

Série n°02– Synthèse de l’ammoniac

Problème

On étudie la synthèse de l’ammoniac réalisée industriellement selon la réaction : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrow 2NH_{3(g)}$

Le schéma général d’un atelier fonctionnant en régime stationnaire est donné en figure 1. La majeure partie de l’ammoniac formée dans le réacteur (R) est condensée en (C₀). La production a lieu après condensation, en (D). Une boucle de recyclage (F) permet de reprendre le gaz de synthèse qui n’a pas réagi. La purge, en (E) élimine en continu les inertes : Argon, Méthane ...etc. On demande de compléter le schéma de la figure 01, pour un débit d’appoint de 1000 moles /h.

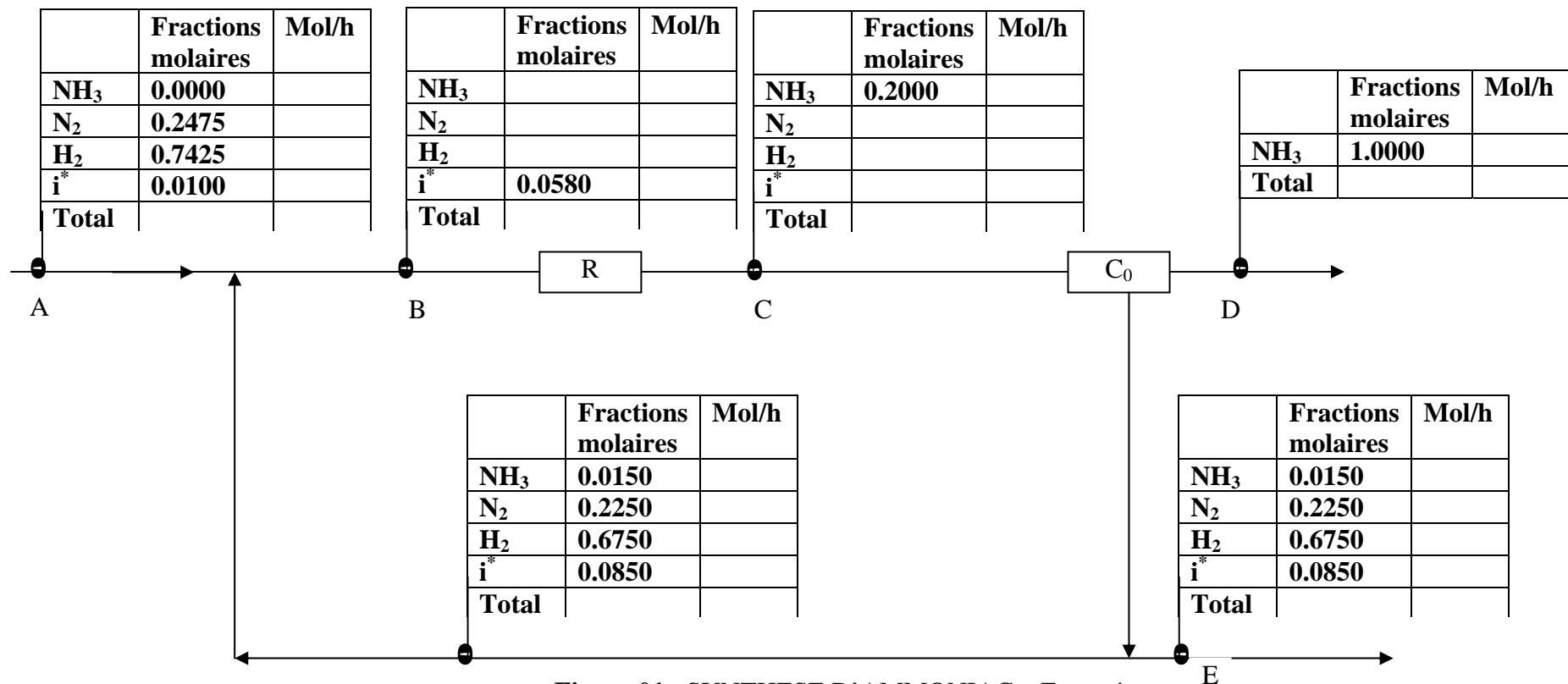


Figure 01 : SYNTHÈSE D'AMMONIAC – Enoncé.

en fin:

1) Bilan de matière d'après le schéma général du procédé (1). $i_R = i_B + i_F$
 $i_F = i_R - i_B$ \Rightarrow $i_F = i_B$

Le bilan est effectué pour un débit d'appoint de 1000 mol/h.

calcul du débit de gaz de purge, E:

Le nombre de mol d'inerts de l'appoint, i_A^* , est égal au nombre de mol d'inerts de la purge, i_F .

$i_A = 1000 \times 0,01 = 10 \text{ mol/h}$?

Rq
$$\begin{cases} I_B^* = I_F^* + I_A^* & \text{--- (1)} \\ I_B^* = I_C^* = I_E^* + I_F^* & \text{--- (2)} \\ I_E^* + I_F^* = I_F^* + I_A^* \Rightarrow I_A^* = I_E^* \end{cases}$$

On peut donc déduire le débit de purge, de la valeur de $i_F = 10 \text{ mol/h}$, puisque l'on connaît la teneur molaire correspondante 0,0850.

Debit molaire de purge: $E = \frac{10}{0,0850} = 117,642 \text{ mol/h}$.

relations: i_F (débit nombre de mol d'inerts) = E (débit molaire de purge) \times i_F^* (teneur molaire)

Ammoniac

$$i_A^* = \frac{i_F}{E} = \frac{\text{mol}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{h}}{\text{mol}}$$

les débits molaire de chacun des constituants de ce courant sont donc les suivants:

$N_{H_3F} = 117,642 \times 0,0150 = 1,76 \text{ mol/h}$

$N_{N_2F} = 117,642 \times 0,225 = 26,47 \text{ mol/h}$

$N_{H_2F} = 117,642 \times 0,685 = 80,59 \text{ mol/h}$

i_F : 117,64 mol/h

Total

Calcul du débit d'ammoniac produit, D:

Les débits de l'appoint, A, sont calculables:

$$NH_3 = 1000 \times 0 = 0 \text{ mol/h}$$

$$N_2 = 1000 \times 0,2475 = 247,5 \text{ mol/h}$$

$$H_2 = 1000 \times 0,7425 = 742,5 \text{ mol/h}$$

$$i_A = 1000 \times 0,01 = 10 \text{ mol/h}$$

$$A = 1000,02 \text{ mol/h}$$

Le nombre de mol de N_2 qui on réagit est égal à la différence

$$\Rightarrow N_{2A} - N_{2F} = N_{2\text{réagi}}$$

$$N_{2A} - N_{2F} = 247,50 - 26,47 = 221,03 \text{ mol/h}$$

Le débit molaire d'ammoniac produit est donc, d'après la réaction

de formation:

$$NH_3 = 221,03 \times 2 = 442,06 \text{ mol/h}$$

Calcul des débits molaires en B et F.

$$B = A + F = 1000 + F$$

et:

$$i_B = i_A + i_F$$

$$\text{soit: } B \cdot 0,058079 = A \cdot 0,01 + 0,0850 \cdot F$$

$$B \cdot 0,058079 = 10 + 0,0850 \cdot F$$

et; en remplaçant F par $B - 1000$

$$B \cdot 0,058079 = 10 + 0,0850 (B - 1000).$$

$$B \cdot 0,051029 = 10 + 0,0850 B - 85.$$

$$-10 + 85 = B(0,0850 - 0,051029)$$

$$75 = 0,033971 B \rightarrow B = 2208,93 \text{ mol/B.}$$

d'où :

$$F = 1785,93 \text{ mol/B.}$$

Ce qui conduit aux débits suivants pour ces deux courants :

Courant de recyclage, F :

$$N_{H_2O} F = 1785,93 \times 0,0150 = 26,79 \text{ mol/B.}$$

$$N_{CO_2} F = \quad \quad \quad \times 0,2250 = 401,83 \text{ mol/B.}$$

$$N_{H_2} F = \quad \quad \quad \times 0,6750 = 1205,50 \text{ mol/B.}$$

$$i_F = \quad \quad \quad \times 0,0850 = 151,80 \text{ mol/B.} \quad *$$

$$N_{in} F = \text{Total } F = \underline{\quad\quad\quad} = 1785,93 \text{ mol/B.}$$

Connaissant l'entrée, B, dans le réacteur, sachant que $B = D + F$.

$$N_{H_2O} B = N_{H_2O} D + N_{H_2O} F = 0 + 26,79 = 26,79 \text{ mol/B.}$$

$$N_{CO_2} B = N_{CO_2} D + N_{CO_2} F = 247,50 + 401,83 = 649,33 \text{ mol/B.}$$

$$N_{H_2} B = N_{H_2} D + N_{H_2} F = 242,50 + 1205,50 = 1548,00 \text{ mol/B.}$$

$$i_B = i_D + i_F = 10 + 151,80 = 161,80 \text{ mol/B.}$$

$$N_{in} B = \text{Total } B = \underline{\quad\quad\quad} = 2208,93 \text{ mol/B.}$$

avec: $i_B^* = \frac{i_B}{B} = \frac{161,80}{2785,92} = 0,05808 \approx 0,5808\%$

Calcul des Tenen en B et C:

Tenen des G court B:

$$NH_3 B = \frac{26,79}{2785,92} = 0,00962$$

$$N_2 B = \frac{649,33}{2785,92} = 0,23309$$

$$H_2 B = \frac{1945,20}{2785,92} = 0,69923$$

$$i_B = \frac{161,80}{2785,92} = 0,05808$$

Total $\rightarrow 1,0001$

$$D = C + F$$

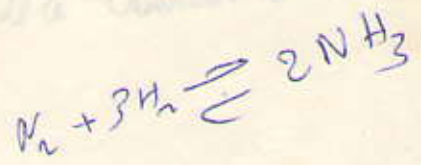
$$C = D - F$$

Contract C: $NH_3 C + NH_3 B =$

$$NH_3 C = 442,06 + 26,79 = 468,85 \text{ mol/B.}$$

$$N_2 C = N_{2B} - (N_{2A} - N_{2E}) =$$

$$H_2 C = H_{2B} - 3 \times (N_{2A} - N_{2E}) =$$



$$i_C = i_B$$

$$NH_3 C = \text{NH}_3 + NH_3 \text{ From } 442,06 + 26,79 = 468,85 \text{ mol/B.}$$

$$N_2 C = N_{2B} - [N_2 = (N_{2A} - N_{2E})] = 649,33 - 221,03 = 428,30$$

$$H_2 C = H_{2B} - 3(N_{2A} - N_{2E}) = 1945,00 - 3 \times 221,03 = 424,91 \text{ mol/B.}$$

$$i_C = i_B = 16480 \text{ mol/B.}$$

$$(4) \text{ Total} = 2343,86 \text{ mol/B.}$$