



### 3 – Caractéristiques des matériels

#### 3.1 - données de fonctionnement

Fluide frigorigène	ammoniac - R717
Puissance frigorifique	575 kW
Température de condensation	35°C
Température d'évaporation	-13°C
Surchauffe en sortie de bouteille BP	0K
Surchauffe à l'aspiration du compresseur	5K
Sous refroidissement en sortie de condenseur	5K
Perte de charge conduite de refoulement	négligée
Perte de charge conduite d'aspiration	négligée
Perte de charge conduite liquide	négligée
régime de température du frigoporteur	-5°C / -9°C
Pourcentage en antigel du frigoporteur (protection à -20°C)	35%

#### 3.2 – groupe moto-compresseur

##### ⇒ compresseur

Marque : *SABROE*  
Type : ouvert à pistons / accouplement direct -  $N = 1450 \text{ tr.mn}^{-1}$   
Nombre : 3 de même référence

##### → équipements

- système de récupération et de réintégration d'huile
- résistance de carter
- alimentation : électrique – TRI 400V + terre
- vannes d'aspiration et de refoulement
- refroidissement de culasses
- équipements de sécurité et de contrôle
  - pressostat BP de sécurité
  - pressostat HP de sécurité
  - pressostat différentiel d'huile
  - thermostat de refoulement
  - manomètres HP et BP

##### → régulation

asservissement en cascade à la température de retour du frigoporteur. L'automate sera programmé de façon à faire réguler les compresseurs suivant un mode de régulation flottante. Etage de régulation par compresseur : de 0% - 100% suivant le nombre de pistons.

##### ⇒ moteur électrique

- asynchrone triphasé - 400V/600V - fréquence : 50Hz
- démarrage étoile / triangle
- vitesse de rotation en régime :  $1450 \text{ tr.mn}^{-1}$

#### 3.3 – Désurchauffeur

Marque : *ALFA LAVAL*  
Type : échangeur à plaques  
Nombre : 1  
Température de sortie d'eau :  $\theta = 35^\circ\text{C}$

Il sera dimensionné pour récupérer la totalité de la désurchauffe des vapeurs HP.

BTS Fluides Energies Environnements	Session 2006	
E3 – Etude des installations – Option C	FECEISI	
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 4 sur 27

→ équipements "côté ammoniac"

- deux soupapes de sécurité montées sur vanne trois voies
- deux vannes d'isolement et une vanne de by-pass.
- un purgeur d'air

→ équipements "côté eau"

- deux manchons anti vibratiles
- deux vannes d'isolement
- deux thermomètres de contrôle sur entrée et sortie

3.4 – Condenseur

Marque : ALFA LAVAL  
Type : échangeur à plaques  
Nombre : 1  
Température entrée / sortie d'eau :  $\theta_e = 26^\circ\text{C} / \theta_s = 31^\circ\text{C}$

Il sera dimensionné pour évacuer la totalité de la puissance globale de réjection, y compris la désurchauffe des vapeurs HP.

→ équipements "coté ammoniac" :  
- deux soupapes de sécurité  
- deux vannes d'isolement  
- purgeur d'air

→ équipements "coté eau" :  
- deux manchons anti vibratiles  
- une vanne d'isolement  
- deux thermomètres de contrôle

→ pompe "coté eau"

deux pompes déterminées chacune pour 50% du débit total, fonctionnant en cascade en fonction des besoins.

Marque : GRUNDFOS  
Type : centrifuge – 1450 tr.mn<sup>-1</sup>

⇒ régulation

le fonctionnement de la pompe 1 est asservie à la demande de froid. Le fonctionnement de la pompe 2 est asservie à la pression de condensation.

3.5 – Tour de refroidissement

Marque : BALTIMORE AIRCOIL  
Type : ouverte  
Nombre : 1  
Température entrée / sortie d'eau :  $\theta_e = 31^\circ\text{C} / \theta_s = 26^\circ\text{C}$

Elle sera sélectionnée pour les données suivantes :

- puissance équivalente à celle du condenseur (*on néglige l'influence des pompes*)
- température de bulbe humide : 21°C
- régime d'eau : 31°C / 26°C

→ équipements

- moteur à deux vitesses de rotation
- atténuateurs de son à l'aspiration et au refoulement
- thermoplongeur de protection anti-gel
- niveau électrique de sécurité basse
- vanne d'alimentation en eau traitée par contrôle de niveau

BTS Fluides Energies Environnements		Session 2006
E3 – Etude des installations – Option C		FECEISI
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 5 sur 27

⇒ régulation

régulation de la pression de condensation par asservissement, des ventilateurs deux vitesses et d'une pompe, à une sonde de pression.

3.6 – bouteille séparatrice basse pression

Type : verticale  
Nombre : 1

→ équipements

- système d'alimentation par régulateur à flotteur HP.
- niveau visible à réfraction à système anti-givre.
- sécurité électrique de niveau haut
- sécurité électrique de niveau bas.
- deux soupapes de sécurité montées sur vanne trois voies.
- vanne à contre poids de récupération d'huile.

3.7 – Evaporateur

Marque : ALFA LAVAL  
Type : échangeur à plaques  
Nombre : 1  
Taux de recirculation d'ammoniac : 1,4  
Température entrée / sortie du frigoporteur :  $\theta_e = -5^\circ\text{C} / \theta_e = -9^\circ\text{C}$   
Frigoporteur : eau glycolée à 30%

→ équipements "côté frigoporteur"

- deux manchons anti vibratiles
- deux thermomètres de contrôle, entrée et sortie.
- un vanne d'isolement
- trois sondes PT100 entrée et sortie pour contrôle, régulation et sécurité antigel.
- un contrôleur de débit à contact électrique

3.8 – Pompe frigoporteur

Marque : GRUNDFOS  
Type : centrifuge, hermétique – 1450tr.mn<sup>-1</sup>

⇒ régulation

le fonctionnement de la pompe 1 est en marche forcée. Le fonctionnement de la pompe 2 est asservi au différentiel de température départ / retour.

BTS Fluides Energies Environnements		Session 2006
E3 – Etude des installations – Option C		FECEISI
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 6 sur 27

## II - ETUDE DE L'INSTALLATION FRIGORIFIQUE

**Attention!!** Les quatre parties seront réalisées sur des copies indépendantes. Insérer les documents réponses dans les parties adéquates.

### → Partie 1 – ETUDE FONCTIONNELLE

L'installation comporte des appareils de sécurité et de régulation. ( voir annexe 03 - page14/27 ).  
Ces appareils sont repérés de 3 à 9.

1.1 – Définir le rôle et le graphe de régulation de ces appareils. Vous complétez à cet effet le ( document réponse n° 01 – page 23/27 )

### → Partie 2 – ANALYSE TECHNIQUE

#### 2.1 - Utilisation de l'ammoniac

2.1.1 – Lister et commenter succinctement les inconvénients liés à l'utilisation de l'ammoniac.

#### 2.2 – Système de condensation

Le système frigorifique utilise, pour la condensation des vapeurs HP, l'association d'un échangeur à plaques avec une tour de refroidissement ouverte.

2.2.1 – Justifier l'utilisation de cette solution en la comparant avec une solution utilisant un condenseur évaporatif. Vous réaliserez à cet effet, sur votre copie, le tableau suivant:  
*les critères seront: économique, énergétique, sécurité et mise en œuvre.*

solution technique	avantages	inconvénients
tour de refroidissement fermée + échangeur		
condenseur évaporatif		

#### 2.3 – Système de récupération d'huile

2.3.1 – Quel est le comportement de l'ammoniac vis à vis de l'huile? Ou va t-on retrouver l'huile dans l'installation frigorifique?

2.3.2 – Expliquer le mode de récupération d'huile tel qu'il est prévu sur le schéma fluidique.  
Que pensez vous de cette méthode?

2.3.3 – Proposer un système de retour d'huile permettant de réintégrer l'huile automatiquement sur les carters des compresseurs. Vous complétez à cet effet le ( document réponse n° 02 – page 24 /27 )

BTS Fluides Energies Environnements	Session 2006
E3 – Etude des installations – Option C	FECEISI
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page 7 sur 27

## → Partie 3 – DIMENSIONNEMENTS ET SELECTIONS DU MATERIEL

### 3.1 – Cycle frigorifique

⇒ *Les culasses des compresseurs sont refroidies par eau et  $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$*

3.1.1 – Tracer le cycle frigorifique dans un diagramme enthalpique  
( document réponse n° 03 – page 25/27 )

3.1.2 – Compléter le tableau de valeurs (p,  $\theta$ , h, v')  
( document réponse n° 04 – page 26/27 )

# données complémentaires:

→ *Annexe 05 – tables thermodynamiques de l'ammoniac – ( pages 16/27-17/27)*

### 3.2 – Groupe moto-compresseur

3.2.1 – Déterminer le débit massique,  $q_{m(t)}$ , aspiré par les compresseurs.

3.2.2 – Déterminer les volumes aspiré et balayé d'un compresseur.

3.2.3 – Sélectionner le type de compresseur à installer.  
( voir annexe 06 - page 18/27 )

3.2.4 – Déterminer la puissance effective sur l'arbre d'un compresseur.

3.2.5 – Sélectionner le moteur électrique à associer à chaque compresseur.  
( voir annexe A07 – page 19/27 )

*On prendra un coefficient de sécurité de 1,2 pour tenir compte des phases de démarrage.*

# données complémentaires:

→ *rendements :  $\eta_{is} \cong \eta_v = 1 - 0,05 \tau$  ( $\tau$  : taux de compression)*

*$\eta_{is}$  : rendement isentropique et  $\eta_v$  : rendement volumétrique*

→ *rendement mécanique:  $\eta_m = 0,9$*

### 3.3 – Refroidissement des culasses du compresseur

⇒ *Les culasses des compresseurs ne sont pas refroidies*

3.3.1 – Déterminer la température des vapeurs HP au refoulement des compresseurs.

3.3.2 – Commenter cette valeur.

⇒ *Les culasses des compresseurs sont refroidies par eau*

On désire limiter la température des vapeurs au refoulement des compresseurs à une valeur de  $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$ .

3.3.3 – Déterminer la puissance totale de refroidissement.

3.3.4 – Déterminer le débit volumique en  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$  de la pompe du circuit de refroidissement.

# données complémentaires:

→ *protection antigel jusqu'à  $\theta = -7^\circ\text{C}$*

→ *caractéristiques de l'eau glycolée ( voir annexe A04 – page 15/27 )*

→ *écart de température sur l'eau  $\Delta T = 10 \text{ K}$*

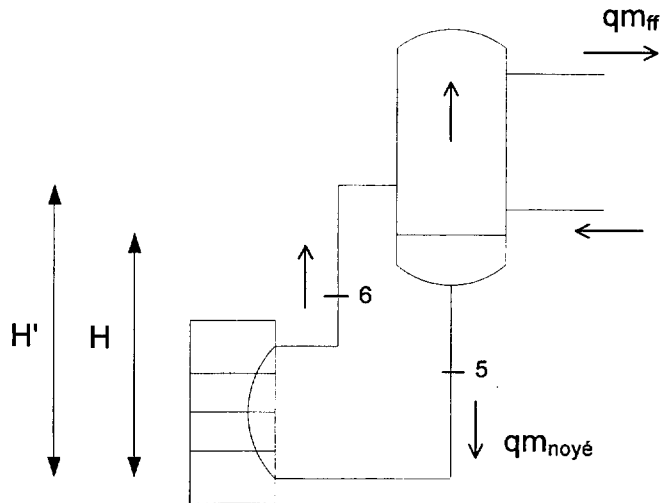
→ *température d'entrée d'eau  $\theta_{ee} = 40^\circ\text{C}$*

BTS Fluides Energies Environnements	Session 2006
E3 – Etude des installations – Option C	FECEISI
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page 8 sur 27

### 3.4 – Tour de refroidissement

- 3.4.1 – Déterminer la puissance thermique totale à évacuer sur la tour de refroidissement.  
*On négligera l'influence des pompes.*
- 3.4.2 – Sélectionner une tour de refroidissement ouverte.  
*( voir annexe A08 – page 20/27 )*

### 3.5 – Bouteille séparatrice basse pression



- 3.5.1 – Déterminer le débit massique de fluide frigorigène à circuler dans l'évaporateur,  $q_{m_{noyé}}$ .
- 3.5.2 – Déterminer le diamètre théorique de la bouteille.
- 3.5.3 – Déterminer la hauteur minimum  $H$  de mise en charge de la bouteille.  
*!! on supposera que  $H \cong H'$*

# données complémentaires:

- vitesse de séparation
- perte de charge dans la tuyauterie
- perte de charge NH3 dans l'évaporateur

$$v_{sépa} = 0,65 \text{ m.s}^{-1}$$
$$\Delta p_{réseau} = 0,025 \text{ bar}$$
$$\Delta p_{évapo} = 6 \text{ kPa}$$

BTS Fluides Energies Environnements		Session 2006
E3 – Etude des installations – Option C		FECEISI
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 9 sur 27

→ **Partie 4 – ELABORATION D'UN DOCUMENT DE REALISATION**

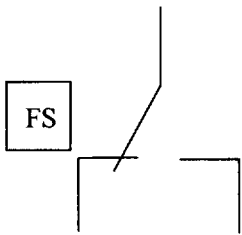
Il s'agit de concevoir le schéma électrique de commande de la pompe eau glycolée alimentant les circuits hydrauliques des pistes.

⇒ cahier des charges

mise en marche	un bouton rotatif marche/arrêt (S1), permet la mise en fonctionnement de la pompe
contrôleur de débit	lorsque le débit est insuffisant, le fonctionnement de la pompe est arrêtée. Le redémarrage de la pompe se fait manuellement à l'aide d'un bouton poussoir d'effacement de défaut (S2)
signalisation	un voyant rouge (H3), indique un défaut débit pompe
arrêt de la pompe	lorsque la pompe est à l'arrêt, le débit est nul
	→ l'installation ne doit pas signaler un défaut débit
démarrage de la pompe	lors d'un démarrage de la pompe via le contact (T°)
	→ on doit ignorer le contrôleur de débit
	→ on doit le rendre actif au bout d'un certain temps t de fonctionnement
redémarrage de la pompe (après un défaut)	lors d'un redémarrage de la pompe après un défaut
	→ effacer le défaut avec le bouton poussoir
	→ remettre la pompe en fonctionnement avec le bouton marche/arrêt

4.1 – Compléter le schéma électrique de commande en respectant les données du cahier des charges.  
(document réponse n° 05 – page 27/27)

⇒ Remarque / Désignation de matériel

nom	description	symbole
<i>contrôleur de débit</i>	<i>contact inverseur commandé par une palette insérée dans la tuyauterie dans laquelle on veut contrôler le débit</i>	

⇒ Règles d'exécution d'un schéma électrique d'armoire

- le schéma électrique représente les composants au repos (non alimentés électriquement ou non actionnés mécaniquement)
- il doit faire apparaître les bornes ( des appareillages extérieurs au coffret électrique), les repères de fils et les détails indispensables au câbleur.
- il doit permettre le bon fonctionnement de l'installation et être le plus simple possible (limitation du coût et des risques de pannes).

BTS Fluides Energies Environnements	Session 2006
E3 – Etude des installations – Option C	FECEISI
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page 10 sur 27