

BTS SESSION 1986 – 4h – Coefficient 3

Technologie – Génie chimique – Schéma

I - Technologie

On réalise la cristallisation continue, à 5°C, d'une solution de sulfate de sodium saturée à 45°C. Le débit de l'alimentation est 1 500 kg.h⁻¹.

- I.1 - A l'aide du diagramme ci-joint, déterminer quel est le sel qui cristallise.
- I.2 - Quel est le débit massique horaire de sel formé ?
Quel est le rendement de la cristallisation ?
- I.3 - Quelle est la quantité horaire de chaleur échangée au cours de cette opération ?
- I.4 - Le cristalliseur est refroidi par une saumure qui entre à -5°C et ressort à 10°C.
Quel est le débit massique horaire de cette saumure ?
- I.5 - Faire un schéma de principe de l'échangeur en justifiant le choix des sens de circulation des fluides.

Calculer la surface d'échange permettant le transfert de chaleur si le coefficient global d'échange est : $K = 2500 \text{ kJ.h}^{-1}.\text{m}^2.\text{°C}^{-1}$

Données :

- Diagramme ci-joint donnant la solubilité du sulfate de sodium dans l'eau en fonction de la température en g de Na₂SO₄ pour 100 g d'eau.
- Cp moyen de la solution de sulfate de sodium entre 60 °C et 0 °C : 3,55 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹
- Chaleur de dissolution du sel qui cristallise à 5 °C : 243 kJ.kg⁻¹
(on négligera la chaleur de dilution)
- Cp moyen de la saumure entre -5 °C et 20 °C : 3,97 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹
- Masse molaire (g/mol) : Na = 23 S = 32 O = 16

II - Schéma : Traitement d'une eau phénolée

II.1 - Introduction

Le but de cette installation est de ramener dans des limites de pollution acceptables une eau phénolée contenant 5.10⁻³ kg de phénol par dm³.

Ce traitement se fait en deux étapes :

- un prétraitement basé sur une extraction liquide-liquide par l'éther isopropylique, qui ramène la concentration en phénol à 50 mg.dm⁻³
- une dégradation sur filtre biologique qui baisse la concentration en phénol à 1 mg.dm⁻³ (valeur tolérée pour un rejet).
La valeur de 50 mg.dm⁻³ imposée à la sortie de l'extraction vient du fait que les installations de traitement par voie biologique ne peuvent pas dégrader des effluents trop chargés en matières organiques.

La partie épuration biologique n'est pas à représenter. Le travail portera essentiellement sur la partie prétraitement.

II.2 - Description du procédé

Toute l'installation travaille en continu. La partie prétraitement comprend :

- une extraction liquide-liquide amenant le raffinat à la teneur de 50 mg.dm^3 (Colonne D_1)
- une colonne de rectification (D_2) traitant l'extrait ; on peut ainsi recycler le solvant et récupérer le phénol.
- une colonne d'épuisement par entraînement à la vapeur d'eau (C_3) permettant de traiter le raffinat afin de récupérer le solvant entraîné.

II.2.1 - Extraction liquide-liquide : D_1

Elle a lieu dans une colonne à disques perforés (plateaux) pulsés mécaniquement.

L'alimentation en eau à traiter se fait à partir d'un bac de stockage (R_1) par l'intermédiaire d'une pompe centrifuge. Le débit est fixé à $10 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$

L'alimentation en solvant (éther isopropylique) est faite à partir d'un réservoir de stockage (R_2) par l'intermédiaire d'une pompe doseuse.

La phase légère sortant de la colonne par débordement est récupérée dans un bac tampon (R_3). La sortie de la phase lourde, stockée dans un bac tampon (R_4), est régulée automatiquement à partir de la position de l'interface en tête de colonne.

II.2.2 - Récupération du solvant et du phénol : D_2

L'extrait provenant du bac tampon R_3 est, après passage dans un préchauffeur, envoyé au tiers supérieur de la colonne de rectification par l'intermédiaire d'une pompe.

Cette colonne à plateaux (D_2) est chauffée par un bouilleur à faisceau tubulaire vertical monté en thermosiphon, alimenté par un fluide thermique à 230°C (gilotherm ALD par exemple). Une régulation automatique fixe la température en fond de colonne à 182°C .

A la sortie de cette colonne le phénol est dirigé vers un réservoir maintenu à 50°C (R_5), et l'éther est recyclé vers le bac R_2 .

II.2.3 - Récupération de l'éther entraîné dans le raffinat : D_3

Avant d'être dirigé vers le filtre biologique le raffinat est traité par entraînement à la vapeur (épuisement simple), afin d'être débarrassé du solvant qu'il contient.

Cette opération a lieu dans une colonne (D_3) à garnissage. Le raffinat (alimentation) provenant de R_4 est introduit en tête de colonne et la vapeur dans la phase liquide en fond de colonne. Le résidu de cette colonne est, après refroidissement dirigé vers le filtre biologique. Ce refroidissement est assuré par l'alimentation et permet de récupérer l'énergie calorifique emportée par le résidu (économie d'énergie).

II.3 - Travail demandé

II.3.1 - En se limitant aux opérations des parties 1 et 2, représenter le schéma de procédé de cette installation en respectant la schémathèque 2004, sur une feuille double (format A3) quadrillé, petits carreaux.

Représenter tous les appareils de contrôle, régulation et sécurité nécessaires au bon fonctionnement.

Du fait de la présence de phénol et d'éther isopropylique, les réservoirs de stockage et la colonne d'extraction seront sous atmosphère d'azote. La pression sera fixée par l'intermédiaire d'une soupape hydraulique.

II.3.2 - Questions complémentaires :

- a) pourquoi le chauffage de la colonne D₂ est-il assuré par un fluide thermique liquide et non par de la vapeur d'eau saturante ?
- b) pourquoi doit-on refroidir l'eau avant de l'envoyer sur le filtre biologique
- c) pourquoi peut-on faire un entraînement à la vapeur dans D₃

II.4 - Données**Caractéristique des produits :**

- phénol : densité : 1,071
 point d'ébullition sous 1 bar : 182 °C
 point de fusion sous 1 bar : 41 °C
- éther isopropylique :
 densité : 0,725
 point d'ébullition sous 1 bar : 67,5 °C
- eau : densité : 1
 point d'ébullition sous 1 bar : 100 °C

Solubilité de Na_2SO_4 dans l'eau