

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2004

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 5 pages dont une annexe (page 5/5) à rendre avec la copie.

Calculatrice autorisée.

TECHNOLOGIE ET SCHÉMA : SYNTHÈSE DE L'ACIDE ACÉTIQUE

A- PRINCIPE

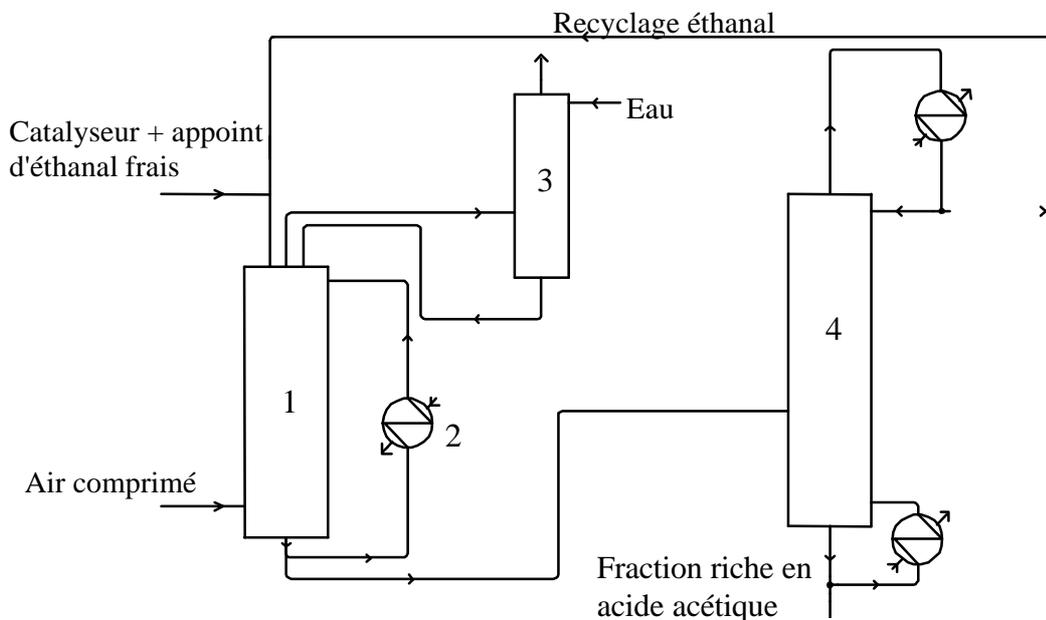
L'acide acétique (éthanoïque) peut être obtenu par oxydation catalytique de l'éthanal. Les conditions opératoires sont les suivantes : pression absolue de 10 bar et température de 70 °C.

La transformation met en œuvre la réaction suivante :



Cette réaction est effectuée en phase liquide, en présence de catalyseur à base de manganèse.

B- DESCRIPTION DU PROCÉDÉ



Le réacteur (1) est une tour cylindrique fonctionnant sous une pression de 10 bar.

Au sommet de ce réacteur sont introduits à l'aide d'une rampe de pulvérisation : l'éthanal recyclé provenant de la colonne de rectification (4), et le catalyseur (mis en solution dans un appoint d'éthanal frais). Le réacteur est alimenté en air comprimé à contre-courant. Les débits des réactifs sont maintenus constants.

La réaction étant exothermique, il faut éliminer l'énergie libérée. Pour cela, une fraction du milieu réactionnel circule, au moyen d'une pompe centrifuge, au travers d'un échangeur à faisceau tubulaire vertical (2) alimenté en eau, la circulation des fluides s'effectuant à contre-courant. Le débit du milieu réactionnel recyclé est constant et la température dans le réacteur est régulée par le débit d'eau.

Les gaz résiduels sortant du réacteur, entraînant de faibles quantités de produits et de réactifs, sont détendus et introduits dans une colonne de lavage (3). Les gaz sont ainsi lavés à l'eau avant d'être rejetés dans l'atmosphère. Le débit d'eau est fonction du résultat de l'analyse des gaz en sortie de colonne.

La solution récupérée en pied de colonne est recyclée et renvoyée, à l'aide d'une pompe centrifuge, dans le réacteur (prévoir une régulation du niveau de liquide en pied de colonne).

Le milieu réactionnel est soutiré du réacteur (1) en fonction du niveau de liquide dans (1) puis envoyé par pompe dans une colonne de rectification (4). Cette colonne fonctionne sous pression. En tête, on récupère l'éthanal non converti qui est alors recyclé dans (1). En pied, on obtient une fraction riche en acide acétique. Cette solution sera ensuite purifiée pour obtenir de l'acide acétique d'une pureté de 99,8 %.

C- TRAVAIL DEMANDÉ

I. Schéma

Représenter sur l'annexe (page 5/5, **à rendre avec la copie**) la partie de l'installation correspondant aux opérations de réaction et de lavage des gaz, soit les appareils (1), (2) et (3).

Prévoir tous les organes de contrôle, sécurité et régulation nécessaires au bon fonctionnement de l'installation.

II. Cours

1. La réaction a lieu sous une pression absolue de 10 bar. Préciser les règles de sécurité à prévoir pour les réacteurs fonctionnant sous pression.
2. Indiquer si l'opération décrite est en fonctionnement continu ou discontinu. Donner les principales différences entre ces deux types de fonctionnement.

III. Exercices (les données sont rassemblées en page 4/5)

1. Étude de la réaction

On souhaite obtenir un débit de 450 kg.h^{-1} d'acide acétique à partir d'éthanal pur et de dioxygène. Le rendement de la fabrication est de 93 %.

1.1. Calculer le débit massique d'éthanal et de dioxygène à mettre en jeu sachant que la réaction se fait dans des conditions stœchiométriques.

1.2. Déterminer le débit d'air nécessaire à introduire (en $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$), pour une température de 0°C et une pression de 1,0 bar. On admet que l'air est constitué de 20 % de dioxygène et de 80 % de diazote (pourcentage volumique).

1.3. Calculer le débit d'éthanal recyclé dans le réacteur (en kg.h^{-1}).

2. Bilans matière

Dans la colonne de rectification (4), on récupère en tête la totalité de l'éthanal non transformé et en pied un mélange eau - acide acétique de titre massique $w_e = 20\%$ en eau.

2.1. Déterminer le débit total de mélange récupéré en pied de colonne.

2.2. Par un bilan matière, calculer le débit d'eau introduit dans la colonne de lavage (3).

2.3. Calculer la composition massique en éthanal de la solution entrant dans la colonne de rectification (4).

3- Étude du transfert de la solution

La solution contenue dans le réacteur (1) est introduite dans la colonne de rectification (4) à l'aide d'une pompe centrifuge. La pression absolue de fonctionnement de la colonne est de 8,0 bar. La différence d'altitude entre la surface du liquide dans (1) et le niveau d'introduction de la solution dans (4) est de 20 m.

Les pertes de charge totales dans la canalisation sont de $6 \times 10^4 \text{ Pa}$.

3.1. En négligeant les termes de vitesse devant les termes de pression dans l'équation de Bernoulli, calculer la hauteur manométrique totale de la pompe.

3.2. Calculer la puissance électrique consommée sachant que le rendement de la pompe est de 85 %.

Remarque : pour cette partie de l'exercice, le débit d'introduction de la solution dans la colonne sera pris égal à 588 kg.h^{-1} .

DONNÉES

- **Caractéristiques des produits et réactifs :**

- Éthanal :** Masse molaire : 44 g.mol^{-1}
Température d'ébullition : $20,8 \text{ °C}$
Miscible avec l'eau.
Produit très inflammable, vapeur irritante pour les muqueuses.
- Acide acétique :** Masse molaire : 60 g.mol^{-1}
Température d'ébullition : $118,5 \text{ °C}$
Miscible en toute proportion avec l'eau.
Liquide inflammable, vapeur irritante pour les voies respiratoires.

- **Volume molaire d'un gaz (à 0 °C et sous $1,0 \text{ bar}$) :**

$$V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$$

- **Caractéristiques de l'eau :**

$$\text{Chaleur massique : } c_p = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\text{Masse volumique : } \rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

- **Caractéristique de la solution alimentant la colonne :**

$$\text{Masse volumique : } \rho = 1,20 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

- **Relation de Bernoulli entre deux points A et B :**

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

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

