

ÉVALUATION physik.fr	
CLASSE : Première	VOIE : ☒ Générale ☐ Technologique ☐ Toutes voies (LV)
VOIE : ☒ Générale	ENSEIGNEMENT : Spécialité physique-chimie
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1 h	CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non
Sujet 2024 n°SPEPHCH116 et n°SPEPHCH119	

Les comprimés de permanganate de potassium sont-ils périmés ? (10 points)

Un technicien trouve dans les réserves du laboratoire de chimie de son lycée des tubes de comprimés dont l'étiquette est reproduite ci-dessous

Composition PERMANGANATE POTASSIUM LAFRAN

Principe actif	Comprimé pour solution pour application locale
Potassium permanganate	0.25 g *
* par dose unitaire	
Principes actifs : Potassium permanganate	

<https://www.doctissimo.fr/> , guide des médicaments, permanganate potassium Lafran

Le technicien veut s'assurer qu'ils sont toujours conformes à la formulation donnée sur l'étiquette. Il réalise alors le titrage d'une solution obtenue en dissolvant un comprimé de permanganate dans de l'eau et en utilisant, comme solution titrante une solution de chlorure de fer II.

Données utiles pour tout l'exercice :

- Masses molaires atomiques
potassium K : $39,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; manganèse Mn : $54,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; oxygène O : $16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Masses molaires moléculaires
chlorure de fer FeCl_2 : $127 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
permanganate de potassium KMnO_4 : $158 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- Couples oxydant-réducteur : $\text{MnO}_4^-(\text{aq})/\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$; $\text{MnO}_2(\text{s})/\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$
- Couleurs de certaines espèces chimiques :

L'ion permanganate $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ est violet, le dioxyde de manganèse $\text{MnO}_2(\text{s})$ est marron, l'ion $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ est vert pâle, pratiquement incolore. Les ions potassium $\text{K}^+(\text{aq})$ et chlorure $\text{Cl}^-(\text{aq})$ sont incolores.

Questions préalables

Sous forme de cristaux de couleur violette, soluble dans l'eau, le permanganate de potassium est un solide de formule KMnO_4 composé de cations $\text{K}^+(\text{aq})$ et d'anions $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$. [...] En solution diluée le permanganate de potassium est utilisé pour le traitement de l'eau, notamment pour oxyder le fer et le manganèse dans les eaux souterraines.

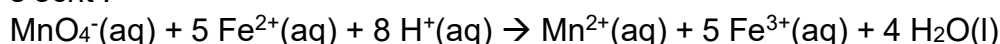
D'après : <http://www.societechimiquedefrance.fr/permanganate-de-potassium>

1. Vérifier par un calcul la valeur de la masse molaire moléculaire du permanganate de potassium de $158 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2. Vérifier par un calcul qu'une masse $m = 0,25$ g de permanganate de potassium pur contient une quantité de matière $n = 1,6$ mmol de permanganate de potassium.

Réaction support du titrage

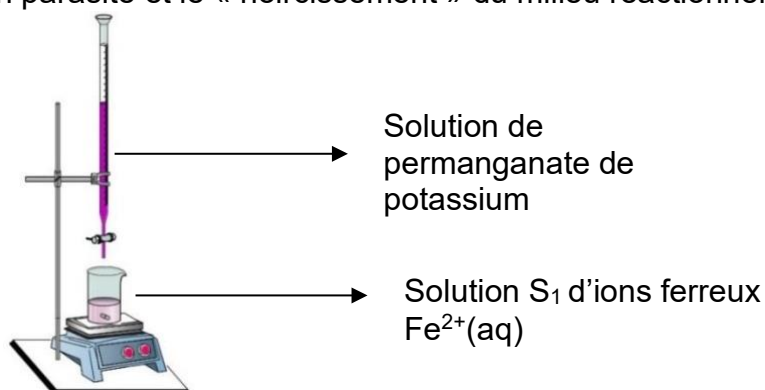
L'équation de la réaction support du titrage des ions permanganate par les ions ferreux Fe^{2+} s'écrit :



3. Justifier que pour procéder au titrage, le milieu doit être acidifié.
4. Écrire les couples oxydant-réducteur mis en jeux dans la réaction support du titrage.
5. Écrire les demi-équations électroniques associées à chacun de ces couples.

Montage expérimental

Le technicien s'interroge sur la place des solutions dans le montage expérimental. Bien que la solution de permanganate de potassium soit l'espèce titrée, il décide, après documentation, de la placer dans la partie haute du montage (voir figure ci-dessous) et de placer la solution titrante d'ions ferreux S_1 dans la partie basse. Ce choix est fait, car cela permet d'éviter le contact prolongé entre les ions permanganate $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ et les ions manganèse $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ formés, qui engendrerait une réaction parasite et le « noircissement » du milieu réactionnel.



6. Nommer les éléments de verrerie contenant respectivement la solution de permanganate de potassium et la solution d'ions ferreux.

Choix de la concentration de la solution titrante d'ions ferreux

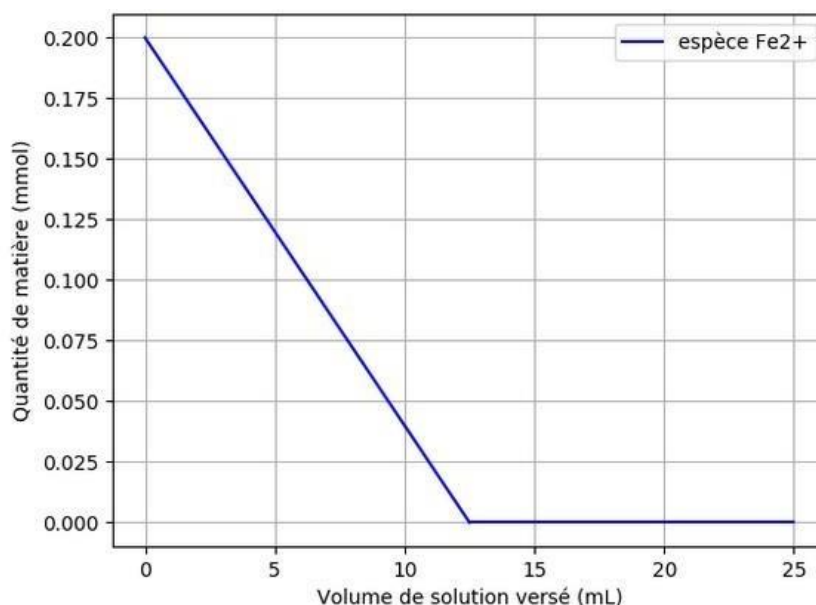
Le technicien s'interroge ensuite sur la concentration de la solution titrante S_1 d'ions ferreux placée dans le bécher. Il choisit de travailler avec un volume $V_1 = 20,0$ mL de cette solution S_1 d'ions ferreux.

Son objectif est que, dans le cas d'un comprimé de permanganate de potassium non périmé, cette concentration de la solution titrante S_1 d'ions ferreux soit telle que l'équivalence du titrage se produise pour un volume de permanganate versé situé approximativement au milieu de la burette soit 12,5 mL environ.

Il décide de rédiger un programme en langage Python lui permettant de déterminer la concentration de la solution titrante S_1 d'ions ferreux à utiliser, et de suivre l'évolution de la quantité de matière en ions Fe^{2+} dans le bécher en fonction du volume de solution de permanganate de potassium versé.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
4 c0=3.2           #concentration (mmol/L) de la solution S0
5 Veq=12.5         #volume (mL) de solution versée à l'équivalence
6 V1=20            #volume initial (mL) de solution titrante S1 dans le bécher
7 c1=5*c0*Veq/V1
8
9
10 V_verse_avt=np.linspace(0,Veq,10)
11 n1_avt=c1*V1*0.001-5*c0*V_verse_avt*0.001 #quantité de matière en ions Fe2+ avant l'équivalence
12
13 V_verse_apres=np.linspace(Veq,25,10)
14 n1_apres=0*V_verse_apres*0.001            #quantité de matière en ions Fe2+ après l'équivalence
15
16 plt.plot(V_verse_avt,n1_avt,color="blue",label='espèce Fe2+')
17 plt.plot(V_verse_apres,n1_apres,color="blue")
18 plt.plot
19 plt.xlabel("Volume de solution versée (mL)")
20 plt.ylabel("Quantité de matière (mmol)")
21
22 plt.legend()
23 plt.grid()
24 plt.show()
```

L'exécution du programme en langage Python permet d'obtenir la courbe suivante :



7. Définir l'équivalence d'un titrage.

Le technicien prépare la solution S_0 de permanganate de potassium à titrer en dissolvant un comprimé de permanganate de potassium dans un volume $V_0 = 0,50$ L d'eau distillée.

8. Vérifier par un calcul que, dans le cas d'un comprimé non périmé, la concentration C_0 en ions $MnO_4^-(aq)$ dans cette solution correspond à celle mentionnée en ligne 4 du programme.

La ligne 7 du programme en langage Python code la formule littérale permettant le calcul de la concentration en ions ferreux de la solution S_1 à préparer.

9. Vérifier la formule littérale utilisée en s'aidant de l'équation de la réaction support du titrage.
10. Vérifier que la valeur de la concentration en ions ferreux Fe^{2+} de la solution S_1 à préparer est $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
11. Ecrire une ligne de code (en ligne 8 par exemple) pour que la valeur de la concentration de la solution S_1 à préparer apparaisse à l'écran lors de l'exécution de son programme.
12. Commenter l'allure de la courbe obtenue à l'issue de l'exécution du programme.

Réalisation du titrage des ions permanganate par les ions ferreux

Le technicien réalise maintenant le titrage d'un comprimé de permanganate de potassium. Il prépare donc un volume $V_0 = 0,50 \text{ L}$ d'une solution aqueuse S_0 en dissolvant un comprimé de permanganate de potassium et il l'acidifie avec quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Il prépare son montage puis il verse progressivement cette solution dans un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de solution S_1 d'ions ferreux de concentration en ions ferreux $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

13. Expliquer comment le technicien saura qu'il a atteint l'équivalence.

Il juge que l'équivalence est atteinte lorsqu'il a versé un volume $V_{eq} = 12,8 \text{ mL}$ de solution de permanganate de potassium.

14. Déterminer la masse de permanganate de potassium dans le comprimé utilisé et l'écrire avec le nombre adapté de chiffres significatifs sachant que l'incertitude-type de la mesure de la masse $u(m) = 0,003 \text{ g}$. Comparer qualitativement ce résultat à la valeur de référence de l'étiquette.