

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h35

EXERCICE 1 : 9 points

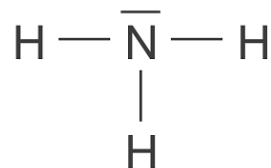
ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui « type collège »

EXERCICE 1 L'ammoniac un futur carburant pour les transports maritimes

1. Étude de la molécule et de ses propriétés chimiques

Q.1.



Q.2.

$$\Delta\chi = \chi(\text{N}) - \chi(\text{H})$$

$$\Delta\chi = 3,04 - 2,20$$

$$\Delta\chi = 0,84$$

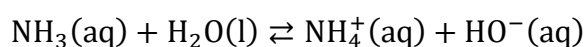
La différence d'électronégativité entre l'azote et l'hydrogène est supérieure à 0,4 : les liaisons sont polarisées.

L'eau est un solvant polaire. Le caractère polaire de la molécule d'ammoniac peut expliquer la grande solubilité de l'ammoniac dans l'eau.

Q.3.

Selon Bronsted : Une base est une espèce chimique capable de capter un ou plusieurs proton(s) H^+ .

Q.4.



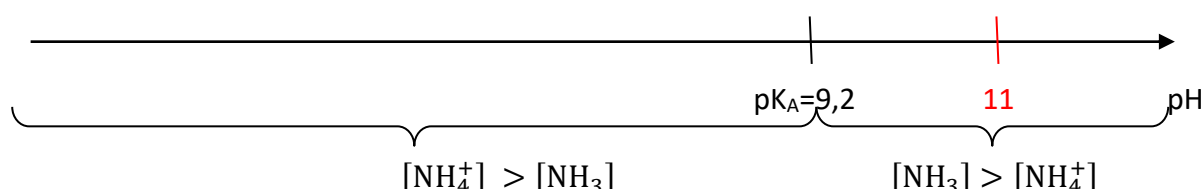
Q.5.

L'ion HO^- apparait, la solution devient basique. Le BBT prend sa teinte basique : la solution devient bleue.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 – 4,4	Jaune
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 – 6,2	Jaune
Bleu de bromothymol ou BBT	Jaune	6,0 – 7,6	Bleu
Thymolphaléine	Incolore	9,3 – 10,5	Bleu

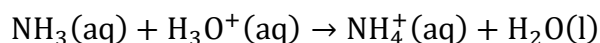
Q.6.

Diagramme de prédominance :



Pour $\text{pH}=11$, l'ammoniac NH_3 est prédominant.

Q.7.



Q.8.

$$\text{pHeq}=5,5$$

Pour choisir un indicateur coloré, il faut que le pHeq soit dans sa zone de virage.

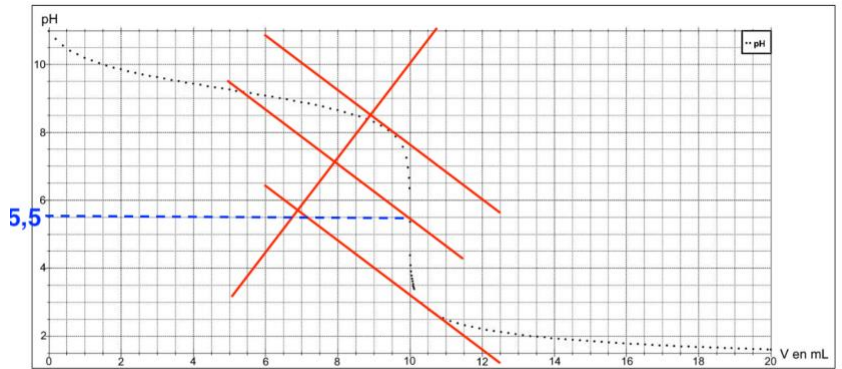
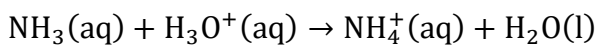


Figure 1 : courbe simulée du titrage de 20,0 mL de la solution aqueuse d'ammoniac par l'acide chlorhydrique de concentration 0,100 mol·L⁻¹.

Le rouge de méthyle contient pHeq dans sa zone de virage. Ainsi, le rouge de méthyle convient comme indicateur coloré pour ce titrage.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 – 4,4	Jaune
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 – 6,2	Jaune
Bleu de bromothymol ou BBT	Jaune	6,0 – 7,6	Bleu
Thymolphthaléine	Incolore	9,3 – 10,5	Bleu

Q.9.

A l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$\frac{n_i(\text{NH}_3)}{1} = \frac{n_{\text{eq}}(\text{H}_3\text{O}^+)}{1}$$

$$n_i(\text{NH}_3) = n_{\text{eq}}(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$C_B \times V_B = C_A \times V_e$$

$$C_B = \frac{C_A \times V_e}{V_B}$$

$$C_B = \frac{0,100 \times 10,0}{20,0}$$

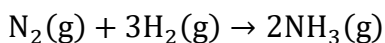
$$C_B = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



Figure 1 : courbe simulée du titrage de 20,0 mL de la solution aqueuse d'ammoniac par l'acide chlorhydrique de concentration 0,100 mol·L⁻¹.

2.Synthese de l'ammoniac**Q.10.**

La synthèse (Produit) de l'ammoniac NH₃(g) à partir (Réactifs) du diazote de l'air N₂(g) et de dihydrogène H₂(g)



Q.11.

	$\text{N}_2(\text{g})$	$+3\text{H}_2(\text{g})$	$\rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$
État initial	6,0	6,0	0
État intermédiaire	$6,0 - x$	$6,0 - 3x$	$2x$
État final	$6,0 - x_f$	$6,0 - 3x_f$	$2x_f = 0,80$

Calculons l'avancement final :

$$2x_f = 0,80$$

$$x_f = \frac{0,80}{2}$$

$$x_f = 0,40 \text{ mol}$$

Calculons l'avancement maximale :

$$6,0 - x_{\text{max}1} = 0$$

$$-x_{\text{max}1} = -6,0$$

$$x_{\text{max}1} = 6,0 \text{ mol}$$

$$6,0 - 3x_{\text{max}2} = 0$$

$$-3x_{\text{max}2} = -6,0$$

$$x_{\text{max}2} = \frac{-6,0}{-3}$$

$$x_{\text{max}2} = 2,0 \text{ mol}$$

$$x_{\text{max}2} < x_{\text{max}1} : x_{\text{max}} = x_{\text{max}2} = 2,0 \text{ mol}$$

Comparons l'avancement final et l'avancement maximal :

$x_f < x_{\text{max}}$: la réaction est limitée.

Q.12.

1 :

2 : déplacement des électrons

3 : courant électrique

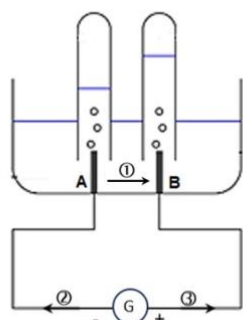
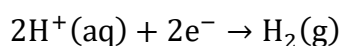


Figure 4 : schéma du montage

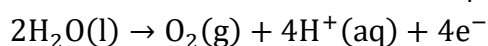
Q.13.

Les électrons arrivent sur l'électrode A. Les électrons sont consommés à cette électrode :

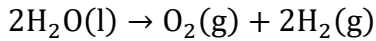
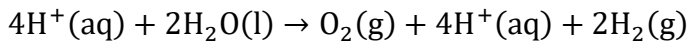
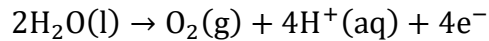
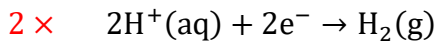


Le gaz formé sur l'électrode A est le dihydrogène H_2 .

Sur l'électrode B les électrons sont produits :



Le gaz formé sur l'électrode B est le dioxygène O_2 .

Q.14.

$$\frac{n(\text{O}_2)}{1} = \frac{n(\text{H}_2)}{2}$$

Or

$$n = \frac{V}{V_m}$$

$$\frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{\frac{V(\text{H}_2)}{2}}{V_m}$$

$$\frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{V(\text{H}_2)}{2 \times V_m}$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{2}$$

Ou

$$V(\text{H}_2) = 2 \times V(\text{O}_2)$$

On remarque que le volume de gaz formé (dihydrogène H_2) à l'électrode A est deux fois supérieur au volume de gaz formé (dioxygène O_2) à l'électrode B.

Q.15.

Calculons la quantité d'électricité Q :

$$Q = I \times \Delta t$$

$$Q = 0,16 \times (3 \times 60 + 20)$$

$$Q = 32 \text{ C}$$

Calculons la quantité de matière d'électrons échangés :

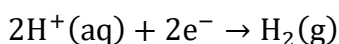
$$Q = n(\text{e}^-) \times N_A \times e$$

$$n(\text{e}^-) \times N_A \times e = Q$$

$$n(\text{e}^-) = \frac{Q}{N_A \times e}$$

$$n(\text{e}^-) = \frac{32}{6,02 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19}}$$

$$n(\text{e}^-) = 3,3 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Q.16.

$$\frac{n(\text{e}^-)}{2} = \frac{n(\text{H}_2)}{1}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{n(\text{e}^-)}{2}$$

Or

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m}$$

D'où

$$\frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{n(e^-)}{2}$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{n(e^-)}{2} \times V_m$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{3,3 \times 10^{-4}}{2} \times 24$$

$$V(\text{H}_2) = 4,0 \times 10^{-3} \text{ L}$$

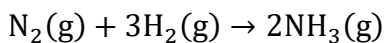
$$V(\text{H}_2) = 4,0 \text{ mL}$$

Le volume trouvé est cohérent avec les données expérimentales (4,0 mL)

Q.17.

D'après l'énoncé : « En 2024, la première phase produira 640 tonnes de dihydrogène par an ».

Calculons la masse d'ammoniac qui pourra être produite en 2024 à partir du dihydrogène produit dans l'usine de Pilbara en considérant la réaction totale :



$$\frac{n(\text{NH}_3)}{2} = \frac{n(\text{H}_2)}{3}$$

$$n(\text{NH}_3) = 2 \times \frac{n(\text{H}_2)}{3}$$

Or

$$n = \frac{m}{M}$$

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = 2 \times \frac{m(\text{H}_2)}{3 \times M(\text{H}_2)}$$

$$m(\text{NH}_3) = 2 \times \frac{m(\text{H}_2)}{3 \times M(\text{H}_2)} \times M(\text{NH}_3)$$

$$m(\text{NH}_3) = 2 \times \frac{640 \times 10^3}{3 \times (2 \times 1,0)} \times (14,0 + 3 \times 1,0)$$

$$m(\text{NH}_3) = 3,6 \times 10^6 \text{ kg}$$

$$m(\text{NH}_3) = 3,6 \times 10^3 \text{ tonnes}$$

En considérant que le rendement de la production d'ammoniac sera de 20 %.

$$m_{\text{réel}}(\text{NH}_3) = \frac{20}{100} \times m(\text{NH}_3)$$

$$m_{\text{réel}}(\text{NH}_3) = \frac{20}{100} \times 3,6 \times 10^{-3}$$

$$m_{\text{réel}}(\text{NH}_3) = 720 \text{ tonnes}$$