

# Procédés de toitures, rampants et plafonds

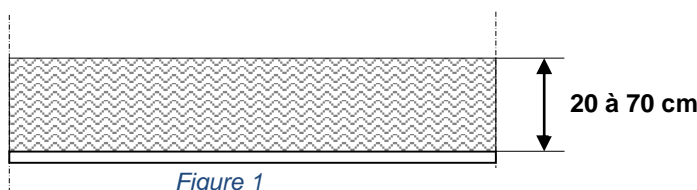
## 1. PLANCHER DE COMBLES PERDUS

### 1.1 Etalement sur plancher haut de matériaux en vrac

#### 1.1.1 Soufflage à la machine ou déversement manuel sur plancher plat

##### 1.1.1.1 Description

Technique d'isolation consistant à étaler sur un plancher plat une couche d'isolation de 20 à 70 cm d'épaisseur soit par soufflage à l'aide d'une machine, soit par déversement manuel



##### 1.1.1.2 Méthode de calcul

La méthode de calcul de la résistance thermique est donnée dans les règles Th-bât fascicule parois opaque. Elle consiste à corriger l'épaisseur de la couche d'isolation étalée afin de tenir compte du tassement.

##### 1.1.1.3 Valeurs par défaut

En l'absence de valeur de résistance thermique calculée précisément selon la méthode générale donnée dans les règles Th-bât fascicule parois opaque, les valeurs par défaut indiquées dans les tableaux ci-après peuvent être utilisées.

###### 1.1.1.3.1 Cas du soufflage à la machine

Tableau 1 : Résistance thermique (R) de la couche déposée par soufflage en  $m^2.K/W$

Epaisseur minimale de la couche déposée en cm	20	30	40	50	60	70
Ouate de cellulose	3,00	4,55	6,05	7,60	9,10	10,65
Fibres de bois	2,50	3,80	5,05	6,35	7,60	8,90
Fibres de coton	2,35	3,50	4,70	5,90	7,05	8,25
Chanvre et lin	2,20	3,35	4,45	5,60	6,70	7,80
Laines minérales	3,35	5,05	6,75	8,45	10,15	11,85

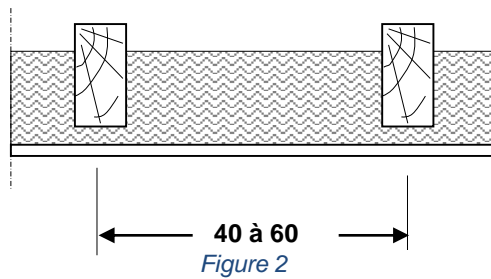
###### 1.1.1.3.2 Cas du déversement manuel

Tableau 2 : Résistance thermique (R) de la couche déposée par déversement manuel en  $m^2.K/W$

Epaisseur minimale de la couche déposée en cm	20	30	40	50	60	70
Ouate de cellulose	2,85	4,25	5,70	7,10	8,55	10,00
Chanvre et lin	2,15	3,25	4,30	5,40	6,50	7,55
Laines minérales	2,90	4,35	5,80	7,30	8,75	10,20
Vermiculite : classe granulaire 0.5/5	2,35	3,50	4,70	5,85	7,05	8,20

## 1.1.2 Soufflage à la machine ou déversement manuel sur plancher à solives

### 1.1.2.1 Description



### 1.1.2.2 Formule

Le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  de la paroi se calcule selon la formule générale suivante :

$$U_p = U_c + \Delta U$$

Avec

$$\Delta U = \frac{\Psi_{solives}}{E_{solives}} + \frac{\Psi_{rails}}{E_{rails}} + n \cdot \chi_{suspentes}$$

Où

$U_c$  est le coefficient de transmission surfacique en partie courante calculé à partir de la relation suivante :

$$U_c = \frac{1}{R_T + 2R_{si}} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

$R_{si}$  est la résistance superficielle intérieure ( $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{.K/W}$  dans le cas d'une paroi horizontale)

$R_T$  est la somme des résistances thermiques des couches de matériaux homogènes constituant la paroi, exprimé en  $\text{m}^2\text{.K/W}$ ,

$$R_T = \sum_n \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$e_n$  est l'épaisseur du matériau constituant la couche n du procédé en partie courante, exprimée en m,

$\lambda_n$  est la conductivité thermique du matériau de la couche n,  $\text{W/(m.K)}$ ,

$\Psi_{solives}$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré i, exprimé en  $\text{W/(m.K)}$  ;

$E_{solives}$  est l'entraxe du pont thermique linéique induit par les solives, exprimé en m ;

$\chi_{suspentes}$  est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré induit par les suspentes, exprimée en  $\text{W/K}$ .

n est le nombre de ponts thermiques ponctuels par  $\text{m}^2$  de paroi.

### 1.1.2.3 Valeurs par défaut

En l'absence de valeurs calculées précisément conformément à la méthode de calcul détaillée dans le fascicule ponts thermiques des règles Th-bât, les valeurs par défaut  $\Psi$  et  $\chi$  des principaux ponts thermiques intégrés présent dans le plancher sont donnés dans le tableau ci-après.

Les valeurs peuvent être utilisées dans la limite de validité suivante :

- Isolation soufflée ou déversée manuellement de conductivité thermique  $0,030 \leq \lambda \leq 0,080 \text{ W/(m.K)}$
- Suspente de section inférieure ou égale à  $20 \times 2 \text{ mm}$
- Suspente remontant le long de la solive ou du chevron sur une une hauteur  $\leq 50 \text{ mm}$

Tableau 3

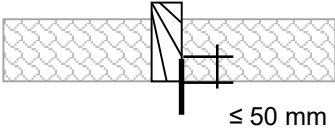
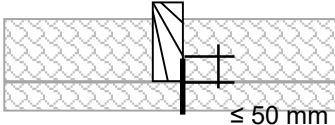
<div> <div>Espace sous solives &lt; 100 mm</div>  </div>	Epaisseur d'isolant	Hauteur solives 97 mm $\Psi_{\text{solives}}$ en W/(m.K)		Hauteur solives 222 mm $\Psi_{\text{solives}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Solives 36 mm	Solives 45 mm	Solives 36 mm	Solives 45 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0,18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,008	0,010	0,019	0,024	0,0007	0,0024
	300 mm	0,004	0,004	0,010	0,012	0,0003	0,0011
	400 mm	0,002	0,002	0,005	0,006	0,0002	0,0006
	500 mm	0,001	0,002	0,003	0,004	0,0001	0,0004
$\lambda_{\text{bois}} = 0,11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,005	0,006	0,010	0,013	0,0004	0,0024
	300 mm	0,002	0,003	0,006	0,007	0,0002	0,0011
	400 mm	0,001	0,002	0,003	0,004	0,0001	0,0006
	500 mm	0,001	0,001	0,002	0,002	0,0001	0,0004

Tableau 4

Espace sous solives $\geq 100$ mm 	Epaisseur d'isolant	Hauteur entrails 97 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		Hauteur entrails 222 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\Psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Entrait 36 mm	Entrait 45 mm	Entrait 36 mm	Entrait 45 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0,18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,003	0,003	0,008	0,010	0,0019	0,0011
	300 mm	0,002	0,002	0,005	0,006	0,0011	0,0006
	400 mm	0,001	0,001	0,003	0,003	0,0006	0,0004
	500 mm	0,001	0,001	0,002	0,002	0,0004	0,0003
$\lambda_{\text{bois}} = 0,11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,002	0,002	0,004	0,005	0,0016	0,0011
	300 mm	0,001	0,001	0,003	0,003	0,0009	0,0006
	400 mm	0,001	0,001	0,002	0,002	0,0005	0,0005
	500 mm	0,000	0,001	0,001	0,001	0,0003	0,0003

## 1.2 Charpentes industrielles à ossatures en bois

### 1.2.1 Description

Procédé d'isolation de charpentes industrielles (fermettes) consistant à placer un isolant entre entrails avec ou sans isolation complémentaires en sous-face.

### 1.2.2 Formule

Le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  de la paroi se calcule selon la formule générale suivante :

$$U_p = U_c + \Delta U$$

Avec

$$\Delta U = \frac{\Psi_{\text{entrails}}}{E_{\text{entrails}}} + \frac{\Psi_{\text{rails}}}{E_{\text{rails}}} + n \cdot \chi_{\text{suspentes}}$$

Où

$U_c$  est le coefficient de transmission surfacique en partie courante calculé à partir de la relation suivante :

$$U_c = \frac{1}{R_T + 2R_{si}} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

$R_{si}$  est la résistance superficielle intérieure ( $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{.K/W}$  dans le cas d'une paroi horizontale)

$R_T$  est la somme des résistances thermiques des couches de matériaux homogènes constituant la paroi, exprimé en  $m^2.K/W$ ,

$$R_T = \sum_n \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$e_n$  est l'épaisseur du matériau constituant la couche n du procédé en partie courante, exprimée en m,

$\lambda_n$  est la conductivité thermique du matériau de la couche n,  $W/(m.K)$ ,

$\Psi_{entraits}$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré induit par les entrails (fermettes), exprimé en  $W/(m.K)$  ;

$E_{entraits}$  est l'entraxe entre les entrails, exprimé en m

$\Psi_{rails}$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré induit par les rails, exprimé en  $W/(m.K)$  ;

$E_{rails}$  est l'entraxe entre les rails, exprimé en m ;

$\chi_{suspentes}$  est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré induit par les suspentes, exprimée en  $W/K$ .

n est le nombre de suspentes par  $m^2$  de paroi.

### 1.2.3 Valeurs tabulées

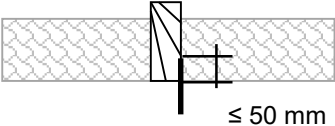
En l'absence de valeurs calculées précisément conformément à la méthode de calcul détaillée dans le fascicule ponts thermiques des règles Th-bât ou conformément à la norme NF EN ISO 10211, les valeurs données dans les tableaux ci-après peuvent être utilisées.

Les valeurs peuvent être utilisées dans la limite de validité suivante :

- Isolation soufflée ou déversée manuellement de conductivité thermique  $0,030 \leq \lambda \leq 0,050 W/(m.K)$
- Suspente de section inférieure ou égale à  $20 \times 2$  mm
- Suspente remontant le long de la solive ou du chevron sur une hauteur  $\leq 50$  mm

### 1.2.3.1 Plancher haut de combles perdus isolé entre entrails

Tableau 5


Isolation entre entrails 	Epaisseur d'isolant	Hauteur entrails 97 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		Hauteur entrails 222 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\Psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Entrait 36 mm	Entrait 45 mm	Entrait 36 mm	Entrait 45 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,008	0,010	0,019	0,024	0,0004	0,0014
	300 mm	0,004	0,004	0,010	0,012	0,0002	0,0007
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,005	0,006	0,010	0,013	0,0004	0,0014
	300 mm	0,002	0,003	0,005	0,007	0,0002	0,0007

On donne également dans les tableaux ci-après des valeurs  $\Delta U$  correspondant à la part de transmission surfacique induit par l'ensemble des ponts thermiques intégrés présents dans le procédé.

Les valeurs peuvent être utilisées dans la limite de validité suivante :

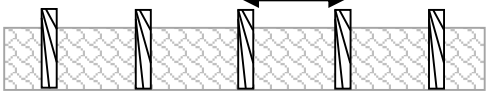
- Entrails de largeur  $\leq 36$  mm entrails de section de 36\*97 mm :

Tableau 6

Isolation entre entrails 	Epaisseur d'isolant	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,02	0,02
	300 mm	0,01	0,01
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,02	0,01
	300 mm	0,01	0,01

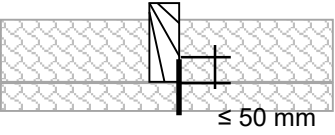
- Entraits de section de 36\*222 mm :

Tableau 7

<div>Isolation entre entrails</div> 	Epaisseur d'isolant	$\Delta U$ en W/(m <sup>2</sup> .K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,05	0,04
	300 mm	0,03	0,02
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,03	0,02
	300 mm	0,02	0,01

### 1.2.3.2 Plancher haut de combles perdus isolé entre entrails et en sous-face :

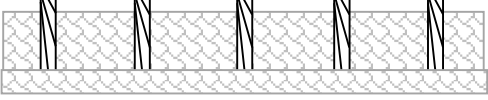
Tableau 8

Isolation entre entrails + complément d'isolation de 100 mm  	Epaisseur d'isolant	Hauteur entrails 97 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		Hauteur entrails 222 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\Psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Entrait 36 mm	Entrait 45 mm	Entrait 36 mm	Entrait 45 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,003	0,003	0,008	0,010	0,0014	0,0007
	300 mm	0,002	0,002	0,005	0,006	0,0008	0,0003
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,002	0,002	0,004	0,005	0,0014	0,0007
	300 mm	0,001	0,001	0,003	0,003	0,0008	0,0003

On donne également dans les tableaux ci-après des valeurs  $\Delta U$  correspondant à la part de transmission surfacique induit par l'ensemble des ponts thermiques intégrés présents dans le procédé.

- Les entrails ont une section de 36x97 mm

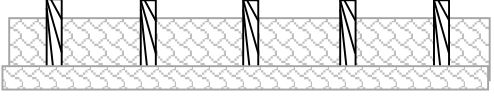
Tableau 9

Isolation entre entrails + int.  	Epaisseur d'isolant de l'intérieur vers l'extérieur	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	100 + 200 mm	0,01	0,01
	100 + 300 mm	0,01	0,01
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	100 + 200 mm	0,01	0,01
	100 + 300 mm	0,01	0,00

- Les entrails ont une section de 36\*222 mm.



Tableau 10

Isolation entre entrails + int. 	Epaisseur d'isolant de l'intérieur vers l'extérieur	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	100 + 200 mm	0,03	0,02
	100 + 300 mm	0,02	0,01
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	100 + 200 mm	0,02	0,01
	100 + 300 mm	0,01	0,01

## 2. RAMPANTS DE TOITURES

### 2.1 Toitures inclinées industrielles sur combles aménagés isolé entre fermettes et en sous-face

#### 2.1.1 Description

Procédé d'isolation de charpentes industrielles (fermettes) consistant à placer un isolant entre entrails avec ou sans isolation complémentaires en sous-face.

#### 2.1.2 Formule

Le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  de la paroi se calcule selon la formule générale suivante :

$$U_p = U_c + \Delta U$$

Avec

$$\Delta U = \frac{\Psi_{\text{entrails}}}{E_{\text{entrails}}} + \frac{\Psi_{\text{rails}}}{E_{\text{rails}}} + n \cdot \chi_{\text{suspentes}}$$

Où

$U_c$  est le coefficient de transmission surfacique en partie courante calculé selon la formule suivante :

$$U_c = \frac{1}{R_T + 2R_{si}} \quad \text{W/(m².K)}$$

$R_{si}$  est la résistance superficielle intérieure ( $R_{si} = 0,10 \text{ m².K/W}$  dans le cas d'une paroi horizontale)

$R_T$  est la somme des résistances thermiques des couches de matériaux homogènes constituant la paroi, exprimé en  $\text{m².K/W}$ ,

$$R_T = \sum_n \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$e_n$  est l'épaisseur du matériau constituant la couche n du procédé en partie courante, exprimée en m,

$\lambda_n$  est la conductivité thermique du matériau de la couche n, W/(m.K),

$\Psi_{\text{entraits}}$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré induit par les entrails (fermettes), exprimé en W/(m.K) ;

$E_i$  est l'entraxe du pont thermique linéique i, exprimé en m ;

$\chi_{\text{suspentes}}$  est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré induit par les suspentes, exprimée en W/K.

n est le nombre de ponts thermiques ponctuels par m<sup>2</sup> de paroi.

### 2.1.3 Valeurs tabulées

En l'absence de valeurs calculées précisément conformément à la méthode de calcul détaillée dans le fascicule ponts thermiques des règles Th-bât ou conformément à la norme NF EN ISO 10211, les valeurs données dans les tableaux ci-après peuvent être utilisées.

Les valeurs peuvent être utilisées dans la limite de validité suivante :

- Isolation soufflée ou déversée manuellement de conductivité thermique  $0,030 \leq \lambda \leq 0,050$  W/(m.K)
- Suspente de section inférieure ou égale à 20 x 2 mm
- Suspente remontant le long de la solive ou du chevron sur une hauteur  $\leq 50$  mm

Tableau 11

Isolation entre fermettes 200 mm + complément d'isolant	Epaisseur complément d'isolant	Hauteur fermettes 222 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Fermettes 36 mm	Fermettes 45 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	100 mm	0,008	0,010	0,0014	0,0007
	200 mm	0,004	0,005	0,0023	0,0003
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	100 mm	0,004	0,005	0,0014	0,0007
	200 mm	0,002	0,003	0,0019	0,0003

On donne également dans les tableaux ci-après des valeurs  $\Delta U$  correspondant à la part de transmission surfacique induit par l'ensemble des ponts thermiques intégrés présents dans le procédé.

- Les fermettes ont une section 45\*222 mm :

Tableau 12

Isolation entre chevrons + int.	Epaisseur d'isolant de l'intérieur vers l'extérieur	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	100 + 200 mm	0,03	0,02
	200 + 200 mm	0,02	0,02
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	100 + 200 mm	0,02	0,01
	200 + 200 mm	0,02	0,01

## 2.2 Toitures inclinées traditionnelles sur combles aménagés isolé entre fermettes et en sous-face

### 2.2.1 Description

Procédé d'isolation de charpentes traditionnelle consistant à placer un isolant en une ou deux

couches entre pannes ou chevrons.

### 2.2.2 Formule

Le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  de la paroi se calcule selon la formule générale suivante :

$$U_p = U_c + \Delta U$$

Avec

$$\Delta U = \frac{\Psi_{pannes}}{E_{panne}} + \frac{\Psi_{chevrons}}{E_{chevrons}} + \frac{\Psi_{rails}}{E_{rails}} + n_1 \cdot \chi_{croisements} + n_2 \cdot \chi_{suspentes}$$

Où

$U_c$  est le coefficient de transmission surfacique en partie courante calculé selon la formule suivante :

$U_c$  est le coefficient de transmission surfacique en partie courante calculé à partir de la relation suivante :

$$U_c = \frac{1}{R_T + 2R_{si}} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

$R_{si}$  est la résistance superficielle intérieure ( $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{.K/W}$  dans le cas d'une paroi horizontale)

$R_T$  est la somme des résistances thermiques des couches de matériaux homogènes constituant la paroi, exprimé en  $\text{m}^2\text{.K/W}$ ,

$$R_T = \sum_n \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$e_n$  est l'épaisseur du matériau constituant la couche n du procédé en partie courante, exprimée en m,

$\lambda_n$  est la conductivité thermique du matériau de la couche n,  $\text{W/(m.K)}$ ,

$\Psi_{entraits}$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré induit par les entrails (fermettes), exprimé en  $\text{W/(m.K)}$  ;

$E_i$  est l'entraxe du pont thermique linéique i, exprimé en m ;

$\chi_{suspentes}$  est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré induit par les suspentes, exprimée en  $\text{W/K}$ .

n est le nombre de ponts thermiques ponctuels par  $\text{m}^2$  de paroi.

### 2.2.3 Valeurs tabulées

En l'absence de valeurs calculées précisément conformément à la méthode de calcul détaillée dans le fascicule ponts thermiques des règles Th-bât ou conformément à la norme NF EN ISO 10211, les valeurs donnés dans les tableaux ci-après peuvent être utilisées.


Les valeurs peuvent être utilisées dans la limite de validité suivante :

- Isolation soufflée ou déversée manuellement de conductivité thermique  $0,030 \leq \lambda \leq 0,050 \text{ W/(m.K)}$
- Suspente de section inférieure ou égale à  $20 \times 2 \text{ mm}$
- Suspente remontant le long de la solive ou du chevron sur une hauteur  $\leq 50 \text{ mm}$

### 2.2.3.1 Isolation en une couche entre les pannes :

Epaisseur totale d'isolation entre pannes : 140 mm


Tableau 13



	$\Psi_{\text{panne}}$ W/(m.K)	$\Psi_{\text{rail}}$ W/(m.K)	$\chi_{\text{suspente}}$ W/K	$\Delta U$ (W/(m².K))		
				Entraxe panne (mm)		
				1000	1500	2000
Section panne 75×250	0,05	0,002	0,007	0,07	0,06	0,05
Section panne 100×250	0,06			0,08	0,06	0,05
Section panne 150×250	0,08			0,10	0,08	0,06

Epaisseur totale d'isolation entre pannes : 280 mm

Tableau 14

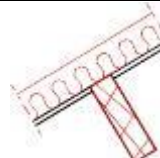


	$\Psi_{\text{panne}}$ W/(m.K)	$\Psi_{\text{rail}}$ W/(m.K)	$\chi_{\text{suspente}}$ W/K	$\Delta U$ (W/(m².K))		
				Entraxe panne (mm)		
				1000	1500	2000
Section panne 75×250	0,027	-	0,005	0,04	0,03	0,03
Section panne 100×250	0,036			0,05	0,04	0,03
Section panne 150×250	0,053			0,07	0,05	0,04

Interpolations possibles pour des épaisseurs d'isolation intermédiaires

### 2.2.3.2 Isolation en une couche entre chevrons :

Tableau 15



	$\Psi_{\text{chevron}}$ W/(m.K)	$\Delta U$ (W/(m².K))	
		Entraxe chevron (mm)	
		450	600
	0,06	0,13	0,10


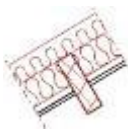
### 2.2.3.3 Isolation en deux couches:

Valeurs  $\Delta U$  calculées pour un entraxe entre de chevron de 600 mm.

Epaisseur totale d'isolation entre chevrons ou sous panne : 50 mm

Epaisseur totale d'isolation entre pannes : 140 mm


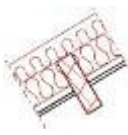
Tableau 16

			$\psi$ (W/(m.K))			$\chi$ (W/K)		$\Delta U$ (W/(m².K))		
			panne	rail	chevron	suspente	croisement panne chevron	Entraxe panne (mm)		
								1000	1500	2000
	Isolation entre les pannes et sous les pannes	Section panne 75*250	0,021	0,001	-	0,005	-	0,05	0,05	0,04
		Section panne 100*250	0,026					0,06	0,05	0,05
		Section panne 150*250	0,036					0,07	0,06	0,05
	Isolation entre les pannes et entre les chevrons	Section panne 75*250	0,021	0,001	0,010	0,005	0,002	0,06	0,05	0,05
		Section panne 100*250	0,026				0,002	0,06	0,05	0,05
		Section panne 150*250	0,036				0,003	0,07	0,06	0,05

Epaisseur totale d'isolation entre chevrons ou sous panne : 60 mm

Epaisseur totale d'isolation entre pannes : 280 mm

Tableau 17

			$\psi$ (W/(m.K))			$\chi$ (W/K)		$\Delta U$ (W/(m².K))		
			panne	rail	chevron	suspente	croisement panne chevron	Entraxe panne (mm)		
								1000	1500	2000
	Isolation entre les pannes et sous les pannes	Section panne 75*250	0,016	-	-	0,005	-	0,03	0,03	0,02
		Section panne 100*250	0,020					0,04	0,03	0,03
		Section panne 150*250	0,029					0,04	0,03	0,03
	Isolation entre les pannes et entre les chevrons	Section panne 75*250	0,016	-	0,005	0,003	-	0,03	0,03	0,03
		Section panne 100*250	0,020				0,001	0,04	0,03	0,03
		Section panne 150*250	0,029				0,001	0,05	0,04	0,03

Interpolations possibles pour des épaisseurs d'isolation intermédiaires

## 2.3 Rampants isolés à l'aide de caissons chevrons

*Nota* : cette technique est non traditionnelle. Par conséquent, ce paragraphe ne traite que de l'aspect thermique du procédé et ne préjuge en rien de son aptitude à l'emploi qui relève d'une procédure d'évaluation technique (Atec, DTA, ATex, etc.).

### 2.3.1 Description

Un caisson chevronné est un procédé industrialisé destiné à l'isolation thermique des rampants en neuf ou rénovation. L'isolation est posée entre chevrons. Le procédé comporte un parement intérieur en bois ou en plaque de plâtre. Certains systèmes comportent également des renforts transversaux entre chevrons (lattes, tiges) noyés dans l'épaisseur de l'isolant. Les caissons sont directement fixés aux pannes par attaches ponctuelles métalliques. La jonction entre caissons est traitée par un isolant. La lame d'air située entre les tuiles et l'isolant est ventilée sur l'extérieur.

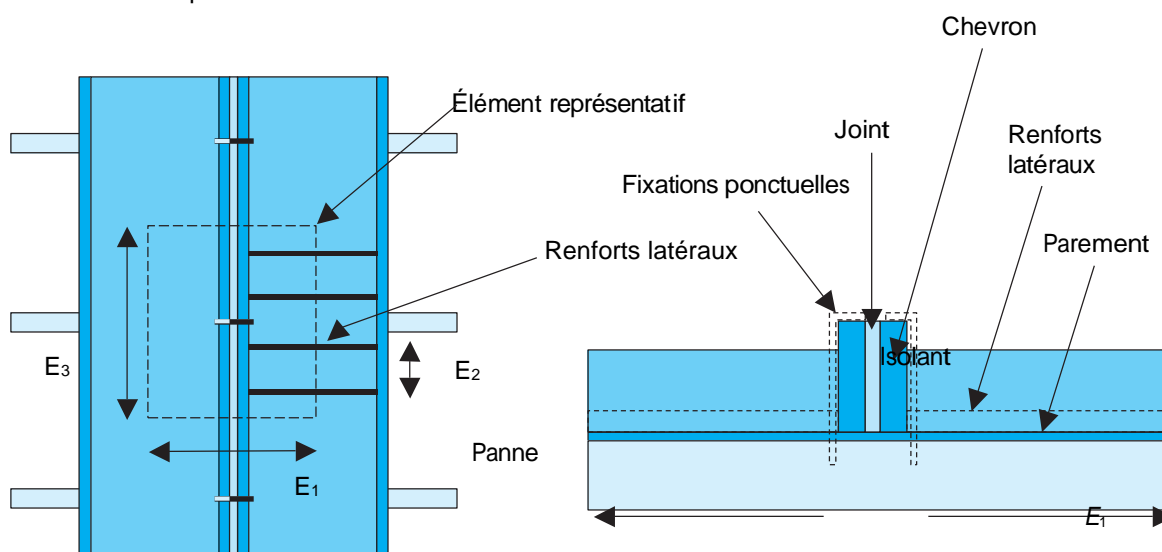


Figure 3 : Schéma représentatif d'un caisson chevronné avec fixation aux pannes par crampons en L

### 2.3.2 Formule

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  d'un rampant comportant un caisson chevronné se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \frac{\psi_1}{E_1} + \frac{\psi_2}{E_2} + \frac{\psi_3}{E_1} + n \times \chi ;$$

où

- $\psi_1$  est le coefficient de transmission linéique dû à la jonction entre deux caissons, en W/(m.K) ;
- $\psi_2$  est le coefficient de transmission linéique dû aux renforts latéraux éventuels, en W/(m.K) ;
- $\psi_3$  est le coefficient de transmission linéique dû à un chevron intermédiaire éventuel, en W/(m.K) ;
- $\chi$  est le coefficient de transmission ponctuel dû à une fixation métallique, en W/K ;
- $n$  est le nombre de fixations ponctuelles par m<sup>2</sup> de paroi ;
- $E_1$  est l'entraxe des caissons mis en œuvre (avec joint), en m ;
- $E_2$  est l'entraxe des renforts latéraux éventuels, en m ;
- $U_c$  est le coefficient de transmission thermique en partie courante du rampant, en W/(m<sup>2</sup>.K) :

$$U_c = \frac{1}{0,2 + R_p + R_i} ;$$

où

- $R_p$  est la résistance thermique du parement en m<sup>2</sup>.K/W ;
- $R_i$  est la résistance thermique de l'isolant.

Les coefficients  $\psi$  et  $\chi$  doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule Ponts thermiques. En l'absence de valeurs calculées numériquement, les valeurs par défaut données ci-après peuvent être utilisées.

### 2.3.3 Valeurs par défaut $\psi$ et $\chi$

#### 2.3.3.1 Systèmes de fixation par crampons métalliques en « L » ou par tire-fond

Crampons métalliques traversant l'isolant à proximité du chevron avant encastrement dans l'ossature porteuse.

Tire-fond ou vis auto-taraudeuse traversant le chevron avant encastrement dans l'ossature porteuse.

Crampon en L

Tire-fond ou vis auto-taraudeuse

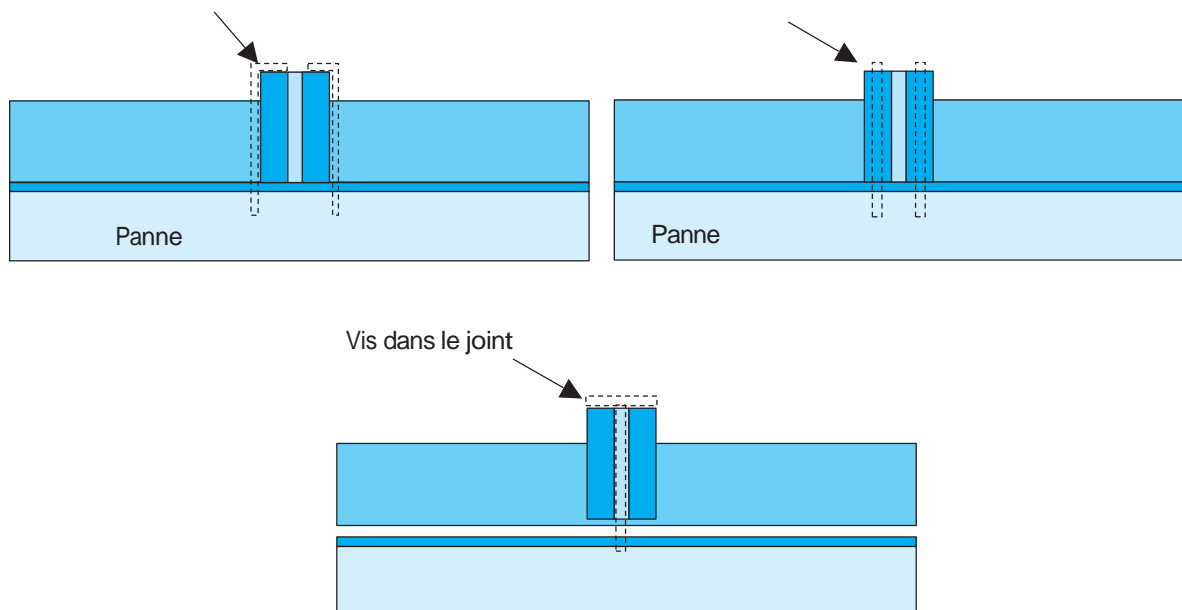


Figure 4 : Fixation des caissons sur les pannes par des crampons métalliques, tire-fond ou vis dans le joint

#### Hypothèses

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition ponctuels  $\chi$  (W/K) données ci-après, sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- crampons métalliques, vis :
  - section carrée de 5 mm de côté ou diamètre  $\leq 6,3$  mm ;
  - acier galvanisé ou acier inoxydable ;
- tire-fond, vis auto-taraudeuse ou vis dans le joint :
  - diamètre 8 mm ;
  - acier ;
- isolants thermiques :  $0,023 \leq \lambda \leq 0,045$  W/(m.K) ;
- épaisseur d'isolant : 80 à 250 mm ;
- fixations sur charpente bois ;
- parement intérieur : plaque de plâtre, lambris, panneaux de particules, panneaux OSB.



Tableau 18

	χ en W/K				
	Crampon métallique en L				Tire-fond, vis auto-taraudeuse ou vis dans le joint
	Avec remontée d'isolant le long des chevrons		Sans remontée d'isolant le long des chevrons		
Épaisseur d'isolant (mm)	Acier	Acier inoxydable	Acier	Acier inoxydable	Acier
80	0,004	0,002	0,005	0,003	0,005
150			0,004	0,002	
200	0,003	0,001		0,004	
250					

Interpolations linéaires possibles.

### 2.3.3.2 Renforts latéraux par lattes en bois ou tiges métalliques

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition linéiques  $\psi$  (W/K), données ci-après, sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- lattes en bois : section rectangle  $\leq 22 \times 32 \text{ mm}^2$  en résineux léger de masse volumique nominale  $\leq 500 \text{ kg/m}^3$  ( $\lambda_{\text{bois}} = 0,13 \text{ W/(m.K)}$ ) ;
- tiges métalliques : acier galvanisé, diamètre  $\leq 8 \text{ mm}$  ;
- isolants thermiques :  $0,023 \leq \lambda \leq 0,045 \text{ W/(m.K)}$  ;
- épaisseur d'isolant : 80 à 250 mm ;
- parement intérieur : plaque de plâtre, lambris, panneaux de particules, panneaux OSB.

Tableau 19

	$\psi$ en W/(m.K)	
Épaisseur d'isolant (mm)	Lattes bois	Tiges métalliques
80	0,004	0,000
150	0,001	
200		
250	0,000	

Interpolations linéaires possibles.

### 2.3.3.3 Chevron unique (cas des caissons à 3 ou 4 chevrons)

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition linéiques  $\psi$  (W/K), données ci-après, sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- chevrons en bois : largeur de 25 mm en résineux mi-lourd de masse volumique nominale  $500 < \rho_n \leq 600 \text{ kg/m}^3$  ( $\lambda_{\text{bois}} = 0,15 \text{ W/(m.K)}$ ) ;
- hauteur entre l'isolant et la partie supérieure du chevron :  $\geq 20 \text{ mm}$  ;
- isolants thermiques :  $0,023 \leq \lambda \leq 0,045 \text{ W/(m.K)}$  ;
- épaisseur d'isolant : 80 à 250 mm ;
- remontée d'isolant le long du chevron d'épaisseur 10 mm ;
- parement intérieur : tout type (plaque de plâtre, lambris, panneaux de particules, panneaux OSB).

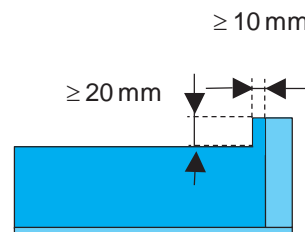


Figure 5

Tableau 20

Épaisseur d'isolant (mm)	$\psi$ en W/(m.K)					
	Avec remontée d'isolant le long des chevrons			Sans remontée d'isolant le long des chevrons		
	$\lambda_{\text{isolant}}$ (W/(m.K))			$\lambda_{\text{isolant}}$ (W/(m.K))		
	0,023	0,035	0,045	0,023	0,035	0,045
80	0,025	0,022	0,019	0,028	0,025	0,022
150	0,016	0,015	0,013	0,018	0,016	0,014
200	0,013	0,012	0,010	0,014	0,012	0,011
250	0,011	0,010	0,009	0,011	0,010	0,009

Interpolations linéaires possibles.

### 2.3.3.4 Jonction entre deux caissons

#### Hypothèses

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition linéiques  $\psi$  (W/K), données ci-après, sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- chevrons en bois : largeur inférieure ou égale à 27 mm en résineux mi-lourd de masse volumique nominale  $500 < \rho_n \leq 600 \text{ kg/m}^3$  ( $\lambda_{\text{bois}} = 0,15 \text{ W/(m.K)}$ ) ;
- hauteur entre l'isolant et la partie supérieure du chevron :  $\geq 20 \text{ mm}$  ;
- joint entre caissons : épaisseur de 10 à 25 mm ;
- conductivité thermique du joint : 0,035 à 0,050 W/(m.K) ;
- isolants thermiques :  $0,023 \leq \lambda \leq 0,045 \text{ W/(m.K)}$  ;
- épaisseur d'isolant : 80 à 250 mm ;
- remontée d'isolant le long du chevron d'épaisseur 10 mm ;
- parement intérieur : plaque de plâtre, lambris, panneaux de particules, panneaux OSB.

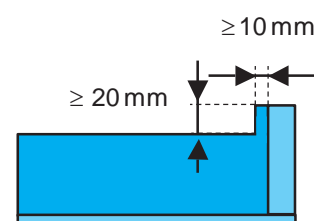


Figure 6

Tableau 21

Épaisseur d'isolant (mm)	$\psi$ en W/(m.K)					
	Avec remontée d'isolant le long des chevrons					
	$E_{\text{joint}} = 10 \text{ mm}$			$E_{\text{joint}} = 25 \text{ mm}$		
	$\lambda_{\text{isolant}}$ (W/(m.K))			$\lambda_{\text{isolant}}$ (W/(m.K))		
	0,023	0,035	0,045	0,023	0,035	0,045
80	0,053	0,044	0,037	0,055	0,045	0,037
150	0,035	0,031	0,027	0,037	0,032	0,027
200	0,029	0,025	0,022	0,030	0,026	0,022
250	0,024	0,021	0,018	0,025	0,022	0,019

Tableau 22

Épaisseur d'isolant (mm)	$\psi$ en W/(m.K)					
	Sans remontée d'isolant le long des chevrons					
	$E_{\text{joint}} = 10 \text{ mm}$			$E_{\text{joint}} = 25 \text{ mm}$		
	$\lambda_{\text{isolant}}$ (W/(m.K))			$\lambda_{\text{isolant}}$ (W/(m.K))		
	0,023	0,035	0,045	0,023	0,035	0,045
80	0,058	0,049	0,042	0,060	0,050	0,042
150	0,037	0,032	0,028	0,039	0,033	0,028
200	0,030	0,026	0,023	0,031	0,027	0,023
250	0,025	0,022	0,019	0,026	0,022	0,019

Interpolations linéaires possibles.

### ➤ Exemple

Calcul du coefficient  $U_p$  pour un caisson chevronné à trois chevrons.

Description du caisson :

- épaisseur d'isolant thermique = 200 mm ;
- conductivité thermique de l'isolant 0,035 W/(m.K) ;
- chevrons en bois de largeur 27 mm ;
- joint entre chevrons de 25 mm d'épaisseur ;
- fixation des caissons sur pannes bois avec crampons L en acier galvanisé ;
- pas de renforts latéraux ;
- pas de remontée d'isolant le long des chevrons ;
- entraxe des panneaux de 0,8 m ;
- entraxe des pannes de 1 m ;
- parement intérieur BA10.

Calcul du coefficient de transmission  $U_p$  :

$$U_p = U_c + \frac{\Psi_1}{E_1} + \frac{\Psi_2}{E_2} + n \times \chi + \frac{\Psi_3}{E_1} ;$$

$$U_c = 1 / (0,20 + (0,2 / 0,035) + (0,0095 / 0,25)) = 0,168 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} ;$$

$$\chi \text{ (crampon L acier)} = 0,004 \text{ W/K} ;$$

$$\Psi_1 \text{ (jonction entre caissons)} = 0,027 \text{ W/(m.K)} ;$$

$$\Psi_2 \text{ (renforts latéraux)} = 0 \text{ W/(m.K)} ;$$

$$\Psi_3 \text{ (chevron unique)} = 0,012 \text{ W/(m.K)} ;$$

$$n = \frac{3}{0,8 \times 1} = 3,75$$

$$U_p = 0,168 + \frac{0,027}{0,8} + \frac{0,012}{0,8} + 3,75 \times 0,004 = 0,23 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$$

## 2.4 Rampants isolés à l'aide de sarking

*Nota* : Cette technique est non traditionnelle. Par conséquent, ce paragraphe ne traite que de l'aspect thermique du procédé et ne préjuge en rien de son aptitude à l'emploi qui relève d'une procédure d'évaluation technique (Atec, DTA, ATex, etc.).

### 2.4.1 Description

La présente méthode s'applique aux rampants isolés par un procédé de sarking constitué comme décrit ci-après.

Système d'isolation sur charpente bois traditionnelles du type pannes et chevrons et qui comporte la mise en œuvre successive des éléments suivants :

- un parement intérieur ;
- un film pare-vapeur selon les règles d'emploi ;
- une ou deux couches d'isolant ;
- un écran de sous-toiture ou étanchéité complémentaire selon les règles d'emploi ;
- un contre-lattage support de couverture fixé aux chevrons par des fixations ponctuelles métalliques (tire-fond, vis, pointes torsadées ou pointes cannelées) traversant l'isolant et le parement intérieur.

## 2.4.2 Formule

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  d'un rampant isolé à l'aide d'un procédé de Sarking comme décrit précédemment, se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + n \times \chi;$$

où

$\chi$  est le coefficient de transmission ponctuel dû à une fixation ponctuelle métallique, en W/K ;

$n$  est le nombre de fixations ponctuelles par m<sup>2</sup> de paroi ;

$U_c$  est le coefficient de transmission thermique en partie courante du rampant, en W/(m<sup>2</sup>.K) :

$$U_c = \frac{1}{0,2 + R_p + \sum_i R_i};$$

où

$R_p$  résistance thermique du parement en m<sup>2</sup>.K/W ;

$R_i$  résistance thermique de l'isolant de la couche  $i$ , en m<sup>2</sup>.K/W.

Les coefficients  $\chi$  doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule Ponts thermiques. En l'absence de valeurs calculées numériquement, les valeurs par défaut ci-après peuvent être utilisées.

## 2.4.3 Valeurs par défaut concernant les fixations ponctuelles

Les contrelattes sont fixées aux chevrons par des fixations ponctuelles métalliques traversant une contrelatte, l'isolant et le parement intérieur.

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition ponctuels  $\chi$  (W/K), données ci-après, sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- tire-fond, vis, pointes en acier :
  - diamètre de tête = 20 mm ;
  - diamètre de fil de 5 à 8 mm ;
- isolants thermiques :  $0,023 \leq \lambda \leq 0,045$  W/(m.K) ;
- épaisseur d'isolation : 40 à 250 mm ;
- fixations sur charpente bois ;
- parement intérieur : plaque de plâtre, lambris, panneaux de particules, panneaux de contreplaqué, panneaux OSB.

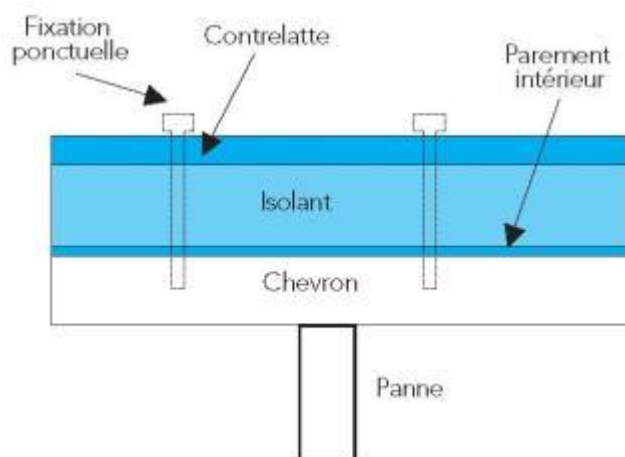


Figure 7 : Fixation du procédé de Sarking

Tableau 23

Épaisseur totale d'isolation (mm)	$\chi$ en W/K			
	Diamètre des fixations			
	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm
40	0,006	0,007	0,008	0,009
100	0,005	0,005	0,006	0,007
150	0,004	0,005	0,006	0,007
200	0,003	0,004	0,005	0,006
250	0,003	0,004	0,004	0,005

Interpolations linéaires possibles.

### ➤ Exemple

Calcul du coefficient  $U_p$  pour un rampant isolé à l'aide d'un Sarking.

Description de la paroi :

- épaisseur d'isolant thermique = 200 mm ;
- conductivité thermique de l'isolant 0,035 W/(m.K) ;
- fixation par pointes de diamètre 6 mm ;
- entraxe des chevrons de 0,6 m ;
- entraxe des fixations dans le sens des chevrons de 0,31 m ;
- parement intérieur en panneaux de particules de 12 mm.

Calcul du coefficient de transmission  $U_p$  :

$$U_p = U_c + n \times \chi ;$$

$$U_c = 1 / (0,20 + (0,2 / 0,035) + (0,012 / 0,18)) = 0,167 \text{ W/(m}^2\text{.K)} ;$$

$$\chi \text{ (Tire-fond)} = 0,004 \text{ W/K} ;$$

$$n = \frac{1}{0,6 \times 0,31} = 5,38 \text{ fixations par m}^2 \text{ de paroi.}$$

$$U_p = 0,167 + 5,38 \times 0,004 = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{.K)} ;$$

## 2.5 Rampants isolés à l'aide de panneaux sandwichs de couverture

*Nota* : cette technique est non traditionnelle. Par conséquent, ce paragraphe ne traite que de l'aspect thermique du procédé et ne préjuge en rien de son aptitude à l'emploi qui relève d'une procédure d'évaluation technique (Atec, DTA, ATex, etc.).

### 2.5.1 Domaine d'application

La présente méthode s'applique aux rampants isolés par un procédé de panneaux sandwichs bois constitué comme décrit ci-après : panneaux sandwichs bois manufacturés fixés sur les pannes et constitués par l'assemblage d'un parement extérieur avec lattes, d'un parement intérieur et d'un ou plusieurs isolants thermiques pris en sandwich entre les parements.

Dans certains cas, les panneaux sandwichs peuvent ne pas comporter de parement extérieur entre les lattes et l'isolant ou ne pas comporter de lattes.

### 2.5.2 Formule

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  d'un rampant isolé à l'aide d'un procédé de panneaux sandwichs bois comme décrit précédemment, se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \frac{\Psi_1}{E_1} + n \times \chi ;$$

où

- $\chi$  coefficient de transmission ponctuel dû à une fixation ponctuelle métallique, en W/K ;  
 $n$  nombre de fixations ponctuelles par m<sup>2</sup> de paroi ;  
 $\Psi_1$  coefficient de transmission linéique dû à la languette de fixation éventuelle entre deux panneaux, en W/(m.K) ;  
 $E_1$  entraxe des panneaux mis en œuvre, en m ;  
 $U_c$  coefficient de transmission thermique en partie courante du rampant, en W/(m<sup>2</sup>.K) :

$$U_c = \frac{1}{0,2 + R_{pi} + R_{pe} + \sum_i R_i} ;$$

où

$R_{pi}$  résistance thermique du parement côté intérieur, en  $m^2.K/W$ ,

$R_{pe}$  résistance thermique du parement côté extérieur, en  $m^2.K/W$ ,

$R_i$  résistance thermique de l'isolant de la couche  $i$ , en  $m^2.K/W$ ,

Les coefficients  $\psi_1$  et  $\chi$  doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule Ponts thermiques. En absence de valeurs calculées numériquement, les valeurs par défaut données ci-après peuvent être utilisées.

### 2.5.3 Valeurs par défaut $\psi_1$ à la jonction entre deux panneaux

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition linéiques  $\psi_1$  ( $W/(m.K)$ ) données ci-après sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- languettes de fixation en PVC ou en panneau de particules (12 mm x 40 mm) ;
- isolants thermiques :  $0,023 \leq \lambda \leq 0,045$   $W/(m.K)$  ;
- épaisseur totale d'isolation : 40 à 250 mm ;
- parement intérieur : plaque de plâtre, lambris, panneaux de particules, panneaux de contreplaqué, panneau OSB.

Tableau 24

Épaisseur totale d'isolation (mm)	$\psi_1$ en $W/(m.K)$
40	0,007
100	0,001
150	0,001
200 à 250	0,000

Interpolations linéaires possibles.

### 2.5.4 Valeurs par défaut $\chi$ concernant les systèmes de fixation par tire-fond, vis ou pointes

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition ponctuels  $\chi$  ( $W/K$ ) données ci-après sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- tire-fond, vis, pointes en acier :
  - diamètre de tête = 20 mm ;
  - diamètre de fil de 5 à 8 mm ;
  - rondelle acier de diamètre 40 mm ;
- isolants thermiques :  $0,023 \leq \lambda \leq 0,045$   $W/(m.K)$  ;
- épaisseur totale d'isolation : 40 à 250 mm ;
- fixations sur charpente bois ;
- parement intérieur : plaque de plâtre, lambris, panneaux de particules, panneaux de contreplaqué, panneau OSB.

Tableau 25

Épaisseur totale d'isolation (mm)	$\chi$ en W/K			
	Diamètre des fixations			
	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm
40	0,006	0,007	0,009	0,010
100	0,005	0,006	0,007	0,008
150	0,004	0,005	0,006	0,007
200	0,003	0,004	0,005	0,006
250	0,003	0,004	0,005	0,006

Interpolations linéaires possibles.

### ➤ Exemple

Calcul du coefficient  $U_p$  pour un rampant isolé à l'aide d'un panneau sandwich bois.

Description de la paroi :

- épaisseur d'isolant thermique = 150 mm ;
- conductivité thermique de l'isolant 0,035 W/(m.K) ;
- entraxe des panneaux mis en œuvre égal à 0,6 m ;
- parement intérieur en plaque de plâtre d'épaisseur 12,5 mm et de conductivité thermique 0,25 W/(m.K) ;
- parement extérieur en panneau de particules de 10 mm d'épaisseur de conductivité thermique 0,15 W/(m.K) ;
- fixation par pointes torsadées de diamètre 6 mm ;
- trois fixations par m<sup>2</sup>.

Calcul du coefficient de transmission  $U_p$  :

$$U_p = U_c + \frac{\Psi_1}{E_1} + n \times \chi ;$$

$$U_c = 1 / (0,20 + (0,0125 / 0,25) + (0,010 / 0,15) + (0,150 / 0,035)) = 0,217 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} ;$$

$$\Psi_1 \text{ (languette)} = 0,001 \text{ W/(m.K)} ;$$

$$\chi \text{ (Tire-fond)} = 0,005 \text{ W/K} ;$$

$$n = 3 \text{ fixations par m}^2 \text{ } U_p \text{ de paroi.}$$

$$U_p = 0,217 + \frac{0,001}{0,06} + 3 \times 0,005 = 0,23 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

### 3. TOITURES, COUVERTURES ET PLAFONDS

#### 3.1 Toitures, couvertures et plafonds à ossatures métalliques

Toiture à base de bac acier conforme au DTU 40.35, au DTU 43.3 ou aux règles professionnelles.

Les valeurs par défaut données ci-après des coefficients de déperdition linéique  $\psi$  (W/(m.K)) et  $\chi$  (W/K) tiennent compte des hypothèses suivantes, à moduler au cas par cas précisé dans chacun des paragraphes :

- isolants thermiques :
  - conductivité thermique de 0,037 à 0,042 W/(m.K) ;
  - résistance thermique de 1 à 4 m<sup>2</sup>.K/W ;
  - pincement éventuel de l'isolant par les pannes, fausse pannes, ou entretoises (épaisseur de l'isolant pincé donnée au cas par cas) ;
- profilés :
  - couverture extérieure et profilé éventuel intérieur en tôle nervurée d'épaisseur 0,63 à 1 mm ;
  - nervures de profondeur  $p$  comprises entre 40 et 70 mm. Entraxe des nervures  $E_n$  : 100 à 350 mm ;
- panne :
  - profils en I, épaisseur de l'âme courante 4 mm minimum ;
  - largeur des ailes  $l_p$  de 60 à 100 mm ;
  - entraxe  $E_p$  de 1,3 à 3 m ;
- fausse panne :
  - profils en « Oméga » ou en « Zed », d'épaisseur  $\geq 1,5$  mm ;
- entretoise ou étrier :
  - pièce en tôle d'acier en « Oméga » ou en « Zed » ;
  - largeur minimale 60 mm, hauteur comprise entre 40 et 70 mm avec une valeur courante de 70 mm ;
- vis de fixation :
  - diamètre 4 à 6,5 mm, et selon technologie.



3.1.1 Feutre tendu et grillage

Une seule couche d'isolant pincée entre la panne et la peau extérieure en tôle d'acier nervurée. Présence ou non d'un grillage en dessous de l'isolant. Ce procédé fait l'objet de la procédure d'Avis Technique.

Pincement de l'isolant au niveau de la panne = 10 mm.

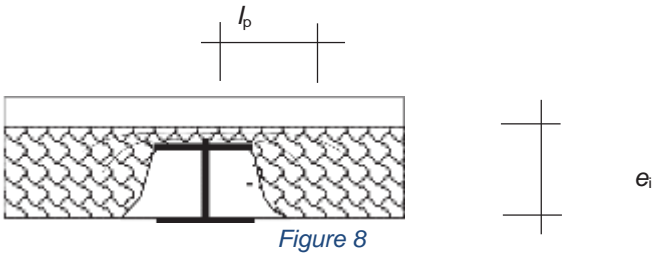


Tableau 26

Résistance isolant (m².K/W)	Entraxe panne (m)	ψ <sub>panne</sub> (W/(m.K))	χ <sub>vis</sub> (W/K)	ΔU (W/(m².K)) d ≤ 4 vis/m² <sup>(1)</sup>
2	1,3	0,26	0,027	0,31
	1,6			0,27
	2,2			0,23
3	1,3	0,29		0,33
	1,6			0,29
	2,2			0,24

Si les conditions imposées pour le calcul de ΔU ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les ψ et χ.

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre : ΔU = 0,33 W/(m².K).

3.1.2 Plafond simple couche d'isolant

Une couche d'isolant rigide interrompue par la panne. Maintien de l'isolant par un support constitué d'un profilé acier en T.

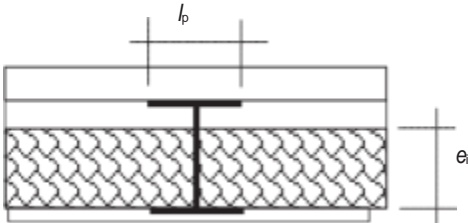


Figure 9

Tableau 27 : Configuration de toiture : présence d'une peau extérieure en tôle d'acier nervurée

Entraxe panne (m)	ψ <sub>panne</sub> (W/(m.K))	ψ <sub>support</sub> (W/(m.K))	ΔU (W/(m².K)) E <sub>support</sub> ≥ 1,2 mm <sup>(1)</sup>
1,325	0,42	0,012	0,32
2			0,22
2,25			0,20

1. Si les conditions imposées pour le calcul de ΔU ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les ψ et χ.

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre : ΔU = 0,32 W/(m².K).

Tableau 28 : Configuration de plafond suspendu : pas de peau extérieure

Entraxe panne (m)	$\Psi_{\text{panne}}$ (W/(m.K))	$\Psi_{\text{support}}$ (W/(m.K))	$\Delta U$ (W/(m².K)) $E_{\text{support}} \geq 1,2 \text{ m}^{(1)}$
1,325	0,33	0,012	0,26
2			0,18
2,25			0,16
1. Si les conditions imposées pour le calcul de $\Delta U$ ne sont pas remplies, un calcul détaillé avec les $\psi$ et $\chi$ s'impose.			

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre :  $\Delta U = 0,26 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ .

### 3.1.3 Toiture double couche d'isolant

Deux couches d'isolant : une interrompue par la panne avec ossature secondaire de support de l'isolant en T et l'autre pincée entre la panne et la peau extérieure.

Pincement de l'isolant au niveau de la panne = 10 mm.

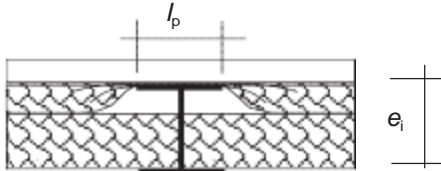


Figure 10

Tableau 29

Résistance isolant (m².K/W)	Entraxe panne (m)	$\Psi_{\text{panne}}$ (W/(m.K))	$\Psi_{\text{support}}$ (W/(m.K))	$\chi_{\text{vis}}$ (W/K)		$\Delta U$ (W/(m².K))
						$d \leq 4 \text{ vis/m}^2$
3,25	1,325	0,13	0,005	0,014		0,16
	2					0,13
	2,25					0,12
3,75	1,325	0,11	0,004			0,14
	2					0,11
	2,25					0,11

1. Si les conditions imposées pour le calcul de  $\Delta U$  ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les  $\Psi$  et  $\chi$ .

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre :  $\Delta U = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ .

### 3.1.4 Toiture avec isolant support d'étanchéité sur bac acier selon DTU 43.3

Isolant posé sur tôle d'acier nervurée. Revêtement d'étanchéité mis en œuvre sur l'isolant. Ce procédé fait l'objet de la procédure de document technique d'application.

Fixations métalliques de diamètre 4,8 mm ou 6,3 mm.

Conductivité de l'isolant pour ce procédé particulier de 0,022 à 0,042 W/(m.K).

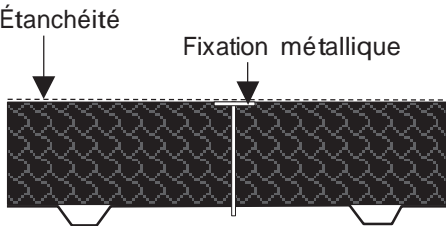


Figure 11

Tableau 30

Diamètre des vis (mm)	Densité de fixation d (/m <sup>2</sup> )	$\chi_{vis}$ (W/K)	$\Delta U$ (W/(m <sup>2</sup> .K))
4,8	5	0,006	0,03
	6		0,04
	8		0,05
	10		0,06
	12		0,07
6,3	5	0,008	0,04
	6		0,05
	8		0,06
	10		0,08
	12		0,10

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre :  $\Delta U = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ .

### 3.1.5 Couverture double peau à trame parallèle selon DTU 40.35

#### 3.1.5.1 Fausse panne directement posée sur bac acier

Première couche isolante interrompue par la fausse panne.

Deuxième couche isolante déroulée sur la fausse panne.

Pincement de l'isolant au niveau de la fausse panne = 5 mm.

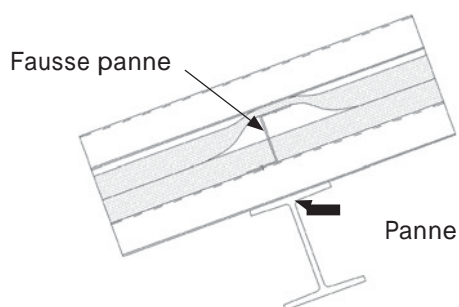


Figure 12

Tableau 31

Résistance isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	Entraxe fausse panne (m)	ψ <sub>fausse panne</sub> (W/(m.K))	ψ <sub>nerveure</sub> (W/(m.K))	χ <sub>vis</sub> (W/K)	ΔU (W/(m <sup>2</sup> .K)) d ≤ 4 vis/m <sup>2</sup> E <sub>nerveures</sub> ≥ 0,25 m <sup>(1)</sup>
2,5	2,5	0,18	0,028	0,009	0,22
	3				0,21
3	2,5	0,19	0,019	0,008	0,18
	3				0,17

Si les conditions imposées pour le calcul de ΔU ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les ψ et χ.

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre : ΔU = 0,22 W/(m<sup>2</sup>.K).

### 3.1.5.2 Fausse panne posée sur entretoise, cas 1

Une seule couche isolante déroulée sur le bac acier et pincée sous l'entretoise.

Pincement de l'isolant au niveau de la fausse panne = 5 mm.

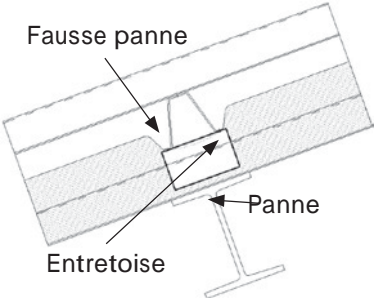


Figure 13

Tableau 32

Résistance isolant (m².K/W)	Entraxe fausse panne (m)	Espacement entretoise (m)	Ψ <sub>fausse panne</sub> (W/(m.K))	Ψ <sub>nerveure</sub> (W/(m.K))	χ <sub>entretoise</sub> (W/K)	$\Delta U$ (W/(m².K)) $E_{nerveures} \geq 0,25$ mm <sup>(1)</sup>
2,5	2,5	1	0,062	0,024	0,11	0,17
		1,5				0,15
	3	1				0,15
		1,5				0,14
3	2,5	1	0,078	0,016		0,14
		1,5				0,13
	3	1				0,13
		1,5				0,12
Si les conditions imposées pour le calcul de ΔU ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les ψ et χ.						

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre : ΔU = 0,17 W/(m<sup>2</sup>.K).

### 3.1.5.3 Fausse panne posée sur entretoise, cas 2

Une seule couche isolante déroulée sur le bac acier et interrompue par l'entretoise.

Réduction d'épaisseur de l'isolant au droit de la fausse panne.

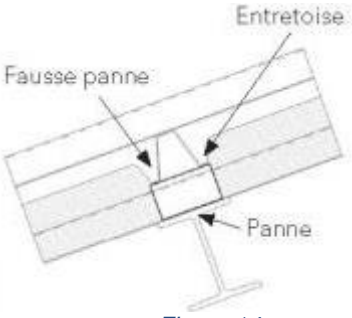


Figure 14

Tableau 33

Résistance isolant (m².K/W)	Entraxe fausse panne (m)	Espacement entretoise (m)	Ψ <sub>fausse panne</sub> (W/(m.K))	Ψ <sub>nervure</sub> (W/(m.K))	χ <sub>entretoise</sub> (W/K)		ΔU (W/(m².K)) E <sub>nervures</sub> ≥ 0,25 m <sup>(1)</sup>
2,5	2,5	1	0,082	0,024	0,19		0,21
		1,5					0,18
	3	1					0,19
		1,5					0,17
3	2,5	1	0,097	0,016			0,18
		1,5					0,16
	3	1					0,16
		1,5					0,14
Si les conditions imposées pour le calcul de ΔU ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les ψ et χ.							

Si les conditions imposées pour le calcul de  $\Delta U$  ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les  $\psi$  et  $\chi$ .

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre :  $\Delta U = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ .

### 3.1.5.4 Fausse panne posée sur entretoise, cas 3

Une seule couche isolante déroulée sur le bac acier et pincée entre la fausse panne et la peau extérieure.

Pincement de l'isolant au niveau de la fausse panne = 5 mm.

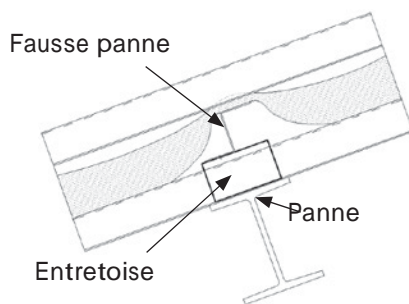


Figure 15

Tableau 34

Résistance isolant (m <sup>2</sup> .K/W)	Entraxe fausse panne (m)	Espacement entretoise (m)	$\psi_{\text{fausse panne}}$ (W/(m.K))	$\psi_{\text{nervure}}$ (W/(m.K))	$\chi_{\text{entretoise}}$ (W/K)	$\Delta U$ (W/(m <sup>2</sup> .K)) $E_{\text{nervures}} \geq 0,25 \text{ m}^{(1)}$
2,5	2,5	1	0,38	0,025	0,036	0,27
		1,5				0,26
	3	1				0,24
		1,5				0,24
3	2,5	1	0,37	0,017	0,030	0,23
		1,5				0,23
	3	1				0,20
		1,5				0,20

Si les conditions imposées pour le calcul de  $\Delta U$  ne sont pas remplies, faire un calcul détaillé avec les  $\psi$  et  $\chi$ .

En l'absence de données suffisantes pour utiliser le tableau, prendre :  $\Delta U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ .

## 3.2 Toitures terrasses à ossatures à ossatures bois

### 3.2.1 Description

L'isolant est placé entre des solives massives ou des solives composites avec un complément d'isolation placé au dessus.

### 3.2.2 Formule

Le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  d'un plancher bas à ossature bois se calcule de la formule suivante :

$$U_p = U_c + \frac{\Psi_{solives}}{E_{solives}} + \frac{\Psi_{rails}}{E_{rails}} + n \cdot \chi_{suspentes} \text{ ou } U_c + \Delta U$$

Avec

$U_c$  coefficient de transmission thermique en partie courante du plancher, en  $W/(m^2.K)$  :

$$U_c = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \sum_i R_i}$$

Avec

$R_{se}$  résistance superficielle extérieure en  $m^2.K/W$

$R_{si}$  résistance superficielle intérieure en  $m^2.K/W$

$R_i$  résistance thermique de la couche  $i$ , en  $m^2.K/W$

$\Psi_{solives}$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré induit par les solives, exprimé en  $W/(m.K)$  ;

$E_{solives}$  est l'entraxe entre les solives, exprimé en m

$\Psi_{rails}$  est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré induit par les rails, exprimé en  $W/(m.K)$  ;

$E_{rails}$  est l'entraxe entre les rails, exprimé en m ;

$\chi_{suspentes}$  est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré induit par les suspentes, exprimée en  $W/K$ .

$n$  est le nombre de suspentes par  $m^2$  de paroi.

### 3.2.3 Valeurs tabulées

En l'absence de valeurs calculées précisément conformément à la méthode de calcul détaillée dans le fascicule – ponts thermiques des règles Th-bât ou conformément à la norme NF EN ISO 10211, les valeurs donnés dans les tableaux ci-après peuvent être utilisées.

Les valeurs peuvent être utilisées dans la limite de validité suivante :

- Isolation de conductivité thermique  $0,030 \leq \lambda \leq 0,050 W/(m.K)$
- Suspente de section inférieure ou égale à  $20 \times 2 \text{ mm}$

### 3.2.3.1 Plancher haut de toiture terrasse à solivage massif isolé entre solives et au-dessus :

Tableau 35

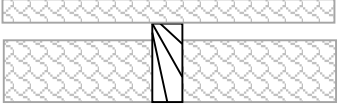
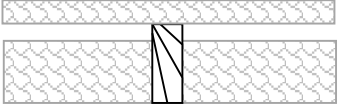
Isolation entre solives + complément d'isolant 100 mm 	Epaisseur d'isolant	Hauteur solives 220 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		Hauteur solives 270 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Solive 45 mm	Solive 75 mm	Solive 45 mm	Solive 75 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,009	0,014	0,009	0,014	0,0006	0,0006
	250 mm	/	/			0,0005	0,0004
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,005	0,008	0,005	0,008	0,0005	0,0006
	250 mm	/	/			0,0004	0,0004

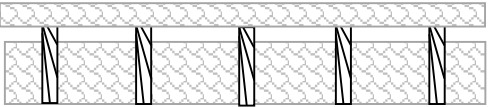
Tableau 36

Isolation entre solives + complément d'isolant 200 mm 	Epaisseur d'isolant	Hauteur solives 220 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		Hauteur solives 270 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Solive 45 mm	Solive 75 mm	Solive 45 mm	Solive 75 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,005	0,008	0,005	0,008	0,0003	
	250 mm	/	/				
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	200 mm	0,003	0,005	0,003	0,005		
	250 mm	/	/	0,003	0,005		

#### Exemple $\Delta U$ :

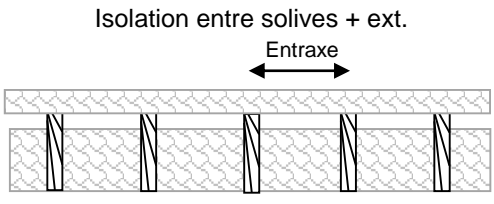
Les solives ont une section de 45\*220 mm :

Tableau 37

Isolation entre solives + ext. Entraxe 	Epaisseur d'isolant de l'intérieur vers l'extérieur	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	200 + 100 mm	0,03	0,03
	200 + 200 mm	0,01	0,01
	250 + 100 mm	0,03	0,02
	250 + 200 mm	0,01	0,01
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	200 + 100 mm	0,02	0,02
	200 + 200 mm	0,01	0,01
	250 + 100 mm	0,01	0,01
	250 + 200 mm	0,01	0,01

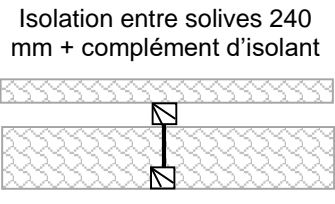
Les solives ont une section de 75\*270 mm :

Tableau 38

	Epaisseur d'isolant de l'intérieur vers l'extérieur	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18$ W/(m.K)	200 + 100 mm	0,04	0,04
	200 + 200 mm	0,02	0,02
	250 + 100 mm	0,04	0,04
	250 + 200 mm	0,02	0,02
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11$ W/(m.K)	200 + 100 mm	0,02	0,02
	200 + 200 mm	0,01	0,01
	250 + 100 mm	0,02	0,02
	250 + 200 mm	0,01	0,01

### 3.2.3.2 Plancher haut de toiture terrasse à solivage composite isolé entre solives et au-dessus :

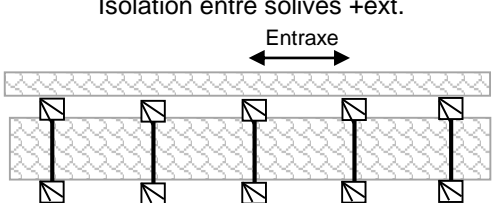
Tableau 39

	Epaisseur d'isolant	Hauteur solives 270 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		Hauteur solives 330 mm $\Psi_{\text{entrait}}$ en W/(m.K)		$\chi_{\text{suspente}}$ en W/K	$\Psi_{\text{rail}}$ en W/(m.K)
		Solive 45 mm	Solive 75 mm	Solive 45 mm	Solive 75 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18$ W/(m.K)	100 mm	0,003	0,004	0,003	0,004	0,0001	0,0005
	200 mm	0,002				0,0000	0,0003
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11$ W/(m.K)	100 mm	0,002	0,003	0,002	0,003	0,0001	0,0005
	200 mm	0,001	0,002	0,001	0,002	0,0000	0,0003

Exemple  $\Delta U$  :

Les solives ont une section de 45\*270 mm :

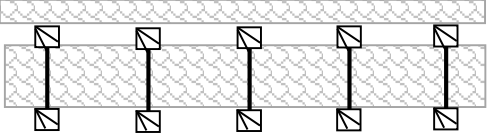
Tableau 40

	Epaisseur d'isolant de l'intérieur vers l'extérieur	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18$ W/(m.K)	240 + 100 mm	0,01	
	240 + 200 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11$ W/(m.K)	240 + 100 mm	0,00	
	240 + 200 mm		



Les solives ont une section de 75\*330 mm :

Tableau 41

<div>Isolation entre solives +ext.</div> <div>Entraxe</div> <div></div>	Epaisseur d'isolant de l'intérieur vers l'extérieur	$\Delta U$ en W/(m².K)	
		Entraxe 400 mm	Entraxe 600 mm
$\lambda_{\text{bois}} = 0.18 \text{ W/(m.K)}$	240 + 100 mm	0,01	
	240 + 200 mm		
$\lambda_{\text{bois}} = 0.11 \text{ W/(m.K)}$	240 + 100 mm		
	240 + 200 mm		