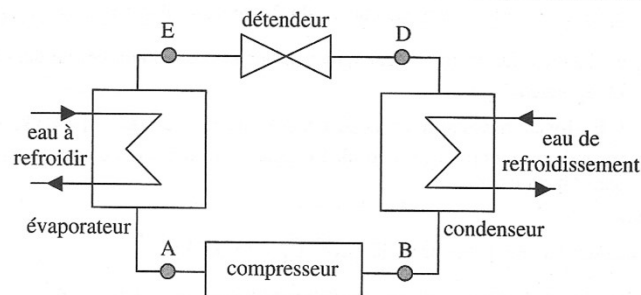


TD machine réfrigérante

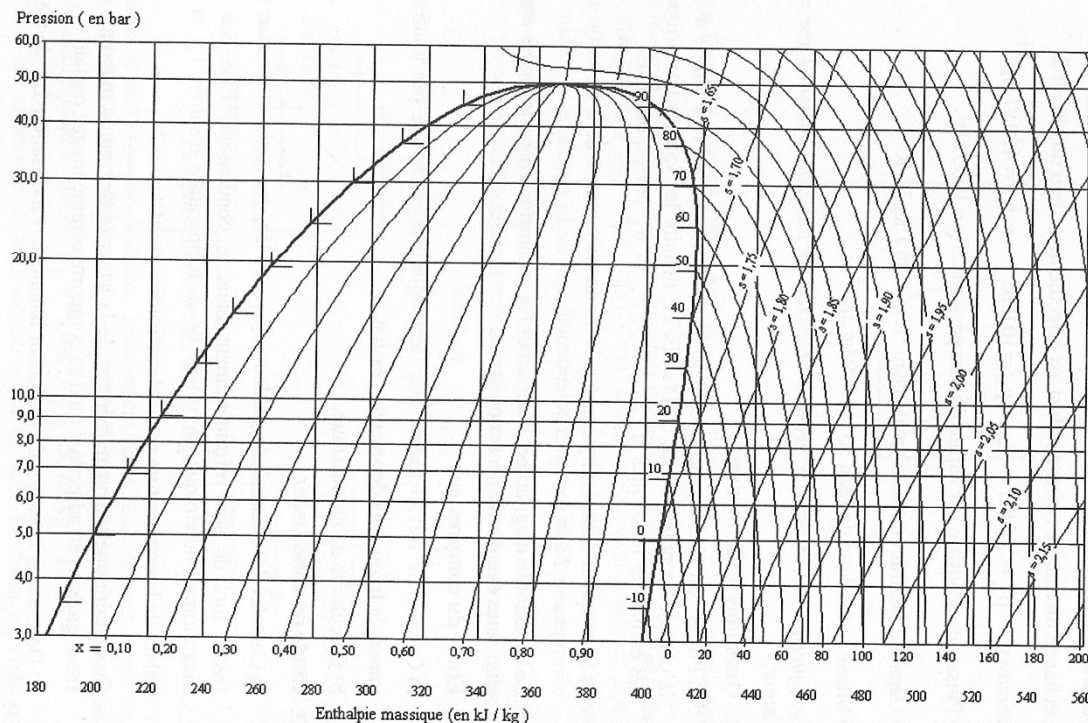
La réaction chimique de polymérisation permettant la synthèse industrielle du polychlorure de vinyle (PVC) est une réaction exothermique. Pour contrôler la température du milieu réactionnel, on utilise un circuit d'eau refroidie par le groupe frigorifique que l'on se propose d'étudier.

Dans ce groupe frigorifique, un fluide frigorigène (ici le fréon 22), décrit le cycle fermé de transformations schématisé et décrit sur la figure ci-dessous.



■ Dans le compresseur, le fréon, initialement dans l'état A sous forme de vapeur saturée (ou saturante sèche), subit une compression adiabatique irréversible jusqu'à l'état B ($p_B = 10 \text{ bar}$; $h_B = 450 \text{ kJ.kg}^{-1}$).

■ Dans le condenseur, la transformation est isobare. Le fréon est d'abord refroidi (jusqu'à l'état C) puis complètement liquéfié jusqu'à l'état de liquide saturant (état D). Le condenseur est un condenseur à eau : l'énergie est prise au fréon par l'eau du circuit de refroidissement (circuit 1 sur la figure).



- Dans le détendeur, le fréon subit une détente isenthalpique (jusqu'à l'état E).
- Dans l'évaporateur, il termine sa vaporisation lors d'une transformation isobare (retour à l'état A).

L'échange thermique correspondant est effectué avec l'eau du circuit 2.

Données : • $p_A = 5,5 \text{ bar}$ • $p_B = 10,0 \text{ bar}$ • $h_B = 450 \text{ kJ.kg}^{-1}$

- Puissance absorbée sur l'arbre du compresseur : $P_C = 1000 \text{ kW}$.
- Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

Les questions 2, 3, 4 et 5 peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre.

1. Questions préliminaires

a) Placer, sur le diagramme enthalpique joint en annexe 1 (à rendre avec la copie), les points A, B, C, D et E. En déduire les valeurs numériques des enthalpies massiques h_A , h_B , h_C , h_D et h_E correspondantes.

b) Sous quels état(s) physique(s) le fréon se trouve-t-il, à la sortie du compresseur ? à la sortie du détendeur ?

En utilisant le diagramme, déterminer les proportions massiques des états physiques éventuellement coexistants.

2. Etude du compresseur

- Calculer le travail mécanique (technique) w_C , échangé par unité de masse de fréon, lors de sa compression.
- Calculer le débit massique.

3. Etude du condenseur

- Calculer la quantité de chaleur Q_{BC} , cédée, par unité de masse de fréon, lors de son refroidissement dans le condenseur. Lire, sur le diagramme enthalpique, la valeur de la température d'entrée t_B et la valeur de la température de fin de refroidissement t_C .

En déduire une valeur numérique de la capacité thermique massique du fréon gazeux, en admettant qu'il se comporte comme un gaz parfait.

- Déterminer la valeur de la chaleur latente de vaporisation L_v du fréon

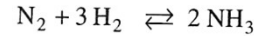
4. Etude de l'évaporateur

- Calculer la quantité de chaleur Q_{EA} échangée, par unité de masse de fréon, dans l'évaporateur.
- L'eau du circuit à refroidir subit une baisse de température de $5,7^\circ\text{C}$ lorsque son débit est de $600 \text{ m}^3/\text{h}$. En déduire la valeur du débit massique du fréon dans l'évaporateur.

5. Etude de l'efficacité thermique de l'installation

Etablir l'expression de l'efficacité thermique e de l'installation puis calculer sa valeur numérique.

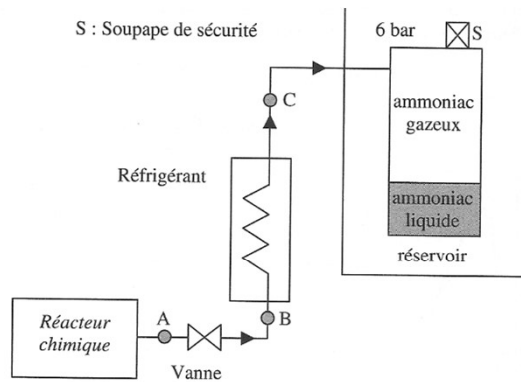
La synthèse du gaz ammoniac est réalisée dans un réacteur chimique. L'équation-bilan de la réaction est la suivante :



Pour obtenir un bon rendement, on réalise cette synthèse sous pression élevée.

On néglige la vitesse de l'ammoniac dans le dispositif expérimental schématisé ci-après.

1. L'ammoniac est produit avec un débit massique constant égal à $\dot{m} = 1500 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$. Il sort du réacteur à une température $\theta_1 = 150^\circ\text{C}$ et sous une pression $p_1 = 75 \text{ bar}$. Il traverse, ensuite, une vanne dans laquelle il subit une détente isenthalpique qui amène sa pression à $p_2 = 25 \text{ bar}$.



- a) Placer, sur le diagramme enthalpique de l'ammoniac, le point A représentant l'état du gaz à la sortie du réacteur.
- b) Placer le point B représentant l'état du gaz après sa détente dans la vanne.

Quelle est, alors, sa température θ_2 ?

2. L'ammoniac traverse, ensuite, un réfrigérant, dans lequel il est refroidi, à pression constante, jusqu'à l'état C, état dans lequel le titre en vapeur vaut $x = 25 \%$. Il est, alors, stocké, pour des questions de sécurité, dans un réservoir placé dans une grande enceinte pressurisée à la pression $p_{\text{ext}} = 6 \text{ bar}$.

- a) Placer, sur le diagramme enthalpique, le point C représentant l'état du gaz à la sortie du réfrigérant et en déduire la température θ_3 de l'ammoniac, dans le réservoir de stockage.
- b) Utiliser le diagramme pour déterminer la chaleur massique « reçue » par l'ammoniac entre B et C puis la puissance thermique cédée au réfrigérant.

Diagramme enthalpique de l'ammoniac

