

Thème :	Constitution et transformations de la matière
C7	Solution de décontamination pour lentilles de contact

Matériel

- Pipettes jaugées de 5,0 mL, de 10mL et de 20 mL et propipette
- Erlenmeyer de 125mL, Burette graduée de 25mL
- Barreau aimanté, agitateur magnétique
- 3 fioles jaugées de 50,0mL, 100,0mL et de 250,0mL
- Solution S₁ commercialisée de H₂O₂(aq)
- Solution S₀ acidifiée de permanganate de potassium (K⁺, MnO₄⁻) C₀ = 2,0x10⁻² mol.L⁻¹
- pipette compte goutte
- ordinateur, logiciel Edupython

Objectifs

- Effectuer et exploiter un dosage par suivi colorimétrique.
- Etablir la relation à l'équivalence.
- Savoir tracer la courbe de quantité de matière réactifs, produits en fonction du volume versé n = f(V)
- Connaître la syntaxe du langage python et reconnaître les différents blocs, savoir modifier les paramètres d'un programme python

1

Réaliser un contrôle-qualité par titrage colorimétrique



Les produits d'entretien des lentilles de contact contiennent du peroxyde d'hydrogène H₂O₂(aq), appelé aussi eau oxygénée, à 3% en masse.

Comment vérifier si cette solution de décontamination ouvert depuis longtemps est toujours fiable?

Doc.1 Etiquette d'un produit d'entretien pour lentilles de contact

Solution commerciale de décontamination

peroxyde d'hydrogène stabilisé

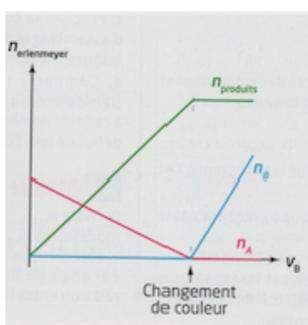
3 g pour 100 mL

Doc.2 Données utiles

- Le peroxyde d'hydrogène réagit avec les ions MnO₄⁻(aq) en milieu acide
- M(H₂O₂) = 34,0 g.mol⁻¹
- Couples oxydant/réducteur mis en jeu: O₂(g)/ H₂O₂(aq); MnO₄⁻(aq)/ Mn²⁺(aq)
- seuls les ions MnO₄⁻(aq) sont colorés

Doc.3 Représentation de l'évolution des quantités de réactifs et produits

L'équation de réaction support de titrage est :
aA(aq) + bB(aq) → produits

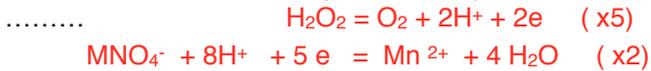


Doc.4 Critère de conformité

Pour un tel produit, on peut considérer que le contrôle de qualité est satisfaisant si l'écart relatif entre la valeur effectuée et l'indication du fabricant est inférieur à 10% .

$$\text{écart relatif} = \left| \frac{x - x_{ref}}{x_{ref}} \right|$$

1. ANA Ecrire les demi-équations d'oxydoréduction et l'équation de la réaction chimique support du titrage.



On simplifie les ions H⁺, on obtient l'équation-bilan simplifiée:



2. ANA Proposer un protocole expérimental permettant de diluer 10 fois la solution commerciale de H₂O₂ (aq).....

Diluer 10 fois signifie que le facteur de dilution est 10. On choisit dans la liste de matériel proposée (début énoncé) une pipette de 5,0mL et une fiole jaugée de 50mL pour utiliser le moins de solution. (autre choix possible une pipette jaugée de 10mL et une fiole jaugée de 100mL)

Protocole de la dilution:

On prélève 5mL de la solution mère à l'aide de la pipette jaugée de 5mL ,on l'introduit dans la fiole jaugée de 50mL ,on remplit la fiole jaugée au 3/4 avec de l'eau distillée, on bouche ,on agite.

On finit par compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée ,on bouche et on agite.....

3. VAL Faire valider et le mettre en oeuvre.

4. REA Concevoir un second protocole pour repérer l'équivalence, faire valider et mettre en oeuvre le titrage sur un volume V_{H₂O₂} = 10,0mL (deux titrages sont attendus, l'un rapide, l'autre précis). Noter la valeur du volume V_E versé à l'équivalence.

Mettre en place le montage de titrage.

...On effectue deux titrages colorimétriques : le premier sert à repérer rapidement l'équivalence , pour cela on verse la solution titrante (solution de permanganate de potassium) mL par mL , on repère l'équivalence de façon visuelle à la coloration rose de la solution (passage de incolore à rose-violet). V_E entre 17mL et 18 mL

Le deuxième titrage est nettement plus précis: on prélève de nouveau à la pipette jaugée de 10mL l'échantillon de H₂O₂ à titrer que l'on introduit dans l'erenmeyer muni d'un barreau aimanté, la burette est préparée au préalable avec la solution de permanganate de potassium (mise à zéro); On verse jusqu'à 17mL PUIS goutte à goutte jusqu'à atteindre l'équivalence par la première goutte colorant la solution contenue dans l'erenmeyer.

5. ANA / COM A partir des résultats des groupes, compléter le tableau suivant, en donner la moyenne et l'écart-type puis l'incertitude.

Binôme	1	2	3	4	5	6	7
V _E (mL)	18,0	17,9	17,8	18,0	17,5	17,8	17,6

.....moy (V_E) = 18,0 + 17,9 + 17,8 + 18,0 + 17,5 + 17,8 + 17,6 = 17,8Ecart type : 0,18

6. REA Calculer la concentration en quantité de matière d'eau oxygénée de la solution diluée puis indiquer si la solution commerciale est toujours fiable.

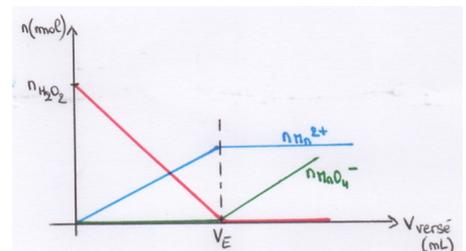
...A l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stoechiométriques:

...
$$\frac{n_{MnO_4^-}}{2} = \frac{n_{H_2O_2}}{5} \dots \quad C_{diluée} H_2O_2 = \frac{5 * n_{MnO_4^-}}{2 * V_{H_2O_2}} = 5 * \frac{2,0 \cdot 10^{-2} * 17,8}{10} = 0,089 \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration a été diluée 10 fois donc C_{commerciale} H₂O₂ = 10 x 0,089 = 0,89 mol.L⁻¹

...m H₂O₂ = C x V x M = 0,89 x 100.10⁻³ x 34 = 3,03 g ...La solution commerciale est toujours fiable.

7. APP D'après le doc. 3, prévoir la courbe représentant les quantités de matière des réactifs et des produits en fonction du volume versé n = f(V)



2

Prévoir l'évolution des quantités de matière et repérer le volume équivalent à l'aide d'une simulation (programmation python)

8. ANA Parmi les trois propositions de programmation, choisir celui qui convient pour obtenir le tracé de la quantité de matière des réactifs et des produits en fonction du volume de solution titrante versé. Justifier.

...Seul le document 6. convient car à la ligne 22 : calcul du volume à l'équivalence et de la ligne 40 à 60 ,nous avons le programme d'une boucle indispensable pour tracer l'évolution de la quantité de matière en fonction du volume versé.

Le programme du doc 7 ne permet de calculer que les concentrations d'un titrage donc ne permet pas de tracer de courbe.

Le programme du doc 5. permet de tracer l'évolution des quantités de matière mais en fonction du volume versé.

Doc 5. Programme Python 1

```

1 import matplotlib.pyplot as plt # importation de la fonction pyplot du fichier matplotlib
2
3 print ("TP Nettoyer ses lentilles de contact")
4 print ("-----")
5 print("L'équation du dosage peut s'écrire sous la forme : 5A + 2B + 6C → 2D + 5E + 8F")
6 print("avec : ")
7 print("     A = peroxyde d'hydrogène")
8 print("     B = ion permanganate")
9 print("     C = proton (acide)")
10 print("     D = ion manganèse")
11 print("     E = dioxygène")
12 print("     F = eau")
13 print("On s'intéresse au suivi des quantités de matière de A, B et D")
14
15
16 na = [8.82E-4] #na = quantité de matière initiale de peroxyde d'hydrogène
17 nb = [3.52E-4] #nb = quantité de matière initiale d'ion permanganate (hyp stoechiométrie)
18 nd = [0] #nd = quantité de matière initiale d'ion manganèse
19 x = [0] #X = avancement de la réaction en mol
20
21
22 x1 = na[0]/5 # avancement final si le réactif A est limitant
23 x2 = nb[0]/2 # avancement final si le réactif B est limitant
24 Xmax = min(x1, x2) # Xmax est la valeur minimale entre x1 et x2.
25 print("Xmax = ", Xmax) # affichage de Xmax
26
27 nbrePoints = 50 # Nombre de points en abscisse
28
29
30 plt.xlabel("x (mol)") # affichage du titre de l'axe des abscisses.
31 plt.ylabel("n (mol)") # affichage du titre de l'axe des ordonnées.
32 plt.title("n=f(x)")
33 plt.grid() # affichage de la grille
34 Ymax=na[0] # Ymax est forcément la valeur initiale de dichromate car n'a pas été consommé
35 plt.axis([0,Xmax,0,Ymax])
36
37 plt.text(6E-5,6.5E-4,'peroxyde d hydrogène',bbox=dict(facecolor='red'))
38 plt.text(2E-5,3.8E-4,'ion permanganate',bbox=dict(facecolor='cyan'))
39 plt.text(8E-6,1.5E-4,'ion manganèse',bbox=dict(facecolor='green'))
40
41
42 for i in range (1,nbrePoints+1):
43     x.append(x[0]+i*Xmax/nbrePoints) # rajoute l'élément x[0]+i*Xmax/nbrePoints à la liste des x
44     na.append(na[0]-5*i*Xmax/nbrePoints) #rajoute l'élément na[0]-5*i*Xmax/nbrePoints la liste des na
45     nb.append(nb[0]-2*i*Xmax/nbrePoints)
46     nd.append(nd[0]+2*i*Xmax/nbrePoints)
47     plt.scatter(x[i],na[i],marker = '.',c='red') # Affiche le point de coordonnées (x[i], na[i]) sous la forme d'un pt rouge
48     plt.scatter(x[i],nb[i],marker = '.',c='cyan')
49     plt.scatter(x[i],nd[i],marker = '.',c='green')
50     plt.pause(0.05)
51 plt.show()
52

```

Doc 6. Programme Python 2

```
1 import matplotlib.pyplot as plt # importation de la fonction pyplot du fichier matplotlib
2
3 print ("TP Nettoyer ses lentilles de contact")
4 print ("-----")
5 print("L'équation du dosage peut s'écrire sous la forme : 5A + 2B + 6C → 2D + 5E + 8F")
6 print("avec : ")
7 print("     A = peroxyde d'hydrogène")
8 print("     B = ion permanganate")
9 print("     C = proton (acide)")
10 print("     D = ion manganèse")
11 print("     E = dioxygène")
12 print("     F = eau")
13 print("On s'intéresse au suivi des quantités de matière de A, B et D")
14
15
16 na = [8.82E-4] #na = quantité de matière initiale de peroxyde d'hydrogène
17 nb = [0]      #nb = quantité de matière initiale d'ion permanganate (nulle au début)
18 nd = [0]      #nd = quantité de matière initiale d'ion manganèse
19 V = [0]       #V = volume initial de solution de permanganate
20 X = [0]       #X = avancement de la réaction en mol
21
22 VE = 2/5*8.82E-2*1E-2/2E-2 # Calcul du volume équivalent (= 17,6mL)
23 i = 0
24
25 Xmax = na[0]/5 # Valeur de l'avancement maximal
26 Vmax = 0.025  # Volume maximal de sol titrante versé
27
28 plt.xlabel("V solution titrante (L)") # affichage du titre de l'axe des abscisses.
29 plt.ylabel("n (mol)") # affichage du titre de l'axe des ordonnées.
30 plt.title("n=f(volume de solution titrante)")
31 plt.grid()
32 Ymax=na[0] # Ymax est forcément la valeur initiale de peroxyde d'hydrogène car n'a pas été consommé
33 plt.axis([0,Vmax,0,Ymax])
34
35 plt.text(4.5E-3,8E-4,'peroxyde d hydrogène',bbox=dict(facecolor='red'))
36 plt.text(18E-3,2E-4,'ion permanganate',bbox=dict(facecolor='cyan'))
37 plt.text(19E-3,4.2E-4,'ion manganèse',bbox=dict(facecolor='green'))
38
39
40 for i in range (0, 26) :
41     if V[i] < VE:
42         plt.scatter(V[i],na[i],marker = '.',c='red') # Affiche le point de coordonnées (x[i], na[i]) sous la forme d'un pt rouge
43         plt.scatter(V[i],nb[i],marker = '.',c='cyan')
44         plt.scatter(V[i],nd[i],marker = '.',c='green')
45         V.append(V[0]+(i+1)*1E-3) # Abscisse : rajoute l'élément V[0]+(i+1)*1E-3 à la liste des V, c'est à dire rajoute 1mL au volume V
46         i=i+1 # obligé de mettre i=i+1 à cette ligne afin de bien prendre en compte V[0]
47         X=2E-2*V[i]/2 # calcul de l'avancement
48         na.append(na[0]-5*X) # Ordonnée :rajoute l'élément na[0]-2*x à la liste des na
49         nb.append(nb[0]) # Ordonnée : bloque la valeur de nb à zéro avant l'équivalence
50         nd.append(nd[0]+2*X)
51     else :
52         V.append(V[0]+(i+1)*1E-3) # Abscisse : rajoute l'élément V[0]+i*1E-3 à la liste des V, c'est à dire rajoute 1mL au volume V
53         X=2E-2*V[i]/2
54         na.append(0) # Ordonnée :rajoute l'élément na[0]-2*i*Xmax/nbrePoints la liste des na
55         nb.append(2*X-2E-2*VE) # Ordonnée :rajoute l'élément na[0]-2*i*Xmax/nbrePoints la liste des nb
56         nd.append(nd[i]) # Ordonnée : bloque la valeur de nd à nd[i] après l'équivalence
57         plt.scatter(V[i],na[i],marker = '.',c='red') # Affiche le point de coordonnées (V[i], na[i]) sous la forme d'un pt rouge
58         plt.scatter(V[i],nb[i],marker = '.',c='cyan')
59         plt.scatter(V[i],nd[i],marker = '.',c='green')
60     plt.pause(0.05) # Pause de 0,05s entre chaque point
61 plt.show()
62
```

Doc 7. Programme Python 3

```
1 # Titrage
2 print("Titrage de la solution A par B: aA + bB -> produits\
3     Entrer les valeurs des nombres stoechiométriques a et b")
4 a= float (input("a= "))
5 b= float (input("b= "))
6 print ("entrer le volume de l'espèce titrée en mL et la concentration\
7     de la solution titrante CB en mol/L")
8 VA = float (input ("VA="))
9 VE = float (input ("VE="))
10 CB = float (input ("CB="))
11 CA=(b/a)*(CB*VE/VA)
12 print ("concentration CA=",CA,"mol/L")
13
```

9. **COM** Définir les 4 blocs du programme retenu

Bloc 1 ligne 1 à 13 : importation des bibliothèques pour tracer un graphe et énoncé des données

Bloc 2 ligne 15 à 26 : introduction des constantes

Bloc 3 ligne 27 à 37 : Affichage du graphe (grandeurs sur abscisses, grandeur sur ordonnées, le titre, la grille, les axes, la couleurs des points...)

Bloc 4 ligne 40 à 61 : Conditions pour tracer le graphe (boucle for i in range (0,26) + if ... else

10. **REA** Exécuter le programme choisi et imprimer votre courbe. Déterminer le V_E graphiquement. Comparer au V_E expérimental.

$V_e = 17,6$ mL par la programmation

écart relatif (%) = $(17,8 - 17,6) / 17,8 \times 100 = 1,1\% < 10\%$, programme conforme à la valeur expérimentale

3

Pour aller plus loin

On souhaite doser la vitamine C (acide ascorbique $C_6H_8O_6$) contenu dans une ampoule de jus de fruit pour bébé.

La réaction de dosage a pour équation : $I_2 (l) + C_6H_8O_6 (l) \rightarrow 2 I^- (aq) + C_6H_6O_6 (l) + 2H^+ (aq)$

Dans un erlenmeyer, on introduit le jus de fruit contenu dans une ampoule de 10mL et l'eau de rinçage de l'ampoule.

On souhaite doser la vitamine C de ce jus de fruit par une solution de diiode de concentration $C = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

Trois essais de titrage sont réalisés; les valeurs de volume V_e versé à l'équivalence sont : $V_{e,1}$: entre 15 et 16 mL; $V_{e,2} = 15,1\text{mL}$; $V_{e,3} = 15,3 \text{ mL}$.

Données: Une solution de diiode est jaune-orangée ; l'ion iodure I^- est incolore. Les autres espèces chimiques mises en jeu lors de ce titrage ne colorent pas les solutions qui les contiennent.

Masse molaire de la vitamine C : $M(C_6H_8O_6) = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

11. **ANA** Prévoir le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence

...Le changement de couleur prévu à l'équivalence est : jaune à incolore d'après l'énoncé....

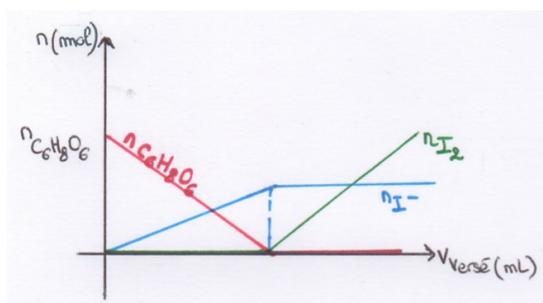
12. **REA** Calculer le volume à l'équivalence du titrage avec le nombre de chiffres significatifs adapté.

...le premier titrage a permis d'estimer la valeur du volume à l'équivalence. La valeur du volume à l'équivalence de ce

titrage est donc à calculer comme la moyenne des valeurs obtenues lors des titrages 2 et 3 : $V_e = \frac{V_{e,1} + V_{e,2}}{2} =$

$$\frac{15,1 + 15,3}{2} = 15,2 \text{ mL}$$

13. **REA** Réaliser un graphique représentant les évolutions qualitatives des quantités des réactifs et des produits dans l'erlenmeyer en fonction du volume de solution titrante versée. Justifier.



14. **REA** Déterminer la quantité de matière de vitamine C présente dans une ampoule.

.....A l'équivalence , les réactions sont introduits dans les proportions stoechiométriques , $n_{C_6H_8O_6} = n_{I_2}$...donc

$n_{C_6H_8O_6} = C_{12} \times V_e = 2,0 \cdot 10^{-3} \times 15,2 \cdot 10^{-3} = 3,04 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ dans 10mL ce qui correspond au volume de l'ampoule de 10mL.

.....

15. **ANA/ REA** Reprendre le programme python de la partie 2 et l'adapter pour ce dosage. Exécuter et imprimer la courbe obtenue.

16. **REA /COM** L'étiquette de ces ampoules indique 5 mg de vitamine C. Les résultats expérimentaux sont-ils en accord avec cette indication ?

..... $m_{C_6H_8O_6} = 3,04 \cdot 10^{-5} \times 176 = 5,35 \text{ mg}$

...écart relatif (%) = $(5,35 - 5,0) / 5,0 \times 100 = 7\% < 10\%$, les résultats sont conformes à l'indication portée sur l'étiquette.

.....