2010 Nouvelle Calédonie

EXERCICE III. UNE ASTUCE CULINAIRE (4 points)

«Quoi, il est pas frais mon poisson ? » Cetautomatix, le forgeron du village d'Astérix et d'Obélix, adore mettre en cause la fraîcheur des produits du poissonnier Ordralfabetix. La raison ? Une odeur. Mais pas n'importe laquelle. L'odeur de poisson avarié fait partie de ces effluves nauséabonds et tenaces que l'on frémit de rencontrer.
Les substances chimiques responsables de la mauvaise odeur du poisson sont des composés azotés, les amines, comme la triméthylamine de formule $(CH_3)_3N$. Celle-ci est produite à la mort du poisson lors de la décomposition des protéines de l'animal par des bactéries.
Les «recettes de grand-mère» ne manquent pas pour atténuer ou se débarrasser des odeurs de poisson.
La plupart d'entre elles tournent autour d'ajout de citron ou de vinaigre dans la poêle, la casserole ou sur les mains.

Extraits de «Histoires de Savoir» 27 février 2008
Figaro.fr / Sciences

Dans cet exercice, on s'intéresse tout d'abord au dosage d'un vinaigre à usage culinaire puis au comportement de la triméthylamine dans l'eau et enfin à l'intérêt d'ajouter du vinaigre dans l'eau de cuisson d'un poisson. On admet que l'odeur nauséabonde du poisson ne provient que de la triméthylamine.

Les trois parties sont indépendantes.

Données :
- produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$;
- pKa du couple CH_3COOH (aq) / CH_3COO^- (aq) à 25°C : $pKa_1 = 4{,}8$;
- ion triméthylammonium / triméthylamine : $(CH_3)_3NH^+$(aq)/ $(CH_3)_3N$(aq), qu'on peut noter BH^+(aq) /B(aq) ;
- pKa du couple $(CH_3)_3NH^+$ (aq) / $(CH_3)_3N$ (aq) à 25°C : $pKa_2 = 9{,}8$.

1. Dosage du vinaigre utilise en cuisine

Le vinaigre est une solution aqueuse diluée contenant essentiellement de l'acide éthanoïque de formule CH_3COOH.
La solution de vinaigre commerciale, notée S_0, étant trop concentrée, on la dilue 20 fois pour obtenir une solution de vinaigre diluée notée S_1.
On prélève précisément un volume $V_1 = 10{,}0$ mL de solution diluée S_1 de concentration C_1.
On réalise un dosage conductimétrique de la solution S_1 par une solution titrante d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) de concentration $C_b = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

La **figure 2 de l'annexe** représente la variation de la conductivité de la solution en fonction du volume V_b de solution titrante versé.

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

1.2. Déterminer graphiquement le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

1.3. Définir l'équivalence. En déduire la concentration molaire C_1 en acide éthanoïque dans la solution S_1. On pourra s'aider éventuellement d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique.

1.4. En déduire la concentration molaire C_0 en acide éthanoïque dans la solution commerciale S_0.

2. Comportement de la triméthylamine dans l'eau.

On dispose d'un volume $V = 50$ mL d'une solution aqueuse de triméthylamine de concentration molaire apportée $C = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}. On mesure le pH de cette solution. Le pH-mètre indique 10,9.
L'équation de la réaction entre la triméthylamine et l'eau est:

$$(CH_3)_3N\,(aq) + H_2O\,(\ell) = (CH_3)_3NH^+\,(aq) + HO^-\,(aq)$$

2.1. Déterminer, à l'équilibre, la concentration $[H_3O^+]_{éq}$ en ions oxonium dans la solution à 25°C.
En déduire, à l'équilibre, la concentration $[HO^-]_{éq}$ et la quantité de matière $n(HO^-)_{éq}$ des ions hydroxyde dans la solution.

2.2. Calculer la quantité de matière n_0 apportée en triméthylamine.

2.3. Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système donné sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE.**

2.4. En déduire l'avancement final x_f et l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

2.5. Calculer le taux d'avancement final τ de la réaction. La transformation est-elle totale ?

2.6. Montrer que le rapport $\dfrac{\left[(CH_3)_3NH^+\right]_{éq}}{\left[(CH_3)_3N\right]_{éq}}$ est égal à $\dfrac{x_f}{n_0 - x_f}$ et le calculer.

3. Intérêt d'ajouter du vinaigre à l'eau de cuisson du poisson

On ajoute du vinaigre à la solution aqueuse de triméthylamine. Le pH de la solution vaut alors 6,5. L'équation de la réaction entre la triméthylamine et l'acide éthanoïque s'écrit :

$$(CH_3)_3N\ (aq) + CH_3COOH\ (aq) = (CH_3)_3NH^+\ (aq) + CH_3COO^-\ (aq)$$

3.1. Donner l'expression littérale de la constante d'acidité Ka_2 du couple $(CH_3)_3NH^+$ (aq) / $(CH_3)_3N$ (aq).
En déduire l'expression du rapport $\dfrac{\left[(CH_3)_3NH^+\right]_{éq}}{\left[(CH_3)_3N\right]_{éq}}$ en fonction de pKa_2 et de pH.

3.2. Calculer la valeur de ce rapport.

3.3. Quel intérêt présente l'ajout de vinaigre à l'eau de cuisson d'un poisson ?

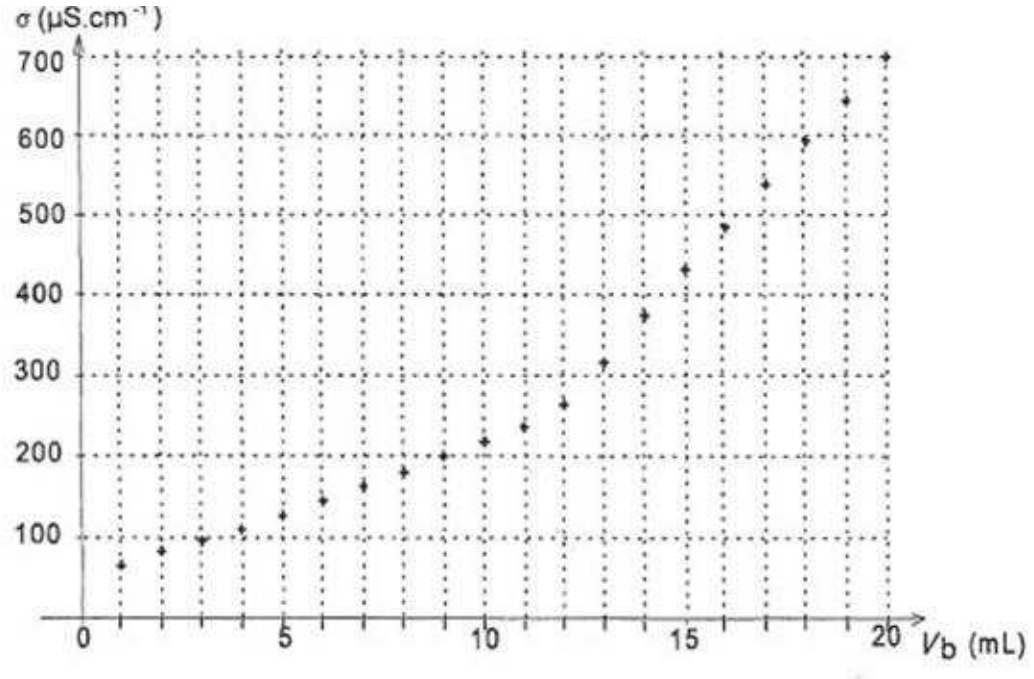


Figure 2. Variation de la conductivité de la solution en fonction du volume V_b de solution titrante versée

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Équation de la réaction		$(CH_3)_3N(aq) + H_2O(\ell) = (CH_3)_3NH^+(aq) + HO^-(aq)$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0				
Au cours de la transformation	x				
État final	x_f				
État final en supposant la transformation totale	x_{max}				

Figure 3. Tableau descriptif de l'évolution du système