**TP N° 4 : Mesure de la chaleur de neutralisation**

**(Détermination de l’enthalpie standard de neutralisation de NaOH(aq) par HCl(aq)**

mélange

1. **But du TP :**

Il s’agit de déterminer l’enthalpie standard de neutralisation de NaOH(aq) par HCl(aq), effectuer dans un calorimètre thermiquement isolé, de capacité calorifique connue, à pression atmosphérique.

**II – Rappels théorique :**

**II-1 Généralité :**

Du point du vue énergétique, on distingue 3 types de réactions :

* Réaction **Exothermique** : cette réaction **libère** ou **dégage** de la **chaleur** (le milieu extérieur se réchauffe), ex : combustion, neutralisation de HCL par NaOH : **Réactifs → Produits + QR (QR < 0).**
* Réaction **endothermique** : cette réaction **absorbe de la chaleur** (le milieu extérieur se refroidit), ex : dissolution de NH4Cl(s) dans l’eau : **Réactifs + QR → Produits (QR > 0).**
* Réaction athermique : elle n’engendre aucun transfert de chaleur, ex : estérification **(QR = 0).**

A pression constante, la chaleur de réaction exprimée par mole de réactifs est appelée enthalpie de réaction. On écrira donc : ΔHR = QR / n avec n le nombre de moles du réactifs limitant.

Si ΔHR **<**  0 → réaction exothermique.

Si ΔHR **>**0 → réaction endothermique.

Si ΔHR = 0 → réaction athermique.

**II-2 Chaleur de neutralisation – Application aux solutions d’acides et de bases fortes :**

La neutralisation est une réaction chimique entre une solution aqueuse acide et une solution aqueuse basique qui conduit à la formation d’un sel et de l’eau :

Acide (aq) + Base (aq) →Sel (aq) + eau

**Exemple :** HCl (aq) + NaOH (aq) →NaCl (aq) + H2O (l)

En réaction de neutralisation peut s’accompagner d’un transfert de chaleur. L’enthalpie de la réaction de neutralisation acide-base correspond à la quantité de chaleur échangée lors de la neutralisation d’une mole d’acide ou d’une mole de base. On l’exprime donc par mole de substance neutralisée.

Hess a montré expérimentalement que lorsqu’une solution diluée d’un acide fort est neutralisé par une solution diluée d’une base forte, la chaleur de neutralisation par molécule d’eau formée est essentiellement constante et indépendante de la nature de l’acide et de la base.

La constante de cette valeur s’explique par le fait que les bases et les acides forts sont complètement dissociés en solution :

HCl (aq) + H2O(l) → Cl- (aq) + H3O+(aq)

NaOH (aq) → Na+(aq) + OH-(aq)

Par conséquence, le dégagement de chaleur ne provient que d’une seule réaction : la combinaison d’un ion hydronium (H3O+) avec un ion hydroxyde (OH-) pour former l’eau :

H3O+(aq) + OH- (aq) → 2 H2O(l) ; ΔH°R = - 58,3 KJ.mol-1 à 25°C.

L’enthalpie standard de la réaction de neutralisation, est indépendante des natures chimiques de l’acide fort et de base forte.

**III- Manipulations :**

**III-1 Principe :**

Lorsqu’une base forte est neutralisée par un acide fort en solution diluée, la même quantité de chaleur molaire est toujours libérée à pression constante : c’est l’enthalpie de la réaction de neutralisation. La réaction chimique qui génère cette chaleur est la réaction entre les ions hydroniums et les ions hydroxydes, pour former de l’eau. Dans ce TP, on mesure la variation de température, pendant la neutralisation, dans un calorimètre, d’une solution aqueuse d’hydroxyde de sodium par une solution aqueuse d’acide chlorhydrique, à pression atmosphérique.

**III-2 Matériel et produits :**

**Materiel :**

* Calorimètre ; Plaque chauffante ; Eprouvette graduée ; Thermomètre ; Béchers

**Produits :**

* Eau distillée ; HCl (0,1N) ; NaOH (0,1N).

**III-3 Mode opératoire :**

**1- Détermination De La Capacité Thermique Du Calorimètre :**

1. Prendre un volume**V1** =100 ml d’eau froide à l’aide d’une éprouvette graduée.
2. Mettre l’eau dans le calorimètre, puis mesurer sa température d’équilibre avec le thermomètre **(T1).** c’est la température initiale de l’eau et du calorimètre.
3. Prendre un volume**V2** =100ml d’eau chaude à l’aide de l’éprouvette graduée, puis mesurer sa température **(T2)** ;
4. Mettre cette quantité dans le calorimètre. (cette partie doit être rapide pour éviter le refroidissement de l’eau) ;
5. Attendre un moment puis mesurer la température d’équilibre **(Teq)**.

**2- Mesure de la chaleur de neutralisation de NaOH(aq) par HCl(aq) :**

* Prélever un volume **VNaOH(aq)** = 140 mL de solution aqueuse d’hydroxyde de sodium NaOH(aq) (0,1N) avec une éprouvette graduée et l’introduire dans le calorimètre.
* Fermer le calorimètre et placer le thermomètre.
* Relever la température atteinte après équilibre thermique de l’ensemble (colorimètre et base), notée **θNaOH(aq)**.
* Mesurer, à l’aide d’une éprouvette graduée, un volume **VHCl(aq)** = 140 mL de solution aqueuse d’acide chlorhydrique HCL(aq) (0,1N) et noter sa température **θHCl(aq)**.
* Verser rapidement cette solution dans le calorimètre puis agiter vigoureusement. Noter par la suite la température d’équilibre **θeq** lorsque la valeur de la température de stabilise.

Cette valeur peut varier en fonction du volume du calorimètre.

**III-4 Exploitation des résultats :**

On a la réaction suivante : NaOH (aq) + HCl (aq) →NaCl(aq) + H2O(l) + QR

Le système (calorimètre + Base + acide) est thermiquement isolé → ∑Qi = 0 donc :

Qcal + QNaOH (aq) + QHC l(aq) + QR = 0

Ccal (θeq – θNaOH(aq)) + mNaOH(aq) . C°pNaOH aq (θeq – θNaOH(aq)) + mHCl(aq). C°pHCl (aq) (θeq – θHCl(aq)) + QR = 0

Dans cette manipulation, on introduit, dans le calorimètre, un volume **VNaOH (aq)** = 140 mL d’une solution aqueuse de NaOH et un volume VHCl (aq) = 140 mL d’une solution aqueuse de HCl.

Hypothèse simplificatrice :

* On prendra pour masse volumique des solutions aqueuse de NaOH et de HCl celle de l’eau. Ce qui donne : ρHCl(aq) = ρNaOH(aq) = ρeau = 1 g. mL-1. On aura donc : mHCl(aq) = mNaOH(aq) = 140 g.
* On prendra pour valeur de la capacite calorifique massique de chaque solution (NaOH et HCl) celle de l’eau. Par conséquent :

C°pNaOH (aq)  = C°pHCl (aq) = C°peau = 4,185 J.K-1.g-1.

L’équation calorimétrique (1) devient :

Ccal (θeq – θNaOH(aq)) + m. C°peau (θeq – θNaOH(aq)) + m. C°peau (θeq – θHCl(aq)) + QR = 0

QR = -[ Ccal (θeq – θNaOH(aq)) + m. C°peau (θeq – θNaOH(aq)) + m. C°peau (θeq – θHCl(aq))].

QR = Ccal ( θNaOH(aq) - θeq) + m. C°peau (θHCl(aq) + θNaOH(aq) – 2 θeq –)].

Par ailleurs, ΔH°R = QR / n.

Le nombre de moles est calculé par rapport au réactif limitant (en défaut).

Sachant que C = n/V , alors : n = C.V.

**III-5 Questions :**

1. Ecrire l’équation chimique de la réaction.

2. Remplir un tableau comportant l’ensemble des valeurs mesurées et calculées (les températures θ HCl, θ NaOH et θeql).

3. Ecrire l’équation calorimétrie du système étudié et calculer la chaleur de neutralisation (ΔH réaction) d’un acide fort par une base forte (Cp de l’eau = 4,18 J⋅K-1⋅g-1).

4. Comparer la valeur de ΔH neutralisation que vous avez mesurée avec la valeur théorique.

**Conclusion :**

Dites qu’avez-vous appris dans ce TP ?