

Un Devoir Maison vise à s'entraîner, sans la contrainte du temps limité.

Il permet donc de travailler, en plus du contenu en jeu, la rédaction et la présentation...

Exercice 1 - Application à la datation au carbone 14.

La datation au carbone 14 peut être utilisée pour dater une statuette en bois. Un petit échantillon est brûlé et les gaz qui s'en échappent sont analysés pour déterminer la proportion de ^{14}C . Le noyau de carbone 14 est radioactif β^- et donne un noyau d'azote en se désintégrant avec une demi-vie $t_{1/2} = 5730$ ans : c'est la durée nécessaire à la désintégration de la moitié d'un échantillon. On admet que la proportion des deux isotopes du carbone (^{12}C et ^{14}C) est constante dans l'atmosphère et dans les êtres vivants et qu'il en a toujours été ainsi. Elle est de $1,3 \times 10^{-12}$ atomes de ^{14}C pour un atome de ^{12}C . Lorsque l'être vivant meurt, cette proportion décroît exponentiellement car les isotopes 14 se désintègrent.



1. Écrire l'équation de désintégration du carbone 14.
2. Expliquer graphiquement le principe de la datation au carbone 14.
3. Exprimer la relation entre la demi-vie et la constante radioactive puis calculer la constante radioactive du carbone 14.
4. L'analyse d'un prélèvement de masse $m = 0,10$ g de la statuette montre qu'elle contient 10% en masse de carbone. Évaluer le nombre total d'atomes de carbone présents dans le prélèvement lors de la mort du bois qui a servi à confectionner la statuette, puis le nombre d'atomes de carbone 14.
5. Déterminer l'activité A_0 de cet échantillon au moment de la mort du bois.
6. Cet échantillon a une activité $A = 2,0$ mBq. En déduire l'âge approximatif de la statuette.

Exercice 2 – Des bonbons nordiques

Dans la tradition des pays nordiques, les bonbons à la réglisse contiennent un solide ionique (chlorure d'ammonium) qui leur confère un goût particulièrement salé et piquant.

Des élèves ont pour objectif de vérifier la valeur du titre massique (en pourcentage) en chlorure d'ammonium indiqué sur l'étiquette du paquet de bonbons ci-dessous.

Ingrédients : sucre, 4,2 % de chlorure d'ammonium, extrait de réglisse, amidon de maïs modifié, anti-agglomérant E553b (silicate de magnésium), sirop de glucose.

Données :

- Équation de la réaction de dissolution du chlorure d'ammonium : $\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$
- Masse molaire du chlorure d'ammonium : $M = 53,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- La loi de Kohlrausch donne l'expression de la conductivité σ d'une solution aqueuse ionique en fonction des concentrations en quantité $[X_i]$ des ions et des conductivités molaires ioniques λ_i des ions : $\sigma = \sum \lambda_i \cdot [X_i]$ où X_i est un ion.
- conductivités molaires ioniques à 25 °C :

ions	ion hydroxyde HO^-	ion chlorure Cl^-	ion ammonium NH_4^+	ion sodium Na^+
λ ($\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$)	19,8	7,7	7,3	5,0

Protocole suivi par les deux groupes d'élèves

- Étape 1 : Dissoudre un bonbon de masse 1,0 g dans une fiole jaugée de volume 250,0 mL complétée avec de l'eau distillée. On obtient la solution S_0 .
- Étape 2 : Verser le contenu de la fiole dans un bécher de 500 mL.
- Étape 3 : Prélever 40,0 mL de S_0 dans le bécher.
- Étape 4 : Réaliser un titrage de ce prélèvement par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$) de concentration en quantité de matière $C_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Un premier groupe d'élèves (groupe A) choisit de réaliser le titrage par pH-métrie, un second groupe (groupe B) réalise le titrage par conductimétrie.

1. Réaction support du titrage et préparation du titrage

1.1. Sachant que l'ion ammonium est l'espèce chimique titrée et que c'est un acide au sens de Brønsted, écrire l'équation de la réaction support du titrage.

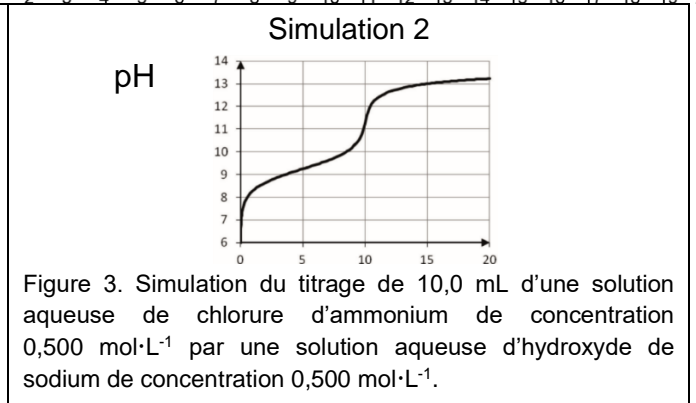
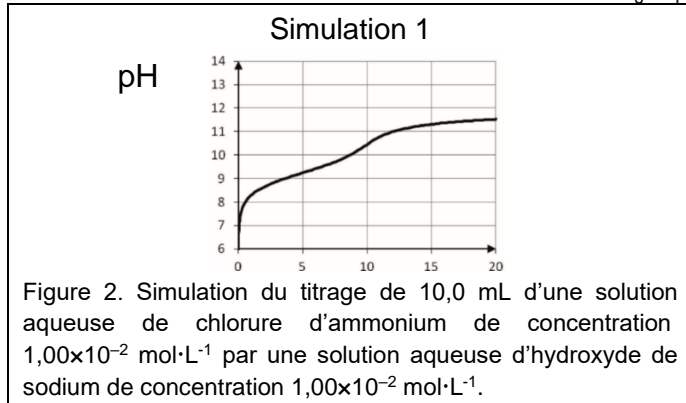
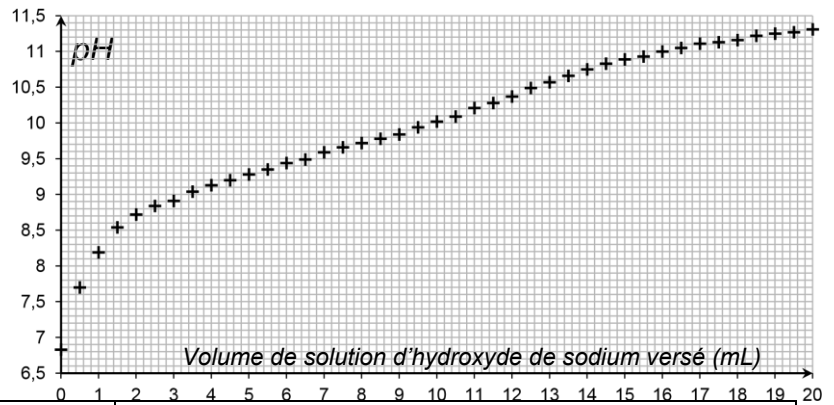
1.2. Préciser les caractéristiques que doit posséder une réaction chimique pour être utilisée lors d'un titrage. On suppose que ces caractéristiques sont celles de la réaction utilisée ici.

2. Titrage suivi par pH-métrie

Les élèves du groupe A tracent l'évolution du pH en fonction du volume de solution titrante versé. Ils obtiennent la courbe ci-contre.

2.1. Indiquer pourquoi ce graphique ne permet pas de déterminer le titre massique en chlorure d'ammonium.

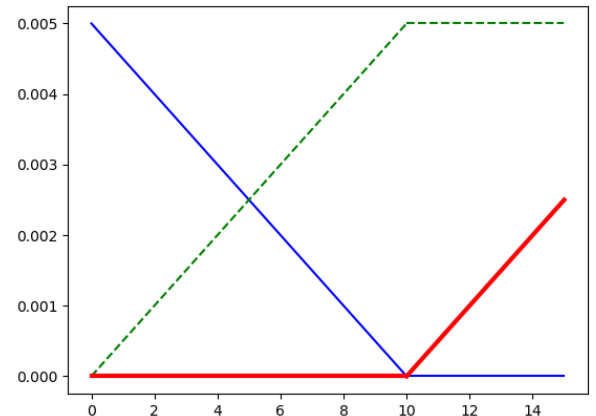
Afin de leur permettre d'améliorer leur titrage, on fournit aux élèves les résultats des deux simulations données ci-dessous.



2.2. Indiquer la ou les grandeur(s) que les élèves auraient dû modifier pour rendre leur courbe exploitable.

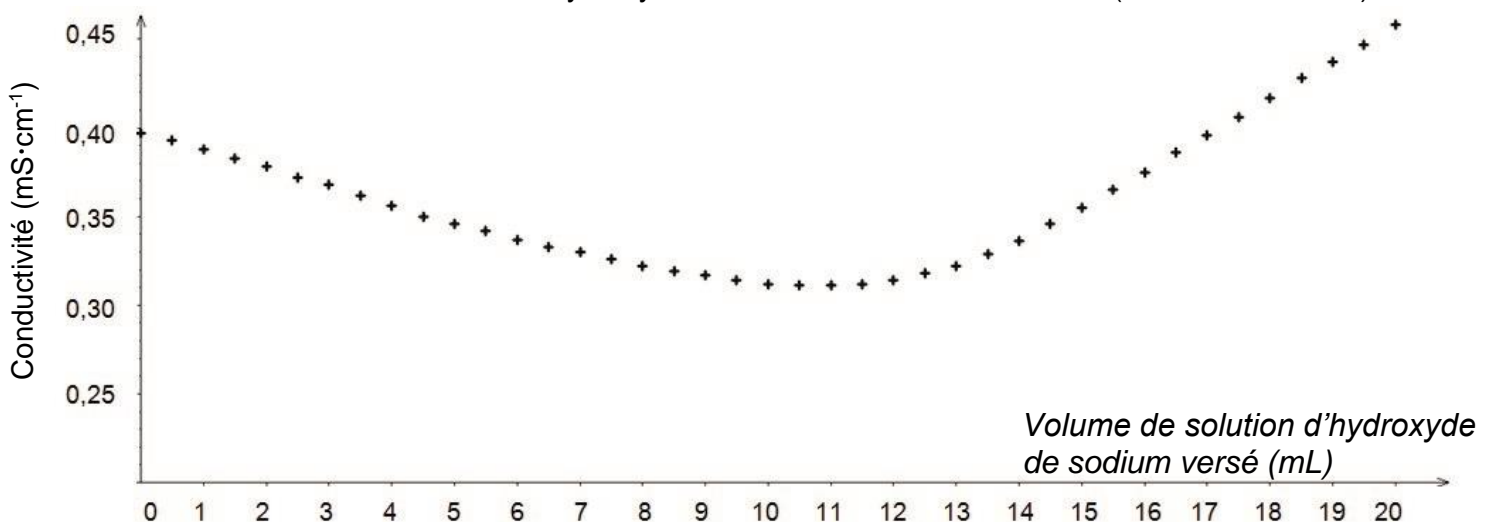
2.3. Les élèves terminent leur travail par la rédaction d'un programme informatique afin de tracer des courbes donnant l'évolution des quantités de matière de certaines espèces présentes au cours du titrage (dans le cas de la simulation 2). Ils ont oublié de légendier leur document. Sur le graphe ci-contre :

- préciser les grandeurs en abscisses et en ordonnées ;
- identifier les différentes courbes



3. Titrage suivi par conductimétrie

Les élèves du groupe B réalisent le titrage suivi par conductimétrie. Ils tracent l'évolution de la conductivité en fonction du volume versé de solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_B . (courbe ci-dessous)



3.1. Déterminer par une méthode graphique la valeur du volume équivalent V_E .

3.2. En exposant la démarche, déterminer : - la quantité d'ions ammonium titrés ;

- la quantité totale d'ions ammonium dissoute dans S_0 .

3.3. En déduire que le titre massique en chlorure d'ammonium dans le bonbon est proche de l'indication donnée par l'étiquette du paquet.

3.4. Justifier qualitativement (sans calcul) que la conductivité diminue puis augmente.