

- DST n°3 Spécialité Physique-Chimie -

Durée de l'épreuve : 1h30

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Le sujet comporte 2 exercices présentés sur pages. Le candidat doit traiter tous les exercices qui sont indépendants les uns des autres et soigner la rédaction et la présentation.

Exercice 1 : Eau de Quinton (12,5 points) _____ 55 minutes conseillées

René Quinton, biologiste français, a découvert et mis au point un 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	Cl^-	Ag^+	NO_3^-	Na^+
$\lambda \text{ (S.m}^{-2}\text{.mol}^{-1}\text{)}$	$7,63 \times 10^{-3}$	$6,19 \times 10^{-3}$	$7,14 \times 10^{-3}$	$5,01 \times 10^{-3}$

- masse molaire atomique de l'élément chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$;
- concentration moyenne en masse en ions chlorure d'une eau de mer bretonne : $19,4 \text{ g.L}^{-1}$;
- la concentration en ion chlorure dans le sang est comprise entre 100 et 110 mmol.L^{-1} ;
- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$ 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 de celles du sang, d'hypertonique si elle est supérieure à 110 mmol.L^{-1} et d'hypotonique si elle est inférieure à 100 mmol.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 à une solution aqueuse de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$; $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$). Afin de déterminer la concentration en ions chlorure, on réalise un titrage suivi par conductimétrie.

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

On dose la solution obtenue par une solution titrante de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$; $\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C_2 = 3,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Les ions argent forment avec les ions chlorure un précipité de chlorure d'argent $\text{AgCl}_{(\text{s})}$.

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

Q4. Quelles caractéristiques doit posséder cette réaction pour être utilisée lors d'un titrage ?

Q5. Donner la définition de l'équivalence d'un 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 versée. 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.L^{-1} ;
- V_1 : volume de solution titrée exprimée en L ;
- C_2 : concentration de la solution titrante exprimée en mol.L^{-1} ;
- V_2 : volume de solution titrante versé exprimée 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

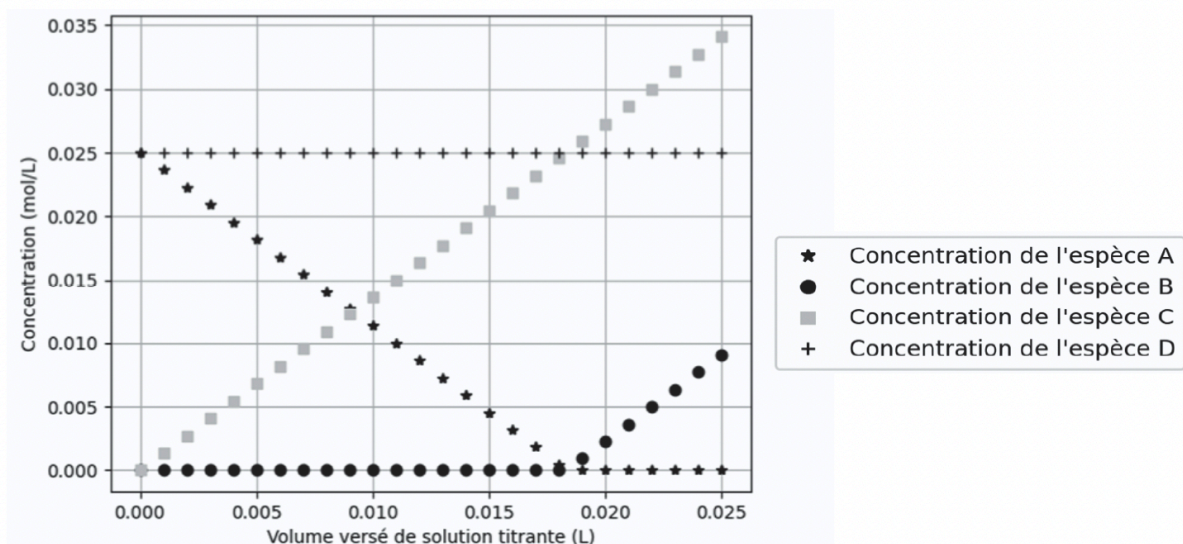


Figure 2. Évolution des concentrations en fonction du volume de solution titrante versé

Q6. Identifier, en justifiant, les espèces A, B, C et D parmi Na^+ , Cl^- , NO_3^- et Ag^+ .

Q7. 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 , V_1 . Justifier.

On a reporté sur la **FIGURE 3 CI-DESSOUS À RENDRE AVEC LA COPIE**, l'évolution de la conductivité σ en fonction du volume V_2 de solution de nitrate d'argent versé.

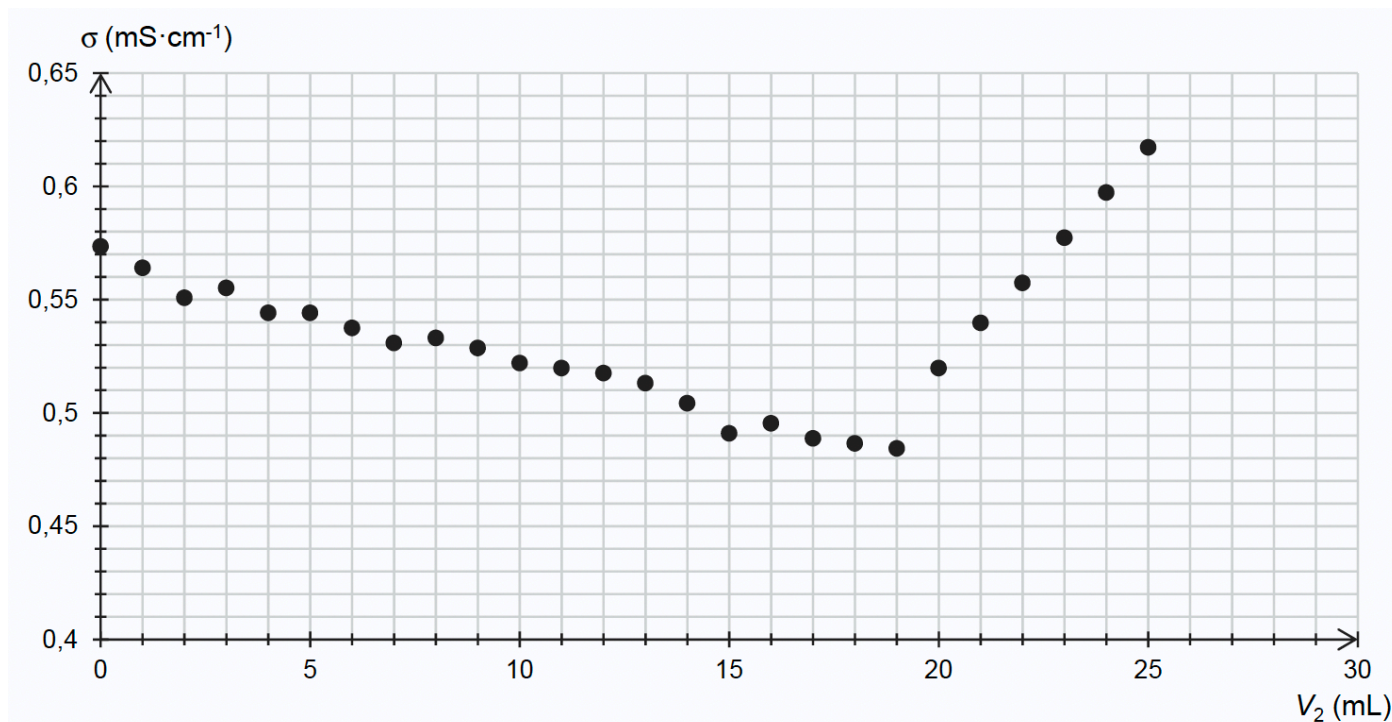


Figure 3. Évolution de la conductivité σ au cours du dosage en fonction du volume de solution de nitrate d'argent versé

Q8. En utilisant les résultats de la simulation de la figure 2, expliquer l'évolution de la conductivité mesurée au cours du dosage.

Q9. Exploiter les résultats expérimentaux pour déterminer la concentration en masse C_{Quinton} des ions chlorure dans l'eau de Quinton.

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

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

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

Q10. Vérifier que la concentration trouvée est en accord avec la concentration en ions chlorure de l'eau de mer bretonne.

Exercice 2 : Le canon de Paris (7,5 points) _____ 35 minutes conseillées

Souvent confondu à tort avec la grosse Bertha, le canon de Paris est à la fois le plus célèbre et le plus mystérieux des canons de toute l'histoire de l'artillerie. Ce canon a bombardé Paris à la fin de la Première Guerre mondiale.

Son secret réside dans la trajectoire de l'obus. Avec une élévation égale à 50 degrés, le projectile était propulsé dans la haute atmosphère où l'air raréfié oppose moins de résistance à l'obus et accroît ainsi sa portée.

Le 30 janvier 1918, lors des essais finaux au pas de tir de la marine à Altenwalde, le canon tira un obus de 105 kg avec une vitesse d'éjection de près de 5800 km.h⁻¹. La durée de vol de l'obus a été de 176 s et il est tombé à 126 km de distance avec une assez bonne précision. Les obus ont atteint une altitude de 42 km à l'apogée de leur trajectoire. C'était à l'époque la plus haute altitude jamais atteinte par un projectile lancé par l'homme. Le canon de Paris conserva ce record de 1918 à 1939.

D'après : <http://html2.free.fr/canons/canparis.htm>

Le but de cet exercice est de vérifier quelques données de ce document sur le vol de l'obus.

Pour cela, on a établi les équations horaires du mouvement de l'obus en supposant que celui-ci n'est soumis qu'à son poids :

$$x(t) = 1028t + 23$$

$$y(t) = -4,9t^2 + 1226t + 28$$

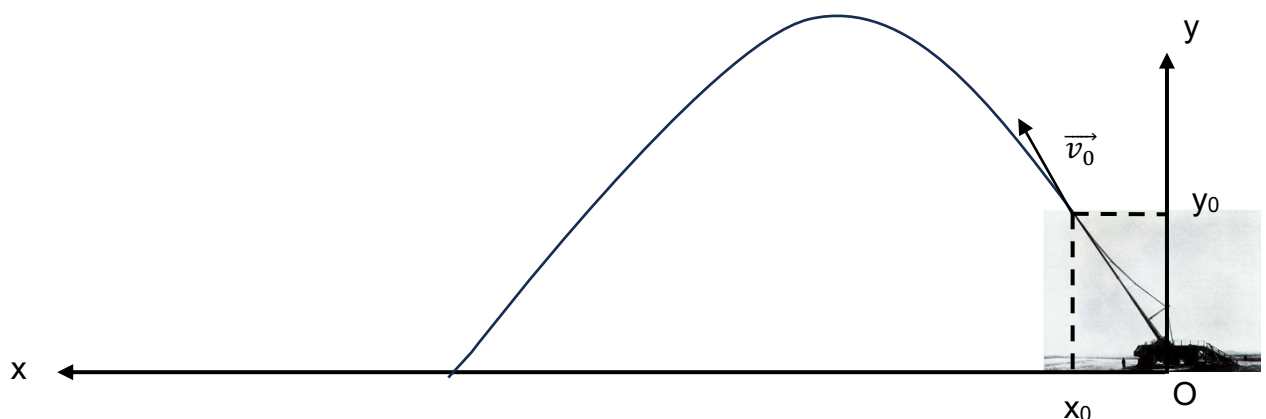


Schéma de la trajectoire de l'obus (réalisé sans soucis d'échelle)

1. D'après les équations horaires, quelles sont les coordonnées x_0 et y_0 du vecteur position à l'instant initial ?
- 2a. Déterminer les coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse.
- 2b. En déduire la valeur de la vitesse initiale v_0 de l'obus. Cette valeur est-elle cohérente avec la vitesse d'éjection donnée dans le document ? Justifier.
3. Déterminer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération.
- 4a. Déterminer la durée théorique de la chute, c'est-à-dire la durée au bout de laquelle l'obus retombe au sol.
- 4b. En déduire la portée théorique du tir, c'est-à-dire la distance parcourue horizontalement entre le début et la fin de la chute.
- 4c. Expliquer l'écart existant entre les résultats théoriques obtenus dans les deux questions précédentes et les données du document.