

Thème : COMPRENDRE
Type de ressources : Activités Documentaires
Notions et contenus : transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques
Compétence travaillée ou évaluée : extraire et exploiter des informations
Nature de l'activité : Exploiter un ensemble de données dans le but de construire un modèle. Appliquer le modèle
Résumé (en 5 lignes au plus) : – s'approprier les grandeurs physiques utiles à la compréhension de la notion de résistance thermique. _ Elaborer 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
Académie ou a été produite la ressource : Académie de Lille

**Activité documentaire : Notion de résistance thermique**

**DOCUMENT 1 : fiche accompagnant la laine de roche ENFLOCONS**

**DOCUMENT TECHNIQUE**

Isolation des combles perdus par soufflage de laine de roche.

**CONDITIONNEMENT**

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

**FONCTIONNALITE**

- 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 faitage, trappe réduite, fermette).



**SÉCURITÉ INCENDIE**

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

**RÉSISTANCE THERMIQUE INTRINSEQUE**

- 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 ENFLOCONS 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 W/m.K

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

**CE** 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

Organisme notifié n° XXXXX code de désignation

Euroclasse	R m <sup>2</sup> .K/W	λ W/m.K	épaisseur mm	
<b>A2</b> S1d0	<b>1,35</b>	<b>0,038</b>	<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>

**NOM PRODUIT**  
XXXXXXX  
N° contrôle + usine

En option : profil d'usage ISOLÉ certifié

**ACRMI**  
02/00011111/93  
XXXXXXXX

**AT CSTB N° XX/YY-ZZZZ**  
**Nom ou marque commerciale**

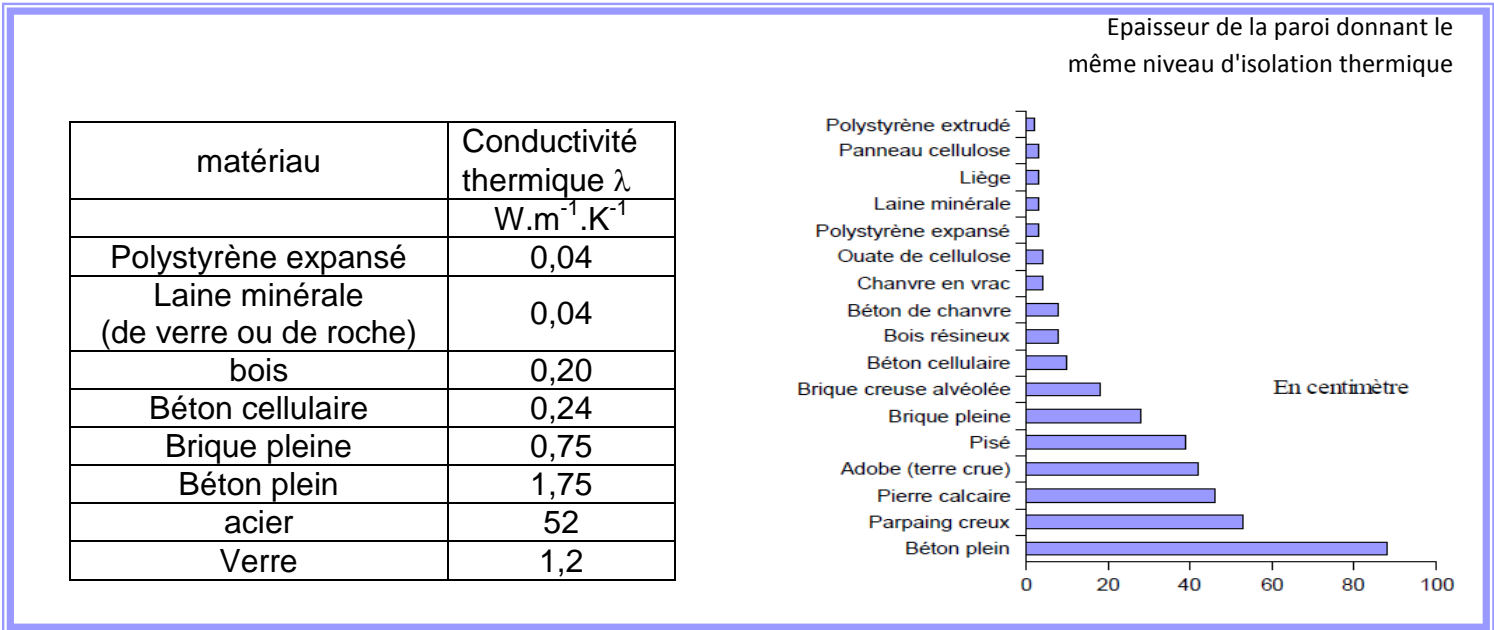
**Conductivité thermique**  
*Propre au matériau.  
Ne dépend pas de l'épaisseur.*

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

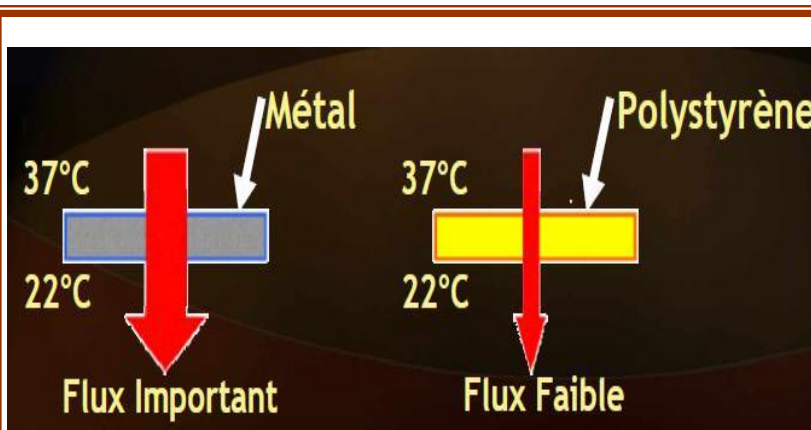
**Passer de R à Lambda**  
*Prendre l'inverse de R*  
1 / 1,35 = 0,741

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

**DOCUMENT 3 : Conductivité thermique de certains matériaux**



**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 sa face intérieure et sa face extérieure, elle est traversée par un flux énergétique  $\Phi$ .

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

où T est exprimé en Kelvin

R est la résistance thermique la paroi en  $K.W^{-1}$

$\Phi$  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 :

$R_i = S \cdot R$

**Activité documentaire : Notion de résistance thermique**

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

**Première partie : appropriation de paramètres physiques utiles et relation entre eux**

1.1 Comment la résistance intrinsèque  $R_I$  de la laine de roche *enflocons* 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  $m.K.W^{-1}$

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 *enflocons* déduite du graphe précédent ? Cette valeur est-elle en accord celle de la fiche technique (document 1) ?

**Seconde partie : Vérification**

2.1. Ecrire 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 ?

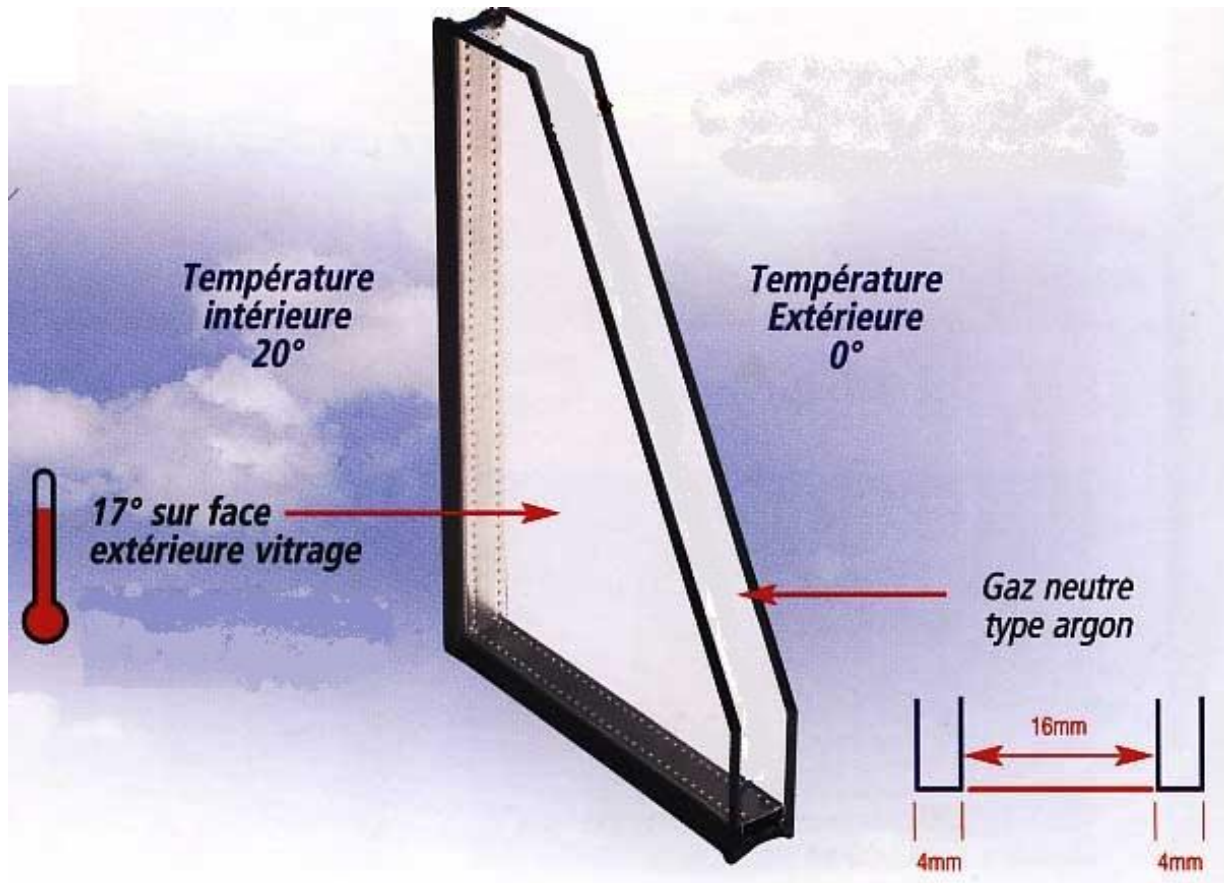
2.5. Retrouver cette valeur par le calcul de la résistance intrinsèque de cette paroi.

**Troisième partie : 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  $10 \text{ m}^2$ .

3.3. En déduire les valeurs des flux thermiques qui permettent le maintien d'un écart de température de  $15^\circ\text{C}$  de part et d'autre de ces parois.

Quatrième partie : 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. Calculer la résistance thermique de chacune des 3 parois composant le double vitrage. si la surface vitrée est de  $1 \text{ m}^2$ .

4.3.2. En déduire la résistance totale du double vitrage.

4.3.3. Quel sera 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.

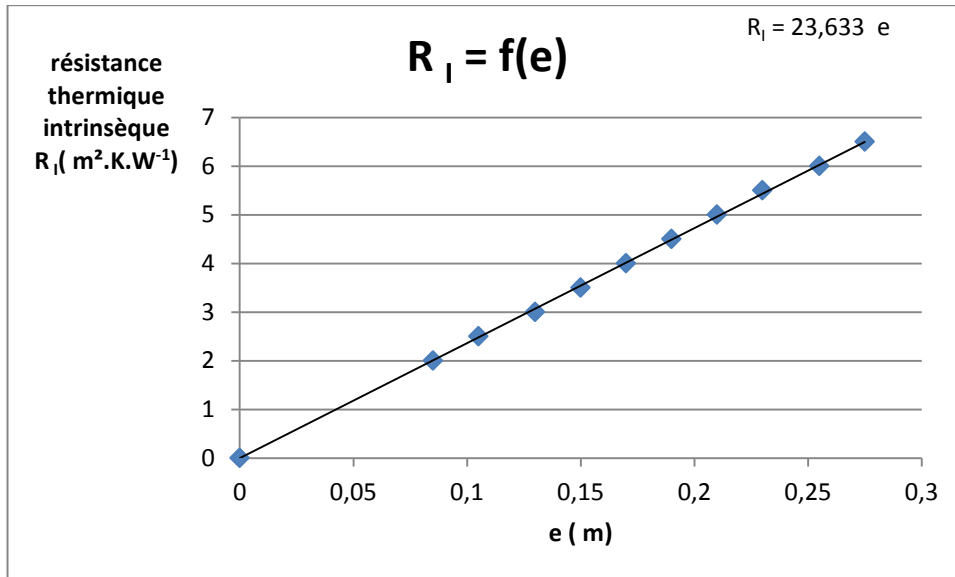
Données : Conductivités thermiques :

$$\lambda(\text{air}) = 0,026 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\lambda(\text{argon}) = 0,017 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\lambda(\text{verre}) = 1,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

1.1



1.2.1  $k = \frac{R_i}{e} = 23,6 \text{ SI}$

1.2.2 soit [x] la dimension de la constante k.  $[x] = [m]^2.[K].[W]^{-1} . [m]^{-1} = [m].[K].[W]^{-1}$

1.2.3 On observe qu'il s'agit là de la dimension inverse de la conductivité thermique  $\lambda$ . Il est donc légitime d'écrire  $k = \frac{1}{\lambda}$  (l'analyse dimensionnelle seule ne permettrait pas de conclure)

1.2.4.  $\lambda$  ( laine *enflocons*) =  $\frac{1}{k} = 4,24 \times 10^{-2} \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

sur la fiche est indiqué  $\lambda = 0,0427 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ce qui tout à fait conforme à la valeur calculée.

2.1.  $R_i = \frac{e}{\lambda}$

2.2. Document 2 :  $R_i = 1,35 \text{ m}^2.\text{K/W}$   $\lambda = 0,038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $e = 50 \text{ mm}$

L'application numérique donne  $R_i = 1,32 \text{ m}^2.\text{K/W}$  conforme à 2% près

2.3 Pour la laine de roche  $R_i = 0,50 \text{ m}^2.\text{K/W}$  pour le béton plein  $R_i = 0,51 \text{ m}^2.\text{K/W}$  les résistances intrinsèques sont égales : l'efficacité thermique est donc la même

2.4. Pour la brique pleine, on lit une épaisseur de l'ordre de 30 cm pour avoir la même efficacité que 90 cm de béton plein.

2.5. Si  $R_i = 0,50 \text{ m}^2.\text{K/W}$  et  $\lambda = 0,75 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , on obtient  $e = \lambda . R_i = 0,37 \text{ cm}$   
C'est bien ce que donnait la lecture du graphique.

3.1  $R_{i,\text{acier}} = 3,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2.\text{K/W}$   $R_{i,\text{poly}} = 0,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$

3.2  $R_{\text{acier}} = R_{i,\text{acier}} / S = 3,85 \times 10^{-5} \text{ K/W}$

$R_{\text{polystyrène}} = R_{i,\text{poly}} / S = 0,05 \text{ K/W}$

3.3.  $\phi = \frac{\Delta T}{R}$  A travers l'acier :  $\phi = 390 \text{ kW}$  A travers le polystyrène :  $\phi = 300 \text{ W}$

On retrouve l'indication du schéma du document 4

4.1 les autres modes de transferts sont la convection et le rayonnement.

4.2. le transfert se fait du corps chaud vers le corps froid.

4.3.1 on rappelle que  $R = \frac{e}{\lambda \cdot S}$

$$R(\text{verre}) = 3,3 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1} \quad R(\text{argon}) = 9,4 \times 10^{-1} \text{ K.W}^{-1}$$

$$4.3.2 \quad R_{\text{totale}} = 0,95 \text{ K.W}^{-1}$$

$$4.3.3 \quad \phi = \frac{\Delta T}{R_{\text{totale}}} = 18 \text{ W}$$

$$4.3.4 \quad R' = 6,7 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1} \quad \phi' = 2\,500 \text{ W}$$

4.3.5 Le gain est tel qu'il justifie l'investissement !

C'est la lame d'argon qui emprisonnée entre les 2 lames de verre explique le gain parce que l'argon est un très mauvais conducteur de la chaleur.