

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



La limonade est une boisson au goût sucré et acidulé. Le goût acide permet d'amplifier la sensation de rafraîchissement en bouche. Afin de prodiguer ce goût acide à cette boisson mais

aussi de garantir une stabilité de pH , le fabricant y ajoute de l'acide citrique (E330) comme additif alimentaire.

Le but de cette épreuve est d'évaluer le titre en acide citrique dans une limonade et de le comparer au maximum autorisé.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

L'acide citrique, un triacide

L'acide citrique, noté H_3A , est un triacide, c'est-à-dire qu'il possède trois acidités de pKa différents (donnés à 25 °C) :

Couple H_3A / H_2A^- $pKa_1 = 3,1$

Couple H_2A^- / HA^{2-} $pKa_2 = 4,8$

Couple HA^{2-} / A^{3-} $pKa_3 = 6,4$

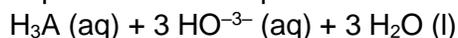
La masse molaire de l'acide citrique est $M(H_3A) = 192,1 \text{ g mol}^{-1}$.

D'après l'arrêté du 29 janvier 1990 relatif à l'emploi de l'acide citrique dans des composés alimentaires, la concentration en masse maximale admissible en acide citrique pour une boisson est fixée à $15,0 \text{ g L}^{-1}$ soit une concentration en quantité de matière d'environ $C_A = 7,81 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$.

Titration de l'acide citrique

La masse d'acide citrique contenue dans un litre de limonade peut être déterminée grâce à un titrage acido-basique en présence d'un indicateur coloré. Dans le cas particulier de l'acide citrique et dans les conditions de l'expérience, une seule équivalence est repérée. Celle-ci doit être mise en évidence par un changement de couleur de l'indicateur coloré choisi.

Dans le cadre de cette étude, on peut considérer que la réaction support du titrage est :



Quelques indicateurs colorés et leur zone de virage

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1-4,4	Jaune
Rouge de crésol	Jaune	7,2-8,6	Rouge
Bleu de thymol	Jaune	8,0-9,6	Bleu
Rouge d'alizarine	Violet	10,0-12,0	Jaune

Incertitudes sur la concentration

Dans le cadre de cette étude, on peut estimer les incertitudes sur la concentration c_A grâce à la formule suivante :

avec :

c_A la concentration en quantité de matière de l'acide citrique,

V_A le volume prélevé d'acide citrique,

$V_{B, \text{éq}}$ le volume équivalent du réactif titrant,

c_B la concentration en quantité de matière du réactif titrant.

On donne les estimations suivantes pour diverses incertitudes-types :

Pour une lecture sur une pipette jaugée, $u(V_A) = 0,023$ mL.

Pour une lecture sur une burette graduée, $u(V_{B, \text{éq}}) = 0,029$ mL.

Pour le réactif titrant, on peut considérer que $u(c_B) = 0,010$.

Donnée utile

Concentration de la solution d'hydroxyde de sodium mise à disposition : $c_B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ molL}^{-1}$

TRAVAIL À EFFECTUER

- **Choix de l'indicateur coloré** (20 minutes conseillées)
- Dans un premier temps, il faut dégazer la limonade afin que le dioxyde de carbone qui y est dissous ne perturbe pas le titrage.
Prélever à l'éprouvette graduée 100 mL de limonade. l'aide du dispositif présent sur la paillasse, dégazer la limonade pendant 10 minutes. Pendant ce temps, traiter les questions ci-après.

l'aide des informations données, identifier, parmi les solutions mises à disposition, la solution titrée et la solution titrante.

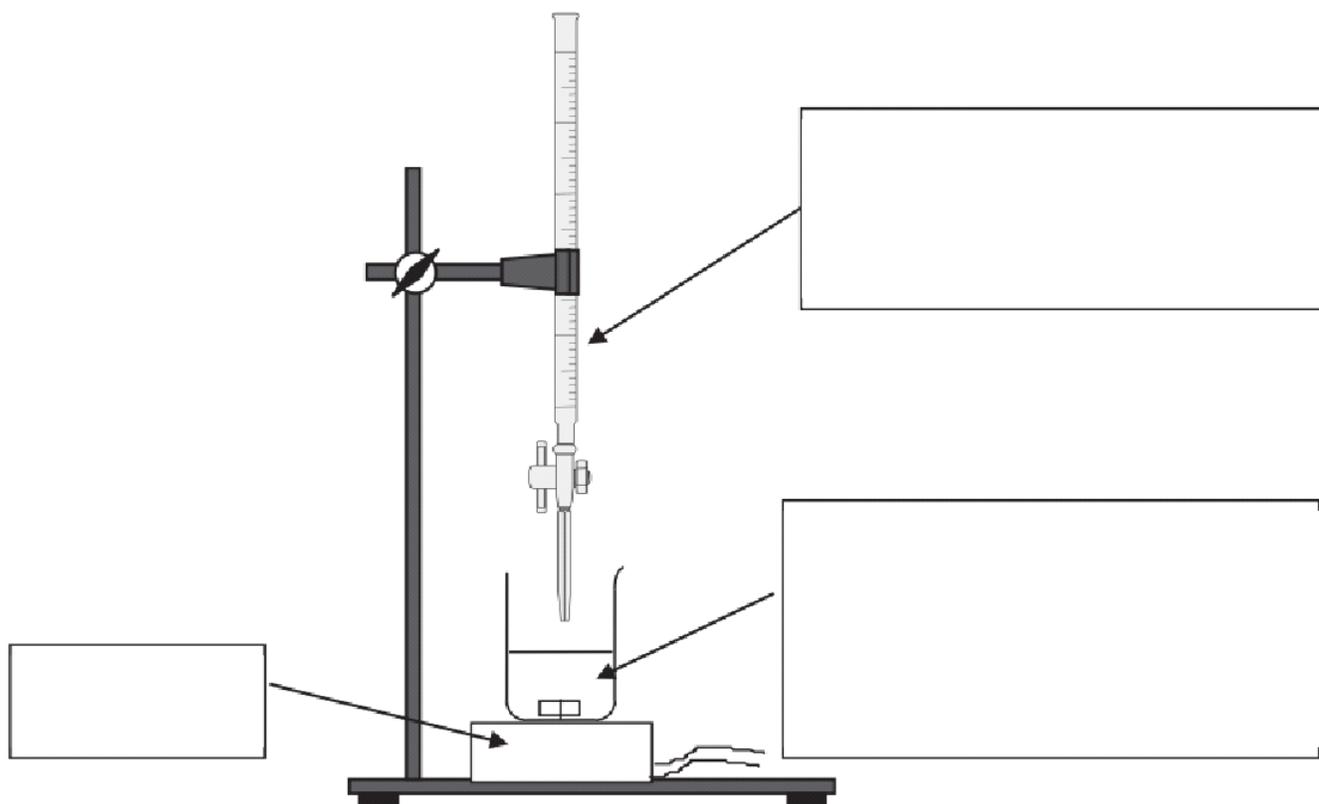
Solution titrée : limonade prélevée à l'éprouvette graduée

Solution titrante : solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à la concentration de $1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ mise à disposition.

- On suppose que la concentration en quantité de matière d'acide citrique de la boisson, notée c_A est proche du maximum admissible. On souhaite titrer une prise d'essai de 50,0 mL de limonade.

Compléter le schéma ci-dessous en indiquant : le nom de la verrerie et des appareils utilisés, ainsi que la nature des solutions.

Préciser le nom des solutés présents et la valeur de leur concentration, c_A et c_B .



Flèche en direction de la burette graduée : Solution titrante

Flèche en direction du bécher : Solution titrée

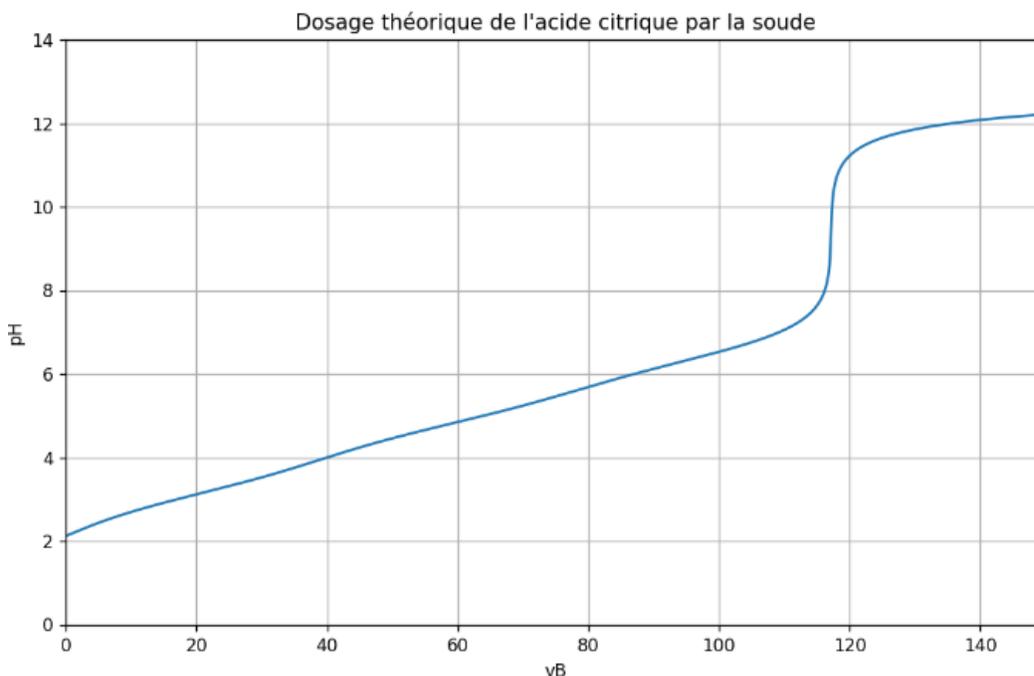
Dernière flèche : Agitateur magnétique

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

Le programme Python « **limonade.py** » fourni permet de simuler un titrage acido-basique avec suivi du pH notamment dans le cas de l'acide citrique. Il permet ainsi de déterminer l'indicateur coloré que l'on peut utiliser lors de ce titrage.

Ouvrir le programme Python « **limonade.py** » et compléter le script des lignes 7 à 17.

Exécuter le programme et déterminer la valeur du pH à l'équivalence.



Après exécution du Script et lecture sur la courbe, en appliquant la **MÉTHODE DES TANGENTES**, on trouve que $PH_{\text{éq}} = 9$. (Ceci n'est qu'une estimation visuelle, il faut bien sur réaliser la méthode des tangentes ou celle de la dérivée pour être plus précis !)

Choisir, parmi les indicateurs colorés mis à disposition, celui qui est le plus adapté pour ce titrage acido-basique. Justifier le choix.

Pour choisir l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage acido-basique, il faut identifier la zone de virage de chaque indicateur et la comparer au pH à l'équivalence de la réaction.

On remarque sur la courbe précédente que le pH à l'équivalence vaut environ 9,5 (utiliser la méthode des tangentes parallèles).

Parmi les indicateurs colorés mis à disposition, le bleu de thymol a une zone de virage de 8,0-9,6 et 9,5 appartient à cet intervalle.

C'est donc l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage acido-basique.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter l'indicateur coloré retenu ou en cas de difficulté	

- **Détermination expérimentale du volume équivalent** (20 minutes conseillées)

Mettre en œuvre le titrage. Ne pas oublier d'ajouter l'indicateur coloré choisi.

Noter le volume équivalent obtenu :

$V_{B, \text{éq}} =$ Supposons qu'on ait trouvé un $V_{\text{béq}} = 119 \text{ ml}$

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter la valeur du volume équivalent ou en cas de difficulté	

- **Concentration en masse d'acide citrique dans la limonade** (20 minutes conseillées)

3.1 Déterminer la concentration c_A en quantité de matière d'acide citrique dans la limonade.

À l'équivalence, les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques de l'équation de titrage :

$$n(A) = \frac{n(B)}{3}$$

donc $c(A) \times V(A) = \frac{c(B) \times V_{EQ}}{3}$

donc $c(A) = \frac{c(B) \times V_{EQ}}{3 \times V(A)}$

donc $c(A) = \frac{1,00 \times 10^{-1} \times 119 \times 10^{-3}}{3 \times 50,0 \times 10^{-3}} \approx 7,93 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

La concentration en quantité de matière d'acide citrique dans la limonade est donc de $7,93 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

3.2 Calculer l'incertitude-type $u(c_A)$ sur cette valeur.

$$\frac{u(c_A)}{c_A} = \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{BEQ})}{V_{BEQ}}\right)^2 + \left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2}$$

donc $u(c_A) = c_A \times \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{BEQ})}{V_{BEQ}}\right)^2 + \left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2}$

donc $u(c_A) = 7,93 \times 10^{-2} \times \sqrt{\left(\frac{0,023}{50,0}\right)^2 + \left(\frac{0,029}{119}\right)^2 + (0,010)^2} \approx 7,94 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

3.3 Calculer la concentration en masse $c_{m(A)}$ et son incertitude-type $u(c_{m(A)})$.

La concentration en masse de l'acide citrique dans la limonade est alors :

$$\begin{aligned}Cm(A) &= c(A) \times M(A) \\&= 7,93 \times 10^{-2} \times 192,1 \\&\approx 15,2 \text{ g.L}^{-1}\end{aligned}$$

On détermine ensuite l'incertitude type de celle-ci. Comme on a :

$$Cm(A) = c(A) \times M(A) = \frac{c(B) \times V_{BEQ}}{3 \times V(A)} \times M(A)$$

On détermine l'incertitude :

$$\begin{aligned}\frac{u(Cm(A))}{Cm(A)} &= \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{BEQ})}{V_{BEQ}}\right)^2 + \left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2 + \left(\frac{u(M(A))}{M(A)}\right)^2} \\ \text{donc } u(Cm(A)) &= Cm(A) \times \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{BEQ})}{V_{BEQ}}\right)^2 + \left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2 + \left(\frac{u(M(A))}{M(A)}\right)^2} \\ &= 15,2 \times \sqrt{\left(\frac{0,023}{50,0}\right)^2 + \left(\frac{0,029}{119}\right)^2 + (0,010)^2 + \left(\frac{0,01}{192,1}\right)^2} \approx 1,52 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}\end{aligned}$$

(Comme on ne donne pas la valeur de $u(M(A))$, on suppose qu'elle vaut 0,01 g/mol)

3.4 La quantité d'acide citrique dans cette limonade respecte-t-elle la norme imposée par la loi du 29 janvier 1990 ? Justifier.

On remarque que la concentration en masse de l'acide citrique dans la limonade est supérieure à la teneur maximale de 15 g/L imposée par la loi. Par conséquent, la quantité d'acide citrique dans la limonade ne respecte pas la norme imposée par la loi du 29 janvier 1990.

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