



BLAISE PASCAL  
PT 2018-2019

TP 11 – Thermochimie

# Enthalpie de réaction

## Objectifs

- ▷ Mesurer une enthalpie de réaction.
- ▷ Mettre en œuvre une technique de calorimétrie.
- ▷ Mettre en œuvre un capteur de température.
- ▷ Tracer et exploiter une représentation graphique sur papier millimétré.

## Matériel sur le bureau :

- ▷ Solution de sulfate de cuivre à  $0,200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ;
- ▷ Poudre de zinc ;
- ▷ Balance de précision ;
- ▷ Papier millimétré.

## Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Un erlen meyer de 250 mL ;
- ▷ Un bécher de 250 mL ;
- ▷ Un agitateur magnétique ;
- ▷ Un thermomètre électronique et un support ;
- ▷ Une coupelle de pesée ;
- ▷ Une spatule.

## Données numériques :

Capacités thermiques massiques à 298 K :

- ▷ de l'eau liquide :  $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;
- ▷ du cuivre solide :  $c_{\text{Cu}} = 385 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;
- ▷ du zinc solide :  $c_{\text{Zn}} = 318 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;

Potentiels standard d'oxydoréduction à 298 K :

- ▷ du couple  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}/\text{Cu}_{(\text{s})}$  :  $E_1^\circ = 0,34 \text{ V}$  ;
- ▷ du couple  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}/\text{Zn}_{(\text{s})}$  :  $E_2^\circ = -0,76 \text{ V}$ .

Enthalpies standard de formation à 298 K :

- ▷  $\Delta_f H^\circ(\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}) = 65,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- ▷  $\Delta_f H^\circ(\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}) = -152,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Masses molaires :

- ▷  $M_{\text{Cu}} = 63,54 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- ▷  $M_{\text{Zn}} = 65,39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

L'objectif du TP est de mesurer par « calorimétrie » l'enthalpie de la réaction d'oxydoréduction hétérogène entre le zinc solide et les ions cuivre (II),



Usuellement, une telle mesure se fait dans un calorimètre, c'est-à-dire une enceinte fermée rendue aussi calorifugée que possible. Toutefois, dans le cas présent, le fait que la transformation est hétérogène (phases solides et liquide) et exige une bonne agitation pour avoir lieu correctement. La difficulté d'agiter convenablement le contenu d'un calorimètre fait que nous réaliserons la réaction dans un simple erlen meyer, qui n'a rien de calorifugé, mais avec lequel on peut utiliser un agitateur magnétique.

## I - Étude théorique préalable

Lire le protocole expérimental ci-dessous, puis répondre aux questions théoriques.

1 - Calculer la constante d'équilibre de la réaction.

2 - Calculer les quantités de matière introduites en  $\text{Cu}^{2+}$  et Zn. Déterminer littéralement l'avancement final  $\xi_f$  de la transformation.

3 - On note  $\Delta T_{\text{ad}}$  la variation adiabatique de température entre le début et la fin de la transformation. Montrer que

$$\Delta_r H^\circ = -\frac{C \Delta T_{\text{ad}}}{\xi_f},$$

où la capacité thermique  $C$  est à exprimer (littéralement) en fonction des données.

4 - Les masses  $m_{\text{sol}}$  et  $m_{\text{Zn}}$  doivent elles être pesées exactement ou précisément ? Autrement dit, la masse  $m_{\text{sol}}$  doit-elle valoir exactement 200,00 g, ou bien peut-elle valoir 187,2 g à condition que cette valeur soit connue précisément ?

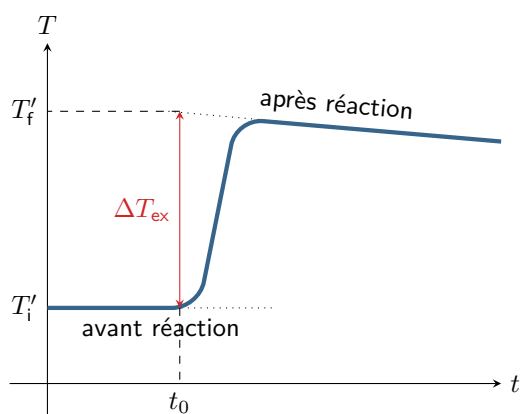
5 - S'il vous reste du temps après la détermination expérimentale de  $\Delta_r H^\circ$ , justifier la méthode de compensation des pertes utilisée.

## II - Réalisation expérimentale

- ▷ Prélever une masse  $m_{\text{sol}} = 200$  g de la solution de sulfate de cuivre et la placer dans l'eren meyer. Attendre autant que nécessaire pour que la température se stabilise.
- ▷ Introduire  $m_{\text{Zn}} = 10$  g de poudre de zinc dans le calorimètre. Agiter vivement.
- ▷ Relever la température en continu :
  - pendant la première minute de la réaction, la température évolue très rapidement : prendre autant de points que possible, par exemple toutes les cinq secondes ;
  - pendant les cinq minutes suivantes, prendre un point de mesure toutes les quinze secondes ;
  - pendant les dix suivantes, prendre un point de mesure toutes les minutes.

## III - Exploitation des résultats

### Document 1 : Méthode de compensation des pertes



L'eren meyer n'étant pas calorifugé, il est nécessaire de tenir compte des pertes thermiques pour déterminer la valeur de l'enthalpie de réaction.

Une méthode possible consiste à extrapoler la courbe de relevé thermique comme représenté ci-contre, où  $t_0$  est l'instant auquel la transformation chimique démarre. La différence de température extrapolée  $\Delta T_{\text{ex}}$  peut être approximée à la différence de température adiabatique  $\Delta T_{\text{ad}}$ .

Déterminer la valeur expérimentale de l'enthalpie de réaction, accompagnée d'une estimation de l'incertitude. Comparer à la valeur tabulée.