

APPAREIL DE MESURE DE LA RESISTANCE THERMIQUE

Réf.005 027

1. Présentation du coffret :

- Un appareil de mesure de la résistance thermique.
- Une alimentation continue 15V – 5 A avec cordon.
- Echantillons de dimensions 6 cm x 5 cm (verre ; moquette ; plâtre, bois ; acrylique, isolant faux plafond, PVC souple...)

2. Principe de fonctionnement :

2.1. Conduction thermique en régime permanent :

La conduction thermique est un mode de transfert thermique spontané provoqué par une différence de température entre une région de température élevée T1 et une région de température plus basse T2.

Un matériau est un milieu thermiquement conducteur limité par deux plans parallèles (cas d'une paroi).

En régime permanent, lorsque les températures n'évoluent plus dans le temps, chaque plan a une température homogène sur toute sa surface et on peut déterminer la résistance thermique du matériau par la relation :

$$R_{th} = (T_1 - T_2) / \Phi$$

R_{th} : résistance thermique de la paroi en K.W-1

T₁ ; T₂ : température des deux surfaces en degré Kelvin (K).

Φ : flux thermique ou puissance thermique en watt (W)

La résistance thermique du matériau dépend de son épaisseur **d**, de sa surface **S** et de sa conductivité thermique **λ**. Elle est donnée par la relation: **R_{th} = d / (λ .S)**

Les mesures de **R_{th}** et des dimensions **d** et **S** du matériau permettent de déterminer sa conductivité thermique **λ** (W m-1K-1)

2.2. L'expérience :

L'échantillon dont on veut déterminer la résistance thermique est placé entre deux plaques d'aluminium de résistances thermiques négligeables et de dimensions 5x6 cm. Les deux plaques d'aluminium assurent une homogénéité de la température sur chaque face de l'échantillon par serrage.

La plaque du bas est au contact d'une **source froide non réglable**.

La plaque du haut est au contact d'une **source chaude**, dont la puissance thermique est **réglable**.

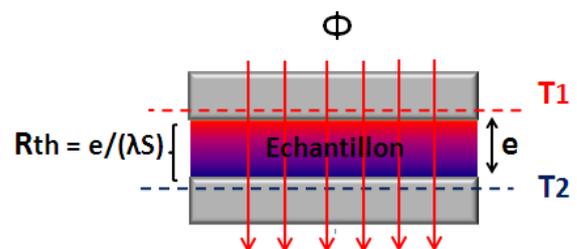
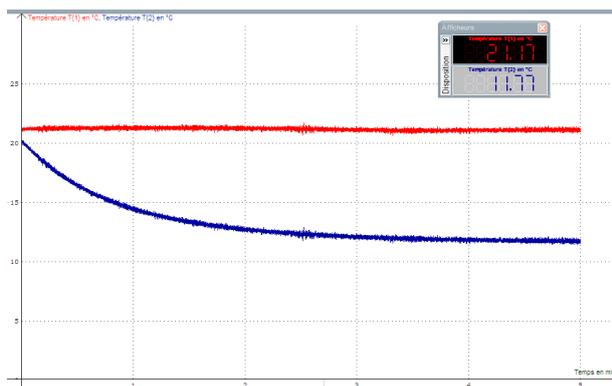
On règle la puissance thermique de façon à ce que la température supérieure T_1 soit la plus proche possible de la température ambiante lorsque le régime permanent est atteint.

La température supérieure T_1 est maintenue à la température ambiante, afin de limiter les pertes vers le milieu extérieur. Ce maintien s'effectue par le réglage manuel de la puissance électrique d'une résistance chauffante plane. Cette puissance électrique correspond à la puissance thermique Φ du transfert d'énergie : $P = U.I = \Phi$.

Lorsque le régime permanent est atteint, la température inférieure T_2 se stabilise à une température d'environ 10° à 15°C en dessous de la température T_1 .

Le régime permanent est atteint au bout de cinq à dix minutes, l'appareil affiche T_1 ; T_2 ; U ; I ; Φ ; R_{th} et λ/d .

Attention, λ/d est calculé pour un échantillon de surface prédéfinie de 5x6 cm.



2.3. Utilisation de l'appareil de mesure :

2.3.1. Prise en main :

- **Avant la mise sous tension**, placer l'échantillon entre les mâchoires de l'appareil.
- Effectuer le serrage à l'aide de la molette grise. Pour un matériau rigide le serrage doit être suffisamment important de façon à ce que l'échantillon ne puisse pas bouger.
- A la mise sous tension, l'appareil affiche « Sciencéthic », puis les températures T1 et T2 . La tension U et l'intensité I apparaissent successivement par impulsion sur le bouton poussoir.

Attention ! A la mise sous tension la source froide est automatiquement enclenchée.

- Vous pouvez régler la puissance thermique $P = U.I = \Phi$ par action sur la tension U à l'aide de la molette latérale. Des conseils pour effectuer un bon réglage en fonction de l'épaisseur et de la nature de l'échantillon vous sont donnés dans la partie 3.2 de la notice.
- Tant que le régime permanent n'est pas atteint, vous visualisez un défilement de trois petits points qui vous indique que les températures T1 et T2 varient.
- Au bout d'un certain temps pouvant varier de 5 à 10 minutes suivant l'échantillon utilisé, les conditions initiales et l'action de l'utilisateur, l'afficheur clignote indiquant le régime permanent. Par action sur le bouton poussoir on peut relever : T1 ; T2 ; U ; I ; $P = \Phi$; Rth et λ/d .

Remarque : l'appareil détecte le régime permanent dès qu'il n'enregistre plus de variation entre T1 et T2. Dans certains cas de figures les variations peuvent se poursuivre mais de façon très lente. L'appareil indique le régime permanent mais il peut être préférable de poursuivre l'expérimentation quelques minutes pour un meilleur résultat. On repère visuellement le régime permanent des que T1 et T2 ne varient plus ou varient légèrement dans le même sens mais avec un écart constant.

2.3.2. Utilisation avec une carte d'acquisition :

L'appareil comporte deux sorties (0 à 5 V) sur sa face latérale qui correspondent aux signaux des températures T1 et T2. Ces sorties peuvent être connectées à une carte d'acquisition. On crée un capteur de température à l'aide du logiciel pilotant la carte d'acquisition en entrant la relation suivante entre la température et la tension U de sortie:

$$T = -18,2 U + 70,3$$

Cette relation a été obtenue expérimentalement en relevant plusieurs séries de mesures au multimètre et en faisant la moyenne des résultats.

L'utilisation de la carte d'acquisition est avant tout pédagogique, elle permet de visualiser le régime permanent. Il est préférable d'effectuer la lecture des températures sur l'afficheur de l'appareil où la précision est meilleure.

Exemple d'acquisition des températures avec un type de carte d'acquisition et son logiciel adapté :

- Création du capteur de température dans le logiciel :
Aller dans **Edition** puis **Capteurs Utilisateurs** puis **clic droit** et **Nouveau capteur**, entrer les données suivantes :

| | |
|---------------|--------------------|
| Nom | T |
| Nom Courbe | Température T |
| Unité | Degré Celsius (°C) |
| Echelle Min | 0 |
| Echelle Max | 30 |
| Amplification | -18,2 |
| Décalage | 70,3 |

Puis **Valider**, le capteur est créé.

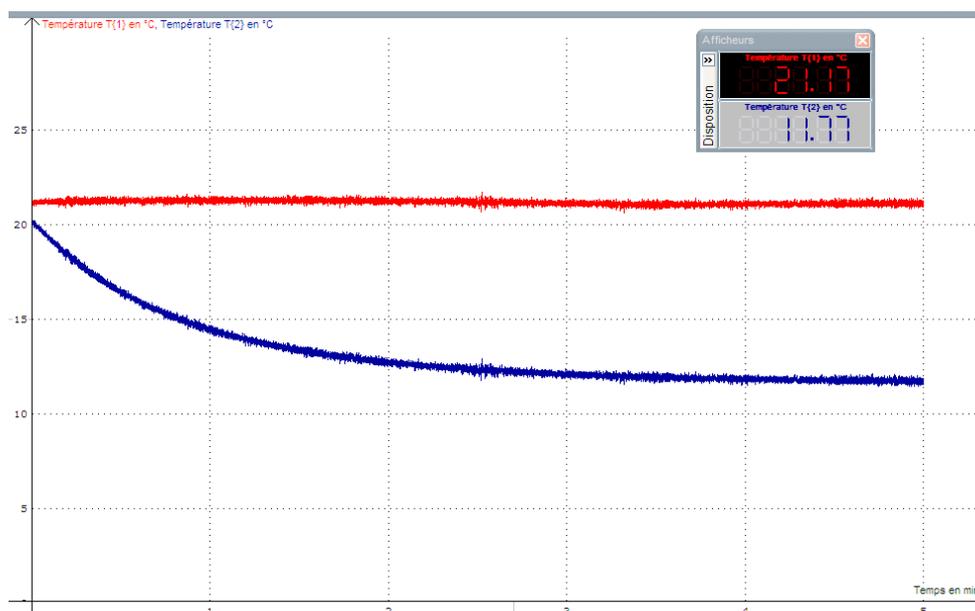
- Acquisition des températures :

On connecte les sorties **T₁** et **référence** au canal 0 de la carte d'acquisition respectivement sur **EA0** et .

On connecte les sorties **T₂** et **référence** au canal 1 de la carte d'acquisition respectivement sur **EA1** et .

Dans le logiciel **Latis-Pro** on effectue dans **Acquisition** un clic sur **EA0** puis clic droit et **Capteurs Utilisateurs** puis **T**. On effectue la même opération sur la voie **EA1**.

On règle l'acquisition en **mode lent** pour une durée par exemple de 10 minutes. Il ne reste plus qu'à déclencher l'acquisition en cliquant sur  ou F10.



3. Mesure :

3.1. Les sources d'erreurs et d'incertitudes :

Pour déterminer la valeur de R_{th} et de λ/d , l'appareil mesure U ; I ; T_1 et T_2 .

- Il existe des incertitudes de mesures sur ces quatre valeurs.

Pour la détermination de R_{th} et de λ/d : on néglige le flux ascendant, on néglige les apports convectifs sur les faces latérales de l'échantillon, on néglige la résistance thermique d'une partie des plaques d'aluminium.

- Tous ces éléments constituent des sources d'erreur.

Une mauvaise planéité et la rugosité d'un échantillon peuvent aussi constituer une source d'erreur suivant ce que l'on veut déterminer, tout comme le choix d'une mauvaise épaisseur de l'échantillon.

- Il peut exister des erreurs liées à l'opérateur comme le choix d'un gradient de température trop petit qui accentue l'incertitude relative sur la mesure des températures ou encore un gradient de température trop important qui accentue les apports convectifs.
- D'un point de vue d'ensemble on peut estimer que l'incertitude sur la valeur de R_{th} est comprise entre 10% et 30%. La mesure de la résistance thermique et de la conductivité thermique d'un matériau avec des données constructeurs nous permettra de chiffrer l'erreur de mesure par rapport à ces valeurs sachant que les données de constructeurs comportent aussi une incertitude non communiquée.

3.2. Les échantillons :

L'appareil est adapté à des échantillons isolants ou faiblement conducteurs ($0,025$ à $2,5 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$) d'épaisseur comprise entre 1 mm et 2 cm.

En fonction de la **conductivité thermique** du matériau il est **conseillé de respecter les épaisseurs d'échantillon** du tableau ci-dessous afin de pouvoir réaliser les mesures ou afin d'obtenir une meilleure précision de mesure.

| Epaisseur de l'échantillon (d) | Conductivité thermique en $\text{W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ |
|--------------------------------|--|
| 1 mm à 3 mm | 0,025 à 0,1 (isolant) |
| 3 mm à 1 cm | 0,1 à 1 (isolant à faiblement conducteur) |
| 1 cm à 2 cm | 1 à 2,5 (faiblement conducteur) |

3.3. Principe de la mesure de R_{th} et λ :

- Le principe de la mesure consiste à régler la puissance thermique de façon à ce que la température de la source chaude T_1 reste la plus proche possible de la température ambiante. Le réglage s'opère par action sur la tension U réglable de 0 à 12V. On obtient une différence de température d'environ 10° à 15°C entre T_1 et T_2 suivant les matériaux utilisés.
- Si le matériau utilisé est fortement isolant, on peut démarrer l'appareil en réglant la tension U à 0 V. Dès que la température T_1 commence à chuter, on monte la tension U à une certaine valeur de façon à maintenir la température T_1 proche de la température ambiante.
- Si le matériau est faiblement conducteur, on peut démarrer immédiatement sous tension U maximale de façon à maintenir T_1 proche de la température ambiante. Pour des matériaux trop conducteurs le maintien de T_1 proche de la température ambiante peut s'avérer impossible.
- Entre deux mesures, on éteint l'appareil puis on referme les mâchoires en l'absence d'échantillon de façon à ce que les deux plaques reviennent rapidement à l'équilibre thermique.

3.4. Exemples de mesures :

- Echantillon de verre :

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T_1 ($^\circ\text{C}$) | T_2 ($^\circ\text{C}$) | ΔT ($^\circ\text{C}$) | R_{th} ($\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$) | λ/d ($\text{W}\cdot\text{K}^{-1}\text{m}^{-2}$) |
|-------|--------|------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---|---|
| 16 | 320 | 5 | 21,1 | 13,5 | 7,6 | 1,48 | 224 |

$$d = 5 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1,12 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}\text{m}^{-1}$$

- Echantillon de plâtre

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T_1 ($^\circ\text{C}$) | T_2 ($^\circ\text{C}$) | ΔT ($^\circ\text{C}$) | R_{th} ($\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$) | λ/d ($\text{W}\cdot\text{K}^{-1}\text{m}^{-2}$) |
|-------|--------|------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---|---|
| 9,07 | 197 | 1,78 | 20,8 | 8,2 | 12,6 | 7,04 | 47 |

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0,37 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}\text{m}^{-1}$$

Echantillon de bois

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) | λ/d (W.K ⁻¹ m ⁻²) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 7,06 | 152 | 1,07 | 21,6 | 6,4 | 15,2 | 14,16 | 23 |

d = 5 mm

$\lambda = 0,11 \text{ W.K}^{-1}\text{m}^{-1}$

Echantillon de moquette

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) | λ/d (W.K ⁻¹ m ⁻²) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 6,45 | 123 | 0,79 | 19,6 | 6,6 | 13 | 16,38 | 20 |

Mesure: d = 3 mm (compressée au maximum)

$\lambda = 0,06 \text{ W.K}^{-1}\text{m}^{-1}$

Echantillon de PVC souple

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) | λ/d (W.K ⁻¹ m ⁻²) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 11,38 | 231 | 2,62 | 20.1 | 8.4 | 11,7 | 4,44 | 74 |

d = 3 mm

$\lambda = 0,22 \text{ W.K}^{-1}\text{m}^{-1}$

- Echantillon d'acrylique

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) | λ/d (W.K ⁻¹ m ⁻²) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 6 | 226 | 1,81 | 22,6 | 13,2 | 9,4 | 5,16 | 64 |

d = 3 mm

$\lambda = 64.3.10^{-3}=0,19 \text{ W.K}^{-1}\text{m}^{-1}$

- Echantillon de faux plafond

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) | λ/d (W.K ⁻¹ m ⁻²) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 5,03 | 108 | 0.54 | 22.3 | 3.3 | 19 | 35.15 | 9 |

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0,072 \text{ W.K}^{-1}\text{m}^{-1}$$

4. Une activité pédagogique complète :

Activité: étude documentaire :

La situation :

- Soucieux d'améliorer la performance énergétique de son habitation, M. Martin fait réaliser un diagnostic afin de connaître les faiblesses thermiques de sa maison.

Voici un extrait de sa discussion avec le technicien ayant effectué le bilan thermique :

LE TECHNICIEN. - Ce diagnostic met en évidence des déperditions thermiques non négligeables par le mur en ciment séparant la cuisine et le garage.

M. MARTIN. - Comment expliquez-vous ce phénomène ?

LE TECHNICIEN. - Le fait que votre garage ne soit pas isolé, la température y est inférieure à celle de votre cuisine, qui elle est chauffée. Cette différence de température entraîne un transfert d'énergie qu'on appelle chaleur, par conduction thermique via le mur séparant la cuisine et le garage.

M. MARTIN. - Qu'est-ce que la conduction thermique ?

LE TECHNICIEN. - C'est un mode de transfert thermique où l'énergie passe d'un corps à l'autre par contact.

M. MARTIN. - Comment remédier à ce problème ?

LE TECHNICIEN. - Il faut augmenter la résistance thermique de la paroi avec un revêtement ayant une faible conductivité thermique.

M. MARTIN. - L'épaisseur du revêtement a-t-elle une importance ?

LE TECHNICIEN. - Oui, sa résistance thermique est proportionnelle à son épaisseur.

M. MARTIN. - Le document du bilan thermique fait référence au flux thermique dont l'unité est le Watt. Est-ce une puissance ? Que représente-t-il concrètement ?

LE TECHNICIEN. - Le flux thermique est aussi appelé puissance thermique, il représente la quantité de chaleur transférée par unité de temps.

M. MARTIN. - C'est donc à ce flux thermique qu'il faut résister ?

LE TECHNICIEN. - Tout à fait, si pour un écart de température important entre la cuisine et le garage, le flux thermique est petit, cela signifie que la résistance thermique de la paroi est grande.

- Appuyez vous sur vos connaissances antérieures et sur le dialogue précédent pour trouver la ou les correspondances.

- | | | |
|-------------------------------------|---|---|
| | ■ | Je suis un transfert d'énergie. Ma quantité s'exprime en Joule (J). |
| | ■ | Je suis un mode de transfert thermique où l'énergie passe d'un corps à l'autre par contact. |
| La thermique | ■ | |
| | ■ | Ma valeur augmente avec l'épaisseur de la paroi. |
| La température | ■ | |
| | ■ | Je suis une quantité de chaleur transférée par unité de temps. |
| La chaleur | ■ | |
| | ■ | Je suis un paramètre dépendant uniquement de la nature du matériau. |
| Le flux thermique Φ | ■ | |
| | ■ | Dans le Système international d'unité je m'exprime en Kelvin (K). |
| La conductivité thermique λ | ■ | |
| | ■ | Je suis aussi appelé puissance thermique. |

Mon unité est le Watt (W).

La résistance thermique R_{Th} ■
Unité ($K.W^{-1}$)

- Ma valeur est d'autant plus grande que ma conductivité thermique est petite.

La conduction thermique ■

- En régime permanent, je m'exprime par la relation : $(T_1 - T_2) / \Phi$
 T_1 et T_2 sont les températures des surfaces opposées d'une paroi séparant deux milieux.
- Partie de la physique qui traite de la production, de la transmission et de l'utilisation de la chaleur.

- A la recherche d'un revêtement performant pour isoler le mur de séparation cuisine-garage, M. Martin entreprend des recherches, l'isolant suivant à base de vêtements recyclés retient son attention.

Les performances de l'isolant

Composition : 70% de coton ; 15% de laine ; 15% de fibres polyester
 Conductivité thermique : $\lambda = 0,039 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 Résistance à la traction (norme EN 1607) : F max : 10,9 N
 Capacité d'absorption d'eau (norme EN 1609) : 27% de sa masse volumique
 Humidification partielle (norme ACERMI) : 0 mm soit aucune variation d'épaisseur constatée
 Feu : Euroclass E/SI/d0
 Euroclass B (MI) « dans les conditions finales d'application » soit posé avec

- Relever la composition de l'isolant.
-

- Relever la valeur de la conductivité thermique.
-

- La résistance thermique d'un matériau de surface S , d'épaisseur d et de conductivité thermique λ est donnée par la relation : $R_{Th} = d / (\lambda . S)$

Vérifier la cohérence de cette relation en vous appuyant sur des extraits du dialogue entre M. Martin et le technicien.

.....

.....

.....

.....

Extraire de cette relation la conductivité thermique λ puis procéder à une analyse dimensionnelle afin de retrouver l'unité de la conductivité thermique.

.....

.....

.....

Activité n°2 : étude expérimentale

Le Problème :

Afin de se convaincre définitivement d'entreprendre les travaux d'isolation du mur séparant la cuisine de son garage, M. Martin se tourne vers vous pour des mesures complémentaires. Il vous pose la question suivante :

« **De quel coefficient vais-je améliorer la résistance thermique de ma paroi en utilisant l'isolant ?** »

Votre objectif :

- Rédiger les grandes lignes de la démarche scientifique que vous allez utiliser pour répondre à la question de M. Martin.
- Etablir une liste de matériel et proposer un protocole expérimental.
- Réaliser les mesures.
- Répondre à la question de M. Martin.

A votre disposition :

- Un échantillon en ciment et un échantillon en coton.
- Un document réponse vous servant d'aide à la rédaction (Annexe 1).
- Une feuille de dialogue pour correspondre par écrit avec votre professeur (Annexe 2).

- Un dispositif expérimental détaillé qui vous sera remis par votre professeur après validation des étapes 1 et 2 du document réponse (Annexe 3).
- Les indices ci-dessous.

Indice 1 : la résistance thermique d'un matériau peut-être déterminée, en régime permanent, en utilisant la relation : $R_{Th} = (T_1 - T_2) / \Phi$
 T_1 et T_2 sont les températures des deux surfaces de la paroi.
 Φ est le flux thermique traversant la paroi.

Indice 2 : toute l'énergie électrique absorbée par une résistance électrique est dissipée sous forme de chaleur. Sa puissance électrique est égale à sa puissance thermique Φ .

scientifique que vous allez utiliser pour répondre à la question de M. Martin.

.....

.....

.....

.....

Etape 2 : protocole expérimental

Etablir la liste du matériel nécessaire à votre manipulation.

Schématiser vos expériences.

Rédiger l'idée directrice de la manipulation.

- **Liste du matériel nécessaire à la mesure.**

-
-
-

- **Schémas de vos expériences.**

- **Idee directrice de la manipulation.**

:

.....

.....

.....

.....

Etape 3 : mesures

Faire valider les étapes 1 et 2 par votre professeur qui vous remettra un dispositif expérimental et son descriptif (Annexe 3). Prendre connaissance de ce document puis réaliser les mesures en suivant les consignes.

Expérience n°1 :

.....

.....

.....

Expérience n°2 :

.....

.....

.....

Expérience n°3 :

.....

.....

.....

Etape 4 : exploitation des résultats

Exploitation des mesures de l'expérience n°1 :

Exploitation des mesures de l'expérience n°2 :

Exploitation des mesures de l'expérience n°3 :

Conclusion :

.....
.....

Annexe 3 : dispositif expérimental

Présentation :



Matériel :

- 1 appareil de mesure de la résistance thermique.
- 2 échantillons à réaliser, en ciment et en coton (*non fournis avec la mallette*).

Principe :

L'échantillon dont on veut déterminer la résistance thermique est placé dans la mâchoire de l'appareil. L'alimentation de l'appareil impose une différence de température $T_1 - T_2$, entre les deux faces de l'échantillon. Cette différence de température est réglée à environ 10°C en régime permanent.

On obtient la résistance thermique de l'échantillon par la relation : $R_{Th} = (T_1 - T_2) / \Phi$
 Φ : flux thermique généré par la résistance chauffante de l'appareil.

Remarque :

- La température T_1 est maintenue à la température ambiante en ajustant la puissance thermique générée par la résistance chauffante. Ceci permet de limiter les pertes thermiques latérales.

Mise en œuvre :

Expérience n°1 : mesure de la résistance thermique de l'échantillon en ciment.

- Placer votre échantillon en ciment entre les mâchoires de l'appareil. Réaliser le serrage.
- Alimenter l'appareil puis régler la tension U à 0V.
- Dès que la température T_1 commence à chuter, alimenter la résistance chauffante sous une tension $U=12V$.
- Laisser le régime permanent s'installer (5 à 10 minutes). Les températures T_1 et T_2 sont constantes. La température T_1 se stabilise à une température proche de la température ambiante T_a . En cas de légère variation de température, l'écart $T_1 - T_2$ doit rester constant : le régime permanent est atteint.
- Relever l'ensemble des valeurs fournies par l'appareil de mesure. Vous montrerez lors de l'exploitation des résultats que l'on retrouve bien la valeur R_{th} indiquée par l'appareil de mesure, à partir des relevés de T_1 , T_2 , U et I .
- Eteindre l'appareil et desserrer les mâchoires. Sortir l'échantillon puis refermer les mâchoires. Laisser les plaques revenir à l'équilibre thermique.

Remarque : les dimensions de l'échantillon en ciment sont 6 cm x 5 cm x 0,9cm.

- Vous déterminerez λ à partir de la valeur λ/d indiquée par l'appareil de mesure.
- La mesure de la résistance thermique permet de trouver la valeur de la conductivité thermique λ du ciment à partir de la relation : $R_{th} = d / (\lambda .S)$.
Vous retrouverez la valeur de λ en utilisant cette relation.

Expérience n°2 : mesure de la résistance thermique de l'échantillon en coton.

- Remplacer votre échantillon en ciment par votre échantillon en coton et reprendre le protocole expérimental précédent avec les paramètres de réglage ci-dessous.
- Alimentation de la résistance chauffante sous une tension $U=9 V$.

Remarque : les dimensions de l'échantillon en coton sont : 6 cm x 5cm x 0,08 cm.

- Vous déterminerez également la valeur de la conductivité thermique du coton dans l'exploitation des résultats du document réponse (Annexe 1).

Expérience n°3 : Mesure de la résistance thermique de l'ensemble coton-ciment.

- Superposer vos échantillons de ciment et coton puis reprendre le protocole expérimental précédent avec les paramètres de réglage ci-dessous.
- Alimentation de la résistance chauffante sous une tension $U=7V$.

Éléments de correction :

- Echantillon de ciment (carrelage poncé)

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) | λ/d (W.K ⁻¹ m ⁻²) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 12 | 330 | 3,96 | 24,5 | 14,5 | 10 | 2,52 | 132 |

$$d = 0,9 \text{ cm}$$

$$\lambda = 132.0,9.10^{-2} = 1,2 \text{ W.K}^{-1}\text{m}^{-1}$$

- Echantillon de coton (coton démaquillage compressé)

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) | λ/d (W.K ⁻¹ m ⁻²) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|--|
| 9 | 250 | 2,27 | 24,8 | 12,5 | 12,3 | 5,4 | 61 |

$$d = 0,08 \text{ mm}$$

$$\lambda = 61.0,08.10^{-3} = 0,05 \text{ W.K}^{-1}\text{m}^{-1}$$

- Ciment + coton

| U (V) | I (mA) | Φ (W) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | ΔT (°C) | R _{th} (K.W ⁻¹) |
|-------|--------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------|
| 7 | 192 | 1,34 | 23,8 | 12,8 | 11 | 8,18 |

5. Nous contacter :

Ce matériel est garanti 2 ans. Pour toutes questions, contacter :

sav@sciencethic.com

www.sciencethic.com