

## Correction DS 2 - Classe de Tle Spé PC

Bac 2022 Centres étrangers 2 Jour2

Correction © <https://labolycee.org>

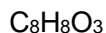
Spécialité physique-chimie

## Exercice A. ÂROME DE VANILLE (5 points ; 53 min)

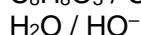
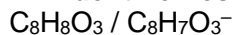
Mots-clés : couples acide/base; titrage par suivi conductimétrique; spectre UV-visible

## 1. Préparation d'une solution de référence

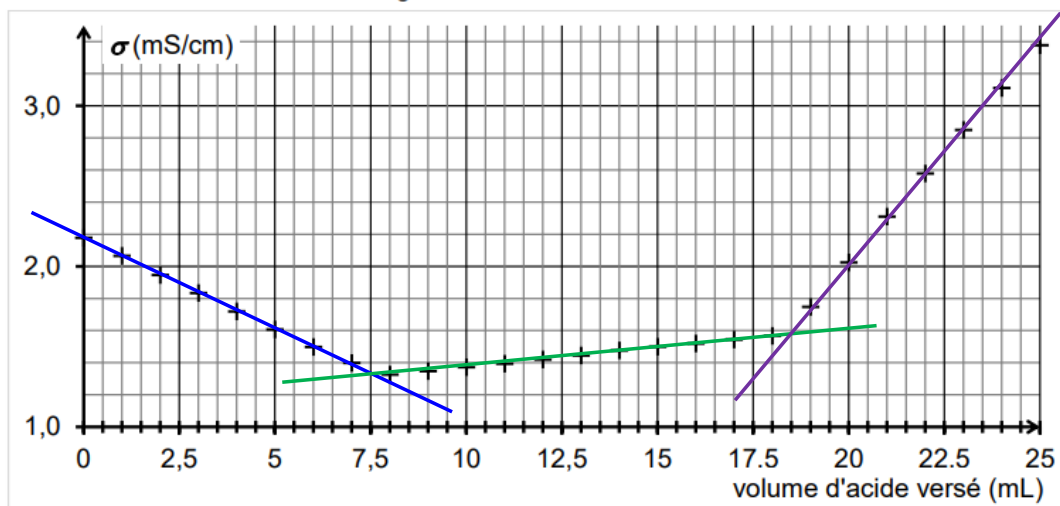
## 1.1. Écrire la formule brute de la vanilline.



## 1.2. Identifier les deux couples acide/base mis en jeu lors de cette réaction.

2. Titrage de la solution de référence  $S_1$ 

On obtient la courbe de suivi du titrage suivante :

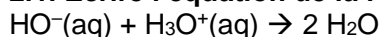


Cette courbe fait apparaître trois phases distinctes :

- première phase : titrage de l'excès des ions hydroxyde ;
- deuxième phase : titrage de la base conjuguée de la vanilline ;
- troisième phase : ajout d'acide en excès dans le milieu.

## Première phase du titrage

## 2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage qui a lieu lors de la première phase.



## 2.2. Déterminer graphiquement le volume d'acide nécessaire au titrage des ions hydroxyde.

On trace les segments de droite modélisant l'évolution de la conductivité.

Le volume d'acide est égal à l'abscisse du point d'intersection des deux premières demi-droites.

On lit  $V_a = 7,5$  mL.

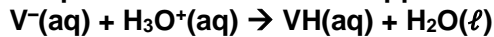
## 2.3. Justifier la pente de la courbe lors de cette première phase.

La vanilline n'intervient pas.

L'acide chlorhydrique a pour formule  $(\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}))$ .Les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  apportés sont immédiatement consommés et ils consomment les ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ .L'apport d'ions chlorure  $\text{Cl}^-$  de conductivité molaire ionique  $\lambda$  bien inférieure à celle des ions  $\text{HO}^-$  ne compensent pas la baisse de conductivité  $\sigma$  du milieu réactionnel.

**Deuxième phase du titrage**

L'équation de la réaction support du deuxième titrage peut s'écrire :



**2.4. D'après l'allure de la courbe dans cette deuxième phase du titrage, indiquer si la conductivité ionique molaire de l'ion vanillinate ( $V^-$ ) est inférieure, supérieure ou égale à celle des ions chlorure. Justifier.**

À chaque fois qu'un ion  $V^-$  est consommé, il apparaît un ion chlorure  $Cl^-$  apporté par l'acide chlorhydrique.

Or la conductivité  $\sigma$  augmente légèrement. Donc la conductivité molaire ionique de  $V^-$  est inférieure à celle de  $Cl^-$ .

**2.5. Déterminer le volume d'acide nécessaire au seul titrage de l'ion vanillinate, en explicitant votre démarche.**

On a déjà versé 7,5 mL d'acide pour consommer les ions  $HO^-$ .

La conductivité  $\sigma$  du milieu subit une rupture forte pour  $V = 18,5$  mL.

Il a fallu verser  $V_a = 18,5 - 7,5 = 11,0$  mL d'acide pour titrer les ions  $V^-$ .

**2.6. En déduire la valeur de la concentration  $C_V$  en ions vanillinate dans la solution  $S_1$ .**

À l'équivalence  $n_a = n_{V^-}$

$$C_a \cdot V_a = C_V \cdot V_1$$

*remarque : ne pas tenir compte des 150 mL d'eau distillée*

$$C_V = \frac{C_a \cdot V_a}{V_1}$$

$$C_V = \frac{1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \times 11,0 \text{ mL}}{20,0 \text{ mL}} = 5,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

**3. Dosage de la vanilline dans l'arôme alimentaire de vanille Bourbon**

**3.1. Les solutions  $S_2$  et  $S_3$  sont-elles colorées ? Justifier.**

Les solutions  $S_2$  et  $S_3$  n'absorbent pas de lumière visible (400 nm à 800 nm), ainsi elles sont incolores.

**3.2. Estimer la masse de vanilline présente dans 1 litre d'arôme alimentaire, en supposant la loi de Beer-Lambert vérifiée par les solutions dans les conditions de l'expérience.**

Pour la solution  $S_3$ , on lit  $A_3 = 1,27$ .

Pour la solution  $S_2$ , on lit  $A_2 = 0,60$ .

D'après la loi de Beer-Lambert,  $A = k \cdot C$ .

$$\frac{A_3}{A_2} = \frac{C_{val}}{C_2} \text{ donc } C_2 = C_{val} \cdot \frac{A_2}{A_3}$$

$$C_2 = 5,3 \times 10^{-5} \times \frac{0,60}{1,27} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

*Remarque : on vérifie approximativement la valeur du 2.6 car  $C_{val} = C_V / 1000$*

La solution  $S_2$  contient  $n_2 = C_2 \cdot V_2$  mole de vanilline avec  $V_2 = 250,0$  mL.

Soit une masse  $m_2 = C_2 \cdot V_2 \cdot M$

$$m_2 = 2,5 \times 10^{-5} \times 0,2500 \times 152 = 9,5 \times 10^{-4} \text{ g.}$$

Cette solution  $S_2$  a été préparée à partir de 1,0 mL d'arôme alimentaire, donc dans 1,0 L =  $1,0 \times 10^3$  mL, on aura une masse 1000 fois plus grande d'arôme.

$$m = 10^3 \times m_2$$

$$m = 10^3 \times 9,5 \times 10^{-4} = 0,95 \text{ g de vanilline}$$

Bac 2023 Septembre Polynésie

<https://labolycee.org>

## EXERCICE 3 - ÉTUDE D'UN TRAITEMENT CONTRE LES VERRUES (4 points)

## Données :

- couple acide trichloroacétique/ion trichloroacétate:  $C_2HO_2Cl_3(aq)/C_2O_2Cl_3^-(aq)$  ;
- masse volumique  $\rho$  de la solution à 40,0% en masse d'acide trichloroacétique :  
 $\rho = 1,50 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- masse molaire moléculaire de l'acide trichloroacétique :  $M = 163,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

On souhaite préparer un volume  $V$  de valeur égale à 100,0 mL d'une solution  $S_0$  d'acide trichloroacétique à 40,0% en masse.

**Q1. Calculer la valeur de la masse  $m$  d'acide trichloroacétique à peser pour préparer cette solution  $S_0$ .**

$$w = \frac{m}{m_{S_0}} \text{ donc } m = w \cdot m_{S_0}$$

$$\text{D'autre part } \rho = \frac{m_{S_0}}{V} \text{ donc } m_{S_0} = \rho \cdot V.$$

$$\text{Finalement } m = w \cdot \rho \cdot V$$

$$m = \frac{40}{100} \times 1,50 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} \times 100,0 \times 10^{-3} \text{ L} = 60 \text{ g}$$

**Q2. Vérifier que la valeur de la concentration en quantité de matière  $c_0$  de la solution  $S_0$  d'acide trichloroacétique ainsi préparée, est égale à  $3,67 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .**

$$c = \frac{n}{V} \text{ et } n = \frac{m}{M} \text{ donc } c = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$$

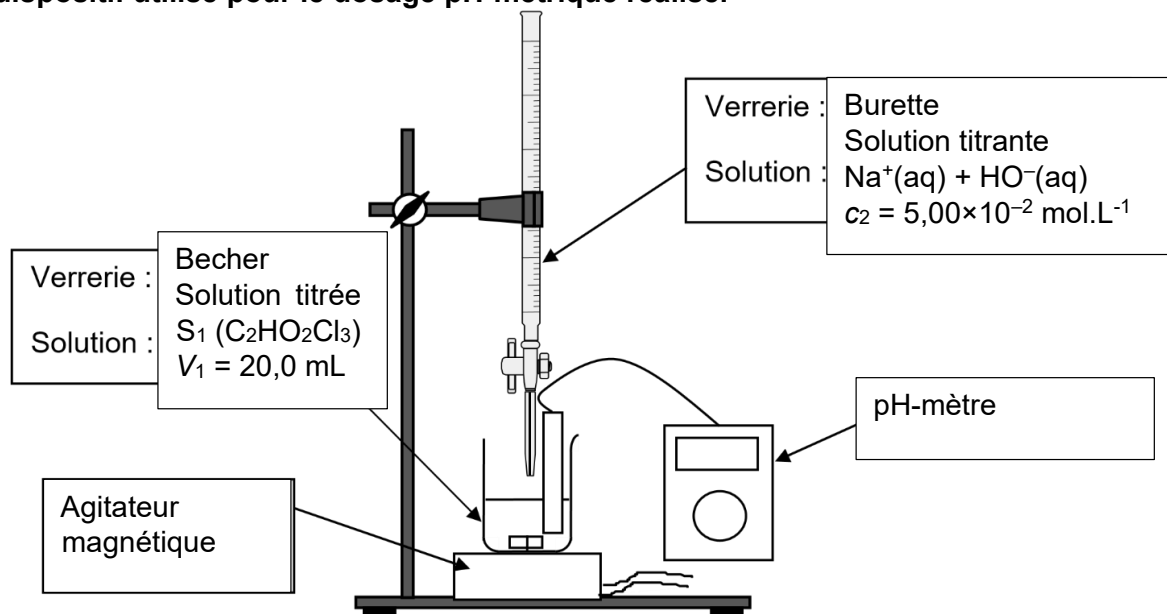
$$c_0 = \frac{60 \text{ g}}{163,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \times 100 \times 10^{-3} \text{ L}} = 3,67 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}.$$

On peut utiliser directement

$$c = \frac{\rho \cdot w}{M} = \frac{1,50 \times 10^3 \times \frac{40}{100}}{163,5}$$

On réalise une dilution au centième de la solution  $S_0$ . Cette solution diluée est notée  $S_1$ . Un volume  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  de la solution  $S_1$  est dosé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $Na^+(aq) + HO^-(aq)$ ) de concentration  $c_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Q3. Sur le document réponse à rendre obligatoirement avec la copie, annoter le schéma du dispositif utilisé pour le dosage pH-métrique réalisé.**



La courbe de la figure 1 représente le suivi pH-métrique du milieu réactionnel.

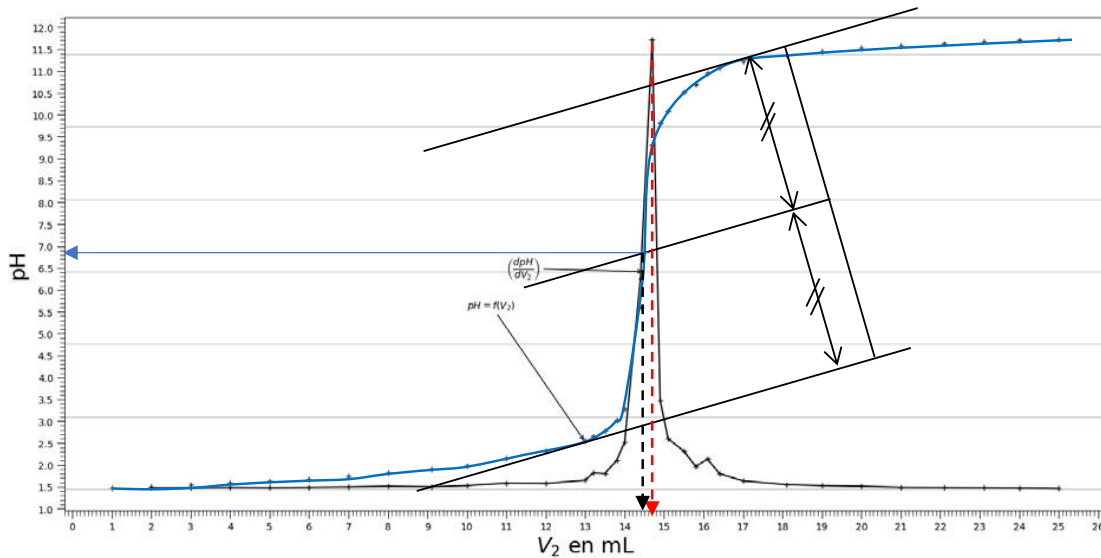


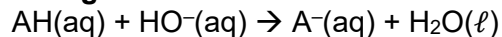
Figure 1. Courbe du dosage de la solution S<sub>1</sub> par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière c<sub>2</sub>

**Q4. À l'aide de la courbe de la figure 1, déterminer le volume V<sub>2E</sub> de solution d'hydroxyde sodium versé à l'équivalence. Nommer la méthode utilisée.**

On utilise la méthode de la dérivée. La dérivée atteint un maximum pour  $V = V_{2E} = 14,7$  mL.  
La dérivée atteint un maximum pour  $V = V_{2E} = 14,7$  mL.  
(la méthode des tangentes donne  $V_{2E} = 14,4$  mL, on accepte toute valeur proche de 14,5 mL)

On veut modéliser la transformation chimique observée lors de la réalisation du dosage par l'hydroxyde de sodium en solution. L'acide trichloroacétique sera noté AH, tandis que l'ion trichloroacétate sera noté A<sup>-</sup>.

**Q5. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation observée durant le dosage.**



**Q6. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière c<sub>1</sub> de la solution diluée d'acide trichloroacétique S<sub>1</sub>.**

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

$$n_{\text{HO}^- \text{ versée}} = n_{\text{AH}} \text{ initiale}$$

$$c_2 \cdot V_{2E} = c_1 \cdot V_1$$

$$c_1 = \frac{c_2 \cdot V_{2E}}{V_1}$$

$$c_1 = \frac{5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \times 14,7 \text{ mL}}{20,0 \text{ mL}} = 3,675 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

Soit  $c_1 = 3,68 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  avec deux chiffres significatifs.

**Q7. En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière c<sub>0exp</sub> de la solution aqueuse d'acide trichloroacétique S<sub>0</sub>.**

La solution S<sub>1</sub> a été obtenue par une dilution au 100<sup>ème</sup> de la solution S<sub>0</sub>.

$$\text{Donc } c_{0\text{exp}} = 100 \cdot c_1$$

$$c_{0\text{exp}} = 3,68 \text{ mol.L}^{-1}.$$

On note  $u(c_{0\text{exp}})$  l'incertitude-type sur la valeur de la concentration  $c_{0\text{exp}}$  de la solution  $S_0$ . Une simulation via l'exécution d'un programme Python donne la valeur de  $u(c_{0\text{exp}})$  égale à  $4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

**Donnée :**

Le résultat d'une mesure est en accord avec une valeur de référence si la valeur du quotient

$$\frac{|x - x_{\text{réf}}|}{u(x)}$$

est inférieure ou égale à 2, avec :

- $x$ , la valeur expérimentale,
- $x_{\text{réf}}$ , la valeur de référence,
- $u(x)$ , l'incertitude-type.

**Q8. Vérifier la compatibilité de la valeur de  $c_{0\text{exp}}$  trouvée à l'issue du dosage à celle de la valeur de référence  $c_0$  de la question Q2.**

$$\text{On calcule le quotient } z = \frac{|x - x_{\text{réf}}|}{u(x)} = \frac{|c_{0\text{exp}} - c_0|}{u(c_{0\text{exp}})}$$

$$z = \frac{|3,675 - 3,67|}{4 \times 10^{-2}} = 0,1$$

Ce rapport est inférieur à 2, donc la valeur obtenue par ce dosage est compatible avec la valeur de référence.

Pour mettre en place un contrôle-qualité rapide et plus systématique, on souhaite remplacer l'usage du pH-mètre dans le dosage par l'emploi d'un simple indicateur coloré acido-basique.

Indicateur coloré	zone de virage	pKa	forme acide	forme basique
Bleu de thymol	1,2 à 2,8	1,6	rouge	jaune
Rouge de phénol	6,0 à 8,0	7,1	jaune	rouge
Thymolphtaléine	9,3 à 10,5	9,9	incolore	bleu

Figure 2. Tableau présentant les caractéristiques de quelques indicateurs colorés acido-basiques disponibles

**Q9. À partir de la figure 2, choisir l'indicateur coloré le plus pertinent pour le dosage de l'acide trichloroacétique parmi le choix proposé. Justifier la réponse.**

La zone de virage de l'indicateur coloré doit contenir la valeur du  $pH_E$  à l'équivalence.

Utilisons la figure 1, pour lire graphiquement ce  $pH_E$ .

La méthode de la dérivée est difficile à exploiter.

La méthode des tangentes donne  $pH_E = 6,8$ .

On choisit donc le rouge de phénol.