

EXERCICE I : À PROPOS DE L'ACIDE FUMARIQUE (10 points)

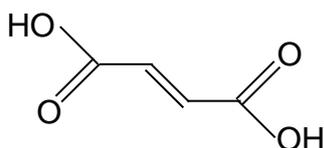
L'acide fumarique est un composé synthétisé normalement par la peau lorsque celle-ci est exposée au Soleil. Lorsque ce processus est déficient, l'être humain développe une maladie de la peau : le psoriasis.

Le psoriasis touche près de 5 % de la population, il n'existe malheureusement aucun traitement pharmaceutique réellement efficace. Cependant, l'acide fumarique et certains de ses dérivés ont été utilisés avec un succès mesurable, en Europe du Nord et aux États-Unis, depuis plus de 30 ans, pour calmer les démangeaisons, la desquamation et l'inconfort caractéristiques du psoriasis. Des gélules contenant de l'acide fumarique peuvent être ingérées quotidiennement.

L'objectif de cet exercice est d'étudier quelques caractéristiques physico-chimiques de l'acide fumarique et d'effectuer un contrôle qualité des gélules vendues pour le traitement nutritionnel du psoriasis.

1. Caractéristiques physiques de l'acide fumarique

L'acide fumarique a pour formule topologique :



Acide fumarique	
Nom officiel	Acide(E)-but-2-ène-1,4-dioïque
Aspect	Solide blanc
Utilisations	Traitement du psoriasis Additif alimentaire en tant qu'acidifiant
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	116
Solubilité avec l'eau à 25 °C (La solubilité est la masse maximale d'un composé que l'on peut dissoudre par litre de solvant)	Très faible : 6,3 g.L ⁻¹
Température de fusion	287 °C
Masse volumique	1,63 g.cm ⁻³
Pictogramme de sécurité	 Irritant

2. Propriétés chimiques de l'acide fumarique

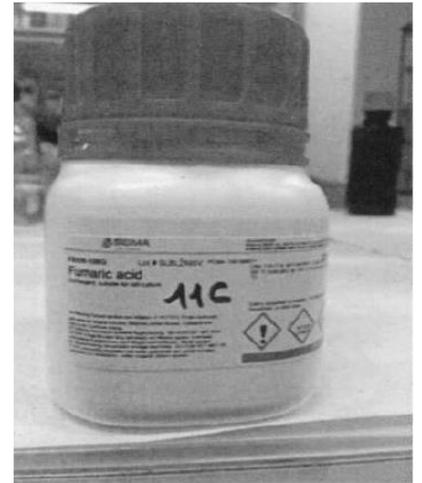
Pour étudier les propriétés acides de l'acide fumarique en solution aqueuse, on dissout 500 mg d'acide fumarique du laboratoire dans de l'eau distillée pour obtenir une solution de volume 100,0 mL. La mesure du pH de la solution donne $\text{pH} = 2,4$.

2.1. Décrire précisément le protocole pour réaliser cette solution.

2.2. Rappeler la définition d'un acide au sens de Brönsted.

2.3. L'acide fumarique possède des propriétés acido-basiques en solution aqueuse. Expliquer pourquoi cette molécule est qualifiée de diacide.

2.4. Calculer la concentration molaire C_A apportée de l'acide fumarique dans la solution préparée.



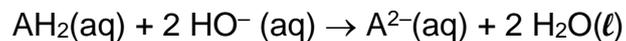
3. Contrôle qualité d'un traitement nutritionnel à base d'acide fumarique

On se propose de vérifier l'indication portée sur l'étiquette d'un traitement du psoriasis, à l'aide d'un titrage acido-basique, selon le protocole suivant :

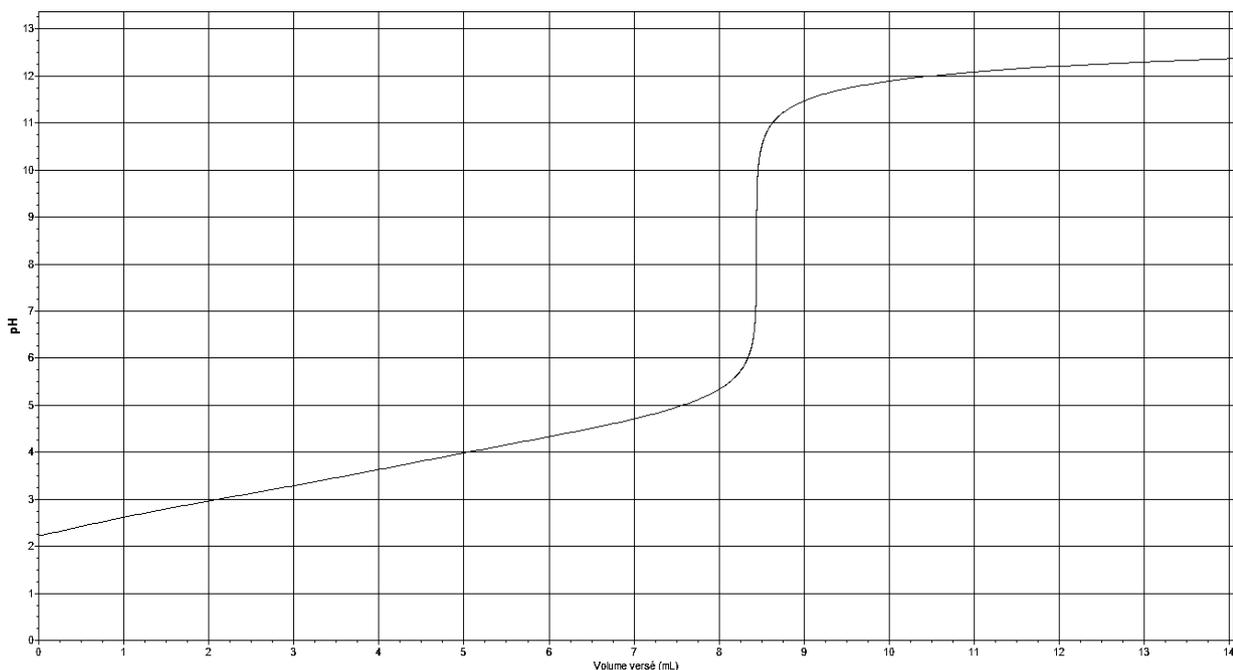
- À l'aide d'un mortier, réduire en poudre le contenu d'une gélule.
- Dissoudre la poudre obtenue dans de l'eau distillée de manière à obtenir un volume $V = 100,0$ mL de solution.
- Effectuer une prise d'essai de volume $V_A = 10,0$ mL de la solution.
- Titrer par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration molaire $C_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.
- Suivre l'évolution du pH en fonction du volume versé.



L'équation de la réaction, support du titrage, est la suivante :



La courbe d'évolution du pH en fonction du volume de solution versé est donnée ci-dessous.



3.1. Avec quelle verrerie doit-on effectuer le prélèvement de la solution titrée ?

3.2. Schématiser et légender le dispositif expérimental réalisé.

3.3. Déterminer, en explicitant votre démarche, la valeur expérimentale m_{exp} de la masse d'acide fumarique contenu dans une gélule.

L'incertitude relative $\left(\frac{U(m_{exp})}{m_{exp}}\right)$ dans les conditions de l'expérience, est donnée par la relation :

$$\left(\frac{U(m_{exp})}{m_{exp}}\right)^2 = \left(\frac{U(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2$$

Incertitude sur un volume mesuré à la burette graduée : $\pm 0,1$ mL

Incertitude sur un volume mesuré à la pipette jaugée : $\pm 0,1$ mL

Incertitude sur un volume mesuré à la pipette graduée : $\pm 0,2$ mL

Incertitude sur la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium : $\pm 0,3 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹.

3.4. Quelle source d'erreur apporte la plus grande contribution à l'incertitude associée au résultat expérimental ?

3.5. Donner un encadrement de la masse m_{exp} , d'acide fumarique contenu dans une gélule dans le cas d'un prélèvement à la pipette jaugée. Commenter.

3.6. Parmi les trois indicateurs colorés suivants, lequel est le plus approprié pour effectuer le titrage de l'acide fumarique ? Justifier la réponse.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 - 4,4	Jaune
Rouge de crésol	Jaune	7,2 - 8,8	Rouge
Jaune d'alizarine R	Jaune	10,1 – 12,1	Violet