

## Capacité thermique d'un matériau

1	Prévoir le sens d'un transfert thermique.
2	Citer les différentes contributions microscopiques à l'énergie interne d'un système.
3	Distinguer, dans un bilan d'énergie, la variation de l'énergie du système et les transferts d'énergie entre le système et l'extérieur
4	Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique.

La Réglementation thermique (RT) est instituée par la loi. La RT 2012, par exemple, avait pour objectif de proposer un abaissement des niveaux d'émission en dioxyde de carbone pour les immeubles nouvellement bâtis. La RT 2015 se propose de mettre en œuvre de nouvelles mesures pour un meilleur usage de l'énergie notamment par l'amélioration de l'isolation thermique.

⇒ **Comment déterminer l'efficacité d'un matériau en termes d'isolation ?**

### Document 01 Les échanges énergétiques

A l'échelle microscopique, un objet, même immobile possède d'autres formes d'énergie dont la somme définit l'**énergie interne  $U$** .

Les **variations d'énergie interne  $\Delta U$**  d'un système immobile résultent de l'apport de travail et de chaleur du milieu extérieur :

- le **travail  $W$**  regroupe les échanges énergétiques qui résultent de l'action de forces macroscopiques (travail électrique, mécanique, etc.);
- Le **transfert thermique  $Q$**  désigne tous les autres échanges énergétiques ;
- **$\Delta U = W + Q$** .

Lorsqu'un apport de chaleur  $Q$  s'accompagne d'une variation de température  $\Delta T$ , le rapport  $C$  de ces deux grandeurs est appelé **capacité thermique** (ou  $c$ , **capacité thermique massique**).

$$Q = C \times \Delta T \text{ (ou } Q = c \times m \times \Delta T)$$

$Q$	transfert thermique reçu par le système (J)
$C$	capacité thermique (J.K <sup>-1</sup> )
$\Delta T$	variation de température du système (K)
$c$	capacité thermique massique (J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )

Un matériau de grande capacité thermique permet de réguler la température alors qu'un matériau de faible capacité sera dit isolant.

### Document 02 Système thermodynamique

Un **système thermodynamique** est un échantillon de matière qui contient trop de particules pour que la description individuelle de celles-ci soit possible.

Un système est dit :

- **ouvert**, s'il peut échanger de la matière ou de l'énergie avec l'extérieur ;
- **fermé**, s'il n'échange pas de matière avec l'extérieur ;
- **isolé**, s'il n'échange ni chaleur ni matière avec l'extérieur.

La variation d'énergie interne d'un système isolé est nulle :  **$\Delta U = 0 = W + Q$** .

### Document 03 Le calorimètre

Le calorimètre est un système isolé (aucun transfert thermique ou de matière avec l'extérieur) qui permet d'étudier les échanges de chaleur qui s'y produisent. On y place des corps condensés notés 1, 2, 3, etc. dont on étudie les échanges de chaleur. Aucun travail n'est appliqué. On peut donc écrire :

$$\Delta U = 0 = W + Q_1 + Q_2 + \dots = C_1 \Delta T_1 + C_2 \Delta T_2 + \dots$$

### Document 04 Isolation thermique d'une habitation

Pour isoler thermiquement une habitation, on choisit pour le mur intérieur, un matériau de **faible conductivité thermique  $\lambda$**  (**forte résistance thermique  $R_{th}$** ) afin de ne pas transmettre de chaleur dans le mur (par conduction). On ajoute à l'intérieur de ce mur, un matériau de grande inertie thermique (**grande capacité thermique  $C$** ) afin d'accumuler et conserver le peu de chaleur qui aura traversé notre premier isolant. Du côté extérieur, on choisit aussi une couche isolante mais on remplit le mur avec un matériau de faible capacité thermique afin de dissiper rapidement aussi bien la chaleur extérieure (été) que le froid (hiver).

Voici quelques valeurs de capacité thermique massique et conductivité thermique :

Matériau	Cuivre	Acier	Fer	Aluminium	PVC	Bois	Polystyrène expansé
Capacité thermique massique (J.K <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	385	450	450	900	1050	1200	1450
Conductivité thermique (W. K <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> )	390	26	80	237	0,17	0,15	0,030

### Document 05 La méthode des mélanges

Un calorimètre possède une capacité thermique dont on doit connaître l'intensité pour prendre en compte les échanges de chaleur qui lui sont imputables. La méthode des mélanges permet cette mesure.

- Verser 300,0 g d'eau froide dans le calorimètre et relever la température à l'équilibre :  $T_1$ .
- Chauffer 200,0 g d'eau (agitateur chauffant) et relever la température :  $T_2$ .
- Verser les 200,0 g d'eau chaude dans le calorimètre, mélanger et relever la température à l'équilibre :  $T_{\text{éq}}$ .

Le calorimètre étant isolé, on peut écrire :  $\Delta U_1 + \Delta U_2 + C_{\text{calo}}(T_{\text{éq}} - T_1) = 0$

En exprimant les variations d'énergie interne  $\Delta U_1$  (due à la masse  $m_1$  d'eau) et  $\Delta U_2$  (due à la masse  $m_2$  d'eau) dans le calorimètre, on peut exprimer et calculer la capacité thermique  $C_{\text{calo}}$ .

Données : capacité thermique **massique** de l'eau :  $c_{\text{eau}} = 4186 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  ;

### Document 06 Mesure de la capacité thermique d'un matériau

La capacité thermique d'un matériau se mesure à l'aide d'un calorimètre.

- Verser 400,0 g d'eau froide dans le calorimètre. Relever la température à l'équilibre :  $T_0$ .
- Peser le matériau choisi et le placer dans l'étuve à  $T_{\text{étuve}} = 80^\circ\text{C}$  (353 K).
- Sortir le matériau de l'eau chauffée, grâce à la pince métallique et le placer rapidement dans le calorimètre, agiter puis relever la température à l'équilibre :  $T_f$ .

Lors du mélange, on a la relation suivante :

$$m.c_{\text{eau}}(T_f - T_0) + C_{\text{calorimètre}}(T_f - T_0) + m_{\text{matériau}}C_{\text{matériau}}(T_f - T_{\text{matériau}}) = 0$$

On peut ainsi en déduire l'expression de la capacité thermique massique  $C_{\text{matériau}}$  puis la calculer.

### Travail à effectuer

#### 1. Démarche d'investigation (APP, ANA-RAIS, REA)

- Proposez une hypothèse quant à l'utilisation en isolant intérieur ou extérieur du matériau qui vous est proposé.
- A l'aide des documents proposés et du matériel disponible sur vos tables, élaborer un protocole expérimental afin de confirmer ou d'infirmer votre hypothèse. Prévoir l'exploitation des mesures.
- Mettre en œuvre le protocole.

#### 2. Interpréter des résultats – Identifier les sources d'erreurs et estimer une incertitude (VAL)

Conclure quant à l'utilisation du matériau et citer les erreurs et incertitudes :

- pour déterminer l'incertitude-type de la mesure de la capacité thermique du calorimètre, vous utiliserez  $G_{\text{mc}}$  : **TP 15.gum2**
  - Incertitude-type sur une pesée :  $u(m) = 0,05 \text{ g}$ .
  - Incertitude-type sur une mesure de température :  $u(T) = 0,5^\circ\text{C}$ .

#### 3. Rendre compte à l'écrit (COM)

De quels paramètres physiques la variation d'énergie interne  $\Delta U$  d'un système fermé et ne subissant aucun travail  $W$  dépend-elle ?

<b>DATE :</b>		<b>Term. S</b>
<b>HEURE :</b>	<b>SALLE :</b>	<b>POSTES :</b>

**TP 15 Capacité thermique d'un matériau.**

<b>Matériel poste</b>	<b>Matériel prof</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pince métallique ;</li> <li>○ Bécher 250 mL ;</li> <li>○ Calorimètre ;</li> <li>○ Sonde thermométrique ;</li> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bouilloire ;</li> <li>○ Plaque chauffante+cristallisoir pyrex+thermomètre;</li> <li>○ 8 morceaux de Polystyrène expansé</li> <li>○ 8 morceaux d'acier</li> <li>○ Balance au dixième de gramme</li> <li>○ Bécher 1L;</li> </ul>

<b>Hotte</b>
○

<b>Bidons</b>
○

<b>NOM :</b>		<b>Niveau de maîtrise</b>
<b>Compétences</b>	<b>Indicateurs de réussite</b>	<b>A B C D</b>
<p><b>S'approprier</b> Extraire l'information utile sur des supports variés. Mobiliser ses connaissances.</p>	<p>Un matériau choisi pour l'isolation des murs intérieurs (extérieurs) doit avoir une grande (faible) capacité thermique. La mesure de la capacité thermique, grâce au calorimètre, de notre matériau inconnu nous permettra de trancher quant à son utilisation.</p>	
<p><b>Analyser-Raisonner</b> Proposer et/ou justifier un protocole, identifier les paramètres pertinents Définir les conditions d'utilisation des instruments de mesure, réaliser et régler les dispositifs expérimentaux dans les conditions de précision correspondant au protocole</p>	<p>Un calorimètre ne sert que si l'on connaît sa capacité thermique. On la mesure grâce à la méthode des mélanges (doc. 5). Une fois mesurée, le calorimètre sert à mesurer la capacité thermique du matériau inconnu (doc 6). Le doc 4 nous permet de comparer la capacité thermique du matériau testé avec ces références.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les mesures de température doivent être précises et les mélanges se faire rapidement ;</li> <li>• Le matériau inconnu doit rester suffisamment longtemps au bain marie pour être certain que sa température soit homogène.</li> </ul>	
<p><b>Communiquer</b> Rendre compte à l'écrit. Utiliser un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vocabulaire spécifique, compte rendu des mesures et calculs. La variation d'énergie interne d'un système incompressible dépend de sa capacité thermique, de sa masse et de la variation de température.</li> </ul>	
<p><b>Réaliser</b> Réaliser le dispositif expérimental correspondant à un protocole Maîtriser certains gestes techniques (utiliser le matériel, les appareils de mesure, les outils informatiques, la calculatrice) Réaliser une série de mesures ; relever les résultats obtenus (tableau, graphique)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffage du matériau et rapidité de plonge dans le calorimètre ;</li> <li>• Attente de l'équilibre thermique après mélange sans attendre l'équilibre dû aux défauts du calorimètre ;</li> <li>• Maîtrise de Gum_mc</li> </ul>	
<p><b>Valider</b> Analyser l'ensemble des résultats de façon critique (les interpréter, juger de leur qualité) ; faire des propositions pour améliorer la démarche ou le modèle</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le matériau utilisé a une capacité thermique faible (forte) et servira donc à l'isolation des murs extérieurs (intérieurs).</li> </ul>	