

### Notion de résistance thermique

#### Préambule

Extrait du programme d'enseignement spécifique de physique-chimie de la série scientifique en classe terminale ([Bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011](#))

#### Énergie, matière et rayonnement

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p><b>Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques</b></p> <p>Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique.</p> <p>Capacité thermique.</p> <p>Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.</p> <p>Flux thermique. Résistance thermique.</p> <p>Notion d'irréversibilité.</p> <p>Bilans d'énergie.</p>	<p>Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.</p> <p>Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.</p> <p>Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.</p> <p>Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.</p> <p>Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.</p>

#### Résumé :

Au cours de cette activité, l'élève est amené à :

- s'approprier les grandeurs physiques utiles à la compréhension de la notion de résistance thermique.
- élaborer un modèle à partir des données techniques des fabricants de matériaux isolants.
- vérifier la validité du modèle
- appliquer le modèle.

#### Mots clefs :

résistance thermique, conductivité thermique, flux thermique

## Compétences abordées

Cette activité permet d'évaluer les compétences suivantes :

Compétences attendues :				
1 – non maîtrisées				
2 – insuffisamment maîtrisées				
3 – maîtrisées				
4 – bien maîtrisées	1	2	3	4
Rechercher, extraire et exploiter l'information				
Raisonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique				

## Documents

### Document 1 : fiche descriptive de la laine de roche

#### Document technique

Isolation des combles perdus par soufflage de laine de roche.

#### Conditionnement

Laine de roche en flocons conditionnée en sacs de 25 kg.

#### Fonctionnalité

- Rapidité de mise en œuvre
- Continuité de l'isolation (suppression des ponts thermiques)
- Isolation soufflée stable, sans fixateur
- Adaptation parfaite aux combles difficiles d'accès (faible hauteur sous faîtage, trappe réduite, fermette).

#### Sécurité incendie





- La laine de roche considérée est classée M0 (non combustible).
- Elle ne participe pas au développement de l'incendie et contribue à la protection des structures

#### Résistance thermique intrinsèque

- Conductivité thermique pour une densité d'application de 22,5 kg/m<sup>3</sup> : la mesure de la conductivité thermique de la laine de roche considérée a été réalisée conformément à la Norme Française NF X 10-021, qui correspond à la méthode de la plaque chaude gardée.  
 $\lambda = 0,0427 \text{ W/m.K}$

<b>Résistance thermique intrinsèque</b> (en m <sup>2</sup> .K/W)	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
<b>Epaisseur</b> (en cm)	8,5	10,5	13	15	17	19	21	23	25,5
<b>Poids moyen</b> (en kg/m <sup>2</sup> )	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7

Document 2 : Document destiné au grand public lisible sur le site de l'ADEME

 <p>Nom ou marque distinctive Adresse déposée du fabricant 2 derniers chiffres de l'année d'apposition marquage CE N° certificat de conformité CE N° EN de cette norme produit Identité du produit</p>			
Organisme notifié n° XXXXX		code de désignation	
Euroclasse <b>A2</b> S1d0	R m <sup>2</sup> .K/W <b>1,35</b>	λ, W/m.K <b>0,038</b>	épaisseur mm <b>50</b>
m <sup>2</sup> /colis	pièces par colis	longueur mm	largeur mm
<b>3,60</b>	<b>3</b>	<b>1200</b>	<b>1000</b>
<b>NOM PRODUIT</b> XXXXXXX			
N° contrôle + usine			
	En option : profil d'usage ISOLE certifié		
<b>AT CSTB N° XX/YY-ZZZZ</b>			
<b>Nom ou marque commerciale</b>			

**Conductivité thermique**  
*Propre au matériau.  
Ne dépend pas de  
l'épaisseur.*

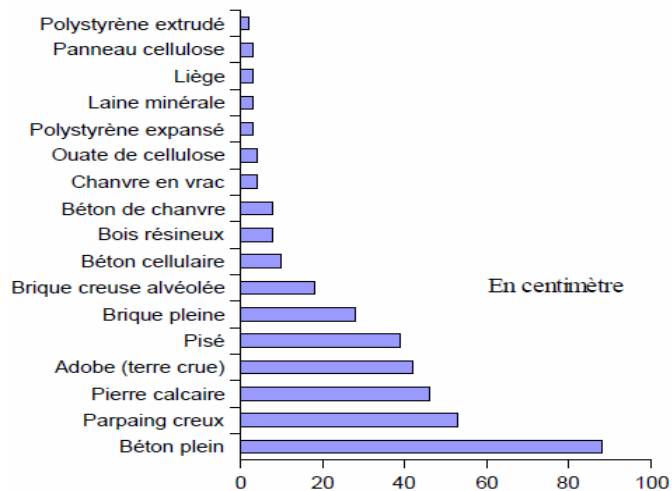
**Résistance thermique intrinsèque**  
*Dépend de l'épaisseur*

**Passer de R à Lambda**  
*Prendre l'inverse de R  
1 / 1,35 = 0,741*

**Multiplier par  
l'épaisseur en mm  
Diviser par 1000**  
*(0,741 × 50) / 1000 = 0,038*

Document 3 : Conductivité thermique de certains matériaux

Matériau	Conductivité thermique λ (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )
Polystyrène expansé	0,04
Laine minérale (de verre ou de roche)	0,04
Bois	0,20
Béton cellulaire	0,24
Brique pleine	0,75
Béton plein	1,75
Acier	52
Verre	1,2



Épaisseur de la paroi donnant le même niveau d'isolation thermique

## Document 4 : Notion de flux thermique



Lorsqu'une paroi (de surface  $S$  et d'épaisseur  $e$ ) est soumise à un écart de température  $\Delta T$  entre ses deux faces, elle est traversée par un flux énergétique  $\Phi$ .

Ce flux obéit à la loi physique :  $\Delta T = R \cdot \Phi$

Avec :

- $T$  exprimé en Kelvin
- $R$  est la résistance thermique la paroi en  $K \cdot W^{-1}$
- $\Phi$  est le flux thermique en  $W$

Remarque : les professionnels du bâtiment utilisent la résistance thermique intrinsèque  $R_i$  qui est une grandeur indépendante de la surface exposée au flux :

$$R_i = S \cdot R$$

## Pistes d'exploitation des documents

A l'aide de vos connaissances et des documents répondre aux questions suivantes :

### 1. Appropriation de paramètres physiques utiles et relations entre eux

1.1. Comment la résistance intrinsèque  $R_i$  de la laine de roche varie-t-elle avec l'épaisseur  $e$  ?

Coup de pouce : tracer le graphe  $R_i = f(e)$  sur tableur, utiliser les fonctionnalités du logiciel pour déterminer la relation entre  $R_i$  et  $e$ .

1.2. On pose  $R_i = k \cdot e$

1.2.1. Déterminer la valeur numérique du coefficient  $k$  dans le système international d'unités.

1.2.2. Par une analyse dimensionnelle, montrer que  $k$  s'exprime en  $m \cdot K \cdot W^{-1}$ .

1.2.3. En réalité,  $k = \frac{1}{\lambda}$  où  $\lambda$  désigne la conductivité thermique du matériau.

Cette relation est-elle en accord avec l'analyse dimensionnelle précédente ?

1.2.4. Quelle est valeur de la conductivité thermique de la laine de roche déduite du graphe précédent ? Cette valeur est-elle en accord celle de la fiche technique (document 1) ?

### 2. Vérification

2.1. Écrire la relation liant la résistance intrinsèque  $R_i$  d'un matériau à sa conductivité thermique  $\lambda$  et à l'épaisseur  $e$  de la paroi.

2.2. Cette relation est-elle compatible avec les données du document 2 ?

2.3. Expliquer pourquoi, en exploitant les données du document 3, une épaisseur de 2 cm de laine de roche est aussi efficace qu'un mur de béton plein de 90 cm d'épaisseur.

2.4. D'après le graphique du document 3, quelle serait l'épaisseur de brique pleine donnant la même efficacité thermique ?

2.5. Retrouver cette valeur par le calcul de la résistance intrinsèque de cette paroi.

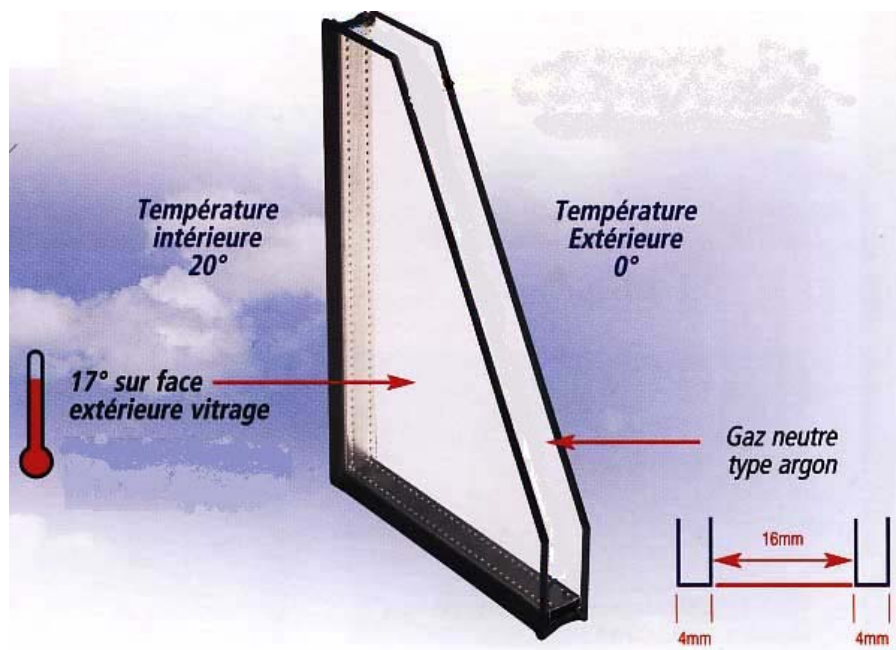
### 3. Application

3.1. Calculer la résistance intrinsèque  $R_{i,acier}$  d'une paroi d'acier de 2 cm d'épaisseur et la  $R_{i,poly.}$  de la même épaisseur de polystyrène expansé.

3.2. En déduire les valeurs des résistances thermiques des parois si elles présentent une surface de 10 m<sup>2</sup>.

3.3. En déduire les valeurs des flux thermiques qui permettent le maintien d'un écart de température de 15°C de part et d'autre de ces parois.

#### 4. Intérêt du double vitrage



4.1-Certaines fenêtres à double vitrage possèdent deux vitres parallèles séparées par un gaz tel que l'argon. Elles permettent de mieux isoler les pièces d'une maison. La conduction est le mode prépondérant de transfert d'énergie à travers un double vitrage. Quels sont les autres modes de transferts possibles ?

4.2-Dans quel sens a lieu le transfert d'énergie ?

4.3- On précise que dans le cas d'une paroi composite, c'est à dire formée de plusieurs couches de matériaux différents, la résistance thermique totale est la somme des résistances des différentes couches.

4.3.1. En considérant une surface vitrée de 1 m<sup>2</sup>, calculer la résistance thermique de chacune des 3 parois composant le double vitrage.

4.3.2. Déterminer la résistance totale du double vitrage.

4.3.3. Quelle est la valeur du flux thermique qui le traverse ?

4.3.4. Comparer cette valeur avec celle du flux traversant un simple vitrage d'épaisseur 8mm.

4.3.5. Dégager l'intérêt du double vitrage par rapport au simple vitrage.

4.3.6. Établir une analogie avec un circuit électrique.

**Données :** Conductivités thermiques

$$\lambda(\text{air}) = 0,026 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} ; \lambda(\text{argon}) = 0,017 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} ; \lambda(\text{verre}) = 1,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$