

TP3 : Comment choisir le titrant pour vérifier une concentration ?**✍** Choix de la concentration d'une solution titrante à l'aide d'un outil numérique

Les outils numériques permettent de simuler un titrage afin d'estimer le volume à l'équivalence et de visualiser l'évolution des quantités de matière des différentes espèces chimiques au cours de la réaction.

Problématique

Comment choisir la concentration d'une solution titrante afin d'obtenir un titrage précis et adapté aux caractéristiques du matériel utilisé ?

Données

On souhaite doser un volume : $V_A = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure de sodium contenant les ions : $(\text{Na}^+_{(\text{aq})}, \text{Cl}^-_{(\text{aq})})$. La concentration en ions chlorure est voisine de : $c_A = 0,15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

La solution titrante est une solution aqueuse de nitrate d'argent contenant les ions : $(\text{Ag}^+_{(\text{aq})}, \text{NO}_3^-_{(\text{aq})})$ de concentration c_B .

Choix de la solution titrante

Plusieurs solutions de nitrate d'argent sont disponibles : $0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $0,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $0,50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
 $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $5,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

L'objectif est de choisir la concentration la plus adaptée pour vérifier la concentration de la solution de chlorure de sodium.

Matériel

Le volume V de solution titrante versé au cours du titrage est mesuré à l'aide d'une burette graduée de capacité : $20,0 \text{ mL}$

L'outil numérique permettra de comparer les différents titrages simulés afin de sélectionner la solution titrante conduisant à un volume équivalent facilement mesurable avec cette burette.

Programme Python

Voir le programme fourni en Annexe.

Ce programme peut être exécuté sur un ordinateur à l'aide des logiciels « Edupython » ou « Thonny »

Les parties à compléter sont repérées par la mention : « $\approx i \approx$ » avec $i = 1, 2$ ou 3

Questions

1. Quel doit être l'ordre de grandeur du volume d'équivalence pour réaliser un titrage précis à l'aide d'une burette de capacité 20 mL ?
2. Écrire l'équation de la réaction support du titrage des ions chlorure par le nitrate d'argent. Identifier les ions spectateurs.
3. Exprimer la quantité de matière initiale d'ions chlorure présente en fonction de c_A et V_A .
4. Compléter le tableau d'avancement ci-dessous,
 - en identifiant le titré, le titrant et le produit formé (ligne « équation de la réaction : »)
 - en exprimant les quantités de matière présentes dans le bécher pour chaque espèce chimique en fonction de c_A , V_A , x et x_{Eq} .

État du système	Avancement x (en mol)	Quantités de matières présentes dans le bécher (en mol)		
Espèce		Titre	Titrant	Produit
Équation de la réaction :				
Initial	$x = 0$			
Si $V < V_{Eq}$	x			
Si $V = V_{Eq}$	$x = x_{Eq}$			
Si $V > V_{Eq}$	$x > x_{Eq}$			

V_{Eq} : volume de titrant utilisé à l'équivalence et x_{Eq} : avancement de la réaction à l'équivalence

- Exprimer x l'avancement de la réaction en fonction de c_B et V .
 - Décrire qualitativement l'évolution de la quantité de matière d'ions chlorure et d'ions argent au cours de ce titrage (avant et après l'équivalence). Que peut-on dire des ions sodium et nitrate ?
 - Exprimer V_{Eq} en fonction de c_A , V_A et c_B . Compléter la partie « $\approx 1 \approx$ » du programme.
 - Exprimer la quantité de matière d'ions argent présent dans la solution après l'équivalence en fonction de V , V_E et c_B .
 - A l'aide de vos réponses précédentes, compléter les parties « $\approx 2 \approx$ » et « $\approx 3 \approx$ » du programme
- On dispose de plusieurs flacons de nitrate d'argent de concentrations différentes (voir paragraphe Titrage). L'objectif est de déterminer laquelle est la plus adaptée pour doser la solution de chlorure de sodium.
- Une fois le programme complété (questions 7 et 9), l'exécuter pour chacune des concentrations proposées de la solution titrante.
 - Déterminer alors la concentration optimale de la solution de nitrate d'argent et justifier votre choix en vous appuyant sur la valeur du volume équivalent obtenu.

ANNEXE

.....

Programme permettant de représenter l'évolution des quantités de matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé

Réaction support de titrage $A+B \rightarrow C$

A : réactif titré c_A , v_A

B : réactif titrant c_B , v

Equivalence : v_{Eq}

En présence d'ions spectateurs :

SA: Spectateurs apportés par le réactif titré A

SB: Spectateurs apportés par le réactif titrant B

.....

```
# importe le module pyplot de matplotlib en le renommant plt
from matplotlib import pyplot as plt
```

```
# importe NumPy en la renommant np
import numpy as np
```

```
# Affiche des informations utiles concernant la réaction étudiée
print("\nLa réaction support de titrage est : A + B -> C")
```

```
# Saisie des paramètres
```

```
vA=float(input("Volume initial du réactif titré en mL : vA = "))
```

```
cA=float(input("Concentration du réactif titré en mol/L : cA = "))
```

```
cB=float(input("Concentration du réactif titrant en mol/L : cB = "))
```

```
#  $\approx 1 \approx$ 
```

```
# Calcul de volume d'équivalence
```

```
vEq=
```

```
# Affichage du volume du réactif titré à l'équivalence en écriture
```

```
# scientifique avec le nombre adapté de chiffres significatifs
```

```
# %.2 : "e" écriture scientifique 10".2" garder deux nombres après la virgule
```

```

print("Le volume du réactif titré à l'équivalence est vEq = ", "%.2e"%vEq, "mL")

# nA : quantité de matière de réactif titré A présente dans le bécher avant l'équivalence
# nB : quantité de matière de réactif titrant B présente dans le bécher avant l'équivalence
# nC : quantité de matière du produit C présente dans le bécher avant l'équivalence
# nSA : quantité de matière d'ions spectateurs apportés par le réactif titré A présente dans le bécher avant l'équivalence
# nSB : quantité de matière d'ions spectateurs apportés par le réactif titrant B présente dans le bécher avant l'équivalence

# Fonction calculant la composition du
# système avant l'équivalence : v<vEq

# ~~~~ 2 ~~~~
def Avant_Eq(v):
    nA =
    nB =
    nC =
    nSA =
    nSB =
    return nA,nB,nC,nSA,nSB

# nA : quantité de matière de réactif titré A présente dans le bécher après l'équivalence
# nB : quantité de matière de réactif titrant B présente dans le bécher après l'équivalence
# nC : quantité de matière du produit C présente dans le bécher après l'équivalence
# nSA : quantité de matière d'ions spectateurs apportés par le réactif titré A présente dans le bécher après l'équivalence
# nSB : quantité de matière d'ions spectateurs apportés par le réactif titrant B présente dans le bécher après l'équivalence

# Fonction calculant la composition du
# système après l'équivalence (incluse) : v>=vEq

# ~~~~ 3 ~~~~
def Apres_Eq(v):
    nA =
    nB =
    nC =
    nSA =
    nSB =
    return nA,nB,nC,nSA,nSB

# Définition du domaine des abscisses v volume versé de 0 à 2*vEq avec
# 21 valeurs régulièrement espacées
v = [i*vEq/10 for i in range(21)] # v en mL

# Initialisation des listes vides nA,nB,nC,nSA,nSB pour
# les quantités de matière
nA_L,nB_L,nC_L,nSA_L,nSB_L = [],[],[],[],[] # quantités de matière en mmol

# pour chaque valeur x du volume v de solution titrante versé
for x in v:
    if x<vEq: # avant l'équivalence
        # Calcul des quantités de matière notées nA_x,nB_x,nC_x,
        # nSA_x,nSB_x (en mmol)
        nA_x,nB_x,nC_x,nSA_x,nSB_x=Avant_Eq(x)
        nA_L.append(nA_x) # insère la valeur nA_x en fin de liste nA
        nB_L.append(nB_x) # insère la valeur nB_x en fin de liste nB
        nC_L.append(nC_x) # insère la valeur nC_x en fin de liste nC
        nSA_L.append(nSA_x) # insère la valeur nSA_x en fin de liste nSA
        nSB_L.append(nSB_x) # insère la valeur nSB_x en fin de liste nSB
    else: # après l'équivalence
        # Calcul des quantités de matière notées nA_x,nB_x,nC_x,
        # nSA_x,nSB_x (en mmol)
        nA_x,nB_x,nC_x,nSA_x,nSB_x=Apres_Eq(x)
        nA_L.append(nA_x)
        nB_L.append(nB_x)
        nC_L.append(nC_x)
        nSA_L.append(nSA_x)
        nSB_L.append(nSB_x)

# Titre et initialisation de la fenêtre graphique
plt.figure('Quantité de matière',figsize=(7,8))

# Tracé des courbes des quantités de matière en fonction de v
# $n_{A}$ : affiche "n" avec un "A" en indice etc...
plt.plot(v,nA_L,label='$n_{A}=n_{titré}$',color="blue") # nA = ntitré = f(v)
plt.plot(v,nB_L,label='$n_{B}=n_{titrant}$',color="orange") # nB = ntitrant = f(v)
plt.plot(v,nC_L,label='$n_{C}$',color="green") # nC = f(v)
plt.plot(v,nSA_L,':',label='$n_{Spectateur-titré}$')
plt.plot(v,nSB_L,':',label='$n_{Spectateur-titrant}$')

```

```
# Label des axes
plt.xlabel('Volume v de solution titrante versé (en mL)')
plt.ylabel('Quantité de matière des espèces (en mmol)')

# Limite des axes
y_max = max(max(nA_L),max(nB_L),max(nC_L),max(nSA_L),max(nSB_L))
plt.xlim(0,max(v)*1.1)
plt.ylim(0,y_max*1.2)
# Titre supérieur
plt.suptitle("Evolution des quantités de matière lors d'un titrage")
# Fonction affichant en titre la réaction support de titrage et les données
def titre(vA,cB,vEq):
    reactifs = ' A$_{titré}$ + B$_{titrant}$'
    produits = ' C'
    equation = reactifs+'$ \longrightarrow $ '+produits
    data1 = '$v_{A}$ = '+str(vA)+' mL, '
    data2 = '$c_{B}$ = '+'%1e'%cB+' mol$\cdot$L^{-1}$, '
    data3 = '$v_{Eq}$ = '+str(vEq)+' mL'
    data=data1+data2+data3
    plt.title('Réaction support de titrage : '+equation+'\n'+data)
    return
titre(vA,cB,vEq) # Affichage du titre (appel de la fonction titre)
plt.grid(ls='--') # Affichage d'une grille
plt.legend() # Affichage de la légende
plt.show()
```