



BLAISE PASCAL
PT 2020-2021

TP 6 – Thermodynamique

Enthalpie de réaction

Objectifs

- ▷ Mesurer une enthalpie de réaction.
- ▷ Estimer une conductance thermique.
- ▷ 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 ;
- ▷ Bidon de récupération des métaux lourds ;
- ▷ Papier millimétré ;
- ▷ Savon pour lavage des mains en fin de TP.

Matériel sur votre pailasse :

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

Sécurité :



- ▷ Blouse et lunettes de protection pendant toute la séance ;
- ▷ Verser les solutions contenant des métaux lourds dans le bidon de récupération.

Données numériques :

Capacités thermiques massiques :

- ▷ 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 : $c_{\text{Zn}} = 318 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- ▷ du verre : $c_{\text{verre}} = 720 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

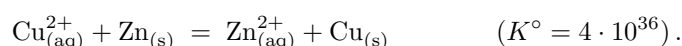
Enthalpies standard de formation :

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

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),



Pour ce faire, on fera réagir une masse $m_{\text{sol}} = 200 \text{ g}$ de solution de sulfate de cuivre de concentration $C_0 = 0,200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ avec une masse $m_{\text{Zn}} = 10 \text{ g}$ de poudre de zinc en mesurant la température tout au long de la transformation.

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, 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. En contre-partie, il sera nécessaire d'estimer l'effet des pertes thermiques sur le résultat de la mesure.

I - Étude théorique

Dans un premier temps, on suppose que la transformation thermodynamique se déroule en deux phases distinctes :

- ① *d'abord*, la transformation chimique a lieu de manière suffisamment rapide pour être adiabatique ;
- ② *puis ensuite* le contenu de l'eren meyer se refroidit pour retrouver sa température d'équilibre.

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

2 - On note T_{ad} la température du milieu réactionnel à la fin de la première étape. Montrer que

$$T_{\text{ad}} = T_0 - \frac{\xi_F \Delta_r H^\circ}{C},$$

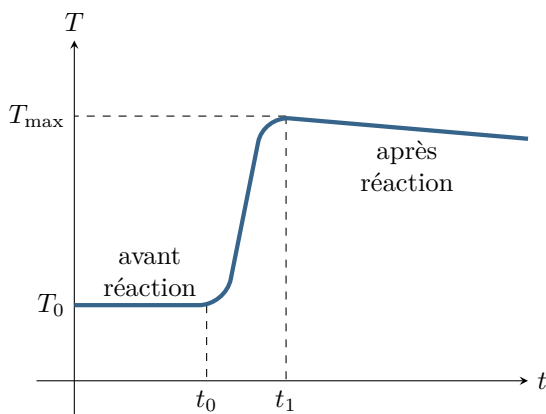
où T_0 est la température ambiante et C une capacité thermique à exprimer (littéralement) en fonction des données.

3 - On modélise les échanges thermiques entre l'eren meyer et l'air environnant par une conductance thermique G . Déterminer la loi d'évolution $T(t)$ de la température dans le béccher au cours de la deuxième étape.

II - Mise en œuvre expérimentale

- ▷ Peser la masse m_{verre} de l'eren meyer vide.
- ▷ Prélever une masse $m_{\text{sol}} = 200 \text{ g}$ de la solution de sulfate de cuivre et la placer dans l'eren meyer. Attendre quelques instants que la température se stabilise.
- ▷ Introduire $m_{\text{Zn}} = 10 \text{ g}$ de poudre de zinc dans l'eren meyer. Agiter vivement.
- ▷ Relever la température en continu, et tracer la courbe correspondante sur papier millimétré.
 - 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



La courbe de température réellement mesurée a l'allure ci-contre : la température maximale T_{max} n'est pas atteinte instantanément mais au bout d'une durée t_1 , et la décroissance semble ensuite quasi-linéaire.

4 - Déterminer la valeur de $\Delta_r H^\circ$ en approximant $T_{\text{ad}} = T_{\text{max}}$. S'agit-il d'une sur- ou d'une sous-estimation ?

5 - En adaptant les résultats de la première partie, proposer une méthode permettant d'estimer la valeur de la conductance thermique G entre le béccher et l'environnement.

6 - Estimer de manière simple l'ordre de grandeur du transfert thermique Q_{ext} cédé à l'environnement entre t_0 et t_1 .

7 - Reprendre l'estimation de $\Delta_r H^\circ$ en tenant compte de Q_{ext} . Conclure sur l'influence des pertes thermiques sur la mesure.

Fin de TP :



- ▷ Verser les solutions contenant des métaux lourds dans le bidon de récupération ;
- ▷ Se laver les mains à l'eau et au savon.