

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2006

SÉRIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Spécialité : chimie de laboratoire et de procédés industriels

Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Le sujet comporte 4 pages dont une annexe (page 4/4) à rendre avec la copie.

Calculatrice autorisée.

TECHNOLOGIE ET SCHÉMA : FABRICATION DU NITRATE D'AMMONIUM

A. DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

Principal constituant des engrais, le nitrate d'ammonium est produit par réaction directe entre l'acide nitrique et l'ammoniac :

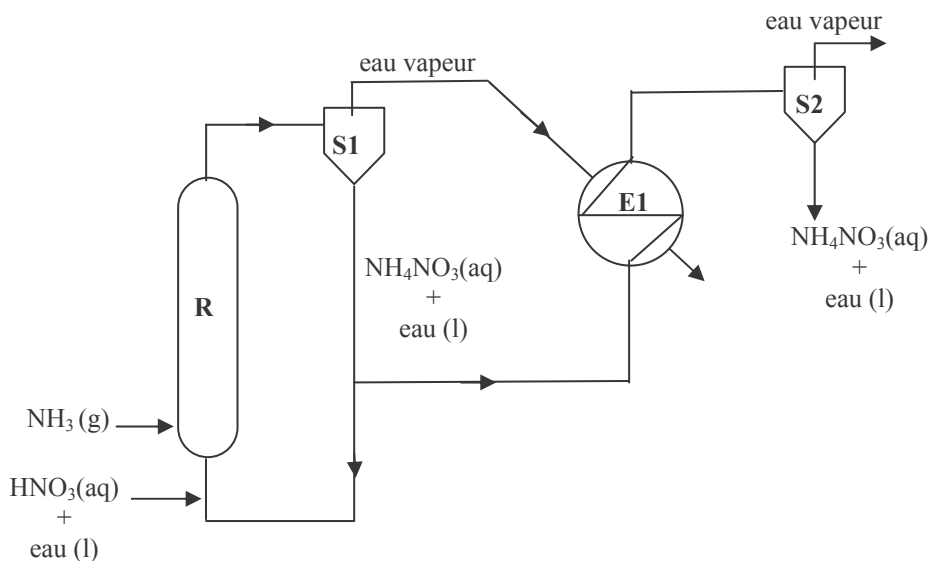


Les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques ; la réaction est totale. Le débit d'ammoniac étant de $10 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$.

Les réactifs, solution aqueuse d'acide nitrique à 58 % en masse et ammoniac gazeux, sont introduits en continu dans un réacteur **R**, dans lequel règnent une pression de 5 bar relatif et une température de $160 \text{ }^\circ\text{C}$. L'énergie thermique dégagée par la réaction permet d'évaporer une grande quantité d'eau. Le mélange liquide/vapeur obtenu est séparé dans un cyclone **S1**.

Une partie du liquide, solution aqueuse de nitrate d'ammonium à 75 % en masse, est renvoyée par pompe dans le réacteur, tandis que le reste est concentré dans un évaporateur **E1**, chauffé par la vapeur d'eau produite par la réaction et provenant de **S1**.

On obtient, après séparation liquide/vapeur, une solution aqueuse de nitrate d'ammonium à 96 % (en masse), que l'on peut alors cristalliser par *prilling* ou *granulation*.



B. TRAVAIL DEMANDÉ

I. Schéma

Réaliser le schéma sur l'annexe (page 4/4, à rendre avec la copie), en suivant les indications ci-dessous et en ajoutant les accessoires indispensables au bon fonctionnement du procédé.

La solution aqueuse d'acide nitrique est mélangée à la solution aqueuse de nitrate d'ammonium recyclée ; elles sont toutes deux envoyées à la base du réacteur **R**. L'ammoniac gazeux est injecté dans la partie basse du réacteur. Le débit d'acide nitrique est régulé par le débit d'ammoniac. La pression dans le réacteur est maintenue constante par action sur le débit de vapeur sortant de **S1**.

Le mélange liquide/vapeur sortant de **R** est envoyé dans le séparateur centrifuge **S1** (cyclone). Une partie de la solution de nitrate d'ammonium est renvoyée vers le réacteur par pompe centrifuge. Le niveau dans **S1** est régulé par le débit de solution recyclée.

Le reste de la solution circule dans les tubes d'un évaporateur vertical à faisceau tubulaire long **E1**, autour desquels passe à contre-courant la vapeur d'eau provenant de **S1**. Le mélange liquide/vapeur obtenu est séparé dans le cyclone **S2**.

La solution concentrée est envoyée par pompe centrifuge vers un réservoir d'attente (à ne pas représenter). Le débit de cette solution règle le niveau dans **S2** tandis que sa densité est régulée par le débit d'entrée de la solution diluée dans l'évaporateur **E1**.

La vapeur sortant de **S2** est condensée à l'extérieur des tubes d'un échangeur à faisceau tubulaire horizontal **E2**. Sur cet échangeur, une prise de vide permet de réguler la pression dans **S2**. Le condensat est ensuite envoyé vers traitement (à ne pas représenter).

II Question de cours : l'évaporateur E1.

1. Faire le schéma descriptif d'un échangeur à faisceau tubulaire et expliquer son fonctionnement.
2. Préciser la signification de l'expression "les fluides circulent à contre-courant".
3. Indiquer le rôle du purgeur situé à la sortie du circuit de vapeur de chauffe.

III Exercices

1. Réacteur

Le débit d'ammoniac est de $10,0 \text{ t.h}^{-1}$.

1.1. Calculer le débit massique de solution aqueuse d'acide nitrique, de titre massique 58 %, nécessaire pour réagir dans les proportions stœchiométriques.

Déterminer le débit massique de nitrate d'ammonium dilué obtenu.

On rappelle que la solution de nitrate d'ammonium sortant de **S1** a un titre massique de 75 %.

1.2. La production d'une mole de nitrate d'ammonium fournit une énergie de 106 kJ.

37 % de cette énergie produite servent à vaporiser une partie de l'eau du réacteur (le reste est récupéré par une chaudière extérieure).

Calculer alors le débit horaire de vapeur saturante 5 bar (pression relative) que l'on peut obtenir en utilisant cette énergie. On considérera que seule la chaleur latente de vaporisation de l'eau est à prendre en compte.

2. Pompe de sortie du nitrate d'ammonium concentré

Le cyclone **S2** se trouve sous une pression de 200 mbar. La solution concentrée est acheminée dans un réservoir à pression atmosphérique dont le niveau est situé à une hauteur H en dessous du niveau dans **S2**.

2.1. En supposant que le transport est sans pompe (le liquide s'écoule par gravité), calculer la hauteur H minimale pour transporter le liquide.

2.2. On suppose maintenant que le transport se fait par pompe centrifuge.

Si $H = 1,0$ m, calculer la puissance que doit fournir la pompe pour transporter le liquide avec un débit de $49000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Pour ce débit, les pertes de charge totales sont équivalentes à $2,4$ m de liquide.

DONNÉES

- Masses molaires, en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$:

NH_3 : 17 HNO_3 : 63 NH_4NO_3 : 80

- Vapeur d'eau saturante :

température en $^\circ\text{C}$: $\theta = 100 \times p^{0,25}$ où p est la pression absolue en bar

chaleur latente de vaporisation en $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$: $L = 2580 - 3,1 \times \theta$

- Masse volumique la solution à 96 % de nitrate d'ammonium : $1,78 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

- Relation de Bernoulli entre deux points A et B :

$$H_{MT} + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{u_A^2}{2g} + z_A = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{u_B^2}{2g} + z_B + J$$

On ne tiendra pas compte des termes de vitesse.

- Pression atmosphérique : $1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

- Accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

