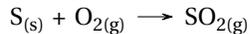


Correction DS 4 - Classe de 1^{ère} Spé PC

(12 points) Problème 1: La pollution par le dioxyde de soufre

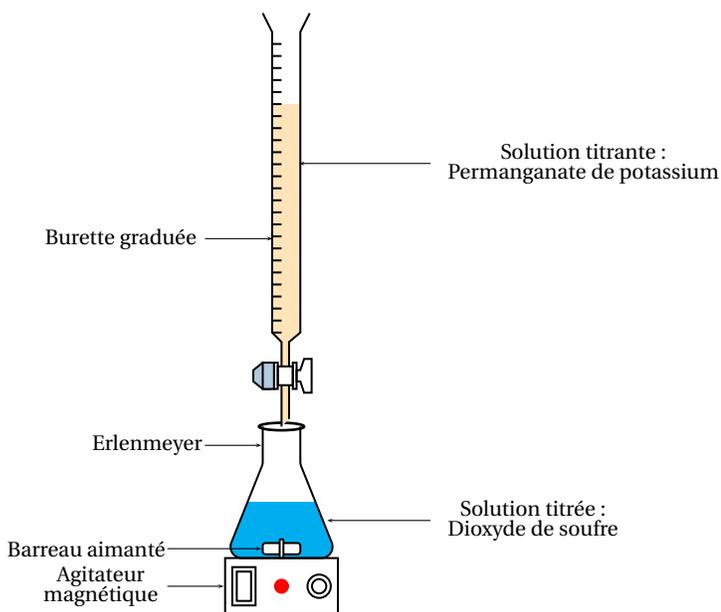
1. (1 point) Une des impuretés soufrées dans le fioul, évoqué dans l'introduction, est le soufre. Écrire l'équation de la réaction modélisant la combustion du soufre $S_{(s)}$.

Solution: « Les impuretés soufrées contenues réagissent avec le dioxygène de l'air pour former le dioxyde de soufre $SO_{2(g)}$ ». L'équation de la réaction modélisant la combustion du soufre $S_{(s)}$ est donc :

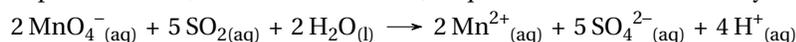


2. (1 point) Réaliser et légender précisément le schéma du montage utilisé pour réaliser le titrage.

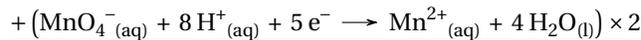
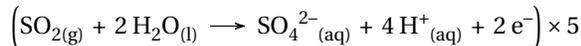
Solution:



3. (1 point) Établir, à l'aide des données, l'équation de la réaction d'oxydo-réduction support du titrage écrite ci-après :



Solution: On commence par équilibrer les demi-équations électroniques, puis on somme les demi-équations électronique en les multipliant par des facteurs qui permettront de simplifier les électrons :



On simplifie les électrons, les molécules d'eau et les ions $H^+_{(aq)}$ et on obtient :



4. (1,5 points) Définir l'équivalence d'un titrage.

Solution: À l'équivalence, les espèces sont mélangées en proportions stœchiométriques : les deux réactifs sont alors totalement consommés. À l'équivalence, il y a changement du réactif limitant.

5. (1 point) Décrire qualitativement comment évoluent, au cours du titrage, les quantités de matière des espèces chimiques présentes dans le bécher.

Solution: Dans le bécher, les espèces chimiques évoluent selon

Avant l'équivalence :

Espèces	MnO_4^- (aq)	SO_2 (g)	Mn^{2+} (aq)	SO_4^{2-} (aq)
Quantité de matière	N'existe pas car il réagit dès son introduction	Diminue	Augmente	Augmente

Après l'équivalence :

Espèces	MnO_4^- (aq)	SO_2 (g)	Mn^{2+} (aq)	SO_4^{2-} (aq)
Quantité de matière	Augmente car il ne réagit plus.	N'existe pas car il a totalement été consommé.	Reste constant car il n'y a plus de réaction qui en produit.	Reste constant car il n'y a plus de réaction qui en produit.

6. (1 point) Indiquer comment s'effectue le repérage de l'équivalence, en précisant votre raisonnement.

Solution: « Dans le titrage, parmi les espèces présentes, seuls les ions permanganate confèrent à la solution aqueuse une couleur violette. » Avant l'équivalence, les ions permanganate sont consommés et constituent le réactif limitant : la solution est incolore. A l'équivalence, il y a changement du réactif limitant, les ions permanganate ne sont plus consommés : la solution devient violette. On repère l'équivalence lorsque la solution passe de incolore à violet.

7. (1,5 points) On note n_1 , la quantité de matière initiale de dioxyde de soufre, et n_2 , la quantité de matière des ions permanganate versés pour atteindre l'équivalence. Donner la relation entre les quantités de matière de réactifs introduits à l'équivalence.

Solution: À l'équivalence, on a la relation :

$$\frac{n_1}{5} = \frac{n_2}{2} \quad (1)$$

8. (1 point) (bonus) L'incertitude-type sur la quantité de matière de dioxyde de soufre étant évaluée à une valeur de 8×10^{-6} mol lors de ce titrage, donner un encadrement à la valeur de la quantité de matière initiale de dioxyde de soufre dans la solution S_1 .

Solution: À l'équivalence :

$$n_1 = 5 \times \frac{n_2}{2} = 5 \times \frac{C_2 \times V_e}{2} = 5 \times \frac{7,50 \times 10^{-3} \times 8,50 \times 10^{-3}}{2} = 1,59 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

L'incertitude-type sur la quantité de matière de dioxyde de soufre étant évaluée à une valeur de 8×10^{-6} mol :

$$1,59 \times 10^{-4} - 8 \times 10^{-6} < n_1 < 1,59 \times 10^{-4} + 8 \times 10^{-6}$$

donc

$$1,51 \times 10^{-4} \text{ mol} < n_1 < 1,67 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

9. (1 point) La quantité de matière de dioxyde de soufre dans le fioul datant de 1960 est déterminée égale à $2,5 \times 10^{-2}$ mol, ce qui correspond à une teneur en soufre de 0,8%. Estimer la teneur en soufre du fioul « nouvelle génération ». Commenter.

Solution: La quantité de matière de soufre et la teneur en soufre sont proportionnels :

Quantité de matière de dioxyde de soufre	Teneur en soufre
$n_{1960} = 2,5 \times 10^{-2}$ mol	0,8%
$n_1 = 1,59 \times 10^{-4}$ mol	x

Teneur en soufre du fioul « nouvelle génération » :

$$x = \frac{n_1 \times 0,8\%}{n_{1960}} = \frac{1,59 \times 10^{-4} \times 0,8\%}{2,5 \times 10^{-2}} = 0,005\%$$

La teneur en soufre est très faible. Elle s'explique par l'amélioration récente des combustibles et carburants.

10. (1 point) Il est possible d'acheter du fioul domestique, notamment sur internet. Certains sites utilisent le terme de « fioul désoufré ». Justifier cette appellation.

Solution: « Fioul désoufré » : fioul sans soufre. En considérant la teneur extrêmement faible (voir question précédente), les sites considèrent que le fioul est sans soufre.

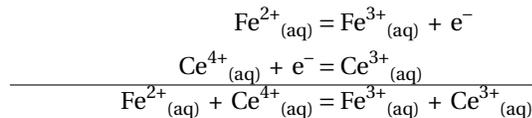
11. (1 point) La fermeture des centrales thermiques produisant de l'électricité permettra-t-il d'atteindre les objectifs écologiques qui sont de réduire de façon significative les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 et autres polluants gazeux? Justifier et proposer une alternative pour produire de l'électricité.

Solution: Les centrales thermiques produisant de l'électricité produisent des gaz à effet de serre. Ainsi, leur fermeture contribuera à réduire de façon significative les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. Les alternatives pour produire de l'électricité sont l'usage de sources d'énergie renouvelables telles que les éoliennes, les panneaux solaires, etc. ou l'usage du nucléaire qui n'est pas émetteur de gaz à effet de serre.

(3 points) Problème 2: **Titration d'une solution de sel de Mohr**

1. (1 point) Établir l'équation de la réaction support du titrage. On écrira toutes les étapes pour établir cette équation.

Solution:



2. (1 point) Donner le rôle de l'orthophénantroline.

Solution: L'orthophénantroline est un indicateur coloré qui change de couleur au moment de l'équivalence, quand le réactif à titrer disparaît.

3. (1 point) Expliquer comment repérer le virage du titrage.

Solution: Avant l'équivalence, il y a des ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ dans l'erenmeyer et quelques ions $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$, l'indicateur coloré sera jaune orangé, puis dès que les ions fer (II) auront totalement disparu à l'équivalence, l'indicateur passera franchement à la couleur bleue, il n'y aura plus que les ions fer (III).

(6 points) Problème 3: **Obtenir du soufre**

1. (1 point) Écrire l'équation chimique correspondante.



2. (3 points) Dans l'état initial le système est constitué de 4,0 mol de dioxyde de soufre et de 5,0 mol de sulfure d'hydrogène. En utilisant un tableau d'avancement, déterminer :

- 2.1. l'avancement maximal;
- 2.2. le réactif limitant;
- 2.3. la composition du système à l'état final.

Solution: Correction sur la page suivante.

Équation de la réaction		2 H ₂ S	+ SO ₂	→ 3 S	+ 2 H ₂ O
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
		$n(\text{H}_2\text{S})$	$n(\text{SO}_2)$	$n(\text{S})$	$n(\text{H}_2\text{O})$
État initial	$x = 0$	5,0	4,0	0,0	0,0
État intermédiaire	x	$5,0 - 2x$	$4,0 - x$	$0,0 + 3x$	$0,0 + 2x$
État final	$x_f = x_{max} = 2,5$	$5,0 - 2x_{max} = 5,0 - 2 \times 2,5 = 0$	$4,0 - x_{max} = 4,0 - 2,5 = 1,5$	$3x_{max} = 7,5$	$2x_{max} = 5,0$

La réaction est totale et les réactifs introduits en proportions stœchiométriques. Première hypothèse : H₂S est limitant donc $5,0 - 2x_{max} = 0$ donc $x_{max} = 2,5$ mol. Deuxième hypothèse : SO₂ est limitant donc $4,0 - x_{max} = 0$ donc $x_{max} = 4,0$ mol. Cette dernière valeur étant plus grande que dans la première hypothèse, H₂S est le réactif limitant : il a disparu à l'état final. La composition du système chimique à l'état final est donnée par la dernière ligne du tableau d'avancement.

3. (2 points) On considère l'état initial suivant du système : 1,75 mol de dioxyde de soufre et n mol de sulfure d'hydrogène.
- 3.1. Calculer n pour que le mélange initial soit stœchiométrique ;
- 3.2. Décrire alors l'état final du système.

Solution:

Équation de la réaction		2 H ₂ S	+ SO ₂	→ 3 S	+ 2 H ₂ O
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
		$n(\text{H}_2\text{S})$	$n(\text{SO}_2)$	$n(\text{S})$	$n(\text{H}_2\text{O})$
État initial	$x = 0$	n	1,75	0,0	0,0
État intermédiaire	x	$n - 2x$	$1,75 - x$	$0,0 + 3x$	$0,0 + 2x$
État final	$x_f = x_{max} = 1,75$	$n - 2x_{max} = 0$	$1,75 - x_{max} = 0$	$3x_{max} = 3 \times 1,75 = 5,25$	$2x_{max} = 3,50$

La réaction est totale et les réactifs introduits en proportions stœchiométriques. Or on a l'équation $1,75 - x_{max} = 0$ donc $x_{max} = 1,75$ mol. On peut alors calculer n car on a $n - 2x_{max} = 0$ donc $n = 2x_{max} = 2 \times 1,75 = 3,50$ mol. À l'état final, il n'y a plus de réactifs. Les produits formés consistent en 5,25 mol de soufre et 3,50 mol d'eau.