

Données :

- couple acide trichloroacétique/ion trichloroacétate: $C_2HO_2Cl_3(aq)/C_2O_2Cl_3^-(aq)$;
- masse volumique ρ 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 $3,67 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

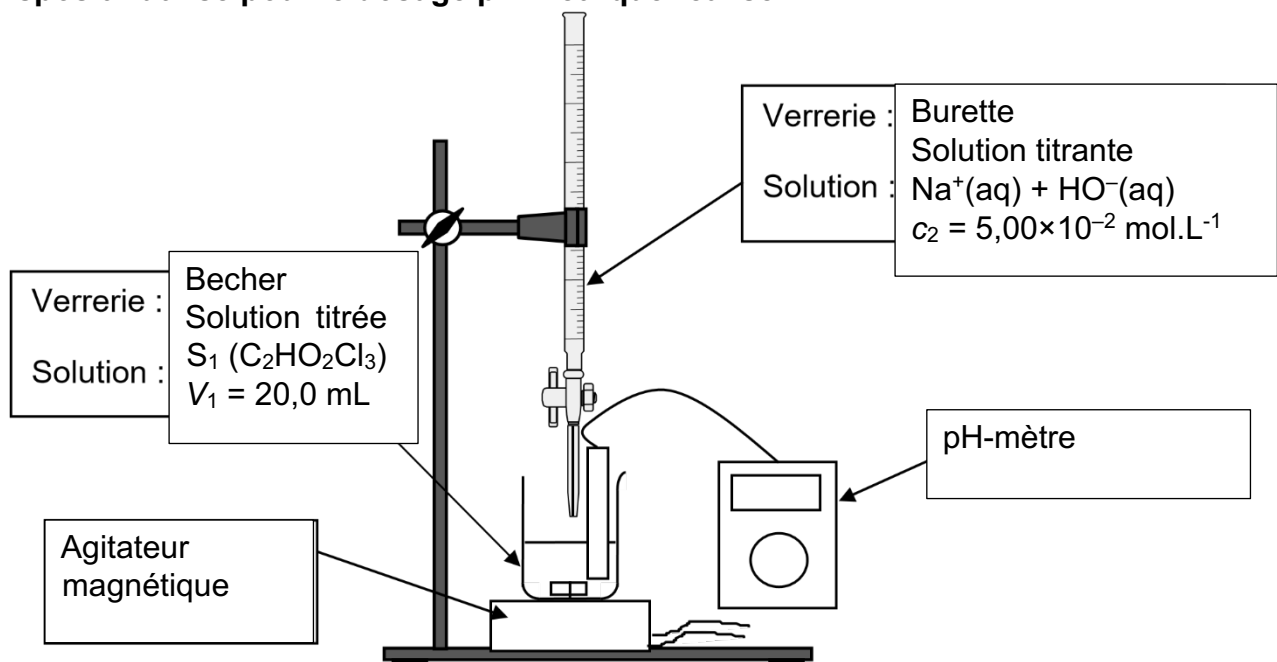
$$c = \frac{n}{V} \text{ et } n = \frac{m}{M} \text{ donc } c = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$$

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

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.

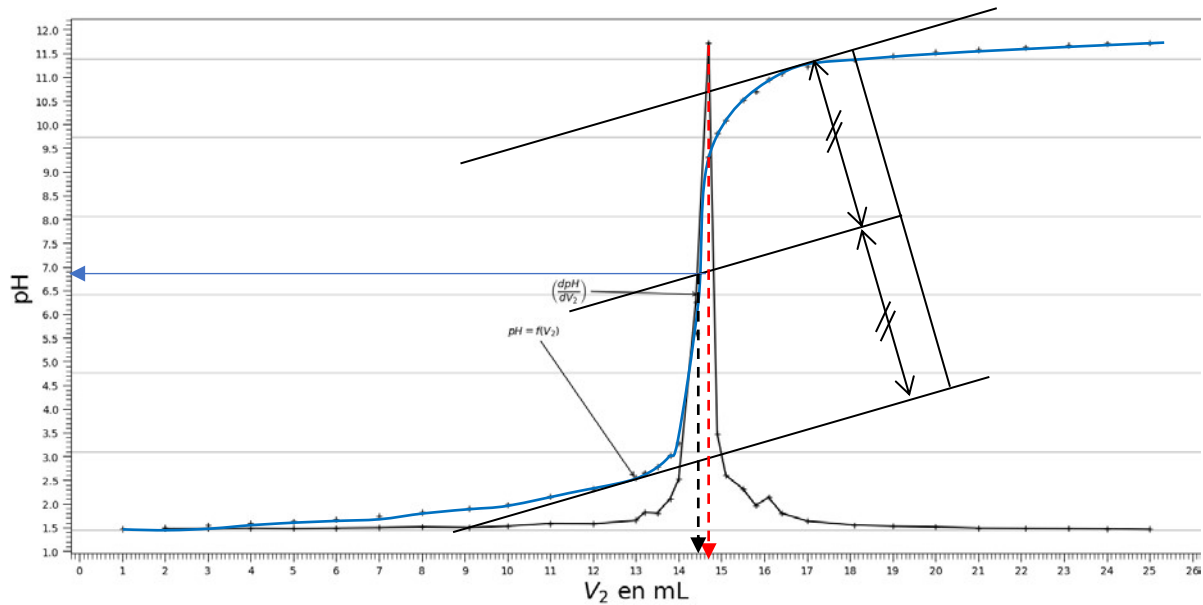


Figure 1. Courbe du dosage de la solution S₁ par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière c₂

Q4. À l'aide de la courbe de la figure 1, déterminer le volume V_{2E} de solution d'hydroxyde sodium versé à l'équivalence. Nommer la méthode utilisée.

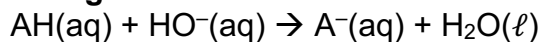
On utilise la méthode de la dérivée. La dérivée atteint un maximum pour $V = V_{2E} = 14,7 \text{ mL}$.

La dérivée atteint un maximum pour $V = V_{2E} = 14,7 \text{ mL}$.

(la méthode des tangentes donne $V_{2E} = 14,4 \text{ mL}$, on accepte tout 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⁻.

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 c₁ de la solution diluée d'acide trichloroacétique S₁.

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_{0exp} de la solution aqueuse d'acide trichloroacétique S₀.

La solution S₁ a été obtenue par une dilution au 100^{ème} de la solution S₀.

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

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

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'issu du dosage à celle de la valeur de référence c_0 de la question Q2.

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.