

Calorimétries dans ma cuisine

Pour une des activités proposées, un thermomètre est nécessaire, ainsi que divers ustensiles que l'on trouve en principe en cuisine (en particulier une balance). Pour l'autre, il faut une bouilloire électrique.

Activité n°1 : Détermination de capacités thermiques

- **Expérience 1**
 - Peser 200 g d'eau dans un gobelet réutilisable type «baso berri »
 - Laisser l'ensemble quelques minutes au repos afin de pouvoir considérer que le système {eau + gobelet} est à la même température notée θ_1 .
 - Placer le système bien au centre de votre four micro-onde et, sans le couvrir, soumettez-le à 30 s de chauffage à la puissance $P = 900 \text{ W}$ (cette valeur de puissance peut être adaptée selon le modèle de four micro-onde dont vous disposez).
 - Dès que les 30 s se sont écoulées, ouvrez sans attendre la porte du four et mesurez la température de l'eau, le thermomètre étant aussi utilisé (oui c'est mal de faire cela) pour agiter rapidement le contenu du gobelet (On supposera que la température du récipient est la même).
On note sa valeur de la température finale θ_2 .
- **Expérience 2**
 - Recommencer la même expérience avec 200 g d'huile bon marché (qui pourra être récupérée...)
Noter la température finale θ_3 du système {huile + gobelet}

Données :

- Rendement du four micro-onde : $r = 50 \%$ avec $r = \frac{\text{chaleur transférée}}{\text{Energie électrique fournie}}$
- Capacité thermique massique de l'eau : $C_{\text{eau}} = 4185 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'huile : $C_{\text{huile}} \approx 2000 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ à vérifier
- Capacité thermique du baso berri : C_{bb} inconnue

Déterminer C_{bb} et vérifier la valeur de C_{huile} à partir de vos résultats expérimentaux.

Aide pour la réponse (avec une seule expression avec une grandeur notée $C_{m(\text{liq})}$ désignant la capacité thermique massique du liquide – eau ou huile – placé dans le gobelet) :

- Energie fournie par le four au système $E = 50 \%$ de l'énergie électrique consommée $= 0,5 \times P_{\text{elec}} \times \Delta t$
- Energie reçue par le système {baso + liquide} $Q = (m_{\text{liq}} \times C_{m(\text{liq})} + C_{bb}) \times (T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}})$
- $Q = E$
- Résolution...

Déduire à l'aide d'une mesure supplémentaire (indice : il faut une balance) la capacité thermique massique du polypropène (le polypropène est le matériau constituant le baso berri, c'est écrit sur le fond à l'extérieur : « PP »).

Résolution avec $C_{bb} = m_{bb} \times C_{m(\text{pp})}$, tout simplement...

On n'avait peut-être pas pensé à tout :

- **Recommencez l'expérience 1, laissez refroidir et repesez l'eau. Si la masse d'eau a baissé, expliquez comment vous pouvez toutefois mener des calculs acceptables (il vous manque une donnée mais elle est facile à trouver sur internet)**
 - Variation de masse négligeable avec une balance de cuisine au $1/10^{\text{ème}}$ de gramme
- **Comment le thermomètre est-il un élément perturbateur de l'expérience ? Si nous connaissions la capacité thermique du thermomètre, comment réaliser l'expérience de manière plus rigoureuse ? (Aide : ne faites surtout pas cette expérience de plus si vous avez un thermomètre métallique)**
 - Il aurait fallu chauffer en incluant le thermomètre dans le système, mais alors en tenant compte de sa capacité thermique...
- **Au toucher on remarquera que l'extérieur du gobelet ne semble pas avoir atteint la même température que le liquide après chauffage. On choisit pourtant de négliger cette différence car le système n'est pas du tout isolé et une fois le chauffage interrompu il va céder assez rapidement de la chaleur à l'air ambiant et sa température va baisser... Le résultat serait encore moins significatif si nous décidons d'attendre avant de mesurer T_{finale} .**

Les résultats de cette expérience sont plutôt cohérents... Reste une question : pourquoi le rendement d'un four micro-onde est-il seulement de 50 % environ (alors que, par exemple, celui d'une bouilloire électrique à résistance chauffante est proche de 100 %)

Aide : Si, au cours du chauffage d'un plat occupant tout l'espace intérieur du four MO, le plateau ne tournait pas, on ne chaufferait que certaines parties de l'aliment... En gros la moitié... Pourquoi ?

Activité n°2 : Détermination de la capacité thermique d'une bouilloire.

Placer 1 kg d'eau dans la bouilloire (si vous n'avez pas de balance mesurer 1 L avec un verre doseur). Attendre un peu et estimer la température θ_1 (soit vous avez un thermomètre, soit vous n'en avez pas et vous décidez que $\theta_1 = 20 \text{ °C}$).

Mettre en marche la bouilloire et déclencher simultanément un chronomètre (celui du smartphone).

Lorsque la bouilloire s'arrête cela signifie que l'eau bout et que l'on atteint $\theta_2 = 100 \text{ °C}$ (la vapeur d'eau est produite à une pression qui commence à dépasser la pression atmosphérique et c'est cette augmentation de pression qui provoque l'arrêt du chauffage) : arrêter le chronomètre et noter la durée écoulée Δt .

Le rendement de la bouilloire est très bon : $r = 95 \% = \frac{\text{chaleur transférée à l'ensemble \{eau+bouilloire\}}}{\text{Energie électrique fournie}}$

La puissance électrique de la bouilloire est écrite quelque part sur l'appareil (par exemple 2000 W) et permet de

Déterminer la capacité thermique de la partie intérieure de la bouilloire en supposant que dans l'état final, elle se trouve elle aussi à la température $\theta_2 = 100 \text{ °C}$.

Expliquer pourquoi la partie extérieure de la bouilloire est restée à une température très proche de θ_1 . La réponse doit contenir les termes « système isolé » ou « isolation thermique », ou toute autre expression allant dans le même sens.

Pas d'aide...

Activité n°3 : rendement lors d'un chauffage à la casserole

Vous disposez d'une plaque de cuisson dont la notice indique la puissance de chaque « feu ».

Pesez 1 kg (1 L) d'eau froide et placez-les dans une casserole. La température initiale de ce système {casserole + eau} est mesurée (ou bien estimée à $\theta_1 = 20 \text{ °C}$).

- La capacité thermique massique de l'eau est $C_{m(\text{eau})} = 4185 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$
- La casserole doit être pesée et nous considérerons une casserole ni recouverte d'émail à l'extérieur ni recouverte de téflon ou équivalent à l'intérieur. Nous désignons une casserole dite « inox » constituée de plus de 98% de fer.
La capacité thermique massique du fer est $C_{m(\text{fer})} = 444 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.
(pour l'acier dit « doux » vous pouvez prendre $500 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)

A la date $t = 0 \text{ s}$, déclenchez un chronomètre et chauffez à pleine puissance.

Lorsque l'eau est clairement à ébullition (grosses bulles en surface), arrêtez le chronomètre (durée Δt mesurée) et considérez que la température vaut maintenant $\theta_2 = 100 \text{ °C}$.

Vous pouvez donc à ce stade déterminer :

- L'énergie électrique fournie au système $\Delta E_{\text{elec}} = P_{\text{« feu »}} \times \Delta t$
- La chaleur reçue par le système $Q = (m_{\text{eau}} \times C_{m(\text{eau})} + m_{\text{casserole}} \times C_{\text{casserole}}) \times (\theta_2 - \theta_1)$
 - Déterminez le pourcentage d'énergie électrique dissipée.
 - le bilan énergétique avec le même modèle que, par exemple celui proposé dans l'exercice sur la pompe à chaleur (voir plus loin)
 - Critiquez (sans vous bruler) le modèle de calcul proposé.

Bilan des activités :

Comparer les trois techniques de chauffage d'eau en termes d'efficacité énergétique : four micro-ondes, bouilloire électrique, plaque de cuisson.