

BTS FED 2016 : Physique et Chimie

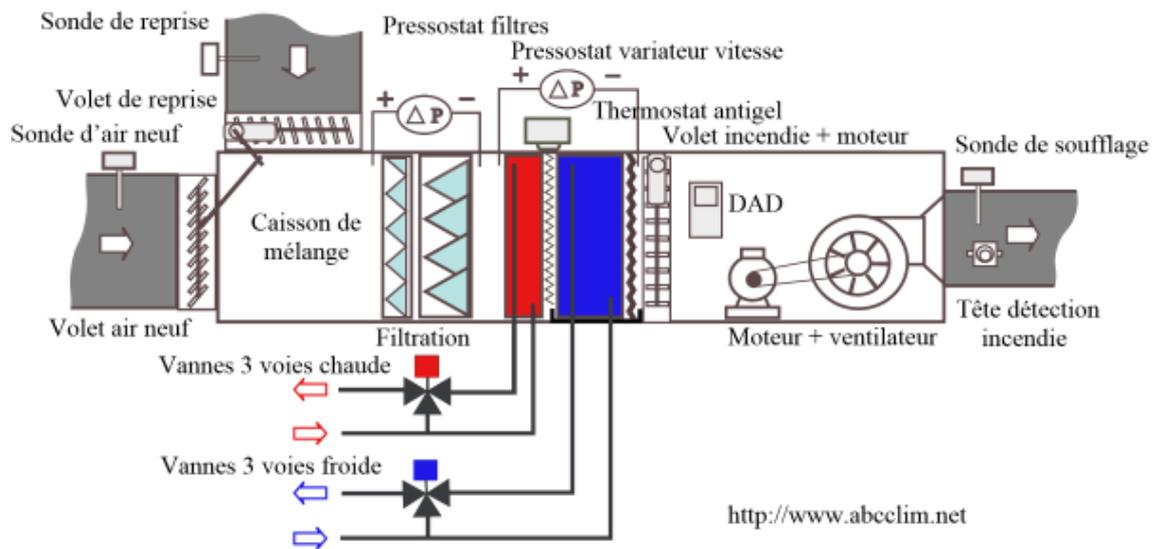
Option : Domotique et Bâtiments communicants

Option : Génie climatique et fluide

Centrale en Traitement d'Air (CTA)

Une équipe de techniciens réalise l'installation d'une centrale de traitement de l'air et d'une chaudière à gaz dans un bâtiment situé sur la commune de Villard au sud-est de Saint-Etienne. Ce bâtiment peut accueillir deux commerces et abrite aussi des bureaux et des services de restauration.

Schéma de principe d'une CTA



La centrale de traitement de l'air assure les fonctions suivantes :

préparation et distribution de l'air à des caractéristiques thermiques et aérauliques bien définies,
distribution de l'air traité dans les locaux à climatiser par l'intermédiaire de conduits et d'appareils terminaux.

L'étude de ce système comporte quatre parties :

- la mesure du débit volumique du système de ventilation,
- la commande du moteur asynchrone,
- le choix du combustible de la chaudière,
- la régulation de température.

Les quatre parties sont indépendantes.

A - Mesure du débit volumique du système de ventilation

Le ventilateur est un appareil terminal : l'air repris est filtré puis traverse une ou deux batteries à eau ou électrique avant d'être envoyé dans les pièces à l'aide de canaux. La mesure du débit volumique d'air de la CTA est indispensable à la régulation de la vitesse du moteur.

On se propose d'étudier le principe de fonctionnement de la sonde dans le cas d'un écoulement d'air. On supposera que l'air est incompressible et que l'écoulement est permanent dans une canalisation horizontale.

Des relations pouvant être utiles sont rappelées en annexe.

1. Proposer une stratégie expérimentale pour mesurer le débit volumique d'air. On utilisera le matériel proposé ci-dessous et les informations du document 1.

Matériel :

Manomètre à eau

Sonde de Pitot

Tube en PVC de diamètre $d_t = 45,0$ cm et de longueur $L = 2,00$ m .

Ventilateur connecté au réseau triphasé

2. On note ρ_a la masse volumique de l'air et v_T la vitesse de l'air au point T. Montrer que : $p_S = \frac{1}{2} \rho_a v_T^2 + p_T$

3. En appliquant la loi de l'hydrostatique au niveau du manomètre à eau, montrer que la vitesse de l'air v_a

vérifie : $v_a = \sqrt{\frac{2 \rho g h}{\rho_a}}$ avec ρ masse volumique de l'eau.

4. Dans ces conditions, dans les conduites de distribution de l'air, on lit sur le manomètre la hauteur $h = 1,70$ cm .

4.1. Calculer la vitesse de l'air v_a .

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

4.2. Montrer que le débit volumique q_v est environ égal à $9,20 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

5. Un moteur de puissance nominale de 11,0 kW a été livré pour le système de conditionnement d'air. En se référant au document 2, rédiger une note de service argumentée à l'intention du chef de chantier pour montrer que ce moteur ne convient pas et proposer un moteur adapté au ventilateur.

B - Régulation de la vitesse moteur

I. Moteur asynchrone

Le moteur utilisé est un moteur asynchrone triphasé, dont les enroulements du stator sont couplés en étoile.

Les conditions nominales de fonctionnement du moteur asynchrone triphasé sont indiquées sur la plaque signalétique :

Le moteur asynchrone triphasé est alimenté par un réseau triphasé 230 V / 400 V – 50 Hz .

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

1. Justifier le couplage étoile des enroulements du moteur.

2. La puissance nominale P_a absorbée par le moteur est égale à 4,8 kW .

Calculer la puissance utile P_u fournie à l'arbre moteur sachant que le rendement est égal à 83 %. Vérifier que la valeur est cohérente avec le choix précédent du technicien.

3. Compléter le document réponse en ajoutant les appareils nécessaires pour mesurer la puissance consommée par le moteur ainsi que la tension composée.

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. Indiquer le type de conversion réalisée par l'onduleur.

2. Expliquer l'influence de l'onduleur sur la vitesse du moteur et donc sur le débit d'air de la CTA.

C - Choix du combustible de la chaudière, d'un point de vue environnemental

Une chaudière à gaz alimentée par des hydrocarbures, tels que le gaz naturel ou le butane, peut être utilisée pour chauffer l'eau sanitaire.

Le gaz naturel, ou gaz de ville, est composé essentiellement de méthane CH_4 . Ce gaz fossile est dit naturel car il résulte de la transformation naturelle de matières organiques. Conditionné sous forme de bouteilles, le butane C_4H_{10} est également un gaz obtenu par distillation de Gaz de Pétrole Liquéfié.

L'énergie nécessaire pour chauffer 900 L d'eau chaude sanitaire de $15,0^\circ\text{C}$ à $60,0^\circ\text{C}$ résulte de la combustion de 3,36 kg de méthane ou 3,75 kg de butane.

Les réactions chimiques de combustion complète de ces deux gaz dans le dioxygène produisent du dioxyde de carbone et de l'eau.

Données : Masses molaires : $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1. Justifier qu'il est nécessaire de déterminer la quantité de CO_2 produite par la combustion du méthane et du butane pour identifier le combustible le plus respectueux de l'environnement.
2. Détermination des quantités de dioxyde de carbone produites.
 - 2.1. Ecrire et équilibrer l'équation de la combustion complète du méthane.
 - 2.2. Calculer la quantité de matière $n(\text{CO}_2)$ de dioxyde de carbone produite lors de la combustion du méthane.
3. Sachant que la combustion de 3,75 kg de butane libère 259 mol de dioxyde de carbone pour chauffer le même volume d'eau, identifier le combustible le plus respectueux de l'environnement.

D - Régulation de la température

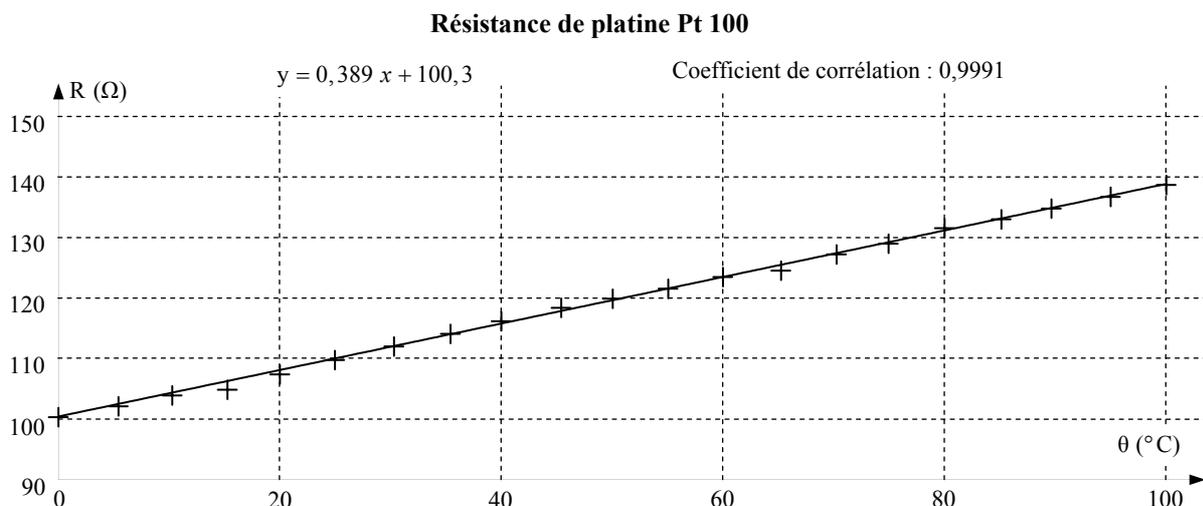
Afin de contrôler le fonctionnement de la CTA, des sondes de température d'ambiance sont installées dans les locaux. Le capteur de température de ces sondes est une PT100, c'est une résistance dont la valeur varie avec la température.

On souhaite élaborer la caractéristique de transfert de ce capteur pour un intervalle de température $[0^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}]$.

1. Caractéristique de transfert du capteur PT100.

Pour mesurer la résistance, on utilise un ohmmètre dont la précision est suffisante pour l'étude.

- 1.1. Présenter la stratégie expérimentale à mettre en œuvre pour tracer la caractéristique de transfert de la sonde PT100.
- 1.2. Elaborer le protocole expérimental.
2. Le traitement des résultats par un tableur permet d'obtenir la caractéristique représentée ci-dessous :



- 2.1. Donner la relation mathématique permettant de calculer la résistance R en fonction de la température θ .
- 2.2. Calculer la valeur de la résistance R_1 pour une température de $21,5^\circ\text{C}$.

3. Temps de réponse

La résistance mesurée varie en fonction de la température de la sonde.

Lors d'une variation brusque de la température extérieure, l'équilibre thermique n'est pas atteint immédiatement.

Pour évaluer le « temps de réponse » du capteur, on le soumet à un échelon de température et on enregistre les variations de sa température θ en fonction du temps t .

Donnée :

Définition : Le temps de réponse à $x\%$ d'un capteur soumis à un échelon du mesurande tel que la réponse de ce capteur passe de S_1 à S_2 est la durée au bout de laquelle la valeur de la grandeur de sortie du capteur ne s'écarte pas de plus de $x\%$ de l'écart $\Delta S = |S_2 - S_1|$ de la valeur finale S_2 .

Le mesurande est la grandeur que l'on mesure : dans le cas étudié ici, il s'agit d'une température.

3.1. A partir de la courbe expérimentale obtenue, représentée sur la figure 2 du document-réponse, vérifier que le temps de réponse à 5% , $t_{5\%}$, du capteur est voisin de 20 s. On fera apparaître la méthode de détermination sur la courbe.

Proposition de méthode graphique :

Calculer $\Delta S = |S_2 - S_1|$, valeur absolue de l'écart entre les températures finale et initiale

Rajouter 5% de cet écart à S_2 pour obtenir S_3

Déterminer graphiquement le temps de réponse correspondant à S_3 .

3.2. Cette valeur du temps de réponse est-elle compatible avec l'utilisation de ce capteur pour une sonde de température d'ambiance associée à la CTA ? Justifier la réponse.

Annexe

Conservation de l'énergie dans un fluide s'écoulant entre 2 points 1 et 2	
sans pompe	avec pompe
$\frac{1}{2} \frac{v_1^2}{g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{1}{2} \frac{v_2^2}{g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta h$	$\frac{1}{2} \frac{v_1^2}{g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 + H_{MT} = \frac{1}{2} \frac{v_2^2}{g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta h$
p : pression statique (en Pa)	H_{MT} : hauteur manométrique fournie par la pompe
ρ : masse volumique du fluide (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	(en mCF)
z : altitude (en m)	Δh : pertes de charge entre 1 et 2 (en mCF)
v : vitesse du fluide (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	G : accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Principe fondamental de la statique des fluides : $\Delta p = \rho g h$

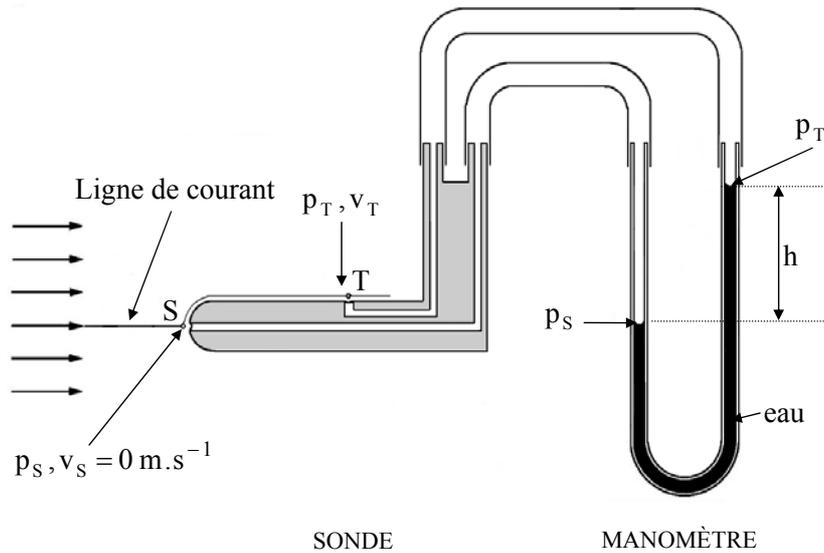
ρ : masse volumique du fluide (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Principe d'une sonde Pitot associée au manomètre.

Les capteurs de pression dynamique permettent d'accéder à la vitesse de l'air.

Document 1



Le manomètre coudé du tube de Pitot, placé dans la conduite constitue un obstacle : la répartition des lignes de courant est modifiée. La vitesse du fluide est nulle au point S ; l'énergie cinétique du fluide au point T est convertie en énergie de pression statique (point T), La mesure de la vitesse par un tube de Pitot est basée sur le théorème de Bernoulli.

Document 2

Rendement utile global d'un exemple de groupe moto-ventilateur en fonction du débit-volume du ventilateur.

Tableau 3 : D'après « Pratique des ventilateurs à l'usage des techniciens et des installateurs » de Joseph Lexis. Les Éditions Parisiennes.

Débit-volume m^3/h	Puissance nominale P du moteur kW	Rendement du moteur η_M	Rendement de transmission η_T	Puissance P_w sur l'arbre du ventilateur kW	Rendement du ventilateur	Rendement utile global η_N
1000	0,55	71 %	88 %	0,41	68 %	42,5 %
10000	4,00	83 %	89 %	3,35	83 %	61,3 %
20000	7,50	84 %	90 %	6,61	84 %	63,5 %
30000	11,00	88 %	92 %	9,80	85 %	68,8 %
40000	15,00	89 %	93 %	13,07	85 %	70,3 %
50000	18,50	89 %	93 %	16,34	85 %	70,3 %
60000	22,00	91 %	94 %	20,60	81 %	69,1 %
70000	30,00	91 %	95 %	23,15	84 %	72,6 %
80000	30,00	92 %	95 %	26,14	85 %	74,3 %
90000	37,00	92 %	95 %	29,41	85 %	74,3 %
100000	37,00	92 %	95 %	32,68	85 %	74,3 %

Document-réponse à rendre avec la copie

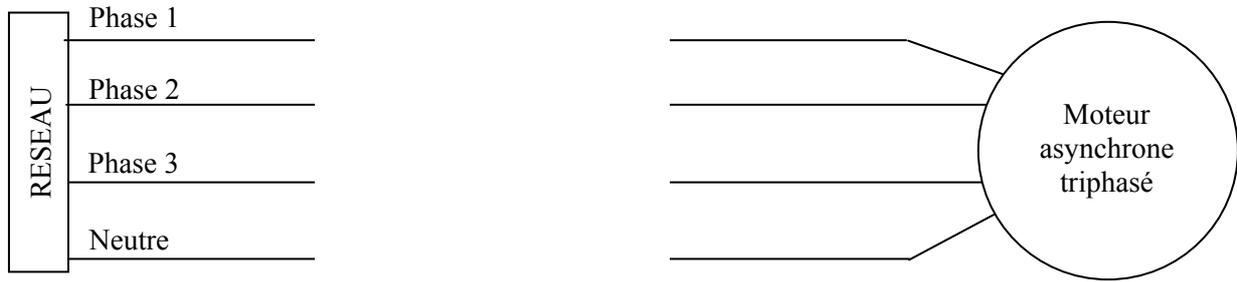


Figure 1

