

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales**

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **cinq** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

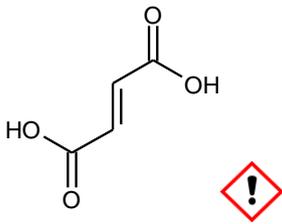
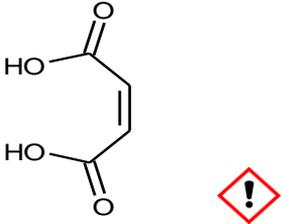
L'industrie agroalimentaire utilise depuis 1946 un additif alimentaire de formule chimique $C_4H_4O_4$ et connu sous le code E297. C'est un antioxydant, un antimicrobien et un régulateur d'acidité. Il confère notamment aux confiseries et aux boissons une note acidulée. On l'emploie généralement à la place de l'acide tartrique et parfois de l'acide citrique.

Le but de cette épreuve est d'identifier la nature de cet additif et d'en déterminer expérimentalement la teneur dans une solution utilisée pour préparer une boisson à base de fruits.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Acide fumarique et acide maléique

L'acide fumarique et l'acide maléique sont deux isomères de formule brute $C_4H_4O_4$.

Nom usuel	Acide fumarique	Acide maléique
Formule topologique		
Formule brute	$C_4H_4O_4$	$C_4H_4O_4$
Masse molaire M_A en $g \cdot mol^{-1}$	116	116
pK_a des couples associés	L'acide fumarique et l'acide maléique sont des diacides (notés H₂A), c'est-à-dire des espèces capables de céder deux protons H^+ . Il est alors possible de définir deux couples acido-basiques et de leur faire correspondre deux valeurs de pK_a .	
	<div style="text-align: center;"> $C_4H_4O_4$ $C_4H_3O_4^-$ $C_4H_2O_4^{2-}$ H_2A HA^- A^{2-} </div> <div style="text-align: center;">  </div>	
	Acide fumarique $pK_{a1} = 3,03$ $pK_{a2} = 4,44$	Acide maléique $pK_{a1} = 1,83$ $pK_{a2} = 6,59$

Titration acido-basique d'un diacide

Le titrage d'un diacide H_2A peut être réalisé avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+ (aq) + HO^- (aq)$). On admet que la réaction support du titrage s'écrit : $H_2A (aq) + 2 HO^- (aq) \rightarrow A^{2-} (aq) + 2 H_2O (l)$

L'allure des courbes obtenues à l'issue d'un titrage pH-métrique dépend de l'écart ($pK_{a2} - pK_{a1}$) entre les deux valeurs des pK_a du diacide dosé.

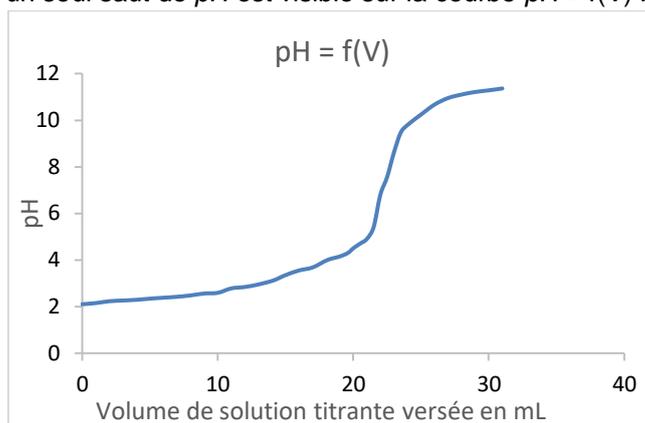
On considère dans cette situation d'évaluation que :

- Si $(pK_{a2} - pK_{a1}) > 3$, deux sauts de pH sont visibles sur la courbe $pH = f(V)$ représentant l'évolution du pH en fonction du volume V de solution titrante versée :



On note V_E le volume équivalent mesuré au deuxième saut de pH.

- Si $(pK_{a2} - pK_{a1}) < 3$, un seul saut de pH est visible sur la courbe $pH = f(V)$:



Dans les deux cas, la quantité de matière n_A (en mol) d'acide H_2A contenu dans un volume V_S de solution S titrée se calcule par la formule :

$$n_A = \frac{n_{B, \text{éq}}}{2}$$

Où $n_{B, \text{éq}}$ est la quantité de matière de l'espèce titrante versée à l'équivalence.

Donnée utile

L'arrêté du 2 octobre 1997 relatif aux additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine fixe une teneur maximale en E297 à $1,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans les boissons à base de fruits.

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Identification et dosage de l'additif E297 (10 minutes conseillées)

À l'aide des informations mises à disposition et du matériel disponible, on souhaite proposer un protocole expérimental permettant d'identifier l'additif de code E297 et de déterminer la masse m_A de cet additif contenu dans un volume $V_S = 20,0 \text{ mL}$ de solution S modélisant une boisson à base de fruits.

Pour cela, schématiser le dispositif expérimental, indiquer les mesures à effectuer et expliquer comment les mesures seront exploitées pour identifier l'additif puis pour déterminer m_A .

L'acide fumarique et l'acide maléique sont des diacides.

D'après l'énoncé :

- Si $(pK_{a2} - pK_{a1}) > 3$, deux sauts de pH sont visibles sur la courbe $pH = f(V)$
- Si $(pK_{a2} - pK_{a1}) < 3$, un seul saut de pH est visible sur la courbe $pH = f(V)$

Acide fumarique : $pK_{a2} - pK_{a1} = 4,44 - 3,03 = 1,41$

Acide maléique : $pK_{a2} - pK_{a1} = 6,59 - 1,83 = 4,76$

L'acide fumarique à $(pK_{a2} - pK_{a1}) < 3$ présentera seul saut de pH est visible sur la courbe $pH = f(V)$ et l'acide maléique qui à $(pK_{a2} - pK_{a1}) > 3$ présentera deux sauts de pH sont visibles sur la courbe $pH = f(V)$.

Ainsi, pour identifier l'additif, on réalise un dosage pH-métrique.

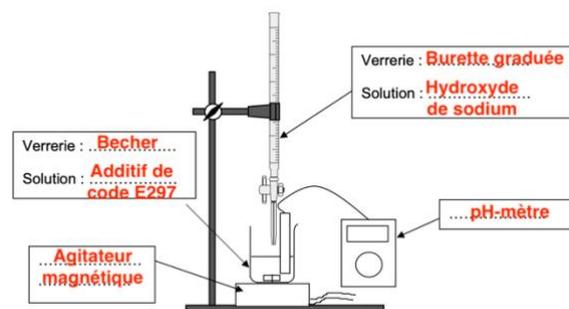
Sur la courbe, on regarde si on a un ou deux sauts de pH .

Pour déterminer m_A on utilise la relation :

$$n_A = \frac{n_{B, \text{éq}}}{2}$$

$$m_A = \frac{C_{B, \text{éq}} \times V_{B, \text{éq}}}{2}$$

$$m_A = \frac{C_{B, \text{éq}} \times V_{B, \text{éq}}}{2} \times M_A$$



APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole ou en cas de difficulté	

2. Titrage (30 minutes conseillées)

2. 1. Préparation de la solution titrante

On souhaite préparer par dilution un volume de 50,0 mL d'une solution S_B d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration $C_B = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à partir de la solution d'hydroxyde de sodium S_{B0} de concentration $C_{B0} = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- Rassembler le matériel nécessaire.

$$n_{B0} = n_B$$

$$C_{B0} V_{B0} = C_B V_B$$

$$V_{B0} = \frac{C_B V_B}{C_{B0}} = \frac{2,0 \times 10^{-2} \times 50,0}{1,0 \times 10^{-1}} = 10,0 \text{ mL}$$

À l'aide de la pipette jaugée, prélever précisément 10,0 mL de la solution mère.

Introduire ce volume de la solution mère dans une fiole jaugée de 50,0 mL.

Ajouter de l'eau distillée dans la fiole jaugée jusqu'au trait de jauge.

Homogénéiser la solution.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter le matériel utilisé ou en cas de difficulté	

- Procéder à la préparation de la solution S_B . **A faire expérimentalement.**

2. 2. Mise en œuvre du protocole proposé

Mettre en œuvre le protocole expérimental proposé en utilisant la solution S_B de concentration $C_B = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ préparée précédemment et appeler le professeur avant de débiter la série de mesures. **A faire expérimentalement.**

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour vérifier le montage ou en cas de difficulté	

3. Exploitation des résultats (20 minutes conseillées)

En exploitant les résultats expérimentaux et les informations mises à disposition, identifier la nature de l'additif de code E297 présent dans la solution S.

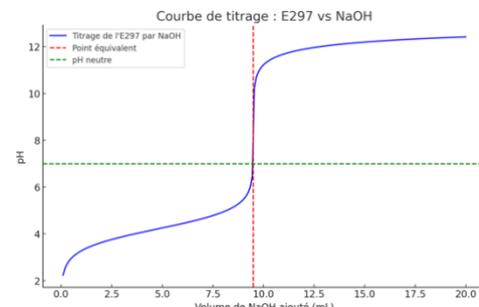
Attention, les valeurs sont des valeurs simulées.

Volume de NaOH ajouté (mL)

0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	9.5	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------

pH correspondant

5.21	3.64	4.07	4.44	4.94	7.05	11.22	11.89	12.12	12.26	12.35	12.42
------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



On ne visualise qu'un seul saut de pH : c'est l'acide fumarique.

Déterminer la masse m_A d'additif présent dans le volume V_S de solution S titrée. En déduire la masse d'additif contenu dans 1,0 L de solution.

Pour déterminer m_A on utilise la relation :

$$n_A = \frac{n_{B, \text{éq}}}{2}$$

$$\frac{m_A}{M_A} = \frac{C_{B, \text{éq}} \times V_{B, \text{éq}}}{2}$$

$$m_A = \frac{C_{B, \text{éq}} \times V_{B, \text{éq}}}{2} \times M_A$$

$$m_A = \frac{2,0 \times 10^{-2} \times 9,5 \times 10^{-3}}{2} \times 116$$

$$m_A = 1,1 \times 10^{-2} \text{ g présent dans le volume } V_S \text{ de solution S titrée}$$

$1,1 \times 10^{-2} \text{ g}$	$V_S = 20,0 \text{ mL de solution}$
m	1,0 L de solution

$$m = \frac{1,0 \times 1,1 \times 10^{-2}}{20,0 \times 10^{-3}} = 0,55 \text{ g d'additif contenu dans 1,0 L de solution.}$$

Cette solution peut-elle être utilisée pour préparer une boisson à base de fruits ?

L'arrêté du 2 octobre 1997 relatif aux additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine fixe une teneur maximale en E297 à $1,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ dans les boissons à base de fruits.

Ici, la teneur est de $0,55 \text{ g}$ d'additif contenu dans $1,0 \text{ L}$ de solution soit $0,55 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Ainsi, cette solution ayant une teneur inférieure à la teneur maximale peut être utilisée pour préparer une boisson à base de fruits.

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.