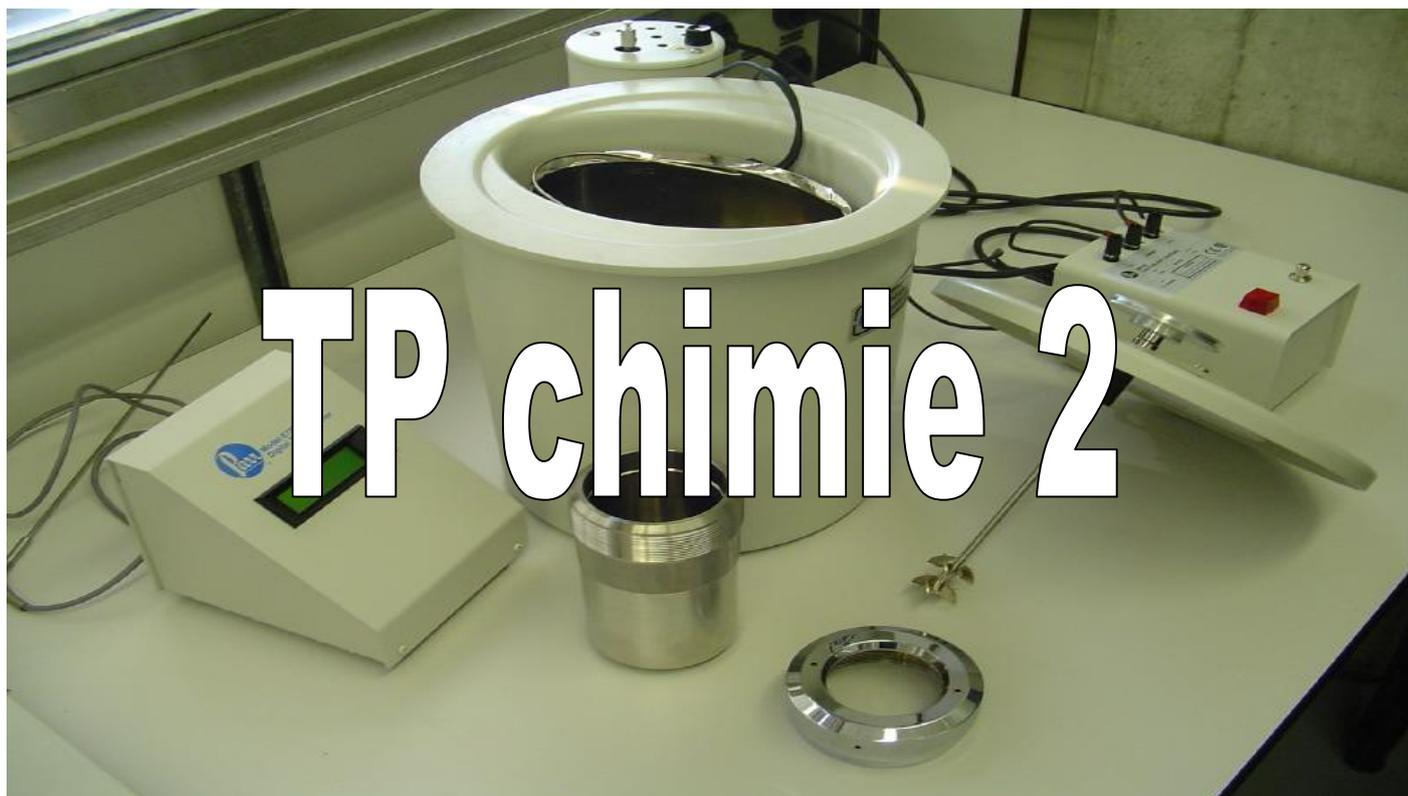


Université Ziane Achour - Djelfa
Faculté Des Sciences exactes et informatique
Département Des Sciences De La Matière
1^{ère} Année LMD SM



-Responsables de module : M^r Derdour

M^{me} Bouakkaz

-Année universitaire : 2019/2020-

LA CALORIMETRIE

1. Généralités: Le calorimètre "comme une bouteille thermos" est un système thermodynamique isolé qui n'échange aucune énergie avec le milieu extérieur (ni travail, ni chaleur). Sa paroi est indéformable et adiabatique afin de diminuer les pertes thermiques.

Il existe plusieurs types de calorimètre suivant la nature des mesures que l'on effectue.

المسعر الحراري هو وعاء يستخدم لقياس كمية الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية أو الحرارة الناتجة عن تغيرات فيزيائية، و هو نظام معزول حراريا بحيث لا يتبادل الطاقة الحرارية مع الوسط الخارجي. له جدران غير قابلة للتشوه و عازلة للحرارة adiabatique للحد من التسرب الحراري. يوجد عدة أنواع للمسعر على حسب القياسات التي ستتم فيه.

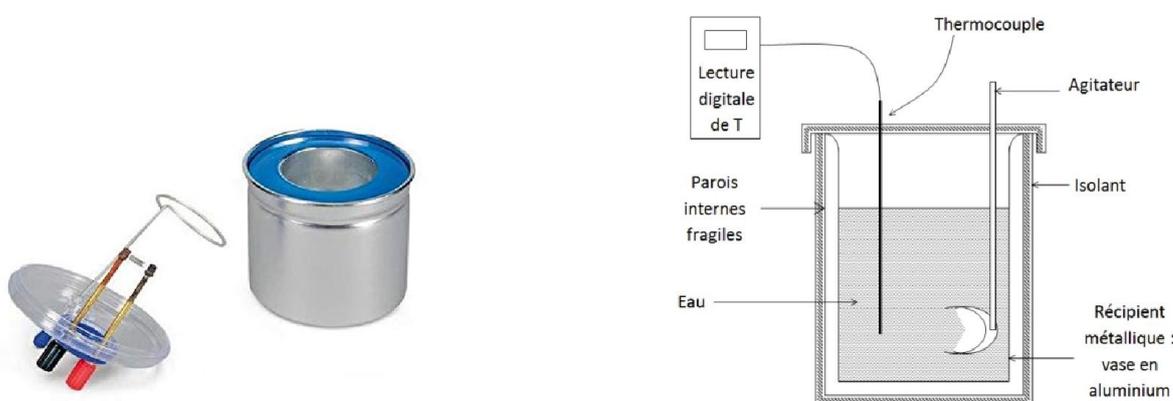


Figure 1 –le calorimètre adiabatique de Berthelot utilisé dans le laboratoire.

Les mesures calorimétriques permettent de déterminer les capacités thermiques des substances, les chaleurs de changement d'état et les chaleurs de réactions. Les principes qui régissent la calorimétrie reposent en fait sur le premier principe de la thermodynamique (Principe de la conservation de l'énergie $\Delta U = \text{Constante}$ pour tout système isolé). Au sein du calorimètre il peut s'y dérouler des échanges thermiques.

تستخدم القياسات المسعرية لتحديد السعة الحرارية للمواد، وحرارة تغير الحالة، وحرارة التفاعلات. إن المبادئ التي تحكم قياس المسعر تستند في الواقع إلى المبدأ الأول للديناميكا الحرارية (مبدأ حفظ الطاقة $\Delta U = \text{ثابت}$ لأي نظام معزول). داخل المسعر تتم التبادلات الحرارية.

Le corps le plus chaud cède de la chaleur (Q_1 comptée négative) et le corps le plus froid la reçoit (Q_2 comptée positive) totalement en vertu du principe de l'égalité des échanges de la chaleur. La température du corps chaud s'abaisse jusqu'à T_e et la température du corps froid augmente jusqu'à cette température qui représente l'équilibre thermique. Ceci peut se traduire $Q_1 + Q_2 = 0$ (1). par la relation fondamentale :

الجسم الذي يملك درجة الحرارة الأعلى يفقد الطاقة الحرارية (Q1 عدد سلبى) ويتلقاها الجسم الأكثر برودة (Q2 عدد إيجابى) تمامًا بموجب مبدأ تبادل الحرارة بالتساوي. تنخفض درجة حرارة الجسم الساخن إلى درجة الحرارة T_e وترتفع درجة حرارة الجسم البارد إلى درجة الحرارة هذه والتي تمثل التوازن الحراري. يمكن أن نعبر عن ذلك بالعلاقة الأساسية (1).

2. Equation calorimétrique

2.1 Afin de Déterminer la capacité calorifique du calorimètre C_{cal} ou mesurer la valeur en eau (μ) du calorimètre, nous allons travailler au moyen d'un calorimètre n'échangeant ni énergie ni matière avec le milieu extérieur (système « isolé »).

En mélangeant de l'eau chaude à de l'eau froide, la quantité de chaleur (Q) perdue par l'eau chaude a été entièrement transférée à l'eau froide contenue dans le calorimètre et aux parois du calorimètre lui-même. Alors :

لتحديد السعة الحرارية للمسعر C_{cal} أو قياس القيمة المكافئة من الماء للمسعر الحراري (μ) ، سنستعمل المسعر الذي لا يتبادل الطاقة أو المواد مع الوسط الخارجي "نظام معزول".
نمزج الماء الساخن مع الماء البارد، تنتقل كمية الحرارة (Q) التي فقدتها المياه الساخنة بالكامل إلى المياه الباردة الموجودة في المسعر وإلى جدران المسعر نفسه. إذن:

$$Q_{\text{eau chaude}}(<0) = Q_{\text{eau froide}}(>0) + |Q_{\text{calorimètre}}(>0)|$$

$$C(\text{eau}) \cdot m_{\text{ch}} \cdot (T_e - T_{\text{ch}}) + C(\text{eau}) \cdot m_{\text{fr}} \cdot (T_e - T_{\text{fr}}) + C_{\text{cal}} \cdot (T_e - T_{\text{fr}}) = 0.$$

$$\Rightarrow - C(\text{eau}) \cdot m_{\text{ch}} \cdot (T_e - T_{\text{ch}}) = C(\text{eau}) \cdot m_{\text{fr}} \cdot (T_e - T_{\text{fr}}) + C_{\text{cal}} \cdot (T_e - T_{\text{fr}})$$

$$C_{\text{cal}} = [C_e \cdot m_{\text{ch}} \cdot (T_{\text{ch}} - T_e) + C_e \cdot m_{\text{fr}} \cdot (T_{\text{fr}} - T_e)] / (T_e - T_{\text{fr}}) \dots \dots \dots (2)$$

La quantité (de la valeur en eau μ et chaleur calorifique massique d'eau C_e), équivalente thermiquement au la capacité calorifique de calorimètre et ses accessoires est :

لدينا القيمة المكافئة من الماء للمسعر الحراري (μ) و الحرارة الكتلية للماء C_e متكافئة حراريًا مع السعة الحرارية للمسعر وملحقاته و منه:

$$\mu = C_{cal} / C_e \text{ en g ou Kg}$$

NB : $C_e = 4,185 \text{ J. K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} = 4185 \text{ J. K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} (1 \text{ cal. K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1})$ à température ambiante.

2.2 Afin de Déterminer la chaleur massique d'un métal (solide), nous allons utiliser le même calorimètre:

لتحديد الحرارة الكتلية لمعدن (لجسم صلب): نستعمل نفس المسعر السابق

$$(C_{\text{cal}} + m_{\text{eau}} \cdot C_e)(T_{\text{eq}} - T_i) + m_{\text{métal}} \cdot C_{\text{métal}}(T_{\text{eq}} - T_s) = 0$$

ou bien:

$$(m_{\text{eau}} + \mu) \cdot C_e \cdot (T_e - T_i) + m_{\text{métal}} \cdot C_{\text{métal}} (T_{\text{eq}} - T_s) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

L'inconnue $C_{\text{métal}}$ (en $\text{J/g} \cdot \text{K}$ ou en $\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) est la capacité thermique massique du solide.

2.3 Afin de Déterminer la chaleur latente de fusion de la glace

Un corps change d'état à température constante. L'énergie Q qui lui est apporté permet alors de casser les liaisons entre les molécules du corps ; il change alors d'état. La relation entre

l'énergie apportée Q et la masse du corps est : $Q = m \cdot L$

Ou : L est appelé la chaleur latente de changement d'état : c'est l'énergie qu'il faut apporter à 1kg de ce corps pour qu'il change d'état. L s'exprime en J/kg

تحديد الحرارة الكامنة لانصهار الجليد

يتغير شكل الجسم عند درجة حرارة ثابتة. تسمح طاقة Q المعطاة لها بعد ذلك بقطع الروابط بين جزيئات الجسم، ثم تتغير

الحالة. العلاقة بين الطاقة المكتسبة Q وكتلة الجسم هي $Q = m \cdot L$

أو: تسمى الحرارة الكامنة لتغيير الحالة: هي الطاقة اللازمة لتحويل كل 1 كغ من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. وحدتها

J/kg

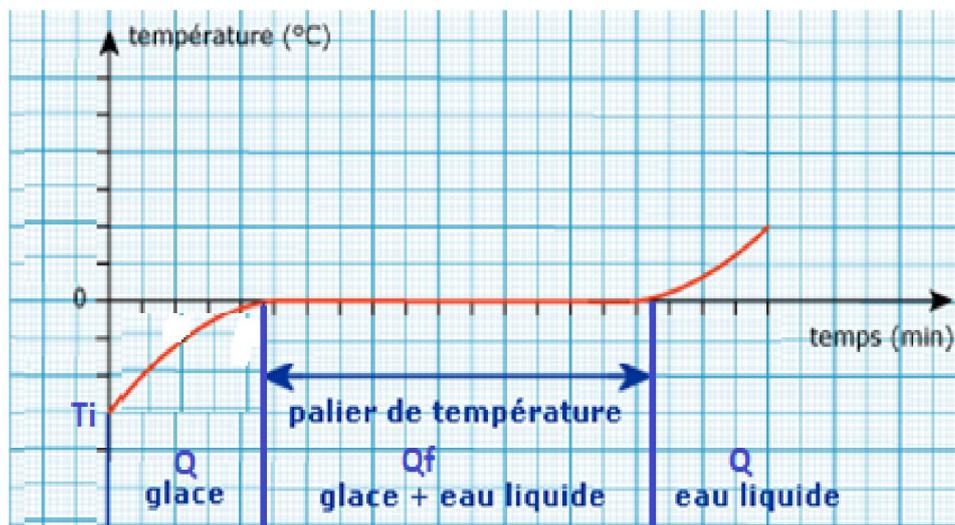


Figure 2. Palier de température au cours de changement d'état de la glace.

Lorsque l'eau pure solide subit une fusion, sa température est de 0°C , et cette température reste constante jusqu'à ce que toute la glace se soit transformée en eau liquide.

On dit que la **température de fusion** de l'eau est de 0°C .

Lorsque la glace et l'eau liquide coexistent, la température est de 0°C : la fusion et la solidification de l'eau se font à température constante. nous allons utiliser le même calorimètre:

عندما يذوب الماء الصلب النقي، تكون درجة حرارته 0 درجة مئوية، وتظل ثابتة حتى يتحول كل الثلج إلى ماء سائل فنقول درجة حرارة انصهار الماء هي 0 درجة مئوية ; وعند تواجد الثلج والماء السائل بشكل مشترك، تكون درجة الحرارة 0 درجة مئوية . يذوب الماء ويتجمد عند نفس درجة الحرارة الثابتة.
سنستخدم المسعر السابق:

$$(C_{cal} + m_{eau} \cdot C_e)(T_{eq} - T_i) + m_{glace} \cdot C_{glace} (0 - T_{glace}) + m_{glace} L + m_{glace\ fondue} C_e (T_{eq} - 0) = 0$$

ou bien:

$$(m_{eau} + \mu) C_e (T_e - T_i) + m_{glace} \cdot C_{glace} (0 - T_{glace}) + m_{glace} L + m_{glace\ fondue} C_e (T_{eq} - 0) = 0 \quad (4)$$

Ou $C_{glace} = 2090 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; Chaleur latente de fusion de la glace: $L_f = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J.kg}^{-1}$

4- Partie expérimentale :

4-1-Déterminer la capacité calorifique du calorimètre

4-1-1- Matériels et produits

-Un calorimètre; un thermomètre; erlenmeyer, une éprouvette graduée; Bain marie.

4-1-2-Mode opératoire

1. Prendre 100 ml d'eau à l'aide de l'éprouvette graduée.
 2. Mettre l'eau dans le calorimètre, puis mesurer sa température avec le thermomètre (T1). C'est la température initiale de l'eau et du calorimètre.
 3. Prendre 80 ml d'eau à l'aide de l'éprouvette graduée, mettre cette quantité dans un erlenmeyer.
 4. Chauffer l'erien à l'aide d'un bain-marie. Ensuite mesurer la température de l'eau chaude (T2) (45°C).
 5. Verser l'eau chaude dans le calorimètre. (Cette partie doit être rapide pour éviter le refroidissement de l'eau.)
- Noter la température d'équilibre T_e . Ce relevé est facile, du fait que la température reste stable pendant un certain temps, grâce à la bonne isolation thermique du vase calorimétrique.

| m1 | T1 | m2 | T2 | Te |
|----|----|----|----|----|
| | | | | |

4-1-3- Résultats et calcul

1. A partir de la relation (2) et de vos résultats expérimentaux, calculer μ .

2. Calculer la capacité calorifique du calorimètre Ccal.

4-2- Déterminer la capacité calorifique d'un métal (solide),

4-2-1- Matériels et produits

Un bec bunsen; un bêcher, un flacon à ébullition, un thermomètre; un bain marie thermostaté (pour le chauffage du métal); substance à analyser (cuivre, plomb ...); un calorimètre, un agitateur; une balance électronique

4-2-2 Mode opératoire

1. Verser m_1 (g) d'eau dans le calorimètre. On place dans ce dernier l'agitateur et un thermomètre (gradué au 1/10).

Note : Durant toute la durée de l'expérience, agiter l'eau pour que la température du système soit uniforme.

2. Placer m_2 (g) de la substance solide dans le bain marie thermostaté. Noter la température T_2 .

3. Relever la température T_1 du système calorimétrique juste avant l'introduction de l'échantillon dans le calorimètre.

4. Relever la température du mélange à différents temps jusqu'à sa stabilité.

5. Relever la température T_e lorsqu'elle s'est stabilisée à un maximum. Préciser le temps au bout duquel on peut mesurer T_e .

4-2-3-Résultats et calculs

1-Noter les résultats dans le tableau suivant :

| m_1 | μ | T_1 | m_2 | T_2 | T_e |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | |

2-Calculer la chaleur massique de la substance étudiée à l'aide de la relation (3).

3-A partir de la table de chaleur massique ci-dessous, déterminer la nature de la substance étudiée.

| Métal | Fer | Plomb | Acier | Aluminium | Cuivre |
|---------------------------|-----|-------|-------|-----------|--------|
| Chaleur massique J/Kg.deg | 460 | 130 | 469 | 880 | 400 |

4-3-Déterminer la chaleur latente de fusion de la glace

4-3-1-Matériels et produits

- Calorimètre - Bain marie – Thermomètre - Balance , Eprouvette graduée - Erlenmeyer
- Cubes de glace - Eau

4-3-2- Mode opératoire

- Verser $m_1 = 150$ g (150 mL) d'eau chaude voisine de 30°C dans le calorimètre. Agiter pour homogénéiser la température.
- Mesurer la température T_1 du calorimètre.
- Peser la masse m_2 d'un glaçon et mesurer la température T_2 et le mettre immédiatement dans le calorimètre.
- Agiter sans arrêt le mélange avec l'agitateur jusqu'à la fusion complète du glaçon et mesurer la température finale T_f à l'équilibre.

4-3-3-Résultats et calcul

1. Calculer la chaleur latente de fusion de la glace (L_f). Comparez la valeur expérimentale avec la valeur de référence donnée dans les notes de cours. Calculez le pourcentage d'écart relatif.
2. Déduire la chaleur latente de solidification (L_s).

Données:

Chaleur massique de l'eau : $c_e = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur massique de la glace: $c_g = 2090 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de la glace: $L_f = 3,34.10^5 \text{ J.kg}^{-1}$