

Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

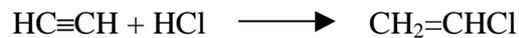
Coefficient : 3

Le sujet comporte 6 pages dont une annexe (page 6/6) à rendre avec la copie. Calculatrice autorisée.

TECHNOLOGIE ET SCHÉMA : FABRICATION DU CHLORURE DE VINYLE

A. PRINCIPE

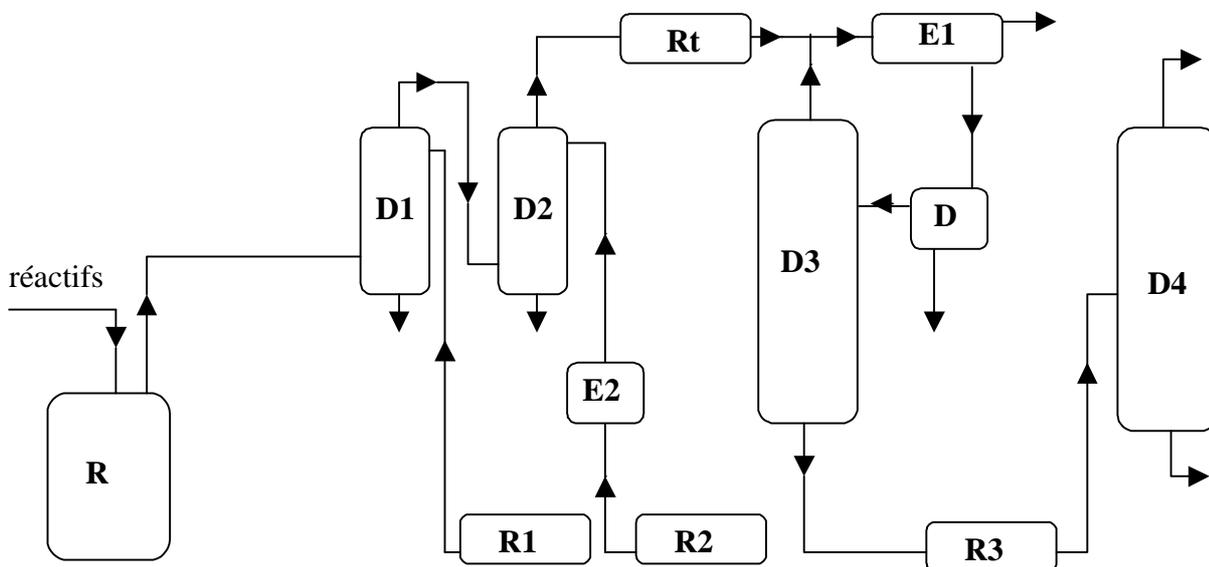
Cette fabrication s'effectue en continu, par addition de chlorure d'hydrogène sur l'acétylène (éthyne) en présence d'un catalyseur, suivant la réaction :



Les réactifs sont acheminés dans le réacteur sous forme gazeuse et que le produit issu de la réaction en sort également sous cette forme.

D'autre part, on donne l'enthalpie de la réaction $\Delta_r H = - 100 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

B. SCHEMA DU PROCÉDÉ



Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

C. DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

L'acétylène et le chlorure d'hydrogène sont acheminés en phase gazeuse sous forme anhydre dans le réacteur double enveloppe **R** contenant le catalyseur (HgCl_2 sur charbon actif). Les débits de chaque réactif gazeux sont réglés de telle manière à se trouver en léger excès de chlorure d'hydrogène.

Cette réaction s'effectue en maintenant la température constante à $180\text{ }^\circ\text{C}$ par circulation de vapeur d'eau dans la double enveloppe. La pression est également maintenue constante à 4 bar relatifs (régulation par rapport au débit sortant de gaz du réacteur).

Les gaz issus du réacteur **R** sont lavés dans des colonnes à garnissage **D1** et **D2** d'abord avec de la soude, puis avec de l'eau déminéralisée, afin d'éliminer l'excès de chlorure d'hydrogène.

La soude et l'eau sont acheminées respectivement en tête des colonnes **D1** et **D2** à l'aide de pompes centrifuges **P1** et **P2** montées en charge, les deux liquides étant contenus dans les réservoirs **R1** (à ne pas représenter) et **R2** au sol.

L'eau déminéralisée, avant introduction dans la colonne, est refroidie dans un échangeur à faisceaux tubulaires horizontal **E2** par circulation de saumure à contre-courant (régulation de température). Après passage dans un réservoir tampon **Rt**, les gaz sont comprimés à nouveau sous une pression de 8 bar relatifs (utilisation d'un compresseur à palettes) et condensés partiellement dans un échangeur à faisceau tubulaire **E1**. A la sortie de **E1**, on récupère une phase liquide et une phase gazeuse.

- La phase liquide est envoyée dans un décanteur **D**, d'où l'on sépare une phase aqueuse (envoyée vers une unité de traitement) et une phase organique légère envoyée au tiers supérieur de la colonne à plateaux **D3** (colonne de rectification avec bouilleur, fonctionnant sous une pression de 8 bar relatifs). Cette colonne produit en pied du chlorure de vinyle impur (qui est stocké dans un réservoir **R3**, à ne pas représenter) et en tête, des vapeurs que l'on envoie directement à l'entrée de l'échangeur **E1**.

- La phase gazeuse contenant essentiellement de l'acétylène non converti et un produit secondaire est acheminée vers une unité de récupération en vue d'être traitée pour un recyclage vers le réacteur **R**.

Le chlorure de vinyle impur obtenu en pied de **D3** est alors envoyé au milieu d'une colonne à garnissage **D4** pour y être rectifié.

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2001
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

D. TRAVAIL DEMANDÉ

1. Schéma

Sur le support format A4 (**annexe 1, page 6/6, à rendre avec la copie**) représenter l'installation décrite en tenant compte des indications données en pages 1/6 et 2/6, en respectant les règles de sécurité et en assurant le bon fonctionnement de l'installation.

On ne représentera pas la colonne **D4** de rectification du chlorure de vinyle.

2. Cours

- 2.1 Le réacteur fonctionne sous pression. Indiquer l'équipement de sécurité nécessaire à son bon fonctionnement.
- 2.2 On fait circuler dans la double enveloppe, de la vapeur d'eau surchauffée.
 - 2.2.1 Préciser la différence entre une vapeur surchauffée et une vapeur saturante.
 - 2.2.2 Indiquer l'intérêt de la vapeur d'eau surchauffée.
 - 2.2.3 Exécuter le schéma fonctionnel d'un générateur de vapeur à tubes d'eau.

3. Exercices

3.1 Étude du réacteur R

- 3.1.1 Calculer la puissance thermique apportée par cette réaction, d'après l'enthalpie de la réaction et sachant que l'on doit produire 225 kg de chlorure de vinyle, par heure. Préciser si la réaction est endothermique ou exothermique.
- 3.1.2 Calculer les débits massiques d'entrée de chacun des deux réactifs, sachant que l'on se trouve en excès de 5 % en masse en chlorure d'hydrogène par rapport aux conditions stœchiométriques.

Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

3.2 Étude de la pompe centrifuge P2.

3.2.1 Calculer la vitesse à laquelle est refoulée l'eau déminéralisée de la pompe **P2** vers la colonne **D2** sachant que le diamètre de la canalisation de refoulement est $d = 40$ mm et que le débit de pompage est de $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

3.2.2 Calculer la hauteur manométrique totale de la pompe centrifuge **P2** permettant d'acheminer l'eau déminéralisée de **R2** à **D2**, sachant que :

- la dénivellation entre le niveau (constant) du réservoir **R2** et le refoulement dans la colonne **D2** est de 15,0 mètres
- la pression est égale à la pression atmosphérique dans le réservoir **R2** et de 4 bar relatifs dans la colonne **D2**
- la canalisation mesure 20,0 mètres de longueur. Elle produit une perte de charge de 5 cm de fluide par mètre de tuyau droit.
- l'installation présente un coude et deux vannes induisant au total une perte de charge de 1,20 mètres de fluide. L'échangeur **E2** provoque, quant à lui, une perte de charge de 2,0 mètres de fluide.

3.2.3 Calculer la puissance que fournit la pompe au fluide.

3.3 Étude de l'échangeur E2.

Dans cet échangeur, on veut refroidir l'eau déminéralisée pompée dans **R2** de 50 °C à 10 °C par passage à contre-courant de saumure entrant dans l'échangeur à -10 °C .

3.3.1 Calculer la température de sortie de la saumure.

3.3.2 Calculer la surface S de l'échangeur.

3.3.3 En déduire le nombre de tubes de l'échangeur.

Épreuve de GÉNIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

E. DONNÉES.

Caractéristiques des produits et réactifs :

- **Chlorure de vinyle :** Masse molaire : $62,5 \text{ g.mol}^{-1}$
Gaz toxique et inflammable
- **Acétylène (éthyne) :** Masse molaire : 26 g.mol^{-1}
Gaz toxique, inflammable et corrosif.
- **Chlorure d'hydrogène :** Masse molaire : $36,5 \text{ g.mol}^{-1}$
Gaz toxique et corrosif.

Caractéristiques de l'eau : Chaleur massique : $c_p = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Masse volumique : $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

Caractéristiques de la saumure : $c_s = 3,80 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Débit de saumure $F_s = 2200 \text{ kg.h}^{-1}$

Caractéristiques de l'échangeur : Longueur d'un tube : $l = 2,0 \text{ m}$
Diamètre d'un tube : $d = 15 \text{ mm}$
Coefficient global de transfert : $K = 420 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

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

Pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 101\,325 \text{ Pa}$

Écart de température moyen logarithmique :
$$\Delta q_m = \frac{\Delta q_1 - \Delta q_2}{\ln\left(\frac{\Delta q_1}{\Delta q_2}\right)}$$

Relation de Bernoulli :
$$H_{\text{mt}} + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + J$$

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

