Exercice 2 - Eau de Quinton (4 points)

René Quinton, biologiste français, a découvert et mis au point le sérum qui porte son nom : l'eau de Quinton. Issue d'un prélèvement d'eau de mer, celle-ci est ensuite filtrée pour en éliminer les impuretés. Elle est actuellement commercialisée, notamment sous forme d'ampoules pour, par exemple, nettoyer le nez ou les yeux.



L'objectif de cet exercice est de déterminer la teneur en ions chlorure d'une eau de Quinton commerciale provenant d'une mer bretonne, à l'aide d'un titrage suivi par conductimétrie.

Données :

- conductivités molaires ioniques à 25 °C :

ion	$C\ell^-$	Ag^+	NO_3^-	Na^+
λ ($S{\cdot}m^2{\cdot}mol^{-1}$)	$7{,}63\times10^{-3}$	$6{,}19\times10^{-3}$	$7{,}14\times10^{-3}$	$5{,}01\times10^{-3}$

- masse molaire atomique de l'élément chlore : $M(C\ell) = 35{,}5\ g{\cdot}mol^{-1}$;
- concentration moyenne en masse en ions chlorure d'une eau de mer bretonne : $19{,}4\ g{\cdot}L^{-1}$;
- la concentration en ions chlorure dans le sang est comprise entre 100 et 110 $mmol{\cdot}L^{-1}$;
- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|\,x - x_{ref}\,|}{u(x)}$ avec x la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et $u(x)$ l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x.

Dans le contexte de cet exercice, on peut qualifier une eau de Quinton d'isotonique si sa concentration en ions chlorure est dans l'intervalle des valeurs de celles du sang, d'hypertonique si elle est supérieure à 110 $mmol{\cdot}L^{-1}$ et d'hypotonique si elle est inférieure à 100 $mmol{\cdot}L^{-1}$.

1. Préparation de l'eau de Quinton isotonique

Une eau de Quinton isotonique est préparée en diluant 5 fois l'eau de Quinton commerciale hypertonique étudiée.

Q1. Proposer un protocole permettant de préparer 100,0 mL d'eau de Quinton isotonique à partir d'eau de Quinton commerciale. Nommer, en précisant les volumes, la verrerie utilisée.

Q2. Vérifier le caractère isotonique de la solution ainsi préparée.

2. Analyse d'une eau de Quinton hypertonique

On assimile l'eau de Quinton hypertonique étudiée à une solution aqueuse de chlorure de sodium ($Na^+(aq)$; $C\ell^-(aq)$). Afin d'en déterminer la concentration en ions chlorure, on réalise un titrage suivi par conductimétrie.

À l'aide d'une pipette jaugée, on prélève un volume $V_1 = 10{,}0$ mL d'eau de Quinton hypertonique que l'on introduit dans un bécher, dans lequel on ajoute 200 mL d'eau distillée.

On dose la solution obtenue par une solution titrante de nitrate d'argent ($Ag^+(aq)$; $NO_3^-(aq)$) de concentration $C_2 = 3{,}00\times10^{-1}\ mol{\cdot}L^{-1}$. Les ions argent forment avec les ions chlorure un précipité de chlorure d'argent $AgC\ell(s)$. Cette réaction de précipitation peut être considérée comme totale.

Q3. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation mise en jeu au cours du titrage.

On utilise le langage de programmation Python pour simuler et représenter l'évolution des concentrations des espèces qui participent à la conductivité de la solution titrée en fonction du volume de solution titrante versé. On néglige la dilution liée à l'ajout de la solution titrante.

Dans ce programme, on utilise les notations suivantes :

- `C_1` : concentration de la solution titrée exprimée en $mol \cdot L^{-1}$;
- `V_1` : volume de solution titrée exprimé en L ;
- `C_2` : concentration de la solution titrante exprimée en $mol \cdot L^{-1}$;
- `V_2` : volume de solution titrante versé exprimé en L.

On fournit sur la figure 1 un extrait du programme et sur la figure 2 le résultat de la simulation obtenu.

```
8     # Déclaration des variables
9
10    c_A = []          # Concentration de l'espèce A
11    c_B = []          # Concentration de l'espèce B
12    c_C = []          # Concentration de l'espèce C
13    c_D = []          # Concentration de l'espèce D
14
15    V_E =             # Expression du volume équivalent exprimé en L
```

Figure 1. Extrait du programme

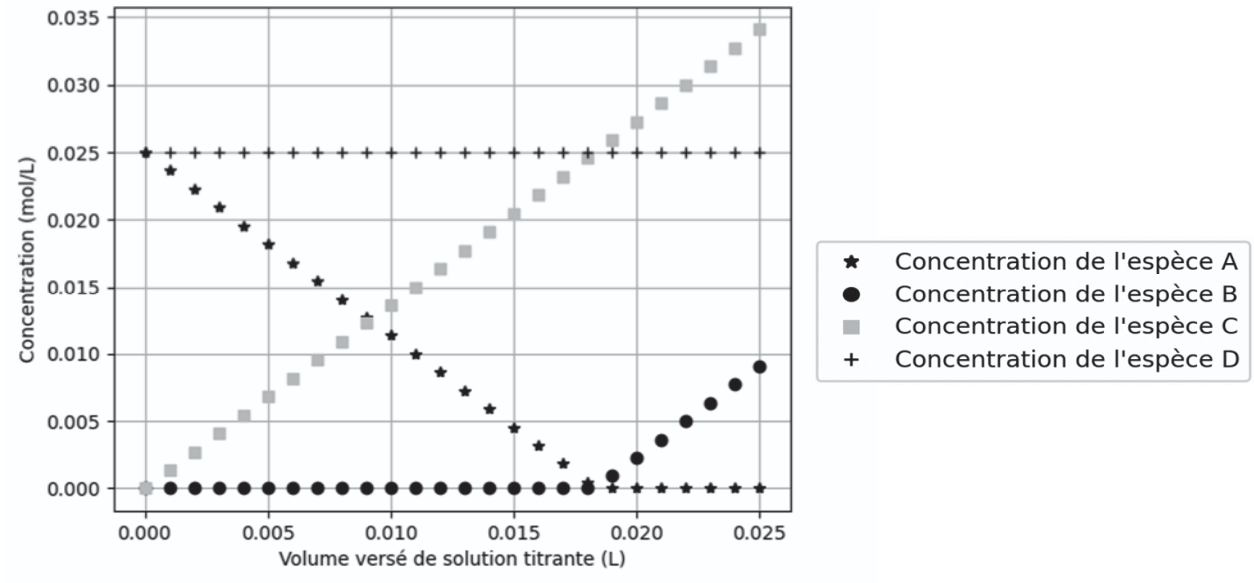


Figure 2. Évolution des concentrations en fonction du volume de solution titrante versé

Q4. Identifier, en justifiant, les espèces A, B, C et D parmi Na^+, $C\ell^-$, NO_3^- et Ag^+.

Q5. Donner l'expression de la ligne 15 du programme Python permettant de calculer la valeur du volume à l'équivalence, noté `V_E`, en fonction de `C_1`, `C_2` et `V_1`.

On a reporté sur la figure A1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** l'évolution de la conductivité σ en fonction du volume V_2 de solution de nitrate d'argent versé.

Q6. En utilisant les résultats de la simulation de la figure 2, expliquer l'évolution de la conductivité mesurée au cours du dosage.

Q7. Exploiter les résultats expérimentaux pour déterminer la concentration en masse $C_{Quinton}$ des ions chlorure dans l'eau de Quinton.

L'incertitude-type $u(C_{Quinton})$ associée à la valeur de la concentration en masse trouvée précédemment est, dans cette situation :

$$u(C_{Quinton}) = C_{Quinton} \times \sqrt{\left(\frac{u(V_1)}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_2)}{C_2}\right)^2}$$

avec $u(V_E) = 0{,}5$ mL, $u(V_1) = 0{,}02$ mL et $u(C_2) = 2 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.

Q8. Vérifier si la concentration trouvée est en accord avec la concentration en ions chlorure de l'eau de mer bretonne.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

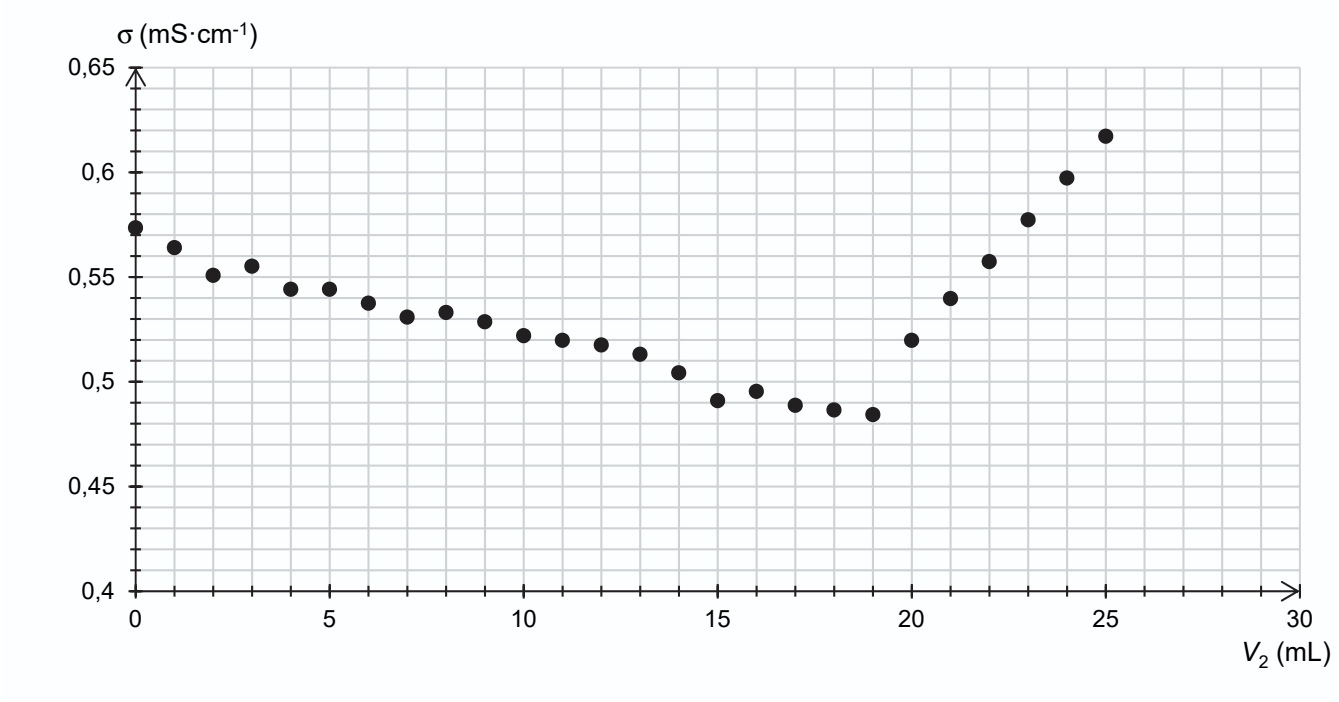
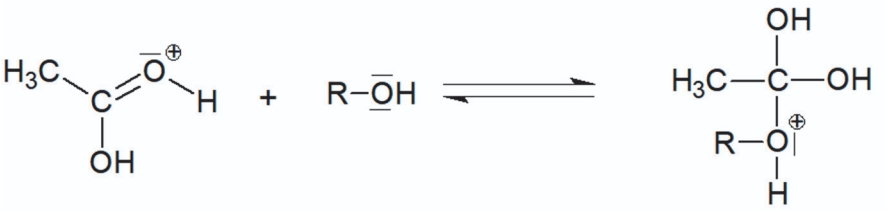


Figure A1. Évolution de la conductivité σ au cours du dosage
en fonction du volume de solution de nitrate d'argent versé

Étape 1 :



Étape 2 :



Étape 5 :

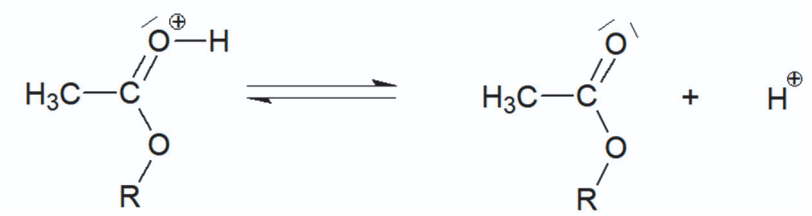


Figure A2. Extraits du mécanisme réactionnel
de la synthèse de l'éthanoate de géranyle