

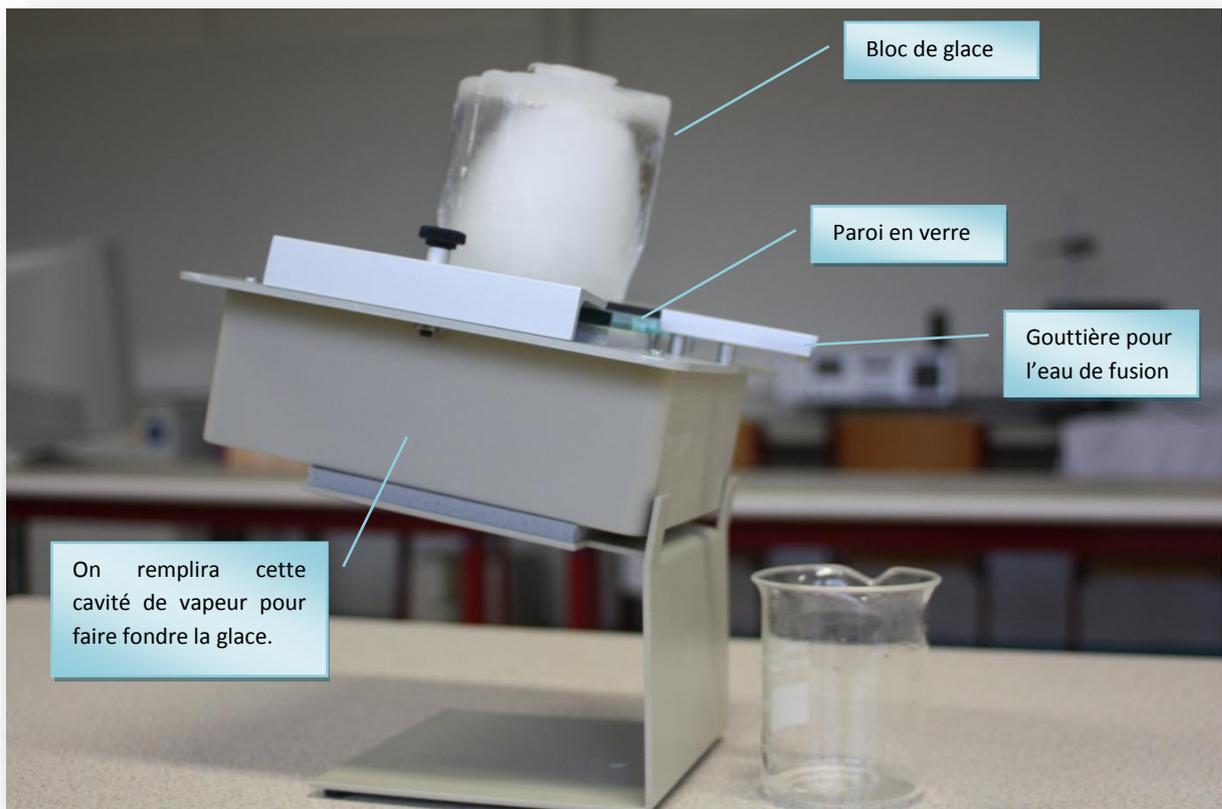
Mesure de la résistance thermique d'un matériau

OBJECTIFS : Mesurer la résistance thermique d'un matériau. Montrer que tous les matériaux ne sont pas des isolants.

PRINCIPE DE L'EXPERIENCE : Soumettre une paroi d'un matériau connu à une différence de température constante. On utilisera de la glace d'un côté et de la vapeur de l'autre. La paroi sera donc soumise à un écart de 100 °C. Si la glace fond, c'est que la paroi laisse passer une quantité de chaleur que l'on peut déterminer grâce à la masse de glace fondue. On répètera l'expérience avec différents matériaux pour obtenir une hiérarchie des isolants.

Le verre

On travaille avec un cylindre de glace de diamètre constant.



Présentation du montage



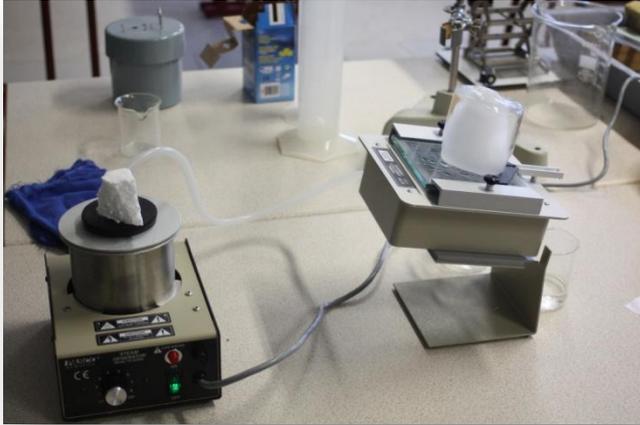
On met en place dans l'appareil une plaque de verre.



On laisse le glaçon fondre à la seule chaleur de la salle. On mesure la masse fondue pendant une durée chronométrée.



On prépare le générateur de vapeur. Lorsque la vapeur apparaît, on l'envoie vers le montage.



L'énergie thermique de la vapeur passe à travers la paroi de verre et fait fondre la glace. On mesure la masse de glace fondue pendant une durée chronométrée.



A la fin de l'expérience, on mesure le diamètre du bloc de glace. Il est important de bien définir la surface d'échange, ce qui peut être discuté avec les élèves. Seule sera prise en compte la surface couverte par le bloc de glace.

On peut maintenant déterminer la quantité de chaleur absorbée par la glace et en déduire le flux de chaleur qui a traversé la paroi de verre.

MESURES :

	durée de l'expérience (min)	Masse glace fondue (g)	Diamètre bloc de glace (cm)
Sans vapeur	6	6,07	7,35
Avec vapeur	6	80,10	7,35

DONNEES :

Chaleur latente de fusion de l'eau	Epaisseur de la plaque de verre (mm)
$L_{\text{eau}} = 333,9 \text{ J.g}^{-1}$	5

CALCULS :

Quantité de chaleur Q_{sv} captée par la glace sans passage de la vapeur :

$$Q_{sv} = m_{eau} \times Lf_{eau} = 6,07 \times 333,9$$

$$Q_{sv} = 2\,026\text{ J}$$

Quantité de chaleur Q_v captée par la glace avec passage de la vapeur :

$$Q_v = m_{eau} \times Lf_{eau} = 80,10 \times 333,9$$

$$Q_v = 26\,745\text{ J}$$

Quantité de chaleur réelle Q captée par la glace :

$$Q = Q_v - Q_{sv} = 26\,745 - 2\,026$$

$$Q = 24\,719\text{ J}$$

Cette quantité de chaleur a été absorbée durant les 6 minutes de l'expérience, on peut donc calculer la puissance P absorbée.

$$P = \frac{Q}{6 \times 60} = \frac{24\,719}{360} = 68,7\text{ W. Nous appellerons flux } \varphi \text{ la grandeur définie par } \varphi = \frac{P}{S}$$

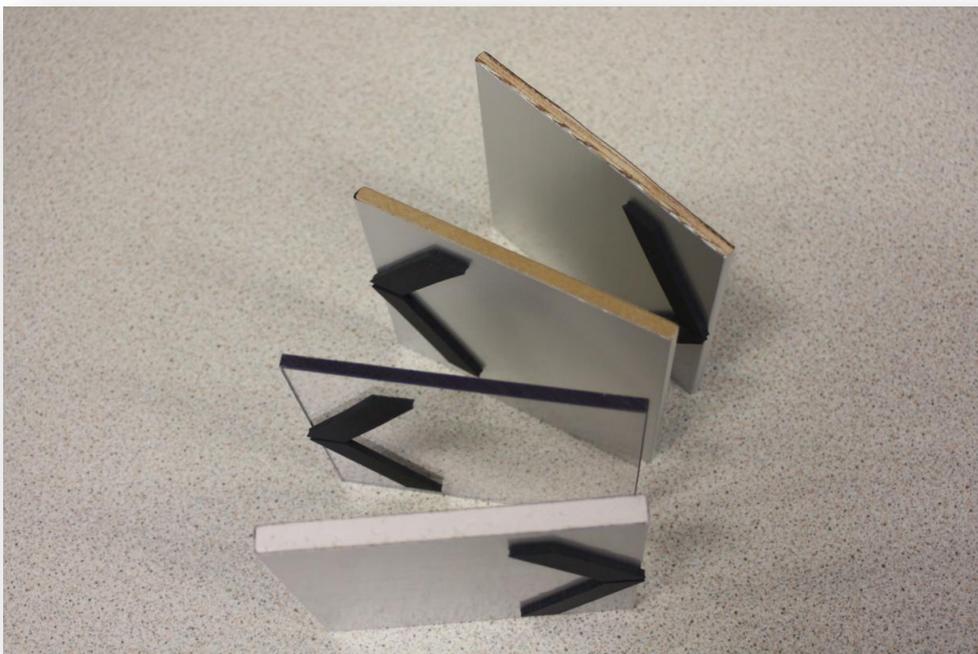
$$\text{du passage de la puissance absorbée} = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \times \frac{0,0735^2}{4} = 4,24 \times 10^{-3} \text{ m}^2.$$

On peut maintenant calculer la résistance thermique R du verre par : $R_{verre} = \frac{\Delta\theta}{\varphi}$;

$$R_{verre} = \frac{100 \times 4,24 \times 10^{-3}}{68,7}$$

$$R_{verre} = 6,2 \times 10^{-3} \text{ K.m}^2.\text{W}^{-1}$$

Pour comparer les qualités isolantes de différents matériaux, il faut vérifier que les résultats de cette expérience changent avec les différentes plaques fournies par le constructeur.





On recommence l'opération avec la plaque de plâtre fournie.

On obtient en fin de manipulation de nouvelles mesures.

MESURES :

	durée de l'expérience (min)	Masse glace fondue (g)	Diamètre bloc de glace (cm)
Sans vapeur	6	6,07	7,35
Avec vapeur	12 min 10 s	35,69	7,35

DONNEES :

Chaleur latente de fusion de l'eau	Epaisseur de la plaque de plâtre (mm)
$L_{f_{\text{eau}}} = 333,9 \text{ J.g}^{-1}$	5

CALCULS :

On va ramener, par proportionnalité, la quantité de chaleur absorbée par la glace sans passage de la vapeur à la même durée que l'opération avec vapeur, soit 12 min 10 s, soit 730 s.

Quantité de chaleur Q_{sv} captée par la glace sans passage de la vapeur :

$$Q_{sv} = m_{\text{eau}} \times L_{f_{\text{eau}}} \times \frac{730}{360} = 6,07 \times 333,9 \times \frac{730}{360}$$

$$Q_{sv} = 4\ 110 \text{ J}$$

Quantité de chaleur Q_v captée par la glace avec passage de la vapeur :

$$Q_v = m_{\text{eau}} \times L_{f_{\text{eau}}} = 35,69 \times 333,9$$

$$Q_v = 11\ 917 \text{ J}$$

Quantité de chaleur réelle Q captée par la glace :

$$Q = Q_v - Q_{sv} = 11\ 917 - 4\ 110$$

$$Q = 7\ 807 \text{ J}$$

Cette quantité de chaleur a été absorbée durant les 730 secondes de l'expérience, on peut donc calculer la puissance P absorbée.

$$P = \frac{Q}{730} = \frac{7807}{730} = 10,7 \text{ W}$$

On peut maintenant calculer la résistance thermique $R_{\text{plâtre}}$ du plâtre par :

$$R_{\text{plâtre}} = \frac{\Delta\theta}{\varphi} = \frac{\Delta\theta \times S}{P} = \frac{100 \times 4,24 \times 10^{-3}}{10,7}$$

$$R_{\text{plâtre}} = 39,6 \times 10^{-3} \text{ K.m}^2.\text{W}^{-1}$$

Conclusion

Bien qu'exposés à la même différence de température, les deux matériaux testés n'ont pas laissé passer les mêmes quantités de chaleur. Le calcul de leur résistance thermique a fait apparaître une grande différence de valeur. Pour rappel :

- $R_{\text{verre}} = 6,2 \times 10^{-3} \text{ K.m}^2.\text{W}^{-1}$
- $R_{\text{plâtre}} = 39,6 \times 10^{-3} \text{ K.m}^2.\text{W}^{-1}$

Comme le laissait entendre le texte sur l'isolation thermique de l'habitat, le choix du matériau employé dans la construction du bâtiment doit tenir compte de sa résistance thermique.