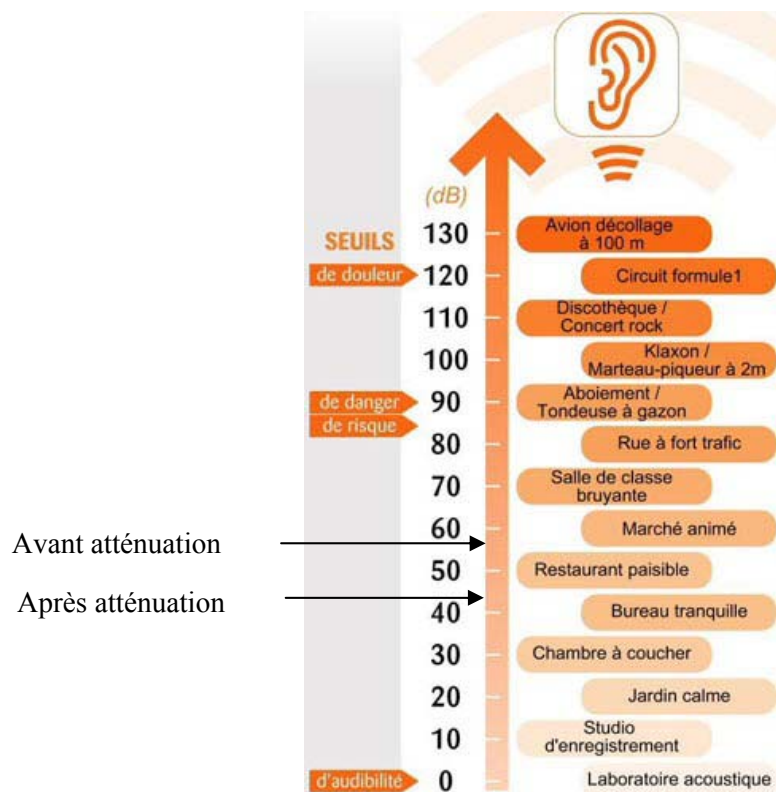
I – On complète le tableau :

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Niveau acoustique de l'unité d'extraction en dB(A)	42	49	50	51	50	44	35	32
Atténuation du silencieux à baffles en dB	3	8	17	35	41	31	18	11
Niveau acoustique atténué en dB(A)	39	41	33	16	9	13	17	21

II - Le niveau d'intensité acoustique L_g global produit par l'unité d'extraction est de 56,5 dB(A). Le niveau global tenant compte de l'atténuation est égal à 43,6 dB(A) ; l'atténuation A obtenue grâce au silencieux est :

$$A = 43,6 \text{ dB(A)} - 56,5 \text{ dB(A)} = -12,9 \text{ dB}$$

III - Le confort est amélioré puisque on passe d'une ambiance relativement bruyante à une ambiance paisible.



Document réponse 1 (à rendre avec la copie)

Pression (en bar)

