

Sujet n°19 - C.C.P. MP - 2005

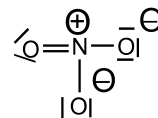
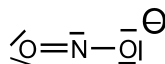
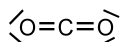
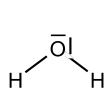
Mady REYNAUD - Lycée Bergson (Angers) - mady.reynaud@wanadoo.fr

Épreuve parfois trop détaillée surtout en A-1, avec de nombreux calculs pour 2H, calculs essentiellement autour d'un bilan de matière. Épreuve abordant les programmes des deux années (2/3 de l'épreuve concerne le programme de première année).

Partie A

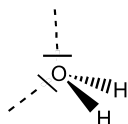
A-1-1) $1\text{H} : 1s^1 ; 6\text{C} : 1s^2 2s^2 2p^2 ; 7\text{N} : 1s^2 2s^2 2p^3 ; 8\text{O} : 1s^2 2s^2 2p^4$.

A-1-2)

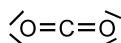


A-1-3) et A-1-4)

$\text{H}_2\text{O} : \text{AX}_2\text{E}_2$ ⚡ molécule coudée.



$\text{CO}_2 : \text{AX}_2\text{E}_0$ ⚡ molécule linéaire.



A-1-5) et A-1-6)

$:\text{AX}_2\text{E}_1$ ⚡ anion coudé.

$:\text{AX}_3\text{E}_0$ ⚡ anion plan.

A-2-1) Dans CO_2 , n.o. de C = +IV.

Dans $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, n.o. de $\text{C}(\text{CH}_3)$ = -III et n.o. de $\text{C}(\text{CH}_2)$ = -I.

Remarque concernant la rédaction de la question : on demande le n.o. du C de l'éthanol mais les deux carbones ne sont pas dans le même état d'oxydation.

A-2-2) .

A-2-3) $(1)+3*(2)$ donne .

A-2-4) Quantité de matière d'éthanol (de masse molaire M_e) dans l'effluent :

D'après (3), quantité de matière de dioxygène (de masse molaire) nécessaire : d'où une masse

A.N. :

Quantité d'air nécessaire : d'où un volume d'air

A.N. :

A-3-1) Dans , n.o. de N = +III.

A-3-2) .

A-3-3) $5*(1)+6*(4)$ donne .

A-3-4) Quantité de matière de nitrate (de masse molaire M_n) dans l'effluent : .

D'après (5), quantité minimale d'éthanol nécessaire : d'où une masse minimale .

A.N. :

Partie B

L'activité des espèces en solution aqueuse sera assimilée à leur concentration exprimée en mol.L^{-1} .

B-1. .

B-2.

pH de l'effluent désormais maintenu à pH = 9,5.

B-3-1) A.N. :

Autre solution : à pH = 9,5, on pouvait négliger les termes $[H_3PO_4]$, $[H_2PO_4^-]$ et $[PO_4^{3-}]$ soit $C_p = [HPO_4^{2-}]$ et on a

$$[PO_4^{3-}] = \frac{K_{a3} C_p}{[H_3O^+]}$$

alors

B-3-2) A.N. :

B-3-3-1) Il y a précipitation de la struvite si c'est-à-dire .

Dans un volume V d'effluent il faut donc introduire une masse minimale A.N. : $m_{MgCl_2} = 176 \text{ g}$.

B-3-3-2) Dans l'état final, à pH = 9,5, il reste $C_{p,f} = 0,1C_p$ de phosphore et on a donc consommé $0,9C_p$ de phosphore et d'azote ammoniacal d'après l'équation de la réaction de précipitation de la struvite soit $[HPO_4^{2-}] = C_{p,f} = 0,1C_p$ et $[NH_4^+] + [NH_3] = C_{N,f} = C_N - 0,9C_p$.

À partir de B-3-1 et B-3-2, on obtient $[PO_4^{3-}] = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ et $[NH_4^+] = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ soit $[Mg^{2+}] =$

$$\frac{K_{S_1}}{[PO_4^{3-}][NH_4^+]} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ (concentration résiduelle dans l'effluent dans l'état final à pH = 9,5).}$$

Pour consommer $0,9C_p$ de phosphore et d'azote ammoniacal, il faut donc consommer $0,9C_p$ de Mg^{2+} d'après l'équation de la réaction de précipitation de la struvite soit $[Mg^{2+}]_i = [Mg^{2+}] + 0,9C_p$ et pour un volume V

$$\text{d'effluent } m_{MgCl_2} = [Mg^{2+}]_i \times V \times M_{MgCl_2}.$$

A.N. : $m_{MgCl_2} = 4,02 \text{ kg}$.

Avec $[Mg^{2+}] = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, on vérifie que . Il n'y a donc pas précipitation de $Mg(OH)_2(s)$.

B-3-4) Il n'y a pas précipitation de $Mg(OH)_2(s)$ si soit avec (précipitation de la struvite).

Soit x la concentration de phosphore précipité sous forme de struvite. À partir de on obtient en fonction de x (Q B-3-1) ; à partir de on obtient en fonction de x (Q B-3-2).

La résolution de l'inéquation conduit à $x_{\max} = 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ soit une fraction maximale de phosphore = .

Partie C

C-1-1) .

Soit n_A la quantité de matière gazeuse d'un volume V d'effluent A, avec et .

A.N. : .

C-1-2) .

. A.N. : .

C-1-3) .

. A.N. : .

C-1-4) En une seconde un volume $V = 15 \text{ m}^3$ d'effluent A est traité ; il contient de gaz i.

Le bilan de matière à l'entrée de l'incinérateur est donc :

D'après les équations (1) et (2), le bilan de matière à la sortie de l'incinérateur est :

;
;
; .

C-1-5) L'incinérateur est parfaitement calorifugé et il fonctionne de façon isobare soit $\Delta H = Q = 0$ avec l'effluent A entrant à 25°C et l'effluent traité sortant à t_f .

avec .

A.N. : $t_f = 810^\circ\text{C}$.

C-1-6-1) L'effluent A est maintenant à 450°C à l'entrée de l'incinérateur soit avec la question précédente . A.N. :

$t_{s,\text{inc}} = 1235^\circ\text{C}$.

C-1-6-2) L'effluent A est à 25°C à l'entrée de l'échangeur et à 450°C à sa sortie ; l'effluent traité entre à $t_{s,inc}$ dans l'échangeur et en sort à $t_{s,éch}$; l'échangeur de chaleur est parfaitement calorifugé et fonctionne de façon isobare soit $\Delta H = Q = 0$

avec .

A.N. : $t_{s,éch} = 818^{\circ}\text{C}$.

C-2-1) Composé 1 = propan-1-ol ; composé 2 = éthylbenzène.

Lecture graphique de $t_{éb}(2)$ en $x_1 = 0$ soit $t_{éb}(2) = 136^{\circ}\text{C}$.

Le propan-1-ol est le composé le plus volatil car $t_{éb}(1) < t_{éb}(2)$.

C-2-2) Mélange tel que $x_2 = 0,4$ soit $x_1 = 0,6$.

Lecture graphique de la température de rosée sur la courbe de rosée en $x_1 = 0,6$ soit $t = 109,5^{\circ}\text{C}$.

À 110°C composition de la première goutte de liquide obtenue lue sur la courbe d'ébullition soit .

C-2-3) Pour $x_2 = 0,4$ soit $x_1 = 0,6$, on veut ; par lecture graphique on obtient $t = 105^{\circ}\text{C}$.

Par lecture graphique on obtient sur la courbe de rosée .

Par application du théorème des segments inverses avec et soit = 13,2 mol.

C-2-4) Le mélange de composition massique $w_1 = 0,3$ et $w_2 = 0,7$ correspond à une composition molaire avec $M_1 = 60,097 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M_2 = 106,168 \text{ g.mol}^{-1}$ soit $x_1 = 0,43$.

Par lecture graphique on obtient sur la courbe de rosée .

Par lecture graphique on obtient sur la courbe d'ébullition .

On obtient la fraction massique w_1 à partir de la fraction molaire x_1 par la relation .

Par application du théorème des segments inverses avec = 10 kg soit $m^l = 4,2 \text{ kg}$.