

Coefficient 5 **Durée 8h00 + 30 mn de repas pris sur place (sans sortir de la salle)**

Tous documents autorisés.

Calculatrice programmable autonome autorisée, conformément à la réglementation de l'examen.

Le sujet est composé de quatre parties indépendantes. Les candidats peuvent traiter les parties dans l'ordre désiré, mais chacune de ces parties doivent être traitées sur des copies séparées.

Le candidat rendra les documents réponses des pages 10 à 13.

Le sujet peut comporter des informations et des données surabondantes ou des données manquantes qu'il conviendra de se fixer, en appréciant un ordre de grandeur correct.

Les résultats numériques seront fournis avec les formules, les opérations justificatives et les unités.

Barème:

- 1^{ère} partie : 20 points
- 2^{ème} partie : 20 points
- 3^{ème} partie : 40 points
- 4^{ème} partie : 20 points

Documents :

Sujet	pages 1 à 7
Schéma du stockage	page 8
Schéma installation	page 9
Documents réponses	pages 10 à 13
Annexes	pages 14 à 22
Diagramme R404A	page 23

Présentation de l'installation

L'objet de l'étude concerne une unité de fabrication de produits pharmaceutiques.

Cette unité de fabrication est constituée :

- d'une production de froid à basse température par compression étagée au R404A ($\theta_0 = -45^\circ\text{C}$ / $\theta_k = +35^\circ\text{C}$).
- d'une distribution et d'un stockage de froid par chaleur latente (type Cristopia) par nodules à basse température.
- d'une évacuation de chaleur par tour de refroidissement.
- de conditions extérieures maximales $\theta_s = +30^\circ\text{C}$, H.R. = 50%.

BTS EQUIPEMENT TECHNIQUE - ENERGIE		
Session 2000	Durée : 8 heures	Coef. : 5
EEEDI	Etude des installations Option C	Page 1/23

Première partie : Description d'une partie de l'installation

A) Etude du stockage de froid par chaleur latente (schéma en page 8).

L'installation est constituée d'une cuve (STL), remplie de nodules (petite boule en plastique remplie d'un liquide spécifique). La distribution de froid est réalisée par un liquide frigopporteur spécifique pour la basse température.

Travail demandé :

- 1) **Indiquer** les avantages et les inconvénients d'un refroidissement indirect par frigopporteur monophasique.
- 2) **Indiquer** les qualités du liquide frigopporteur.
- 3) **Expliquer** le fonctionnement du système de stockage de froid par chaleur latente (type Cristopia). On étudiera seulement les phases de stockage (charge) seul , le déstockage seul et enfin le déstockage avec production directe (5 lignes maximum par phase).
- 4) **Remplir** le document réponse N°1 en page 10 concernant la régulation des différents composants du système.
- 5) **Indiquer** le nom et le rôle de chaque élément, pour les appareils numérotés de 1 à 5.

B) Etude de la production de froid (schéma en page 9)

Travail demandé :

- 1) **Indiquer** la particularité technologique de l'évaporateur et justifier votre réponse.
- 2) Pour les appareils de sécurité numérotés de B1 à B5; **indiquer** le nom , le rôle et le graphe de fonctionnement avec des valeurs significatives de fonctionnement pour chacun d'eux.

Deuxième partie : Analyse d'un équipement et proposition de solutions techniques de réalisation ou de modification.

A) Etude du stockage de froid

Travail demandé :

- 1) **Donner** trois intérêts au stockage de froid.
- 2) **Trouver** deux autres solutions de stockage de froid et donner un schéma de principe simplifié au niveau du stockage pour chacun d'eux (pour cette question uniquement on considérera la température de stockage de l'ordre de 0°C).

B) Etude de la production frigorifique

Travail demandé :

- 1) **Justifier** le choix du R404A dans l'étude proposée.
- 2) **Donner** une autre solution technologique permettant également une production frigorifique à basse température ($\theta_0 = -45^\circ\text{C}$). On demande :
 - le schéma de principe
 - représentation théorique du ou des cycles thermodynamiques sur votre copie
 - faire une comparaison au niveau du coefficient de performance frigorifique (il n'est pas demandé de calcul).
- 3) **Proposer** une modification du schéma de principe du circuit frigorifique au niveau de l'étage intermédiaire afin de prendre en compte les problèmes de retours d'huile et le problème lié aux mélanges constituant le R404A (à réaliser sur votre copie).
- 4) **Trouver** une solution permettant de contrôler la température de condensation (action sur l'eau du condenseur). On demande la modification à apporter au document réponse N°2 page 11; le graphe de fonctionnement avec des valeurs significatives.

Troisième partie : Dimensionnement , évaluation des performances et choix d'un équipement.

Les trois sous parties sont indépendantes.

Cette étude porte sur la production frigorifique du médium de refroidissement basse température.

La production de froid à basse température se réalise par une installation à deux étages de compression au R404A dont le schéma est représenté en page 9.

Les conditions de fonctionnement sont les suivantes :

- température d'évaporation = -45°C
- température de condensation = $+35^{\circ}\text{C}$
- température de saturation à l'étage intermédiaire = -10°C
- surchauffe à l'évaporateur de 5°C
- température à l'aspiration BP $\theta_{16} = -10^{\circ}\text{C}$
- sous refroidissement liquide 5°C
- En 7 les vapeurs sont saturées, $\theta_{16} = \theta_7$
- les compressions sont isentropiques
- la bouteille intermédiaire et l'échangeur sous refroidisseur(ESR) n'ont pas d'échange de chaleur avec le milieu extérieur
- les rendements mécaniques des compresseurs BP et HP sont de 0,9
- les rendements indiqués seront égaux aux rendements volumétriques
- les rendements volumétriques peuvent être approchés par $\eta_v = 1 - 0,05\tau$
- les pertes de charges sont négligées.

A) Etude de la production de froid en pleine puissance

En pleine puissance l'électrovanne 2 est ouverte tandis que l'électrovanne 1 et 3 sont fermées.

Dans cette configuration , la puissance frigorifique à l'évaporateur est de 40 Kw et la différence de température entre 14 et 13 est de 15°C .

Travail demandé :

- 1) **Déterminer** les caractéristiques du fluide en 9.
- 2) **Déterminer** les débits massiques des compresseurs BP et HP.
- 3) **Indiquer** les caractéristiques du fluide en 3.
- 4) **Tracer** le cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique du R 404A(document réponse N°3 en page 12) en respectant la numérotation du schéma.
Remarque : Les points 11, 15 et 16 ne seront pas à représenter dans cette situation (pleine puissance).

- 5) **Compléter** le document réponse N°4 avec les caractéristiques des points en page 13, même remarque que dans la question N°4.
- 6) A partir des documents constructeurs compresseurs (Annexe 1 en page 14) , **sélectionner** les compresseurs à pistons.
- 7) Calculer les puissances absorbées des compresseurs BP et HP ; que pensez- vous des températures de refoulement?
- 8) **Calculer** la puissance rejetée au condenseur et sélectionner la tour de refroidissement si on prend une approche de 4°C à l'aide de l'annexe N°2 pages 15,16 et 17.

B) Etude de la production frigorifique en réduction de puissance

On désire réutiliser un ancien compresseur de type compound de débit volumique BP de 339 m³/h(voir étude de l'installation et caractéristiques compresseurs , annexe N°3 page 18).

Travail demandé :

1. **Rechercher** la nouvelle valeur de la température intermédiaire en supposant que θ_0 et θ_k ne changent pas et que la puissance frigorifique reste également identique pour cette question uniquement.

Le compresseur compound n'est pas équipé de réduction de puissance interne , on réalise donc une **réduction de puissance** en ouvrant les électrovannes 1 et 3 et en fermant l'électrovanne 2.

- le débit masse passant par VEM3 est le même que celui passant par le détendeur 2 (R2)
- les caractéristiques restent identiques à la partie A) sauf que $\theta_1 = -30^\circ\text{C}$ et au point 16 les vapeurs sont saturées à P_i .
- P_i est la nouvelle pression établie par le compresseur compound

Travail demandé :

2. **Compléter** les caractéristiques des points 11,15 et 16 dans le document réponse N°4 page 13.
3. **Déterminer** les nouveaux débits véhiculés : q_m passant par l'électrovanne VEM3 ; q_m BP.

C) Etude du stockage de froid

L'étude des besoins de l'utilisateur en stockage de froid nous a permis de tracer le profil énergétique (voir annexe N°5 pages 20,21,22). Dans les conditions de stockage la température d'évaporation est de -45°C .

Travail demandé :

1. **Tracer** le profil des températures au niveau de l'évaporateur ; trouver un fluide frigopporteur adapté à partir de l'annexe N°4 page19 et donner ses caractéristiques.
- 3) **Sélectionner** les nodules les mieux adaptés à l'application , donner les caractéristiques à partir de l'annexe N°5 page 20,21,22.
- 4) **Calculer** le volume du réservoir de stockage STL à partir de l'annexe N°5 page 20,21,22;on donne $T_3=-26^{\circ}\text{C}$.

Quatrième partie : Elaboration d'un document de réalisation de l'installation.

Cette étude porte sur la tour de refroidissement conformément au schéma du document réponse N°2 de la page 11.

La tour est dans ce cas régulée par un thermostat qui agit sur la ventilation.

Il existe deux pompes de circulation dont une est en secours; cette dernière s'enclenche automatiquement si l'autre est en défaut.

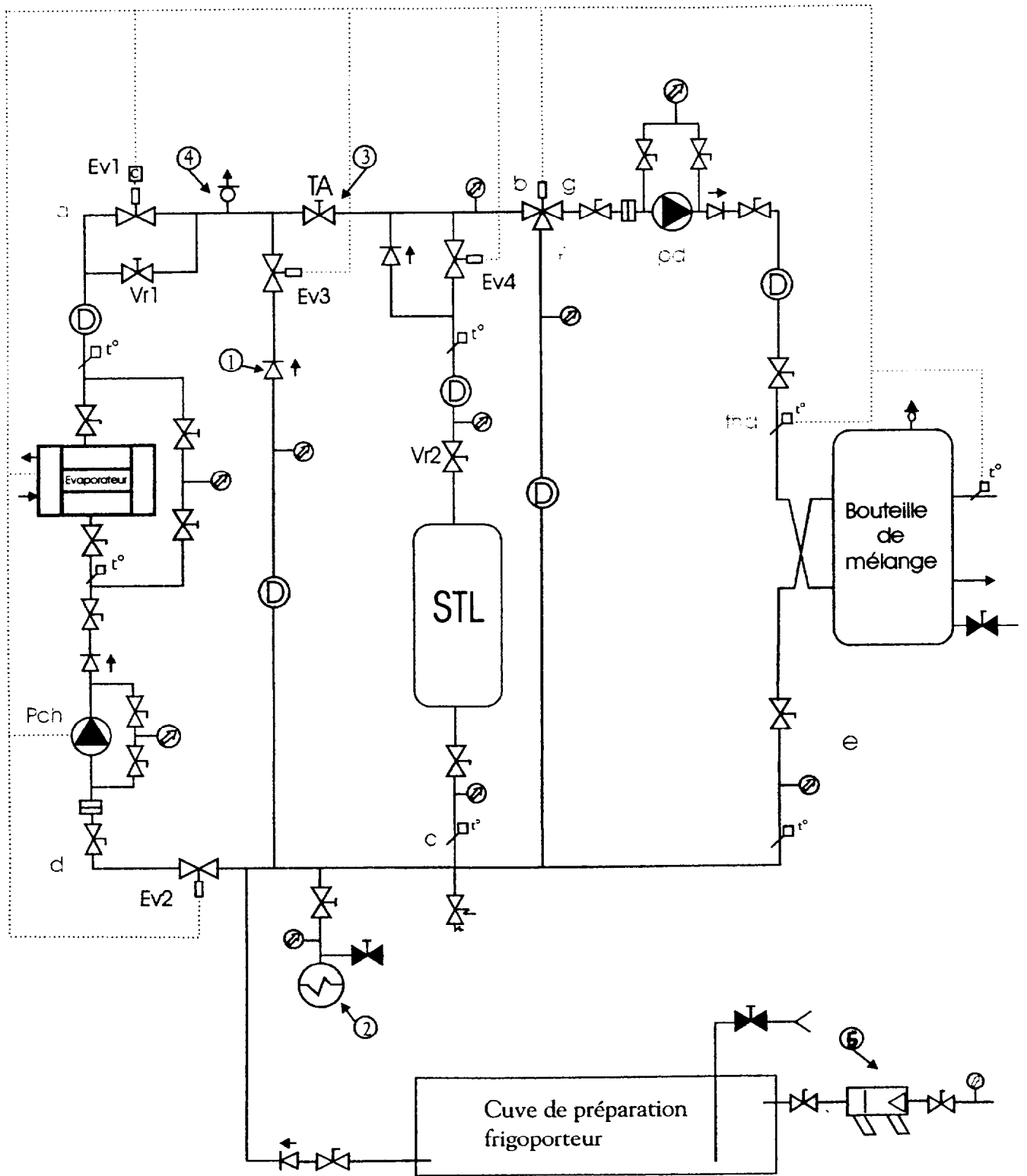
Le réseau est en tri 220/380V et la commande est en 24 V.

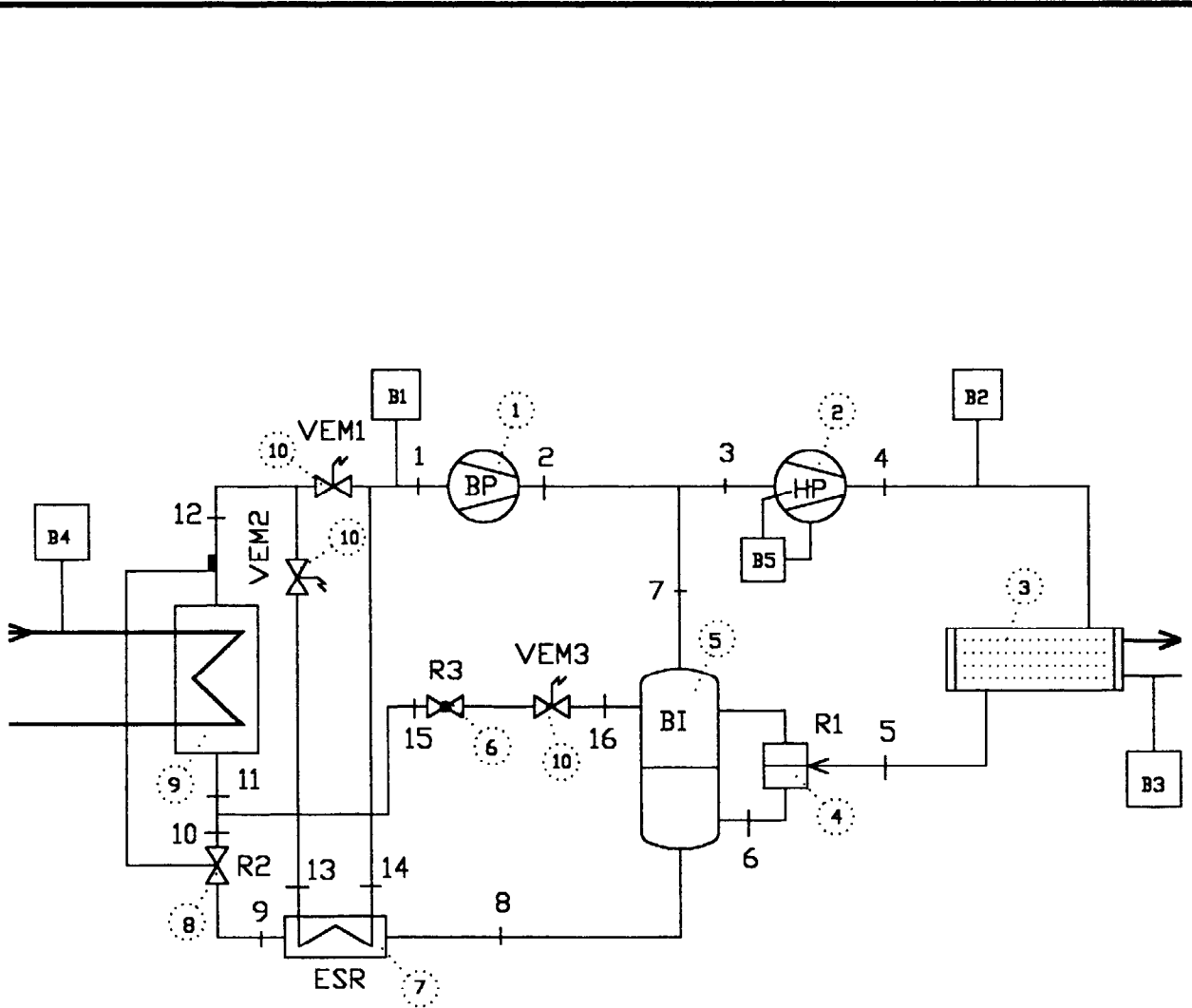
Remarque : les modifications apportées sur le schéma hydraulique dans la partie II ne sont pas à prendre en compte pour la réalisation des schémas électriques.

Travail demandé :

Réaliser le schéma de commande de la tour de refroidissement. Effectuer le repérage , la numérotation des contacts et le folio. Prévoir toutes les sécurités fluidiques et électriques nécessaires.

Schéma de distribution





Repère	DESIGNATION
1	Compresseur BP
2	Compresseur HP
3	Condenseur à eau
4	Détendeur à flotteur B.P.
5	Boutelle intermédiaire
6	Régleur
7	Echangeur sous-refroidisseur
8	Détendeur thermostatique
9	Evaporateur à eau
10	Electrovanne

SCHEMA DE PRINCIPE