

- **Niveau : première STI2D**
- **Durée indicative : 2 h**
- **Extrait du programme : Habitat / Gestion de l'énergie dans l'habitat / transferts thermiques**

Notions et contenus	Compétences exigibles
Flux thermique, résistance thermique.	- Mesurer l'énergie échangée par transfert thermique.

▪ **Déroulement de la séance :**

Cette activité expérimentale peut intervenir indifféremment avant, pendant ou après le cours sur les transferts thermiques.

- Le document est distribué au début de la séance. Sur la paillasse, les élèves disposent d'un appareil de mesure de la résistance thermique et de ses accessoires.
- Les élèves réfléchissent à la problématique, et à la mise en œuvre de la démarche expérimentale par groupes de 2 à 4. *environ 20 minutes*
- Chaque équipe désigne un rapporteur qui sera chargé de rendre compte des idées de son groupe au tableau. *environ 15 minutes*
- Une phase d'échange entre le professeur et les groupes d'élèves permet de valider le protocole expérimental. *environ 5 minutes*
- Les élèves effectuent les mesures nécessaires (flux thermique Φ , différence de température $\Delta\theta$, dimensions de l'échantillon étudié) sur les échantillons choisis. *environ 30 minutes* (Remarque : la durée d'établissement de l'équilibre thermique peut être longue. Chaque groupe peut prendre en charge un échantillon différent. Les mesures seront alors mutualisées.)
- En s'aidant des documents, et des mesures, chaque groupe tente de répondre à la problématique.
- 10 minutes avant la fin de la séance, le professeur fait une synthèse de la marche à suivre et des résultats obtenus.

▪ **Éléments de réponse :**

- Dans un premier temps, les élèves effectuent les mesures nécessaires pour les échantillons de plâtre, de bois, et de polystyrène. Voici un exemple de résultats de mesures :

		PLATRE	BOIS	POLYSTYRÈNE
Flux thermique	Φ (W)	3,31	3,15	0,31
Température face chaude	θ_1 (°C)	34,8	39,8	40,1
Température face froide	θ_2 (°C)	11,2	10,2	10,3
Longueur de l'échantillon (cm)	L (cm)	5,9	5,9	5,9
Largeur de l'échantillon (cm)	l (cm)	5,0	5,0	5,0
Épaisseur de l'échantillon (cm)	e (cm)	0,80	0,80	1,0

- Les élèves calculent ensuite l'écart de température $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ pour chaque échantillon, ainsi que sa surface :

		PLÂTRE	BOIS	POLYSTYRÈNE
Ecart de température $\Delta\theta$ (°C)		23,6	29,6	29,8
Surface $S = L \cdot \mathbf{l}$	S (m ²)	$2,95 \cdot 10^{-3}$	$2,95 \cdot 10^{-3}$	$2,95 \cdot 10^{-3}$

- Il est maintenant possible de calculer la conductivité thermique λ pour chaque matériau :

Pour le plâtre :

$$\lambda_{\text{plâtre}} = \frac{e_{\text{plâtre}} \cdot \Phi_{\text{plâtre}}}{S_{\text{plâtre}} \cdot \Delta\theta_{\text{plâtre}}}$$

$$\text{A.N. : } \lambda_{\text{plâtre}} = \frac{0,80 \cdot 10^{-2} \cdot 3,31}{2,95 \cdot 10^{-3} \cdot 23,6}$$

$$\lambda_{\text{plâtre}} = 0,38 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Pour le bois :

$$\lambda_{\text{bois}} = \frac{e_{\text{bois}} \cdot \Phi_{\text{bois}}}{S_{\text{bois}} \cdot \Delta\theta_{\text{bois}}}$$

$$\text{A.N. : } \lambda_{\text{bois}} = \frac{0,80 \cdot 10^{-2} \cdot 3,15}{2,95 \cdot 10^{-3} \cdot 29,6}$$

$$\lambda_{\text{bois}} = 0,29 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Pour le polystyrène :

$$\lambda_{\text{polyst.}} = \frac{e_{\text{polyst.}} \cdot \Phi_{\text{polyst.}}}{S_{\text{polyst.}} \cdot \Delta\theta_{\text{polyst.}}}$$

$$\text{A.N. : } \lambda_{\text{polyst.}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,31}{2,95 \cdot 10^{-3} \cdot 29,8}$$

$$\lambda_{\text{polyst.}} = 0,035 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Pour le béton : voir énoncé

$$\lambda_{\text{béton}} = 0,90 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- Avec ces résultats, les élèves peuvent maintenant calculer la résistance thermique surfacique de chaque matériau constituant le mur :

Pour le plâtre : $R_{\text{th plâtre}} = \frac{e_{\text{plâtre}}}{\lambda_{\text{plâtre}}}$ A.N. : $R_{\text{th plâtre}} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{0,38} = 1,3 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$

Pour le bois : $R_{\text{th bois}} = \frac{e_{\text{bois}}}{\lambda_{\text{bois}}}$ A.N. : $R_{\text{th bois}} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{0,29} = 6,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$

Pour le béton : $R_{\text{th béton}} = \frac{e_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{béton}}}$ A.N. : $R_{\text{th béton}} = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{0,90} = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$

- La résistance thermique surfacique du mur doit être supérieure à $4 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$:

$$R_{\text{th plâtre}} + R_{\text{th béton}} + R_{\text{th bois}} + R_{\text{th polystyrène}} > 4$$

$$R_{\text{th polystyrène}} > 4,0 - (R_{\text{th plâtre}} + R_{\text{th béton}} + R_{\text{th bois}})$$

$$\text{A.N. : } R_{\text{th polystyrène}} > 4,0 - (1,3 \cdot 10^{-1} + 2,0 \cdot 10^{-1} + 6,9 \cdot 10^{-2})$$

$$R_{\text{th polystyrène}} > 3,6 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$$

- On peut en déduire maintenant l'épaisseur de polystyrène nécessaire pour cette isolation :

$$e_{\text{polyst.}} > R_{\text{th polyst.}} \cdot \lambda_{\text{polyst.}}$$

$$\text{A.N. : } e_{\text{polyst.}} > 3,6 \cdot 0,040$$

$$e_{\text{polyst.}} > 0,14 \text{ m} \quad (\text{soit } 14 \text{ cm})$$

CONCLUSION : Pour améliorer l'isolation de cette maison, on doit insérer un revêtement de polystyrène ayant une épaisseur supérieure à 14 cm.

▪ **Grille d'autoévaluation par compétences distribuée en fin de séance**

Niveau A : j'y suis parvenu(e) seul(e), sans aucune aide

Niveau B : j'y suis parvenu(e) après avoir obtenu une aide (de mon binôme, d'un autre groupe, de mon professeur)

Niveau C : j'y suis parvenu(e) après plusieurs « coups de pouce »

Niveau D : je n'y suis pas parvenu(e) malgré les différents « coups de pouce »

Compétences	A	B	C	D
S'approprier				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechercher et extraire les grandeurs à utiliser et la grandeur à mesurer : <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'évalue la surface du matériau et son épaisseur</i> • <i>Je mesure le flux thermique</i> • <i>Je mesure la différence de température entre les deux faces du matériau</i> 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation des informations données : <ul style="list-style-type: none"> • <i>La résistance thermique de la paroi est égale à la somme des résistances thermiques</i> • <i>J'utilise la condition d'isolation : $R_{th\ mur} \geq 4,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$</i> 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enoncer la problématique : Quelle épaisseur de polystyrène doit-on utiliser pour isoler la maison ? 				
Analyser				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proposer une stratégie pour répondre à la problématique <ul style="list-style-type: none"> • <i>Je propose un protocole expérimental</i> • <i>Je propose de calculer la conductivité thermique de chaque échantillon</i> • <i>Je propose de calculer la résistance thermique de chaque épaisseur du mur</i> • <i>A l'aide de la condition d'isolation, j'en déduis l'épaisseur de polystyrène.</i> 				
Réaliser				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Effectuer les mesures (flux thermique, températures, dimensions de l'échantillon) 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Effectuer un calcul simple à partir de la mesure du flux. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Je calcule la surface de chaque échantillon</i> • <i>Je calcule la conductivité thermique de chaque échantillon</i> • <i>Je calcule la résistance thermique correspondant à chaque épaisseur du mur</i> • 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation de manière adaptée du matériel disponible 				
Valider				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ J'utilise les symboles et unités adéquats pour les différentes grandeurs. 				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ J'en déduis la résistance thermique du polystyrène 				
Communiquer				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Je réponds à la problématique. 				

▪ **Matériel :**

- **Un appareil de mesure de la résistance thermique.**

L'appareil doit pouvoir mesurer le flux thermique en Watt et la température sur chaque face du matériau étudié.

- **Un morceau de polystyrène que vous aurez découpé pour l'adapter à l'appareil de mesure de la résistance thermique** (longueur : 5,9 cm ; largeur : 5 cm ; épaisseur : 0,5 à 2 cm environ)