

BTS FED Option Froid et conditionnement de l'air 2016 – Corrigé**A - Mesure du débit volumique du système de ventilation**

1. La sonde Pitot, reliée au manomètre à eau est introduite dans un tuyau de soufflage (ventilateur mis en marche). La lecture de la dénivellation du manomètre nous permet de déterminer la vitesse du fluide. La connaissance de la section du tuyau de soufflage permet de calculer le débit d'air.

2. On applique la relation de Bernoulli entre les points S et T (pas de pertes de charge) :

$$\underbrace{\frac{1}{2} \frac{v_S^2}{g}}_{=0} + \frac{p_S}{\rho_a g} = \frac{1}{2} \frac{v_T^2}{g} + \frac{p_T}{\rho_a g} \text{ avec : } z_S \square z_T$$

En multipliant les deux membres de l'égalité précédente par $\rho_a g$, on obtient : $p_S = \frac{1}{2} v_T^2 \rho_a + p_T$

3. La loi de l'hydrostatique s'écrit : $p_S - p_T = \rho g h$

La comparaison des deux dernières relations nous permet d'écrire : $\rho g h = \frac{1}{2} v_T^2 \rho_a$ puis :

$$v_a = \sqrt{\frac{2 \rho g h}{\rho_a}}$$

4.1. Calcul numérique : $v_a \cong 16,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Données : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; $\rho_a = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

4.2. Le débit volumique q_v de l'air soufflé s'exprime à l'aide de la section S du tuyau de soufflage (tuyau dans lequel on a introduit la sonde : $S = \frac{\pi d_t^2}{4}$; on a donc :

$$q_v = v_a \times \frac{\pi d_t^2}{4}$$

$$q_v \cong 2,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ soit } 9,21 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

5. Le tableau fourni permet de voir que le débit horaire calculé ci-dessus peut être obtenu avec un moteur de puissance nominale de 4 kW ; un moteur de 11 kW est donc inapproprié.

B - Régulation de la vitesse moteur**I. Moteur asynchrone**

1. La valeur efficace de la tension composée du réseau 230 V / 400 V – 50 Hz est égale à 400 V.

Conformément à la plaque signalétique du moteur, seul le couplage étoile convient si on veut le brancher sur ce réseau.

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| $\cos \varphi = 0,79$ | 50 Hz |
| Δ 230 V | 15,2 A / 8,8 A |
| Y 400 V | 740 tr.min ⁻¹ |

2. La puissance nominale P_a est reliée à la puissance utile par : $P_u = \eta_M \times P_a$

$$P_u \cong 3,98 \text{ kW}$$

Notons que la puissance indiquée correspond peu ou prou à la valeur indiquée précédemment ; cette valeur est en cohérence avec le choix opéré précédemment (partie A).

3. On complète le document réponse en ajoutant un wattmètre et un voltmètre pour mesurer la puissance consommée par le moteur ainsi que la tension composée.

La puissance indiquée par le wattmètre doit être multipliée par trois pour obtenir la puissance consommée par le

moteur.

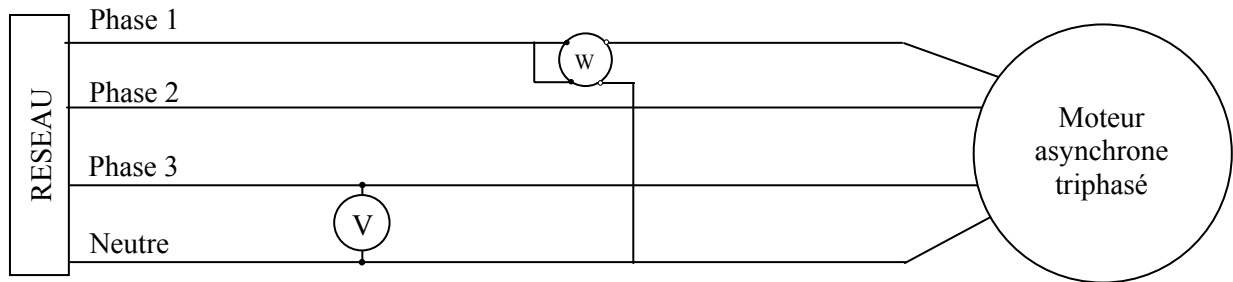


Figure 1

II. Alimentation du moteur de la CTA

On alimente le moteur de la CTA à l'aide d'un variateur constitué entre autres d'un onduleur.

1. Un onduleur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de délivrer des tensions et des courants alternatifs à partir d'une source d'énergie électrique continue. C'est un convertisseur statique de type continu / alternatif.

2. Le réglage de l'onduleur permet d'obtenir des phases de récupération d'énergie (pendant lesquelles l'énergie est transférée de la charge vers la source de sorte que la puissance délivrée au moteur (charge) est réglable.

Le réglage de la puissance fournie au moteur permet de faire varier la vitesse du moteur et donc le débit d'air de la CTA puisque le ventilateur est, lui-même commandé par le moteur.

C - Choix C - Capacité calorifique massique du propylène glycol

1. On introduit le liquide dans le vase Dewar ; on ferme le récipient après avoir introduit l'agitateur, le thermomètre et la résistance R. On attend l'équilibre thermique.

On ferme le circuit électrique et on déclenche le dispositif de comptage du temps (chronomètre). On agite doucement sans ouvrir le vase Dewar et on relève la température en fonction du temps.

2.1. Pour $t > 480$ s, la température de l'ensemble {calorimètre et accessoires + liquide} se refroidit car le vase Dewar n'est pas une enceinte parfaitement adiabatique.

2.2. L'énergie électrique fournie par R sert à chauffer le calorimètre et ses accessoires ($C_{\text{cal}} \times \Delta\theta$) et le liquide contenu dans le vase ($m C_{\text{pg}} \Delta\theta$).

Le bilan énergétique s'écrit : $R I^2 D = m C_{\text{pg}} \Delta\theta + C_{\text{cal}} \times \Delta\theta$; on en déduit : $\frac{R I^2 D}{m \Delta\theta} = C_{\text{pg}} \Delta\theta + \frac{C_{\text{cal}}}{m \Delta\theta} \times \Delta\theta$

Puis :
$$C_{\text{pg}} = \frac{R I^2 D}{m \Delta\theta} - \frac{C_{\text{cal}}}{m}$$

3. Validation du résultat

On obtient expérimentalement $C_{\text{pg}} \cong 2,49 \text{ kJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}^{-1}$.

Le tableau représenté sur le document 4 donne les valeurs de C_{pg} en fonction de la température.

3.1. Le résultat obtenu donne un résultat cohérent avec la valeur théorique.

3.2. Les expériences de calorimétrie sont toujours un peu délicates à réaliser. Il faudrait travailler avec du matériel plus performant. On ne sait rien de la volatilité du liquide étudié. Les différentes mesures (volume, masse, température,..) sont entachées d'incertitudes.

4. La capacité calorifique massique de l'eau est supérieure à celle du propylène glycol de sorte que le mélange {eau + propylène} aura une capacité calorifique moindre que celle de l'eau.

Les performances thermiques du fluide caloporteur diminuent avec l'augmentation du pourcentage de propylène glycol dans la solution.

D - Régulation de la température

1. Caractéristique de transfert du capteur PT100.

1.1. La résistance de la sonde doit être mesurée à l'aide de l'ohmmètre en même temps que la température de la sonde.

1.2. L'ohmmètre est placé à la sortie de la sonde plongée dans un bain thermostaté de température variable. On relève la résistance en fonction de la température.

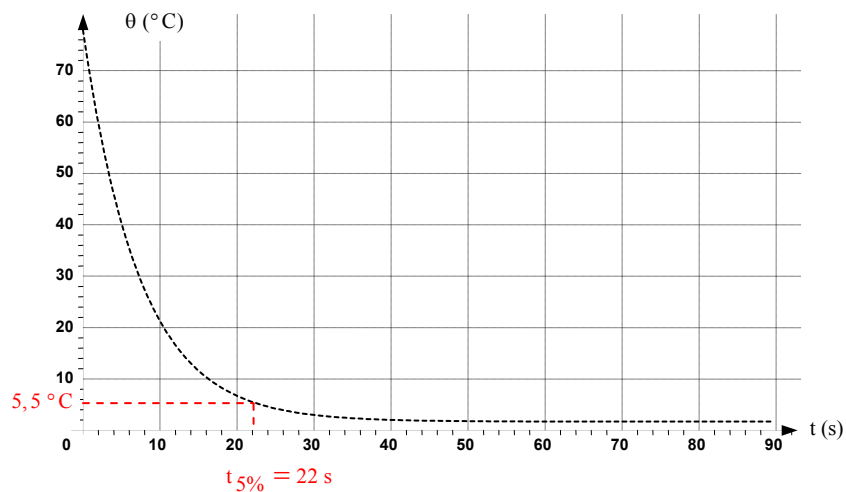
2.1. La relation mathématique cherchée est fournie par la modélisation qui apparaît sur le graphe :

$$R \text{ (en } \Omega) = 0,389 \times \theta \text{ (en } ^\circ\text{C}) + 100,3$$

3. Temps de réponse

3.1. On suit la méthode fournie par l'énoncé :

- Calcul de l'écart entre les températures finale et initiale : $\Delta\theta = |\theta_f - \theta_i| = 77,9^\circ\text{C} - 1,7^\circ\text{C} = 76,2^\circ\text{C}$
- On ajoute 5 % de cet écart à θ_f pour obtenir $\theta_{5\%}$: $\theta_{5\%} = 1,7^\circ\text{C} + \frac{5}{100} \times 76,2^\circ\text{C} = 5,5^\circ\text{C}$
- Le temps de réponse correspondant à $\theta_{5\%}$ est de l'ordre de 22 s.



Remarque : le traitement de l'information est plus rapide si l'on utilise l'expression mathématique de la réponse du capteur.

Expression relative à la courbe : $\theta = (\theta_f - \theta_i) e^{-0,136 \times t} + \theta_f$ avec $\theta_f = 1,7^\circ\text{C}$ et $\theta_i = 77,9^\circ\text{C}$

On cherche $\theta_{5\%}$ telle que l'on ait : $\theta_{5\%} = (\theta_f - \theta_i) \frac{5}{100} + \theta_f$ ce qui revient à poser : $e^{-0,136 \times t_{5\%}} = \frac{5}{100}$ soit,

plus « simplement » : $e^{0,136 \times t_{5\%}} = \frac{100}{5} = 20$.

On prend le logarithme népérien des deux membres de la relation précédente et on obtient :

$$t_{5\%} = \frac{\ln 20}{0,136} \quad t_{5\%} = 22 \text{ s}$$

3.2. Une température d'ambiance évolue de façon lente (sur plusieurs dizaines de minutes voire sur plusieurs heures). Cette valeur du temps de réponse est tout à fait compatible avec l'utilisation recherchée.