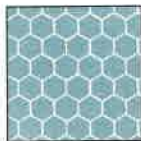
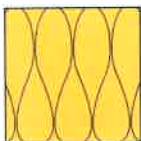




**En isolation,  
restons les pieds  
sur terre...**

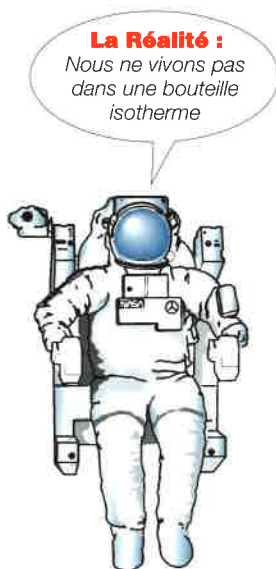


**L'efficacité des produits réfléchissants  
et des isolants traditionnels**

Afin de faire connaître aux utilisateurs les performances thermiques des produits réfléchissants et des systèmes constructifs dans lesquels ils sont intégrés, les fabricants d'isolants en laines minérales et les fabricants d'isolants en plastiques alvéolaires ont fait réaliser par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et le Laboratoire National d'Essais (LNE) des mesures normalisées, ainsi que des calculs par le bureau d'études thermiques PHYSIBEL.

### Rappels de notions de thermique - Pages 4 à 7

- Dans l'espace, isoler c'est arrêter le rayonnement.
- Sur terre, isoler c'est limiter les 3 modes de transfert : conduction, convection et rayonnement. N'arrêter que le rayonnement n'est donc pas suffisant.



**La Réalité :**

*Nous ne vivons pas dans une bouteille isotherme*

**L'Efficacité :**

*Les systèmes produits réfléchissants avec lames d'air sont, au mieux, équivalents à 6 cm d'isolant traditionnel*



### Les performances thermiques des systèmes intégrant des produits réfléchissants - Pages 8 à 13

- Les performances thermiques de ces systèmes sont limitées.
- Ces performances sont insuffisantes pour satisfaire les exigences de confort et de réglementation thermique.

### Le confort d'été - Page 14

- L'efficacité des systèmes quels qu'ils soient, reste identique été comme hiver.

### La performance thermique des produits - Page 15

- Il est possible de mesurer les performances thermiques des produits réfléchissants, critères de définition d'un isolant thermique. Les produits réfléchissants ne répondent pas tous à la définition normalisée d'isolant thermique.



# En isolation, restons les pieds sur terre...

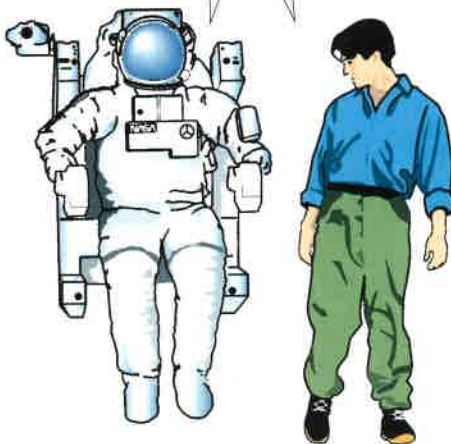
## **L'Ancienneté :**

*L'usage des produits réfléchissants dans le bâtiment n'est pas une nouveauté...*



## **Le Bon Sens :**

*Identifiez les isolants certifiés par leur marquage*



**Les performances thermiques des systèmes intégrant des produits réfléchissants sont mesurables en laboratoire et calculables.**

Toutes les illustrations de cette brochure sont des schémas de principe.

# La chaleur se transmet par :

## • Conduction



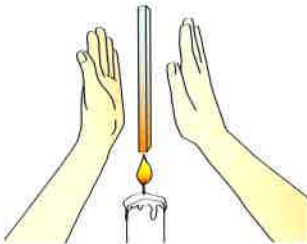
- La chaleur se transmet par conduction dans la matière (solide, gaz, ...).
- Plus le matériau est isolant, moins il y a de conduction.

## • Convection



- L'air circule par différence de température et de masse volumique.
- L'air chaud monte et la chaleur se dissipe.
- Plus l'air est immobile, moins il y a de convection.

## • Rayonnement



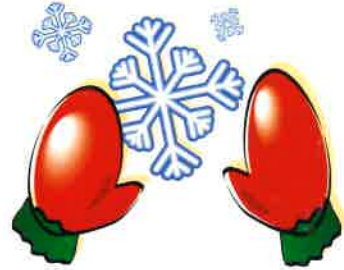
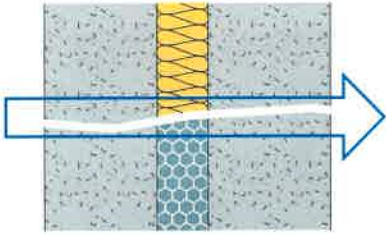
- Toute matière absorbe et émet un rayonnement thermique en fonction de sa température et de son émissivité.
- L'échange de chaleur est fonction du milieu de propagation (vide ou air).
- Plus le rayonnement est absorbé ou réfléchi, moins il y a de transfert thermique.

# L'isolation, c'est :

**Restons les pieds sur terre...**

L'isolation, c'est arrêter à la fois la conduction, la convection et le rayonnement.

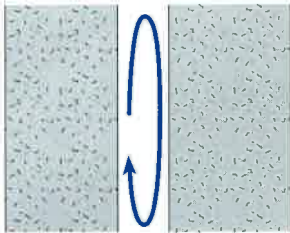
- Créer une barrière isolante



+

+

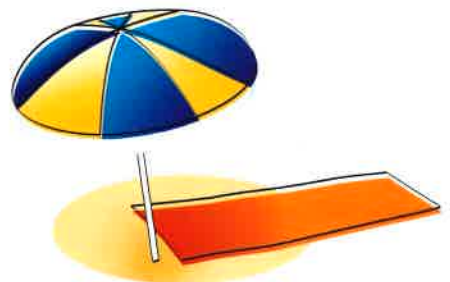
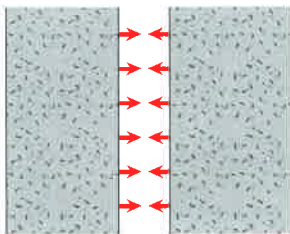
- Supprimer les mouvements d'air



+

+

- Limiter le rayonnement



# Dans l'espace

## Restons les pieds sur terre...

Sur terre, isoler c'est limiter les trois modes de transfert : conduction, convection, rayonnement. N'arrêter que le rayonnement n'est donc pas suffisant.

Dans l'espace, à la différence de l'atmosphère terrestre, il n'y a pas d'air.

**C'est le vide.**

Prenons l'exemple d'un satellite dont la matière est conductrice ; pour qu'il n'explose pas par élévation de la température sous l'effet des rayonnements du soleil, il est muni d'un bouclier en métal poli. Toute la chaleur est ainsi renvoyée et le satellite conserve une température constante.

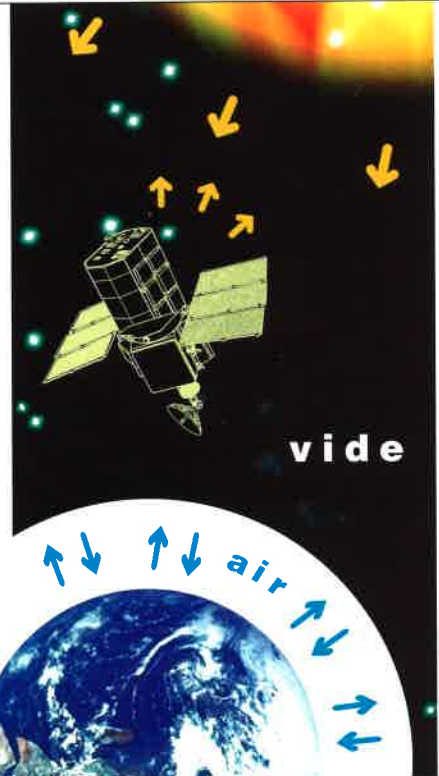
La propagation de la chaleur dans le vide se fait par **rayonnement**.

L'isolation dans le vide spatial consiste exclusivement à créer une barrière réfléchissante aux rayons du soleil.

## Sur terre

Ce phénomène de rayonnement dans le vide est utilisé pour la bouteille isotherme. Mais personne ne vit dans une bouteille isotherme.

En atmosphère terrestre, il y a de l'air en mouvement, c'est la **convection**. L'air conduit la chaleur, c'est la **conduction**. Le **rayonnement** traverse l'atmosphère et arrive sur terre où il est plus ou moins absorbé.

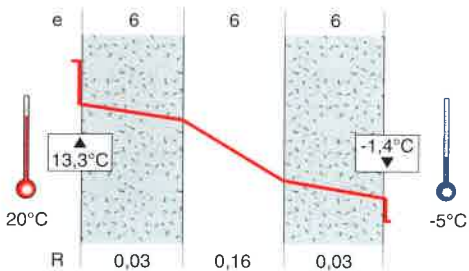


# Application au bâtiment

## Restons les pieds sur terre...

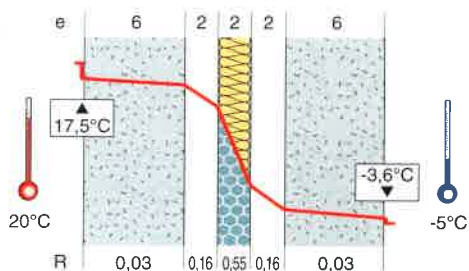
La solution la plus performante est celle qui consiste à remplir la lame d'air avec un isolant.

Une paroi double en béton, d'épaisseur totale de 18 cm sépare deux ambiances. (T intérieure = 20°C ; T extérieure = -5°C). Seul l'élément de remplissage change.



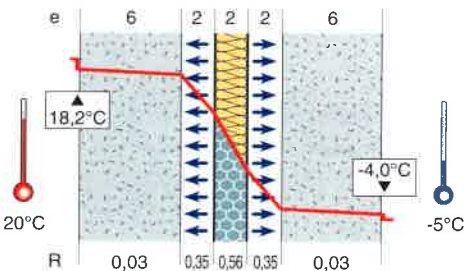
Paroi avec une lame d'air

**R = 0,22**



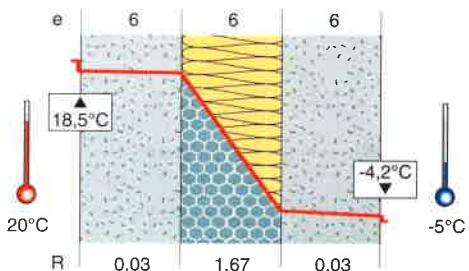
Paroi avec un isolant entre deux lames d'air

**R = 0,93**



Paroi avec un isolant revêtu de faces réfléchissantes entre deux lames d'air

**R = 1,32**



Paroi avec un isolant

**R = 1,73**

$$\text{Résistance thermique } R = \frac{e}{\lambda} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}.$$

où  $\lambda$  est la conductivité thermique [W/(m.K)]. [ $\lambda_{\text{béton}} = 1,75$  ;  $\lambda_{\text{isolant}} = 0,036$ ]

et  $e$  est l'épaisseur [m].

Plus la résistance thermique est élevée, plus le système ou le produit est performant.



# Les performances thermiques des systèmes

**Restons les pieds sur terre...**

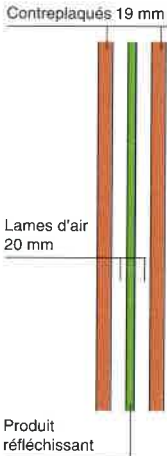
**Les performances thermiques des systèmes intégrant des produits réfléchissants sont mesurables en laboratoire.**

## Les mesures

Il existe une méthode normalisée de mesure des performances thermiques de systèmes intégrant des produits réfléchissants : celle que préconise la norme américaine de l'American Society for Testing and Materials, ASTM C1224 «Standard specification - Reflective insulation for building applications (1993)».

Elle fait appel à un montage de produit disposé entre deux lames d'air non ventilées de 20 mm, délimitées par deux parements bois de 19 mm d'épaisseur.

Les performances thermiques du montage, ainsi mesurées avec deux produits réfléchissants de constitution différente, sont :



<b>avec un produit réfléchissant A de 14 mm</b>	<b><math>K_s = 0,61 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></b>
<b>avec un produit réfléchissant B de 10 mm</b>	<b><math>K_s = 0,52 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></b>

$K_s$  :  $K$  surfacique où  $\frac{1}{K_s} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda}$  sans les ponts thermiques.

Pour obtenir la résistance thermique du système composé de produits réfléchissants disposés verticalement dans une cavité avec deux lames d'air **non ventilées** de 20 mm de part et d'autre, on enlève la résistance des parements et les échanges superficiels 1 et  $\frac{1}{h_i}$  et  $\frac{1}{h_e}$

Soit :

<b>avec un produit réfléchissant A de 14 mm</b>	<b><math>R_{\text{système}} = 1,05 \text{ m}^2.\text{K/W}</math></b>
<b>avec un produit réfléchissant B de 10 mm</b>	<b><math>R_{\text{système}} = 1,32 \text{ m}^2.\text{K/W}</math></b>

Toutes les mesures ont été réalisées sur des montages effectués en laboratoire, dans des conditions stationnaires, pour bien caractériser le produit ou le système. Seules ces mesures permettent une comparaison correcte, fiable et représentative des performances des produits ou systèmes.

L'ensemble des mesures dont il est fait référence dans le présent document font l'objet des études du CSTB (rapport 97/15) et du LNE (rapport 7050879).



# intégrant des produits réfléchissants

## Restons les pieds sur terre...

Les performances thermiques des systèmes intégrant des produits réfléchissants sont calculables. Les résultats des calculs sont en accord avec les mesures lorsque l'on prend en compte simultanément les trois modes de transfert de chaleur : conduction, convection et rayonnement. Oublier la convection, c'est oublier qu'on est sur terre.

## Les calculs

Les performances thermiques des systèmes intégrant des produits réfléchissants ont été calculées par un bureau d'études thermiques (Physibel - rapport 9710A).

Produits réfléchissants disposés verticalement dans une cavité avec deux lames d'air de 20 mm de part et d'autre

hypothèses de calcul :

température de surface	face froide face chaude	$T_1$ $T_2$	0°C 20°C
émissivité	parois surfaces	$\epsilon_b$ $\epsilon_r$	0,90 0,16 ou 0,12
épaisseur des lames d'air			≥ 20 mm
épaisseur du produit réfléchissant			7 ou 14 mm

Le résultat du calcul de résistance thermique du système (produit réfléchissant et lames d'air) est différent selon que le transfert par convection est pris en compte ou non.

### Transfert de chaleur par conduction et rayonnement uniquement

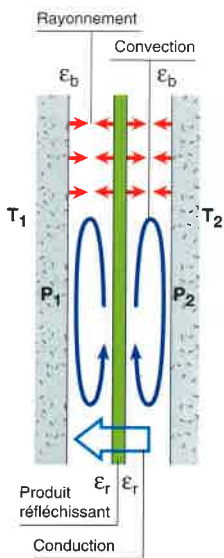
Dans l'espace

avec un produit réfléchissant de 7 mm	$R_{\text{système}} = 2,64 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
avec le produit réfléchissant de 14 mm	$R_{\text{système}} = 3,80 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

### Transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement

Sur terre

avec un produit réfléchissant de 7 mm	$R_{\text{système}} = 1,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
avec le produit réfléchissant de 14 mm	$R_{\text{système}} = 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$



# Les doublages de murs - Les mesures - Les calculs

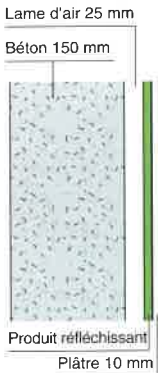
## Restons les pieds sur terre...

Pour obtenir une performance thermique significative, les produits réfléchissants doivent être intégrés dans des systèmes à lames d'air non ventilées. Les isolants traditionnels qui remplissent la même lame d'air conduisent à des performances thermiques supérieures à celles des systèmes à lame d'air non ventilée avec produits réfléchissants.

La méthode ASTM est limitée à un seul montage conventionnel. La norme française NFX 10-022 permet de mesurer les performances thermiques des parois. Le DTU Règles Th-K permet d'effectuer les calculs sur ces mêmes parois.

## Pour un encombrement de 35 à 39 mm

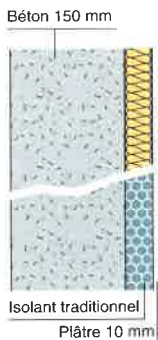
### Avec un produit réfléchissant et une lame d'air de 25 mm



d'épaisseur 10 mm (encombrement de 35 mm)	$K_s$	$R_{\text{système}}^*$
Mesure	0,76	1,01
Calcul	0,88	0,33 + 0,49

d'épaisseur 14 mm (encombrement de 39 mm)	$K_s$	$R_{\text{système}}^*$
Mesure	0,81	0,92
Calcul	0,85	0,33 + 0,54

$$^*[R_{\text{système}} = R_{\text{produit}} + R_{\text{lame d'air}}]$$



### Avec un isolant traditionnel de même encombrement

encombrement de 35 mm	$\lambda$	$K_s$	$R_{\text{isolant}}$
Calcul $R_{\text{paroi}} = 0,12 + R_{\text{isolant}}$ (où 0,12 = $R_{\text{béton}} + R_{\text{plâtre}}$ )	0,038	0,81	0,92
	0,034	0,76	1,03
	0,032	0,71	1,09
	0,028	0,65	1,25
	0,025	0,59	1,40

encombrement de 39 mm	$\lambda$	$K_s$	$R_{\text{isolant}}$
Calcul $R_{\text{paroi}} = 0,12 + R_{\text{isolant}}$ (où 0,12 = $R_{\text{béton}} + R_{\text{plâtre}}$ )	0,038	0,75	1,02
	0,034	0,69	1,15
	0,032	0,65	1,22
	0,028	0,60	1,39
	0,025	0,54	1,56

# Le confort et les économies d'énergie

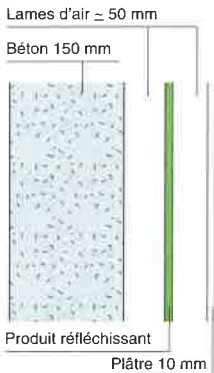
## Restons les pieds sur terre...

Pour un encombrement de 120 mm, les isolants traditionnels ont une résistance thermique deux à trois fois supérieure à celle des systèmes intégrant des produits réfléchissants.

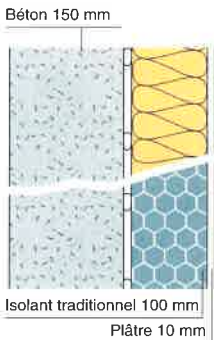
La réglementation thermique française en zone H1, énergie électrique, habitat collectif, requiert pour satisfaire au confort et aux économies d'énergie, un coefficient de transmission thermique, K global du mur, de 0,6 (y compris les ponts thermiques), ou une résistance d'isolant supérieure à 2 m<sup>2</sup>.K/W.

### Pour un encombrement de 120 mm

#### Avec un système intégrant un produit réfléchissant



	$K_s$	$R_{\text{système}}$
d'épaisseur 10 mm	0,63	1,30
d'épaisseur 14 mm	0,59	1,40



#### Avec un isolant traditionnel, la performance dépend de la conductivité thermique du produit

	$\lambda$	$K_s$	$R_{\text{isolant}}$
Calcul $R_{\text{paroi}} = 0,12 + R_{\text{isolant}}$ (où 0,12 = $R_{\text{béton}} + R_{\text{plâtre}}$ )	0,038	0,34	2,63
	0,036	0,32	2,78
	0,032	0,29	3,12
	0,028	0,26	3,57
	0,025	0,23	4,0

# Les toits - Les mesures - Les calculs

## Restons les pieds sur terre...

**A encombrement identique, en toiture, les isolants traditionnels sont plus efficaces que les systèmes avec lames d'air intégrant des produits réfléchissants.**

Des mesures ont également été effectuées, selon la norme française NFX 10-022, sur des montages réalisés avec deux lames d'air non ventilées de 25 mm et 30 mm. Ce type de montage est le plus favorable aux systèmes intégrant des films réfléchissants.

### Pour un encombrement de 134 mm

#### Avec un système intégrant un produit réfléchissant

d'épaisseur 14 mm	$K_s^*$
Mesure	0,83
Calcul	0,80

d'épaisseur 30 mm	$K_s^*$
Mesure	0,59
Calcul	0,59

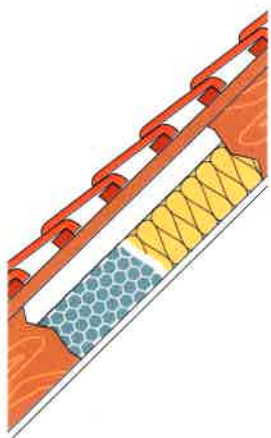
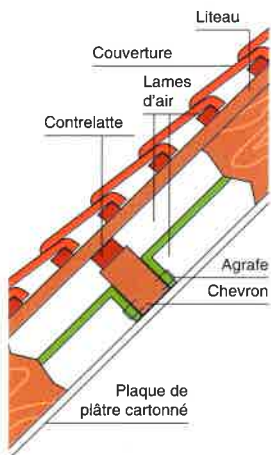
Dans la réalité, les règles de l'art obligent à ventiler la lame d'air sous la couverture pour éviter des pathologies. En conséquence, les valeurs ci-dessus sont optimistes.

#### Avec un isolant traditionnel de 80 mm

R certifiée = 2,15 m <sup>2</sup> .K/W	$K_s^*$
Mesure	0,48
Calcul	0,41

R certifiée = 2,50 m <sup>2</sup> .K/W	$K_s^*$
Mesure	0,42
Calcul	0,39

\*Plus le  $K_s$  est faible, plus le système est performant.



# Le confort et les économies d'énergie

## Restons les pieds sur terre...

Pour satisfaire les exigences de la réglementation thermique aussi bien en mur qu'en toiture, les isolants traditionnels apportent une réponse satisfaisante.

La réglementation thermique française en habitat requiert, pour satisfaire au confort et aux économies d'énergie, un  $K$  global de la toiture de 0,25 ou une résistance de l'isolant de 4 à 6,5  $m^2.K/W$ .

### Pour un encombrement de 200 mm

Avec un système intégrant un produit réfléchissant d'épaisseur 30 mm

$$K_s = 0,59$$

Les lames d'air apportent une contribution jusqu'à épaisseur de 20 mm. Au delà les mouvements de l'air ne permettent plus de gain.

Avec un isolant traditionnel, posé en continu, la performance dépend de la conductivité thermique du produit

encombrement de 200 mm	$\lambda_{\text{isolant}}$	$K_s$	$R_{\text{isolant}}$
Calcul $R_{\text{paroi}} = 0,04 + R_{\text{isolant}}$ (où 0,04 = $R_{\text{plâtre}}$ )	0,040	0,19	5,00
	0,038	0,18	5,25
	0,036	0,16	5,55
	0,032	0,15	6,25

### Pour un encombrement de 130 mm

Avec un isolant traditionnel en technique Sarking

encombrement de 130 mm	$\lambda_{\text{isolant}}$	$K_s$	$R_{\text{isolant}}$
Calcul $R_{\text{paroi}} = 0,07 + R_{\text{isolant}}$ (où 0,07 = $R_{\text{panneau de particules bois}}$ )	0,032	0,23	4,05
	0,028	0,20	4,65
	0,025	0,18	5,20

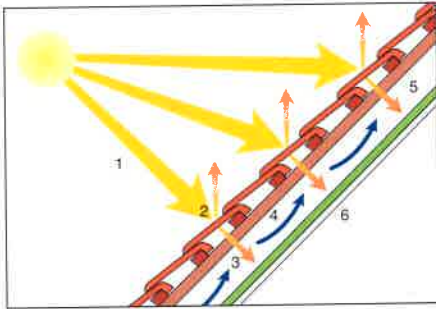
# Le confort d'été

## Restons les pieds sur terre...

L'efficacité des systèmes quels qu'ils soient, reste identique été comme hiver. Elle est proportionnelle aux performances de la paroi, lesquelles dépendent de la résistance thermique des produits. L'effet «lame d'air» ne peut compenser la faible résistance thermique d'un produit.

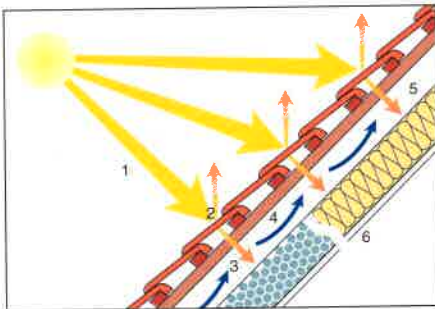
Le parasol arrête l'échauffement direct dû aux rayons du soleil, mais ne réduit pas la température de l'air ambiant en été. Le rôle de l'isolant est de ralentir et de décaler dans le temps, par sa forte résistance thermique, la montée en température.

### Système avec produit réfléchissant



- 1 - Rayons du soleil.
- 2 - Les tuiles absorbent les rayons.
- 3 - Les tuiles rayonnent vers le produit réfléchissant parce qu'elles s'échauffent.
- 4 - Lamme d'air : il y a rayonnement et convection.
- 5 - Le produit réfléchissant étant soumis à la chaleur, sa température est celle de l'air en contact.
- 6 - Il y a conduction des couches intermédiaires et la résistance thermique est la même qu'en hiver.  
Résistance thermique maximale du système  
 $R = 1,40 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

### Système avec isolant traditionnel



- 1 - Rayons du soleil.
- 2 - Les tuiles absorbent les rayons.
- 3 - Les tuiles rayonnent vers l'isolant parce qu'elles s'échauffent.
- 4 - Lamme d'air : il y a rayonnement et convection.
- 5 - Transmission de la chaleur dans l'isolant par conduction.
- 6 - Il y a une transmission faible parce que la résistance de l'isolant est forte.  
Résistance thermique de 4 à  $6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

# La performance thermique des produits

## Restons les pieds sur terre...

Compte tenu de leurs performances thermiques, les produits réfléchissants ne répondent pas tous à la définition normalisée des isolants thermiques. Il n'existe pas à ce jour, en France, de produit réfléchissant faisant l'objet d'une certification ACERMI.

La mesure des performances intrinsèques des produits permet de les comparer entre eux sans prendre en compte la diversité des applications. Il existe des normes internationales ISO 8301 - ISO 8302 pour mesurer tous les types de produits. Elles servent de référence dans tous les pays et sont notamment la base de la certification des produits qui revendiquent des qualités d'isolants. Les résultats ci-après sont ceux de l'étude du CSTB 97/15 et de l'étude du LNE 7050879.

## Mesures de la résistance thermique à 10°C

Types de produit	Epaisseurs en mm	Résistances thermiques	Remarques	
Produit réfléchissant	10	0,33		
	14	0,35		
Isolant* réfléchissant	30	0,86		
	42	0,91		trois couches superposées de 14 mm
	56	1,2		quatre couches superposées de 14 mm
Isolant traditionnel	80	2,36	R certifiée = 2,15	
	80	2,57	R certifiée = 2,50	

\*La norme française NFB 20-101 précise qu'un produit est isolant quand sa résistance thermique est supérieure à 0,5 m<sup>2</sup>.K/W et sa conductivité thermique inférieure ou égale à 0,065 W/(m.K).

## Exemple de résistance thermique de produit isolant certifié

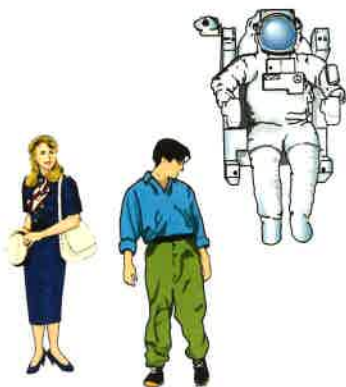
	Epaisseurs en mm	Résistances thermiques
Isolant traditionnel $\lambda = 0,033 \text{ W/(m.K)}$	30	0,90
	40	1,21
	50	1,51
	60	1,82

Exemple d'étiquette ACERMI

CERTIFICAT ACERMI				
ISOLANT THERMIQUE MANUFACTURE DU BATIMENT				
Caractéristiques et niveaux d'aptitude certifiés selon le Règlement Technique ACERMI				
I	S	O	L	E
R =				m <sup>2</sup> K / W

Le certificat délivré par l'ACERMI, est une référence en thermique pour choisir les produits.

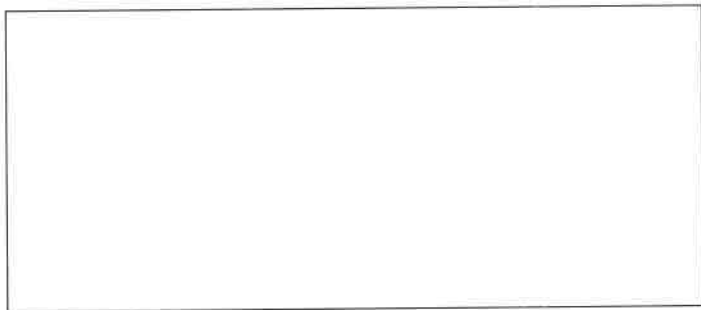




## **En isolation, restons les pieds sur terre...**



Afin de faire connaître aux utilisateurs les performances thermiques des produits réfléchissants et des systèmes constructifs dans lesquels ils sont intégrés, le Syndicat National des Fabricants d'Isolants en Laines Minérales Manufacturées et le Syndicat National des Plastiques Alvéolaires se sont associés afin de faire réaliser des mesures par le CSTB et le LNE suivant des méthodes normalisées et des calculs par le Bureau d'Études Thermiques PHYSIBEL.



**Syndicat National des Fabricants d'Isolants  
en Laines Minérales Manufacturées**

1, rue du Cardinal-Mercier • 75009 Paris  
Tél. : 01 49 70 89 60 • Fax : 01 49 70 89 69



**Syndicat National  
des Plastiques Alvéolaires**

15, avenue du Recteur Poincaré • 75016 Paris  
Tél. : 01 45 20 42 68 • Fax : 01 42 24 59 02