

CORRIGE Exercice 1 PROCEDES

Dans toute l'installation, les flux contenant des levures sont L_1 , L_3 , L_7 et L_9 ; les levures ne sont pas dissoutes dans le liquide (majoritairement de l'eau), elles y sont en suspension. Le liquide composant les flux L_1 , L_3 , L_7 et L_9 contient toujours de l'eau et du glucose. Il contient aussi de l'alcool pour le flux L_3 .

I) CALCUL DES DEBITS VOLUMIQUES

Les débits q_0 et q_1 sont égaux car on néglige la vaporisation de l'eau dans les réacteurs :

$$q_0 = q_1 = 5500 \text{ L/h}$$

Dans le réacteur 2 (fermenteur), le débit q_1 s'ajoute au débit q_2 : $q_3 = q_1 + q_2 = 19500 \text{ L/h}$

II) CALCUL DES DEBITS MASSIQUES

1) Débit massique L_3 :

La masse volumique des liquides dans toute l'installation est $\rho = 1 \text{ kg/L}$.

Le débit massique est le produit du débit volumique par la masse volumique.

$$L_3 = q_3 \rho = 19500 \text{ kg/h}$$

2) Débit massique L_5

Le flux L_5 est la production d'éthanol pur du système soit 1700 kg/h

$$L_5 = 1700 \text{ kg/h}$$

3) Débits massiques L_4 et L_6

Dans la déshydratation le bilan matière en masse totale par unité de temps donne :

$$L_4 = L_5 + L_6$$

Le bilan de la déshydratation en masse d'éthanol par unité de temps s'écrit :

$$L_4 E_4 = L_5 E_5 + L_6 E_6$$

E_4 , E_5 et E_6 sont les fractions massiques en éthanol dans les flux L_4 , L_5 et L_6 .

On a : $E_4 = 0,94$ $E_5 = 1$ (éthanol pur) $E_6 = 0$ (eau pure)

On a donc un système de deux équations à deux inconnues L_4 et L_6

$$L_4 = 1700 / 0,94 = 1808,5 \text{ kg/h} \quad \text{et} \quad L_6 = L_4 - L_5 = 108,5 \text{ kg/h}$$

4) Débit massique L_7

On fait un bilan en masse totale/h sur la colonne à distiller.

$$L_3 = L_4 + L_7 \quad \text{donc} \quad L_7 = 17691,5 \text{ kg/h}$$

5) Débits massiques L_8 et L_9

On va considérer l'évaporation.

Bilan en masse totale par unité de temps : $L_7 = L_8 + L_9$

Par ailleurs la masse de levure par unité de temps dans L_9 est égale à la masse de levures par unité de temps dans L_7 et dans L_3 .

La masse de levures par unité de temps dans L_3 est $q_3 X_3$.

On sait que la fraction massique des levures dans le flux L_9 est $MS_9 = 60\%$ (matière sèche dans le flux L_9).

Le bilan en levures par unité de temps est donc $q_3 X_3 = MS_9 \cdot L_9$

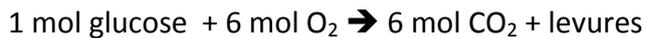
Ce qui donne **$L_9 = 162500 \text{ g/h} = 162,5 \text{ kg/h}$**

Le bilan matière total donne : $L_8 = L_7 - L_9$; soit **$L_8 = 17529 \text{ kg/h}$**

III) CALCULS DES DEBITS DE GAZ

1) Réacteur 1

Pour calculer les débits de gaz du 1^{er} réacteur, on va considérer la stoechiométrie de la réaction de production de levure :



Pour connaître la quantité de O_2 consommée et celle de CO_2 produite, on doit calculer la quantité de glucose consommée par unité de temps.

Un bilan en glucose sur le premier réacteur permet de la calculer. La masse de glucose consommée par heure dans ce 1^{er} réacteur est reliée à la quantité de levures produites par heure :

(masse glucose consommée/h) = (masse de levures produites/h) * (taux de conversion Y_{AE})

$$\text{(masse glucose consommée /h)} = q_3 X_3 Y_{AE} = 121,9 \text{ kg/h}$$

Nb de mol de glucose consommées /h = $121,9 / 180 = 0,677 \text{ kmol/h}$

Nb de mol de O_2 introduites dans le réacteur 1/h = $6 * 0,677 = 4,06 \text{ kmol/h}$

Nb de mol d'air introduites dans le réacteur 1/h = $4,06 / 0,21 = 19,35 \text{ kmol/h}$

$$G_0(O_2) = 4,06 \text{ kmol/h} = 129,9 \text{ kg/h}$$

$$G_0(N_2) = 0,79 * 19,35 = 15,3 \text{ kmol/h} = 428,4 \text{ kg/h}$$

$$G_1(N_2) = G_0(N_2) = 15,3 \text{ kmol/h} = 428,4 \text{ kg/h}$$

$$G_1(CO_2) = G_0(O_2) = 4,06 \text{ kmol/h}$$

$$G_1(CO_2) = 178,8 \text{ kg/h}$$

2) Réacteur 2

Le nombre de moles de CO_2 produites par unité de temps est égal au nombre de mol d'éthanol produites par unité de temps (stoechiométrie).

$$G_2(CO_2) = \text{nb mol alcool produites/h} = 1700/46 = 37,0 \text{ kmol/h} = 1626,1 \text{ kg/h}$$

IV) CALCUL DES CONCENTRATIONS ET FRACTIONS MASSIQUES

1) Calcul de la concentration en glucose S_1

Bilan en glucose/h du 1^{er} réacteur :

$$q_0 S_0 = q_1 S_1 + q_3 X_3 Y_{AE}$$

$$S_1 = S_0 - q_3 X_3 Y_{AE} / q_0 = 167,8 \text{ g/L}$$

2) Calcul de la concentration en glucose S3

La quantité de sucre consommée dans le deuxième réacteur par unité de temps est liée à la quantité d'éthanol produite par unité de temps ($= q_3 C_{E3}$ avec C_{E3} concentration éthanol) par le rendement de conversion Y_{AN} . Rappelons que $q_3 C_{E3} = 1700 \text{ kg/h} = 1700 \cdot 10^3 \text{ g/h}$.

On obtient donc le bilan du 2^{ème} réacteur en glucose :

$$q_1 S_1 + q_2 S_0 = q_3 S_3 + q_3 C_{E3} Y_{AN}$$

$$S_3 = q_1 S_1 / q_3 + q_2 S_0 / q_3 - q_3 C_{E3} Y_{AN} / q_3$$

$$S_3 = 5500 \cdot 167,8 / 19500 + 14000 \cdot 190 / 19500 + 1700 \cdot 10^3 / 19500$$

$$S_3 = 9,4 \text{ g/L}$$

3) Calcul de la concentration en levures X1

Dans le cadre du 2^{ème} réacteur (fermenteur), la masse de levures entrant par unité de temps dans ce réacteur est égale à la masse de levures sortant par unité de temps de ce réacteur

On a donc :

$$q_1 X_1 = q_3 X_3 \quad X_1 = 17,7 \text{ g/L}$$

4) Fraction massique d'éthanol dans L3

La quantité d'éthanol produite par unité de temps 1700 kg/h peut s'écrire de deux façons :

- une 1^{ère} façon déjà vue plus haut avec le débit volumique et la concentration $q_3 C_{E3}$
- une deuxième façon avec le débit massique et la fraction massique $L_3 E_3$

$$L_3 E_3 = 1700 \text{ kg/h} \quad E_3 = 0,087$$