

**BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENT option B**

**Etude des installations**

**Durée : 4 heures**

**Coefficient : 4**

**Calculatrice autorisée**

**Le sujet comporte 22 pages**

**Les pages 7, 8, 9, 10 et 11 sont à rendre avec la copie**

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| Brevet de Technicien Supérieur Fluides Energies<br>Environnements<br>Inter-académique | Option : B   |           |
| Session 2005  | Durée : 4 heures   | Coeff : 4 |
| <b>FEBEISI</b>  | <b>ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS : E3</b><br>Etudes des Installations : U3.1 |           |

## E.3 ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS

### U3.1 Etudes des Installations

| Epreuve E 3                     |   |
|---------------------------------|---|
| U3.1 : Etudes des Installations | U3.2 : Travaux Pratiques                |
| 4h<br>écrit                     | Contrôle Continu<br>TP sur les 2 années |
| Coefficient : 4                 | Coefficient : 4                         |

#### Consignes générales :

- Aucun document personnel n'est autorisé
- L'usage des calculatrices autonomes conformes à la circulaire n°99-186 du 16-11-99 est autorisé
- Chaque partie sera rédigée sur des copies séparées
- Le document rendu sera numéroté de 1/n à n/n, n étant le nombre total de feuilles rendues, y compris les documents réponse à compléter.
- Il est rappelé que la présentation, la lisibilité, la rédaction des copies sont des éléments de l'évaluation du travail fourni par le candidat.
- Toutes les réponses devront être justifiées à l'aide d'une explication, d'une référence documentaire, d'une note de calcul,...

#### Barème :

- Lecture du sujet : 20 mn
- Partie n°1 20 points 50 mn
- Partie n°2 20 points 1 h
- Partie n°3 20 points 1 h
- Partie n°4 20 points 50 mn

#### Mise en situation :

L'étude proposée concerne une plate-forme logistique située dans le nord de la France (Pas-de-Calais).

Le bâtiment est constitué d'une part d'un hall de stockage et de manutention, et d'autre part de bureaux sur deux niveaux.

On vous propose d'effectuer des éléments de l'étude ainsi que des dimensionnements afin de répondre à l'appel d'offre.

#### Désignation de l'installation :

L'installation comporte les équipements destinés :

- Au chauffage et au rafraîchissement des bureaux par ventilo-convecteurs
- Au refroidissement de la chambre froide (non étudié)
- Au traitement de l'air du hall.

#### Documentation mise à disposition :

- Extrait du cahier des charges page 2/22
- Documents réponses 2 diagrammes de l'air humide pages 7/22 et 8/22  
Schéma de principe sous-station page 9/22  
Nomenclature poste de détente page 10/22  
Diagramme enthalpique du R407c, page 11/22
- Documents ressource et constructeur pages 12/22 à 22/22

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| Brevet de Technicien Supérieur Fluides Energies<br>Environnements<br>Inter-académique | Option : B  |           |
| Session 2005  | Durée : 4 heures  | Coeff : 4 |
| FEBEISI   | ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS : E3<br>Etudes des Installations : U3.1 | Page 1/22 |

## Cahier des charges

Les conditions extérieures de base sont les suivantes :

- Hiver :  $\theta = -9\text{ °C}$   
 $\varphi = 90\%$
- Eté :  $\theta = 32\text{ °C}$   
 $\varphi = 55\%$

Les conditions intérieures à maintenir dans le hall définies dans le cahier des charges sont les suivantes :

- Hiver :  $\theta = 17\text{ °C}$   
 $\varphi = 50\% \pm 10\%$
- Eté :  $\theta = 24\text{ °C}$   
 $\varphi = 40\% \pm 10\%$

Le système de traitement d'air doit assurer :

- Débit de soufflage de 144 000 m<sup>3</sup>/h
- Débit air neuf de 36 000 m<sup>3</sup>/h
- Filtration 90% gravimétrique

Les charges maximales des halls 1, 2, 3 ont été calculées en juillet à 15h et sont égales à:

|        | Charges totales [kW] | Charges latentes [kW] |
|--------|----------------------|-----------------------|
| Hall 1 | 194                  | 0                     |
| Hall 2 | 144                  | 0                     |
| Hall 3 | 161                  | 0                     |

Les déperditions des halls 1,2,3 sont égales à:

| Pièce  | Surface [m <sup>2</sup> ] | Volume [m <sup>3</sup> ] | $\theta_{int}$ [°C] | Déperditions par transmission et infiltration [W] |
|--------|---------------------------|--------------------------|---------------------|---|
| Hall 1 | 5463.15                   | 57363.07                 | 17                  | 171397  |
| Hall 2 | 3821.5                    | 41115.75                 | 17                  | 120217  |
| Hall 3 | 4365                      | 45832.50                 | 17                  | 142579  |

Le groupe frigorifique CARRIER fonctionne avec une température d'évaporation  $\theta_0 = 4\text{ °C}$  dans les conditions été.

Pour une batterie à détente directe le constructeur CARRIER donne :  $\theta_0 = \theta_s - 5\text{ °C}$

Pour une batterie à eau glacée le constructeur CARRIER donne :  $\theta_0 = \theta_s - 8\text{ °C}$

avec

- $\theta_0$  : température d'évaporation.
- $\theta_s$  : température de surface de la batterie.

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| Brevet de Technicien Supérieur Fluides Energies<br>Environnements<br>Inter-académique | Option : B  |           |
| Session 2005  | Durée : 4 heures  | Coeff : 4 |
| <b>FEBEISI</b>  | <b>ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS : E3</b><br><b>Etudes des Installations : U3.1</b> | Page 2/22 |

## Partie 1 : conception d'un système de traitement d'air

Le but de cette partie est d'étudier une solution de traitement d'air de l'entrepôt constitué des halls 1, 2 et 3.

1. Dans un premier temps on choisit de climatiser l'entrepôt par un système composé de centrales de traitement d'air CARRIER à débit constant. Chaque centrale est équipée au minimum par une batterie réversible (à détente directe en été) alimentée par le fluide frigorigène du groupe CARRIER. **La température et l'hygrométrie intérieure sont contrôlées**
  - 1.1. Déterminer les caractéristiques du point de soufflage été et hiver.
  - 1.2. Tracer le cycle d'évolution de l'air dans les conditions de bases été et hiver.
  - 1.3. Donner la composition d'une centrale de traitement d'air.
2. Le maître d'ouvrage lors de l'avant projet sommaire veut étudier le choix de roof top réversibles. La température d'évaporation est la même que précédemment. Dans cette partie l'hygrométrie intérieure n'est pas contrôlée et **seule la température intérieure est contrôlée**. Il sera installé 4 roofs top.
  - 2.1. Enoncer les différents éléments à calculer et à connaître pour dimensionner un roof top.
  - 2.2. Tracer le cycle d'évolution de l'air dans les conditions de base été et hiver.
  - 2.3. Déterminez les puissances des batteries d'un roof top.

## Partie 2 : chauffage des bureaux par une sous-station vapeur/eau

L'objectif de cette partie est de dimensionner, évaluer les performances, et choisir un équipement.

Le cahier des charges demande d'étudier une autre variante pour le chauffage du local bureaux. en eau chaude 90 / 70 °C. Il s'agit d'une production de la chaleur par sous-station de chauffage urbain.

On dispose de vapeur à 10 bars effectifs produite par une déchetterie. Le schéma de principe est donné page 10/22.

Les besoins thermiques de ce local bureaux sont de l'ordre de 89 kW.

1 thermie = 1th = 4185 kJ      Masse volumique de l'eau à 80 °C :  $\rho = 972 \text{ kg/m}^3$

La sous-station est constituée d'un échangeur **Vapeur/Eau** fonctionnant sous 4 bars effectifs (vapeur saturée). Ce dernier nécessite une détente de la vapeur d'une part, et une irrigation en permanence par un débit d'eau secondaire minimum d'autre part.

- 1.1. Pourquoi cet échangeur nécessite-t-il un débit d'irrigation minimum au secondaire ?
- 1.2. Identifier le nom et la fonction des éléments du poste de détente. (Document réponse page 9/22)
2. Compléter le schéma de principe ( Document réponse page 10/22) permettant d'assurer la circulation d'un débit d'eau permanent et constant dans l'échangeur.
3. Proposer sur le même schéma la régulation de la température de départ de l'eau chaude.

|   |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| Brevet de Technicien Supérieur Fluides Energies<br>Environnements<br>Inter-académique |  | Option : B |           |
| Session 2005  | Durée : 4 heures   |            | Coeff : 4 |
| <b>FEBEISI</b>  | <b>ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS : E3</b><br>Etudes des Installations : U3.1 |            | Page 3/23 |

4. L'échangeur vapeur / eau a un rendement de 1, la vapeur est à une pression effective de 4 bars. L'eau entre dans l'échangeur à 70 °C et en sort à 90 °C. Le transfert de chaleur s'effectue uniquement sur la chaleur latente de condensation de la vapeur.
- 4.1. Déterminer le débit volumique d'eau au secondaire.
  - 4.2. Déterminer la puissance du primaire en kW et en th/h.
  - 4.3. Déterminer la température et l'enthalpie massique des condensats à la sortie de l'échangeur à partir du document ressource (page 12/22).
  - 4.4. Calculer le débit de vapeur saturée au primaire à 4 bars effectifs.
  - 4.5. Sélectionner dans le document ressource page 13/22, le modèle de l'échangeur dans la gamme CIAT UN. Déterminer également sa perte de charge coté eau dans les conditions d'utilisation.

## Partie 3 : climatisation, aéraulique, acoustique

### Logique de fonctionnement des roof top

#### 1. Description globale des PAC type RR voir doc. Technique p14/22- p15/22-p16/22

1.1. Donner les caractéristiques du matériel installé :

- Type de fluide frigorigène
- Type de batterie chaude d'appoint et puissance

1.2. Quelle est la différence entre une PAC RR et une PAC RE ?

#### 2. Principe de régulation

- 2.1. Pourquoi mettre en place une limite basse de température au niveau du soufflage ?
- 2.2. Donner le rôle des 4 sondes de température présentes sur un modèle PAC RR ?
- 2.3. Donner les conditions nécessaires pour l'enclenchement de la séquence de free-cooling.

#### 3. Etude du diagramme fonctionnel de régulation

3.1. Donner la signification des termes suivants :

- VAN
- mini air
- ECARC
- BE

3.2. Expliquer le fonctionnement de l'appareil et l'état de marche des différents actionneurs dans les cas suivants (Tconsigne : TC=20°C) et :

- TREP = 18°C ;
- TREP = 17°C ;
- TREP = 22°C et Text = 20°C ;
- TREP = 24°C et Text = 28°C ;

|   |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| Brevet de Technicien Supérieur Fluides Energies<br>Environnements<br>Inter-académique |  | Option : B |           |
| Session 2005  | Durée : 4 heures   |            | Coeff : 4 |
| <b>FEBEISI</b>  | <b>ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS : E3</b><br>Etudes des Installations : U3.1 |            | Page 4/23 |

## Dimensionnement du réseau aéraulique de soufflage de la PAC 45

On précise les caractéristiques du réseau de soufflage dans le tableau suivant (voir p17/22):

|  |   |
|--|---|
| Qv total de soufflage  | 18 000 m <sup>3</sup> /h                            |
| Bouche type ADE 100 500/AF + registre  | A déterminer à l'aide de la documentation technique |
| Perte de charge du roof-top (filtre propre)                                  | 100 Pa  |
| Perte de charge du réseau de soufflage jusqu'à la bouche la plus défavorisée | 30 Pa   |
| Réseau d'aspiration du roof-top  | Pertes de charge négligeables                       |
| Pression dynamique fournie par le ventilateur                                | A déterminer à l'aide de la documentation technique |

- Déterminer l'ensemble des pertes de charge que doit combattre le ventilateur.
- On choisit le ventilateur dans la documentation CARRIER type à action (voir p18/22). Quelle devrait être sa vitesse de rotation pour assurer le point de fonctionnement voulu.

### Acoustique

On donne :

Niveau de puissance sonore d'une bouche ( en dB ) :  $L_{W_{BOUCHE}}$

|                |     |     |     |      |      |      |      |
|----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Fréquence [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Lw             | 58  | 47  | 39  | 30   | 26   | 24   | 20   |

Niveau de puissance du ventilateur en sortie de caisson ( en dB ) :  $L_{W_{VENTILATEUR}}$

|                |     |     |     |      |      |      |      |
|----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Fréquence [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Lw             | 51  | 48  | 49  | 39   | 44   | 45   | 36   |

Somme des atténuations acoustiques du réseau de soufflage jusqu'à la bouche la plus proche du ventilateur ( en dB )

|                |     |     |     |      |      |      |      |
|----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Fréquence [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Nw             | 6   | 8   | 11  | 15   | 15   | 15   | 15   |

- Déterminer fréquence par fréquence la source équivalente du bruit au niveau de la bouche la plus proche du ventilateur ( en dB ). Le bruit provient de la bouche elle-même et du ventilateur.

On considère que cette source émet en champ libre et que la bouche possède un coefficient de directivité de 2.

On donne la pondération A :

|                |     |      |      |      |      |      |      |
|----------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Fréquence [Hz] | 125 | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Pondération A  | -16 | -8,6 | -3,2 | 0    | +1,2 | +1   | +1,1 |

- Déterminer le niveau global ( en dBA ) perçu par une personne se trouvant à 8 m de la bouche.
- Quel est le niveau acoustique ( en dBA ) perçu par une personne se trouvant au milieu de 4 bouches (distance équivalent à 16 m de chaque bouche).

|   |   |            |           |
|---|---|------------|-----------|
| Brevet de Technicien Supérieur Fluides Energies Environnements Inter-académique |   | Option : B |           |
| Session 2005  | Durée : 4 heures  |            | Coeff : 4 |
| FEBEISI   | ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS : E3<br>Etudes des Installations : U3.1 |            | Page 5/23 |

## Partie 4 : dimensionnement du groupe froid

L'objectif de cette partie est de dimensionner le groupe froid qui alimente en eau glacée les ventilo-convecteurs des bureaux.

Les éléments à votre disposition sont les suivants :

- débit nominal d'eau glacée  $q_{eg} = 4.31$  [l/s]
- régime d'eau glacée : 7/12 [°C]
- condensation à air
- fluide frigorigène : R407c

1. Quelle est la particularité du R407c ?
2. A l'aide de la notice de mise en service TRANE (document ressource page 21/22), déterminez les écarts de température entre :
  - température de condensation et température d'entrée de l'air,
  - température d'évaporation et température de sortie d'eau glacée,

De même déterminez les valeurs :

- du sous refroidissement au condenseur
- de la surchauffe à l'évaporateur

En déduire sur le diagramme du R407c les valeurs des pressions de condensation et d'évaporation.

Placez les points de sortie évaporateur et sortie condenseur sur le diagramme du R407c.

3. Déterminez la valeur de l'enthalpie à la sortie du compresseur en considérant que la compression est isentropique.
4. Le rendement isentropique  $\eta_{is}$  du compresseur est donné en première approximation par la formule :
$$\eta_{is} = 1 - 0.05\tau \text{ avec } \tau = \frac{HP}{BP}.$$

Calculez l'enthalpie du fluide frigorigène à la sortie du compresseur.

5. Tracez le cycle sur le diagramme de R407c (document réponse page 11/22) et remplissez le tableau de valeurs.
6. En faisant le bilan de l'évaporateur, déterminez le débit masse de fluide frigorigène  $q_{mff}$ .
7. Déterminez la puissance à évacuer au condenseur.
8. Déterminez la puissance frigorifique du groupe froid et sélectionnez-le à l'aide de la documentation TRANE (document ressource page 22/22).

|   |   |            |
|---|---|------------|
| Brevet de Technicien Supérieur Fluides Energies<br>Environnements<br>Inter-académique |   | Option : B |
| Session 2005  | Durée : 4 heures  | Coeff : 4  |
| FEBEISI   | ETUDES ET INTERVENTIONS SUR DES INSTALLATIONS : E3<br>Etudes des Installations : U3.1 | Page 6/23  |