

INITIATION A L'AVANCEMENT DE LA REACTION.

1. APPROCHE EXPERIMENTALE. Voir Tp Chimie.

2. RESOUDRE UN EXERCICE.

On introduit un volume de 5,00 L de dioxygène dans le réacteur et une masse de 15,0 g de fer.

1°) Ecrire l'équation de la réaction.

2°) Déterminer la composition du système dans l'état initial (quantités de matière des espèces chimiques introduites);

3°) Etablir le tableau d'avancement.

4°) Déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{\max} de la réaction et le réactif limitant.

5°) Déterminer la composition du système dans l'état final (quantités de matière des espèces chimiques restantes).

6°) En déduire la masse d'oxyde de fer Fe_3O_4 qui s'est formé et le volume de dioxygène (ou la masse de fer) qui est restée en excès et qui n'a donc pas réagi.

Données $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$ - $M_{(\text{O})} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$ - $M_{(\text{Fe})} = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$

① On établit l'équation-bilan équilibré avec les bons coefficients et en précisant l'état (solide, liquide ou gaz) des édifices chimiques:

$$3 \text{Fe}_{(\text{s})} + 2 \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{s})}$$

② On recherche les quantités de matière des réactifs introduits avant toute réaction chimique:

Le dioxygène est gazeux, on peut appliquer la relation: $V_m = \frac{V}{n}$ soit $n = \frac{V}{V_m} = \frac{5,0}{24,0} = 0,208 \text{ mol}$.

On applique la relation: $M = \frac{m}{n}$ soit $n = \frac{m}{M} = \frac{15,0}{55,8} = 0,269 \text{ mol}$.

③ Pour suivre l'évolution des quantités de matière des réactifs et des produits au cours de la transformation chimique, on construit un **tableau descriptif** utilisant l'avancement.

<i>Equation chimique</i>		$3 \text{Fe}_{(\text{s})} + 2 \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{s})}$		
<i>Etat du système</i>	<i>Avancement (mol)</i>	<i>Quantités de matière (mol)</i>		
Etat initial	0	0,269	0,208	0
En cours de transformation	x	$0,269 - 3x$	$0,208 - 2x$	x

On introduit **l'avancement de la réaction** grandeur notée x , exprimée en mol, qui permet de décrire l'évolution d'un système chimique en cours de transformation.

L'avancement permet de calculer les quantités de matière des produits et des réactifs restant au cours d'une transformation chimique.

④ On recherche lequel des deux réactifs est introduit en défaut.

L'état final d'un système est atteint pour une certaine valeur de l'avancement x . Cette valeur représente **l'avancement maximal**.

On la note x_{\max} .

Le réactif qui vient à manquer, empêchant ainsi la transformation de se poursuivre est le **réactif limitant** (ou en défaut). Le ou les réactifs encore présents à l'état final sont dits en **excès**.

Dans le cas particulier où tous les réactifs sont consommés à l'état final, cela signifie qu'ils ont été introduits dans les **proportions stoechiométriques** de la réaction. Le mélange des réactifs à l'état initial est alors un **mélange initial stoechiométrique**. Il reste stoechiométrique tout au long de la transformation.

On recherche alors la valeur minimale de x pour laquelle l'un des réactifs (le réactif limitant) est entièrement consommé et vient à manquer. L'état final est obtenu pour la plus petite valeur de l'avancement maximal.

On suppose que le fer est le réactif limitant alors en fin de réaction il est totalement consommé, soit:

$$n_{\text{Fe en fin de réaction}} = 0,269 - 3 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 0,0897 \text{ mol}$$

On suppose que le dioxygène est le réactif limitant alors en fin de réaction il est totalement consommé, soit:

$$n_{\text{O}_2 \text{ en fin de réaction}} = 0,208 - 2 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 0,104 \text{ mol}$$

Des deux valeurs, on prend la plus petite, soit $x_{\max} = 0,0897 \text{ mol}$. Le réactif limitant est donc le fer. Il est totalement consommé.

⑤ On peut donc compléter le tableau d'avancement:

<i>Equation chimique</i>		$3 \text{Fe}_{(s)} + 2 \text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(s)}$		
<i>Etat du système</i>	<i>Avancement (mol)</i>	<i>Quantités de matière (mol)</i>		
Etat initial	0	0,269	0,208	0
En cours de transformation	x	0,269 - 3x	0,208 - 2x	x
Bilan de matière fin de réaction	$x_{\text{max}} = 0,0897 \text{ mol}$	0	0,0286 mol	0,0897 mol

⑥ A partir de ces quantités de matière et en se servant des connaissances acquises, on peut calculer des masses, des concentrations, des volumes ou des pressions.....

Dans le cas de l'exercice, on peut déterminer:

- La masse d'oxyde de fer Fe_3O_4 qui s'est formé, en appliquant la relation:

$$M = \frac{m}{n} \quad \text{soit} \quad m = n \times M = 0,0897 \times 231,4 = 20,7 \text{ g}$$

- Le volume de dioxygène qui est restée en excès et qui n'a donc pas réagi, en appliquant la relation:

$$V_m = \frac{V}{n} \quad \text{soit} \quad V = n \times V_m = 0,0286 \times 24,0 = 686 \text{ mL}$$

7°) Quelles quantités du réactif en défaut, aurait-il fallu introduire pour respecter les proportions stoechiométriques ?

On introduit une masse de 20,0 g de fer dans un réacteur avec un excès de dioxygène.

8°) En déduire la masse d'oxyde de fer Fe_3O_4 qui s'est formé.

⑦ La question sous entend que «*On introduit (encore) un volume de 5,00 L de dioxygène (mais on aimerait introduire) une masse de fer (le réactif qui était en défaut) pour respecter les proportions stoechiométriques (c'est-à-dire, qu'en fin de réaction le fer et le dioxygène aient été totalement consommés).*»

Le dioxygène est gazeux, on peut appliquer la relation: $V_m = \frac{V}{n}$ soit $n = \frac{V}{V_m} = \frac{5,0}{24,0} = 0,208 \text{ mol}$.

C'est bien la quantité de matière de dioxygène introduite en début de réaction.

On peut établir le tableau d'avancement:

<i>Equation chimique</i>		$3 \text{Fe}_{(s)} + 2 \text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(s)}$		
<i>Etat du système</i>	<i>Avancement (mol)</i>	<i>Quantités de matière (mol)</i>		
Etat initial	0	$n_{\text{Fe(introduire)}}$	0,208	0
En cours de transformation	x	$n_{\text{Fe(introduire)}} - 3x$	0,208 - 2x	x
Etat Final	x_{max}	$n_{\text{Fe(introduire)}} - 3x_{\text{max}}$	0,208 - 2x _{max}	x_{max}

Il n'est plus nécessaire de faire des hypothèses, pour déterminer quel est le réactif limitant, puisque dans l'énoncé, on sous entend qu'en fin de réaction le fer **et** le dioxygène sont totalement consommés.

On aura donc les deux égalités suivantes justes: $n_{\text{Fe(introduire)}} - 3x_{\text{max}} = 0$ **et** $0,208 - 2x_{\text{max}} = 0$

On en déduit $x_{\text{max}} = 0,104 \text{ mol}$ **et** $n_{\text{Fe(introduire)}} = 3x_{\text{max}} = 0,312 \text{ mol}$.

Ce qui nous permet de trouver $m_{\text{Fe(introduire)}} = n_{\text{Fe(introduire)}} \times M_{(\text{Fe})} = 17,2 \text{ g}$

⑧ «*On introduit une masse de 20,0 g de fer dans un réacteur avec un excès de dioxygène*» L'énoncé sous entend que le réactif limitant est le fer. On sait donc tout de suite quel est le réactif limitant.

On applique la relation: $M = \frac{m}{n}$ soit $n = \frac{m}{M} = \frac{20,0}{55,8} = 0,358 \text{ mol}$.

C'est la quantité de matière de fer introduite en début de réaction et qui va être totalement consommée, ce qui sera la cause de l'arrêt de la réaction chimique avec le dioxygène, puisque ce dernier est en quantité «infini».

On peut établir le tableau d'avancement:

<i>Equation chimique</i>		$3 \text{Fe}_{(s)} + 2 \text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(s)}$		
<i>Etat du système</i>	<i>Avancement (mol)</i>	<i>Quantités de matière (mol)</i>		
Etat initial	0	0,358	$n_{\text{O}_2(\text{Excès})}$	0
En cours de transformation	x	$0,358 - 3x$	$n_{\text{O}_2(\text{Excès})} - 2x$	x
Etat Final	x_{max}	$0,358 - 3x_{\text{max}}$	$n_{\text{O}_2(\text{Excès})} - 2x_{\text{max}}$	x_{max}

Il n'est plus nécessaire de faire des hypothèses, pour déterminer quel est le réactif limitant, puisque dans l'énoncé, on sous entend qu'en fin de réaction le fer est totalement consommé puisque l'on a autant de dioxygène que désiré.

On aura donc l'égalité suivante: $0,358 - 3x_{\text{max}} = 0$

On en déduit $x_{\text{max}} = 0,119 \text{ mol}$ **donc** $n_{\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{formé})} = x_{\text{max}} = 0,119 \text{ mol}$.

Ce qui nous permet de trouver $m_{\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{formé})} = n_{\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{formé})} \times M_{(\text{Fe}_3\text{O}_4)} = 0,119 \times 231,4 = 27,65 \text{ g}$

3. CONCLUSION.

Pour suivre l'évolution des quantités de matière des réactifs et des produits au cours de la transformation chimique, on construit un **tableau descriptif** utilisant l'avancement.

L'**avancement de la réaction** grandeur notée x , exprimée en mol, permet de décrire l'évolution d'un système chimique en cours de transformation.

L'avancement permet de calculer les quantités de matière des produits et des réactifs restant au cours d'une transformation chimique.