)Problème 4. Corrigé

## Question 1

Le débit massique de gaz à l’entrée de la colonne , exprimé en kg/s, se calcule à partir du débit d’entrée exprimé en Nm3/h par :

où *R* est la constante des gaz parfait (exprimée en J/(mol.K)), *pN* la pression dans les conditions normales (exprimée en Pa), *TN* la température dans les conditions normales (exprimée en K) et la masse molaire moyenne du gaz d’entrée (exprimée en mol/kg). est calculé à partir de la composition du gaz d’entrée exprimée en terme de fraction molaire par :

La fraction massique de CO2 dans le gaz d’entrée (en kg de CO2 par kg de gaz) se calcule à partir de la fraction molaire de CO2 par:

où est la masse molaire du mélange de gaz constituant le gaz inerte. Elle se calcule à partir de la composition du gaz d’entrée exprimée en terme de fraction molaire par :

De même, la fraction massique de CO2 dans le gaz en sortie (en kg de CO2 par kg de gaz) se calcule à partir du pourcentage molaire de CO2 imposé la réglementation par:

Le gaz inerte n’est pas absorbé par la solution. Son débit massique est donc conservé tout au long de la colonne (contrairement à sa fraction massique). Le bilan sur le débit massique de gaz inerte donne :

On en déduit le débit massique de gaz en sortie (en kg/s) :

Le bilan sur le débit massique de gaz donne :

On en déduit immédiatement le débit massique (en kg/s) global d’absorption de CO2:

Nous notons respectivement et la fraction massique de CO2 dissous (exprimée en ) sous forme de carbamate dans le liquide d’entrée et le liquide de sortie. Cette fraction massique est définie comme la masse de CO2 dissous par unité de masse de solution.

Supposons 1 kg de solution qui ne contient pas de CO2 dissous. Par définition de , cette solution contient kg de MEA et kg d’eau. Lorsqu’on dissous dans cette solution une masse de de CO2 de façon à atteindre un taux de charge , la masse de solution devient kg. La fraction massique de CO2 dissous est donc donnée par :

Pour rappel, est le nombre de moles de CO2 dissous par mole de MEA en solution. Dès lors, le nombre de kg de CO2 dissous par kg en MEA en solution est donné par . Or cette solution kg de MEA, par conséquent .

On en déduit immédiatement:

De même :

Remarquons qu’on peut également en déduire les fractions massiques en MEA libre (en kgMEA/kgsolution) à l’entrée et à la sortie. Etant donné la stœchiométrie de la réaction (une mole de CO2 réagit avec 2 moles de MEA), l’absorption de kg de CO2 conduit à la consommation de kg de MEA. Par conséquent, une solution dont le taux de charge vaut contient kg de MEA et la masse de cette solution vaut . On en déduit donc :

Le bilan sur le débit massique de liquide donne :

Le bilan sur le débit massique de CO2 dissous en phase liquide :

On en déduit le débit massique de liquide nécessaire pour absorber la quantité demandée de CO2 :

On trouve . Compte tenu que , cela correspond à .

## Question 2

Nous reprenons les notations utilisées au Tableau 3.

Par définition, les vitesses superficielles du liquide et du gaz sont calculées par :

où est la section de la colonne (en m2).

On déduit de l’expression suivante :

Connaissant , on utilise l’expression suivante pour calculer :

On a . Dès lors, on peut en déduire la vitesse superficielle de gaz à l’engorgement (en m/s) connaissant en utilisant cette expression sous la forme :

De plus, connaissant , on peut calculer et . En utilisant la condition sur la perte de charge linéique dans le gaz da ns l’expression , on obtient l’équation suivante :

On utilise la racine positive de cette équation quadratique en qui s’écrit:

A partir de là, on peut alors calculer la vitesse superficielle du gaz en réécrivant l’équation sous la forme :

La section de la colonne (en m2) s’obtient par :

On en déduit immédiatement le diamètre de la colonne (en m) par :

On trouve .

## Question 3

Le bilan sur le débit massique de gaz sur une tranche [z;z+dz] de la colonne s’écrit :



Le bilan sur le débit massique de CO2 gazeux sur une tranche [z;z+dz] de la colonne s’écrit :



Le bilan sur le débit massique de liquide sur une tranche [z;z+dz] de la colonne s’écrit :

En phase liquide, étant donné la stœchiométrie de la réaction avec la MEA, pour chaque mole de CO2 absorbé, deux moles de MEA libre sont consommées et transformées en une mole de MEA protonée et une mole de carbamate. En outre, la masse d’une mole de CO2 est de g et la masse d’une mole de MEA est de g. On peut donc dire qu’à chaque g de CO2 absorbé, il y a g de MEA libre qui sont consommés. Dès lors, le taux de consommation de MEA libre à la hauteur z dans le liquide suite à l’absorption de CO2, exprimé en kg de MEA par unité de temps et de hauteur de colonne, se calcule par :

Le bilan sur le débit massique de MEA libre dans le liquide sur une tranche [z;z+dz] de la colonne s’écrit :

Pour pouvoir résoudre ce système, il faut pouvoir expliciter . On a

On trouve grâce à la corrélation :

La vitesse superficielle du liquide (en m/s) est calculée par :

est quant à lui calculé par :

La pression est calculé, connaissant la perte de charge linéique et la pression d’entrée initiale, par :

La fraction molaire de CO2 dans le gaz déduit immédiatement de la fraction massique par :

Pour le coefficient de transfert global à la hauteur z, , on trouve une expression à partir de l’équation :

En utilisant dans cette équation, on trouve :

En réinjectant ce résultat dans l’équation pour , on trouve:

Le coefficient de transfert gaz-liquide global se calcule donc par :

On calcule les coefficients de transferts en phase liquide et en phase gazeuse (exprimés en m/s) en utilisant les corrélations :

Le facteur d’accélération est quant à lui calculé en utilisant la corrélation :

avec

Pour rappel, la concentration molaire en CO2 dans la phase gazeuse (en mol/m3) est calculée par :

La concentration molaire en MEA libre dans la phase liquide (en mol/m3) se déduit de sa fraction massique par

## Question 4

On résout les EDPs trouvées à la question 3 en utilisant en fonction de la hauteur avec les conditions initiales en suivantes :

Pour trouver la hauteur de colonne requise, on cherche la hauteur telle que la fraction massique en CO2 dans le gaz à cette hauteur correspondent à la valeur imposée par la réglementation. Autrement dit, on cherche telle que :

On trouve .