

TITRAGE DE LA VITAMINE C DANS UN JUS DE CITRON – TRAITEMENT DE L'INCERTITUDE

Objectif : il s'agit d'estimer l'incertitude type sur la détermination de la concentration molaire en vitamine C déterminée par le titrage.

RAPPEL - RELATION ENTRE LES QUANTITÉS DE MATIÈRE À L'ÉQUIVALENCE

D'après l'équation de la réaction support du titrage, on a montré qu'on pouvait écrire à l'équivalence :

$$\begin{aligned}n_{\text{eq}}(\text{I}_2) &= n_{\text{titre}}(\text{VitC}) \\ C_{\text{I}_2} \times V_{\text{eq}} &= C_{\text{VitC}} \times V_{\text{titré}}\end{aligned}$$

DÉTERMINATION DE L'INCERTITUDE TYPE SUR LA VALEUR DE LA CONCENTRATION EN VITAMINE C

On a montré dans le TP que :

$$C_{\text{VitC}} = C_{\text{I}_2} \cdot \frac{V_{\text{eq}}}{V_{\text{titré}}}$$

La valeur de la concentration en dioxyde de soufre est déterminée avec **une incertitude** due à :

- × l'incertitude sur la concentration de la solution titrante (solution de permanganate de potassium) : $u(C_{\text{I}_2})$;
- × l'incertitude sur le volume de solution titrée prélevé à la pipette jaugée : $u(V_{\text{titré}})$;
- × l'incertitude sur le volume versé à l'équivalence mesuré à la burette graduée : $u(V_{\text{eq}})$.

Les incertitudes se propagent sur la valeur de C_{VitC} et on peut montrer que :

$$\frac{u(C_{\text{VitC}})}{C_{\text{VitC}}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_{\text{eq}})}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{titré}})}{V_{\text{titré}}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{\text{I}_2})}{C_{\text{I}_2}}\right)^2}$$

Incertitude type sur V_{eq}

Le volume à l'équivalence est déterminé grâce à une burette graduée de classe A dont les caractéristiques sont les suivantes :

- × tolérance : $t = \pm 0,03 \text{ mL}$;
- × intervalle minimal entre deux graduations : $\Delta = 0,05 \text{ mL}$.

L'incertitude type sur le volume à l'équivalence combine :

- × l'incertitude due à la tolérance annoncée par le constructeur : $u_{\text{tol}}(V_{\text{eq}}) = \frac{t}{\sqrt{3}}$;
- × l'incertitude sur celle due à la lecture du volume (sur le « zéro » et sur le volume versé) :
 $u_{\text{lect}}(V_{\text{eq}}) = \sqrt{2 \times \left(\frac{\Delta}{2 \cdot \sqrt{3}}\right)^2} = \frac{\Delta}{\sqrt{6}}$;
- × l'incertitude sur la perception du changement de teinte : $u_{\text{deter}}(V_{\text{eq}}) = \frac{\Delta V}{\sqrt{3}}$.

Ces trois incertitudes types se combinent pour obtenir l'incertitude totale sur V_{eq} :

$$u_{\text{totale}}(V_{\text{eq}}) = \sqrt{u_{\text{tol}}^2 + u_{\text{lect}}^2 + u_{\text{deter}}^2}$$

Incertitude type sur $V_{\text{titré}}$

Le volume de solution titré est mesuré avec une pipette jaugée de 10 mL, de classe A, dont la tolérance annoncée par le fabricant est $t = \pm 0,02 \text{ mL}$.

L'incertitude type sur le volume de solution titré se calcule par :

$$u(V_{\text{titré}}) = \frac{t}{\sqrt{3}}$$

Calculs numériques des incertitudes types

Le tableau ci-dessous permet de consigner les calculs des différentes incertitudes.

$V_{\text{éq}}$	Burette : $t = \pm 0,03 \text{ mL}$ $\Delta = 0,05 \text{ mL}$ $\Delta V = \dots\dots\dots \text{ mL}$	$u_{\text{tol}}(V_{\text{éq}}) = \frac{t}{\sqrt{3}}$	
		$u_{\text{lect}}(V_{\text{éq}}) = \frac{\Delta}{\sqrt{6}}$	
		$u_{\text{deter}}(V_{\text{éq}}) = \frac{\Delta V}{\sqrt{3}}$	
		$u_{\text{totale}}(V_{\text{éq}}) = \sqrt{u_{\text{tol}}^2 + u_{\text{lect}}^2 + u_{\text{deter}}^2}$	
$V_{\text{titré}}$	Pipette jaugée : $t = \pm 0,02 \text{ mL}$	$u(V_{\text{titré}}) = \frac{t}{\sqrt{3}}$	
C_{I_2}	Fabriquée au laboratoire	$\frac{u(C_{I_2})}{C_{I_2}}$	$4,553 \times 10^{-3}$
C_{VitC}	Rappel des résultats : $V_{\text{titré}} = 10,0 \text{ mL}$ $V_{\text{éq}} = \dots\dots\dots \text{ mL}$ $C_{\text{VitC}} = \dots\dots\dots \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$\frac{u(C_{\text{VitC}})}{C_{\text{VitC}}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{titré}})}{V_{\text{titré}}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{I_2})}{C_{I_2}}\right)^2}$	

- Après avoir complété le tableau, calculez l'incertitude type sur la concentration en vitamine C $u(C_{\text{VitC}})$ et donnez la valeur arrondie à **un chiffre significatif**.
- Exprimer le résultat de la mesure de C_{VitC} avec le nombre de chiffres significatifs cohérent avec la précision de l'incertitude type.
- Incertitude sur le titre massique en vitamine C du jus de citron.*
 Le titre massique (concentration en masse) s'exprime en fonction de la concentration molaire par la relation : $t_{\text{VitC}} = M_{\text{VitC}} \times C_{\text{VitC}}$.
 Dans ce cas, on peut montrer que son incertitude se calcule simplement par : $u(t_{\text{VitC}}) = M_{\text{VitC}} \times u(C_{\text{VitC}})$.
 Calculer l'incertitude $u(t_{\text{VitC}})$ à partir de la valeur **non arrondie** de $u(C_{\text{VitC}})$ et arrondir le résultat final à un chiffre significatif.