

## TITRAGE DU DIOXYDE DE SOUFRE – TRAITEMENT DE L'INCERTITUDE

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

Les relations mathématiques données dans ce TP ne sont pas à retenir. Vous devez être capable de les exploiter pour déterminer correctement l'incertitude type sur votre résultat et le présenter avec le bon nombre de chiffres significatifs.

### 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 :

$$\frac{n_{\text{eq}}(\text{MnO}_4^-)}{2} = \frac{n_{\text{titré}}(\text{SO}_2)}{5}$$
$$\frac{C_{\text{MnO}_4^-} \times V_{\text{éq}}}{2} = \frac{C_{\text{SO}_2} \times V_{\text{titré}}}{5}$$

### DÉTERMINATION DE L'INCERTITUDE TYPE SUR LA VALEUR DE LA CONCENTRATION EN SO<sub>2</sub>

On a montré dans le TP que :

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{5}{2} \times \frac{C_{\text{MnO}_4^-} \times V_{\text{éq}}}{V_{\text{titré}}}$$

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 :  $u(C_{\text{MnO}_4^-})$  ;
- × 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 :  $u(V_{\text{éq}})$ .

Ces incertitudes **se propagent** sur la valeur de  $C(\text{SO}_2)$  et on peut montrer que :

$$\frac{u(C_{\text{SO}_2})}{C_{\text{SO}_2}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{titré}})}{V_{\text{titré}}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{\text{MnO}_4^-})}{C_{\text{MnO}_4^-}}\right)^2}$$

#### Incertitude type sur $V_{\text{éq}}$

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

Ces trois incertitudes types se combinent pour obtenir l'incertitude totale sur  $V_{\text{éq}}$  :

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

#### 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.

$V_{\text{éq}}$	<b>Burette :</b> $t = \pm 0,03 \text{ mL}$ $\Delta = 0,05 \text{ mL}$ $\Delta V = \dots\dots \text{ mL}$ <i>Remarque : une goutte correspond à un volume d'environ 0,05 mL</i>	$u_{\text{tol}}(V_{\text{éq}}) = \frac{t}{\sqrt{3}}$	
		$u_{\text{lect}}(V_{\text{éq}}) = \frac{\Delta}{\sqrt{6}}$	
		$u_{\text{deter}}(V_{\text{éq}}) = \frac{\Delta V}{\sqrt{3}}$	
		$u_{\text{totale}}(V_{\text{éq}}) = \sqrt{u_{\text{tol}}^2 + u_{\text{lect}}^2 + u_{\text{deter}}^2}$	
$V_{\text{titré}}$	<b>Pipette jaugée :</b> $t = \pm 0,02 \text{ mL}$	$u(V_{\text{titré}}) = \frac{t}{\sqrt{3}}$	
$C_{\text{MnO}_4^-}$	Fabriquée au laboratoire	<b>Incertitude relative :</b> $\frac{u(C_{\text{MnO}_4^-})}{C_{\text{MnO}_4^-}}$	$3,6562 \times 10^{-3}$ Estimée par l'enseignant lors de la préparation de la solution
$C_{\text{SO}_2}$	Rappel des résultats : $V_{\text{titré}} = 10,0 \text{ mL}$ $V_{\text{éq}} = \dots\dots \text{ mL}$ $C_{\text{SO}_2} = \dots\dots \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$\frac{u(C_{\text{SO}_2})}{C_{\text{SO}_2}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{titré}})}{V_{\text{titré}}}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{\text{MnO}_4^-})}{C_{\text{MnO}_4^-}}\right)^2}$	

**Tous les résultats intermédiaires ne doivent pas être arrondis : garder au moins cinq chiffres significatifs.**

- Après avoir complété le tableau, calculez l'incertitude type sur la concentration en dioxyde de soufre  $u(C_{\text{SO}_2})$ . **Exprimez le résultat avec un seul chiffre significatif.**
- Exprimer le résultat de la mesure de  $C_{\text{SO}_2}$  avec le nombre de chiffres significatifs cohérent avec la précision de l'incertitude type.