



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

**Campagne 2009**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# BTS FLUIDES - ÉNERGIES - ENVIRONNEMENTS

## E3 – ÉTUDE DES INSTALLATIONS OPTION C – GENIE FRIGORIFIQUE

**SESSION : 2009**

**Durée : 4 heures**

**Coefficient : 4**

### Matériel autorisé :

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire N°99 – 186 , 16/11/1999)

**Tout autre matériel ou document est interdit.**

**Sujet :** ..... pages 2/27 à 9/27

### Annexes :

ANNEXE 1 Plan des chambres froides (extension ..... page 10/27  
ANNEXE 2 Le schéma de l'installation frigorifique..... page 11/27  
ANNEXE 3 Le schéma d'un compresseur à vis ..... page 12/27  
ANNEXES 7 – 8 Tables thermodynamiques du R717 ..... pages:16/27 - 17/27  
ANNEXE 10 Extrait de documentation des compresseurs à vis..... page 19/27  
ANNEXES 11-12 Extrait de documentation des caissons isolés ..... pages 20/27-21/27  
ANNEXES 13-14- 15 Extrait de documentation du condenseur évaporatif :.... pages 22/27 – 23/27 - 24/27  
ANNEXE 16 Extrait de documentation des pompes FF ..... page 25/27

### Documents réponses à rendre avec la copie :

ANNEXE 4 : tableau de désignation..... page 13/27  
ANNEXE 5 : Le séparateur basse pression..... page 14/27  
ANNEXE 6 : Le diagramme enthalpique..... page 15/27  
ANNEXE 9 : Tableau des caractéristiques des points ..... page 18/27  
ANNEXE 17 : Schéma du circuit de puissance ..... page 26/27  
ANNEXE 18 : Schéma du circuit de commande ..... page 27/27

Dès que le sujet vous est remis, assurez – vous qu'il est complet  
Le sujet comporte 27 pages numérotées de 1/27 à 27/27

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS	Session 2009
Étude des Installations – option C	FECEISI Page 1 sur 27

### **Consignes générales :**

Aucun document personnel n'est autorisé.

L'usage des calculatrices autonomes (une seule calculatrice par candidat) conformes à la circulaire N°99-186 du 16-11-99 est autorisée.

Le document rendu sera numéroté de 1/n à n/n, n étant le nombre de feuilles rendues y compris les documents réponses 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.

### **Chaque partie sera rédigée sur une copie séparée .**

### **Temps estimatif et composition du sujet:**

<b>Lecture du sujet</b>	<b>15 minutes</b>
<b>Première Partie</b>	<b>55 minutes</b>
<b>Deuxième partie</b>	<b>55 minutes</b>
<b>Troisième Partie</b>	<b>80 minutes</b>
<b>Quatrième Partie</b>	<b>35 minutes</b>

### **Barème d'évaluation**

<b>Première Partie</b>	<b>20 points</b>
<b>Deuxième Partie</b>	<b>20 points</b>
<b>Troisième Partie</b>	<b>40 points</b>
<b>Quatrième Partie</b>	<b>20 points</b>

### **Mise en situation :**

le projet se réalise sur un entrepôt frigorifique de 65000 m<sup>3</sup> regroupant 7 chambres froides de stockage ayant des volumes de 4500 m<sup>3</sup> à 31000 m<sup>3</sup>.

Dans le cadre de l'extension de l'entrepôt à stockage négatif, vous êtes amenés à étudier l'installation frigorifique d'une des nouvelles chambres froides (chambres froides N°1 et N°2).

## EXTRAIT DU C.C.T.P

Il s'agit de l'étude d'une installation frigorifique d'un entrepôt à stockage négatif.

La plateforme possède un certain nombre de chambres négatives.

Une extension est conçue sur la base d'un volume de 35000 m<sup>3</sup> en deux chambres négatives mitoyennes desservies par un quai réfrigéré commun de 21600 m<sup>3</sup> (voir le plan ANNEXE 1 page 10/ 27 )

L'étude portera sur l'équipement frigorifique d'une des deux chambres:

### LA CHAMBRE FROIDE NÉGATIVE : N°1

Caractéristique de la chambre négative	
Longueur intérieure	54.20 m
Largeur intérieure	40 m
Hauteur intérieure	10 m
Volume	21680 m <sup>3</sup>
Température intérieure de stockage	-30°C

- La chambre est réalisée en panneaux sandwichs pré laqués d'une épaisseur de 170 mm pour les parois et 200 mm en plafond (3500 m<sup>2</sup> de surface totale).
- Des palettiers mobiles permettent le stockage de 4200 euro – palettes sur 4 hauteurs.
- Un dispositif de manutention sur rouleaux assure l'entrée et la sortie automatique des palettes.
- le quai réfrigéré est muni de seuils niveleurs et dispose de locaux pour les besoins de l'exploitation et de ceux du personnel.
- la salle des machines est située à proximité des chambres froides de stockage.

### L'ÉQUIPEMENT FRIGORIFIQUE :

#### 1) Généralités : ANNEXE 2 page 11/ 27

Le schéma fourni est un schéma de principe simplifié

Fluide frigorigène	NH3 (R717)
Puissance frigorifique totale	350 KW
Température d'évaporation (bouteille séparatrice BP)	-35°C
Température de condensation	+35°C
Température dans la bouteille économiseur	-5°C

**1) Groupe moto compresseur :**

- Nombre : 2.
- MARQUE : GRASSO.
- Montage des compresseurs en économiseur.
- Refroidisseur d'huile (de type multitubulaire)- Réchauffage du sol de la chambre froide.
- Vanne d'aspiration et de refoulement.
- Système de réduction de puissance.
- Système à VI variable.

**2) Frigorifère :**

- Nombre : 3.
- Caisson isolé.
- Marque : RAFFEL.
- Type : CICC – Ventilateur centrifuge.
- Batterie : Aluminium / Inox.
- Pas d'ailettes : 12 / 8 mm.
- Habillage en panneaux sandwichs de polyuréthane.
- dégivrage par résistances électriques avec ventilation (volet commandé par vérin, cuvette de récupération des eaux de dégivrage).

**3) Condenseur évaporatif :**

- Nombre : 1.
- Marque : RAFFEL.
- Type : CRV.
- Batterie en tube d'acier – Séparateur de gouttelettes – Système de distribution d'eau (rampe à eau avec buses de pulvérisation en PVC).
- Ventilateur centrifuge à deux vitesses.
- Sans désurchauffeur.

**4) Bouteille séparatrice intermédiaire (économiseur) :**

- Bouteille de type verticale à injection totale.
- Système de récupération d'huile – soupape de sécurité.
- Régulation de Niveau par flotteur et vanne d'injection.

**5) Bouteille séparatrice basse pression :**

- Bouteille de type horizontale.
- Système de récupération automatique de l'huile – soupape de sécurité.
- Régulation de Niveau par flotteur.

**6) Pompes de fluide frigorigène (R717)**

- Pompes hermétiques type : CAM.
- Alimentation à partir de la bouteille séparatrice basse pression.
- Éléments de sécurité et de régulation.
- Une pompe en fonctionnement, l'autre en secours.

**7) Régulation:**

- Un automate programmable TSX 47 pilote les consignes de fonctionnement et de sécurité de l'ensemble de l'équipement frigorifique.

## PREMIÈRE PARTIE : ÉTUDE FONCTIONNELLE D'UNE PARTIE DE L'INSTALLATION

Cette première partie concerne l'étude d'un compresseur à vis de l'équipement frigorifique  
(ANNEXE 3 page 12/27)

### TRAVAIL DEMANDÉ :

#### Le compresseur à vis :

##### 1.1) L'huile dans le compresseur à vis

A partir des données du C.C.T.P

- Donner le rôle de l'huile dans un compresseur à vis.
- On donnera quelques lignes d'explication.

##### 1.2) Le refroidissement de l'huile

a) Comment s'effectue le refroidissement de l'huile issue du séparateur placé au refoulement du compresseur. Quel est l'intérêt de ce système ?

b) Citer et expliquer deux autres systèmes de refroidissement de l'huile possible.

Pour ces solutions il est demandé un schéma de principe avec une légende et quelques lignes d'explication.

##### 1.3) Le circuit d'huile du compresseur à vis est représenté par le schéma (ANNEXE 3 page 12/27)

Ce circuit comporte les organes de sécurité, de régulation ou de mesure repérés de A1 à A5.

Effectuer la description des appareils de régulation et de sécurité en remplissant le document réponse  
(ANNEXE 4 page 13/27).

## DEUXIÈME PARTIE : ANALYSER LES TECHNOLOGIES INSTALLÉES

Cette deuxième partie concerne l'étude du dégivrage des évaporateurs ainsi que le système de retour d'huile

### 2.1) Étude du dégivrage d'un frigorigère (caisson isolé)

Le système de dégivrage utilisé est un dégivrage par résistances électriques. Ces résistances électriques sont placées derrière la batterie et dans la cuvette d'écoulement. Leur puissance est de l'ordre de 80 w/m<sup>2</sup> de surface.

Le dégivrage s'effectue par circulation d'air chaud (résistances) après fermeture du volet motorisé.

- **Justifier** l'utilisation de cette solution en la comparant avec la solution utilisant le gaz chaud.

### 2.2) Étude du système de retour d'huile:

a) **Expliquer** comment se comporte l'huile et le fluide frigorigène (NH<sub>3</sub> dans la bouteille séparatrice basse pression à -35°C).

b) **Proposer** un système de retour d'huile permettant de réintégrer l'huile automatiquement à l'aspiration des compresseurs à vis (utilisant le gaz chaud)

**Vous complétez le document réponse (ANNEXE 5 page 14/27)**

**Expliquer le fonctionnement du système**

c) **Indiquer** le fonctionnement du système de soutirage d'huile sur la bouteille moyenne pression (température intermédiaire -5°C)- (ANNEXE 2 page 11/27)

- **Donner** les avantages et inconvénients de ce système.
- **Le système** est-il applicable à la **bouteille BP** installation en fonctionnement ?

### 2.3) Système de contrôle du séparateur BP: (ANNEXE 5 page 14/27)

**Indiquer** le rôle des contrôleurs de niveau haut et bas placés sur la bouteille séparatrice BP

## TROISIÈME PARTIE : DIMENSIONNER ET SÉLECTIONNER UNE PARTIE DE L'INSTALLATION

Cette troisième partie concerne la production frigorifique de la nouvelle chambre froide négative (SCHEMA – ANNEXE 2 page 11/27)

### Conditions de fonctionnement :

- Installation avec **deux compresseurs a vis**
- Installation à **injection totale**
- Fluide : **NH3**
- Puissance frigorifique totale : **350 KW**
- Température d'évaporation dans la bouteille BP : **-35°C**
- Température de condensation : **+35°C**
- Le sous refroidissement liquide dans le condenseur : **5K**
- La température entrée régleur est identique à la température sortie condenseur
- Température intermédiaire (bouteille MP) : **-5°C**
- température de refoulement des compresseurs : **90°C**
- Échauffement dans la conduite aspiration compresseur : **5K**
- Température au point 10 : **-5°C**
- Pression de refoulement de la pompe (**le Delta P pompe = 1,5 bar**)
- Taux de recirculation de la pompe : **4**
- Pas de perte de charge dans le circuit excepté dans le réseau évaporatif.
- Le tracé de la compression n'est pas demandé de façon précise

### TRAVAIL DEMANDE :

#### 3.1 DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION

**3.1.1) Justifier l'emploi d'un système économiseur sur un compresseur à vis**  
**Donner** quelques lignes d'explication.

**3.1.2) Tracer le cycle de l'installation** sur le diagramme enthalpique **R717 (ANNEXE 6 page 15 / 27)** en respectant la numérotation du schéma (**ANNEXE 2 page 11/27**).

**3.1.3) Relever** les caractéristiques des points du cycle et remplir le tableau (**ANNEXE 9 page 18 / 27**).

**3.1.4) Déterminer** le débit massique aspiration basse pression total (**qmBP en kg/s**).

**3.1.5) Déterminer** le débit massique économiseur (**qmi en kg/s**) et le débit massique haute pression total (**qm P en kg/s**).

**3.1.6) calculer** le débit volume aspiré basse pression **qvaBP (m3/h) par compresseur**.

**3.1.7) Calculer** le débit massique (**qmp en kg/s**) et le débit volume (**qvp en m3/h**) de la pompe de fluide frigorigène en fonctionnement.



## 3.2) SÉLECTION DES ÉQUIPEMENTS

### 3.2.1) Les compresseurs (ANNEXE 10 Page19 / 27)

- **Sélectionner** les compresseurs à partir des documents constructeurs.
- **Préciser** la puissance frigorifique d'un compresseur.

### 3.2.2) Les caissons isolés (frigorifères) – (ANNEXES 11 – 12 pages 20/27 et 21/27)

- **Sélectionner** un caisson isolé à partir des documents constructeurs.
- **Donner** ses caractéristiques techniques.

### 3.2.3) Le condenseur évaporatif – (ANNEXES 13-14-15 pages 22/27 – 23/27 – 24/27 )

**On donne** la température humide de l'air : **23°C**

**On donne** la puissance absorbée d'un compresseur : **95 KW**

**On donne** la puissance d'un refroidisseur d'huile : **36 KW**

- **Calculer** la puissance de rejet au condenseur.
- **Sélectionner** le condenseur à partir des documents constructeurs.

### 3.2.4) Les pompes de fluide frigorigène (ANNEXE 16 page 25/27 )

**Une pompe de fluide frigorigène en service (l'autre en secours)**

- Débit volume de la pompe fluide frigorigène : **5,25 m<sup>3</sup>/h.**
- **Faire la sélection** du modèle à mettre en place sachant que la perte de charge du réseau est de : **1.5 x10<sup>5</sup> Pa .**
- **On déterminera la Hm en m de colonne de liquide.**
- **Préciser** quelle est la hauteur h à respecter entre le niveau de liquide de la bouteille et la bride d'aspiration de la pompe (on négligera les pertes de charge de la canalisation d'aspiration de la pompe)
- **Prendre une sécurité de 0,5m**
- **Le montage des pompes s'effectue sans diaphragme.**

### 3.2.5) Effet environnemental du fluide NH3 ( R717)

- Quel est l'impact sur l'effet de serre et la couche d'ozone du fluide NH3.

**QUATRIÈME PARTIE : ÉLABORER UN DOCUMENT DE RÉALISATION D'UNE  
PARTIE DE L'INSTALLATION**

**PARTIE ÉLECTRIQUE :**

Cette quatrième partie concerne les schémas électriques des circuits de puissance et de commande d'une partie de l'installation.

**APPAREIL : LE CONDENSEUR ÉVAPORATIF**

**Montage du moteur électrique du ventilateur : moteur à deux vitesses de type Dahlander**

- PV : petite vitesse
- GV : grande vitesse

La pompe à eau est asservie au fonctionnement de la tour.

**Cahier des charges :**

Composants	Caractéristiques
ventilateurs	2 vitesses
Contacts pressostats	HP1 pour la PV et HP2 pour la GV
Moteur électrique - ventilateur	Vitesse PV : 4,4 KW, Vitesse GV : 17,6 KW
Pompe à eau asservie au fonctionnement du condenseur évaporatif	Puissance = 1,5 KW
Résistance -8°C avec thermostat	Puissance = 6 KW

**4.1) Expliquer** en quelques lignes comment s'effectue la régulation du moteur du ventilateur du condenseur évaporatif (éventuellement par un graphe fonctionnel).

**4.2) On donne** le schéma de puissance (400Vtri +N) destiné à alimenter le condenseur évaporatif avec les sécurités et les liaisons électriques (document réponse ANNEXE 17 page 26/27).

**Expliquer le principe de fonctionnement (quel rôle joue chaque contacteur ?).**

**4.3) Compléter** le schéma de commande (230V) destiné à alimenter le condenseur évaporatif (document réponse ANNEXE 18 page 27 / 27).

- Ligne de sécurité (Arrêt d'urgence, M/A, et les protections nécessaires .....
- Lignes contacteurs (HP1 pour la PV et HP2 pour la GV).
- Ligne de commande de la pompe intégrant le capteur de niveau bas.
- ligne de commande de la résistance antigel par thermostat.