

3.9.2 Ponts thermiques intégrés courants présents dans les systèmes d'isolation par l'extérieur des murs

3.9.2.1 Méthode générale

Le coefficient de transmission thermique surfacique U_p d'une paroi intégrant un système d'isolation par l'extérieur à base de bardage ventilé ou d'enduit sur isolant se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \sum_i \frac{\psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j ;$$

où

U_c est le coefficient de transmission thermique surfacique en partie courante, en $W/(m^2.K)$;

ψ_i est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré i , en $W/(m.K)$;

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

n est le nombre de ponts thermiques ponctuels par m^2 de paroi. Pour les systèmes d'enduit sur isolant, la valeur courante de n est égale à 10 ;

χ_j est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré j , en W/K .

Les coefficients ψ et χ doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule 5 (Ponts thermiques). En absence de valeurs calculées numériquement, les valeurs par défaut données ci-après peuvent être utilisées.

3.9.2.2 Valeurs tabulées ψ et χ

3.9.2.2.1 Systèmes de bardages rapportés sur ossature bois ou métallique

Bardages rapportés sur une ossature secondaire fixée mécaniquement au mur support par des pattes équerres. L'isolant est maintenu sur le mur par des fixations ponctuelles généralement en matière plastique. Cette technique comporte une lame d'air fortement ventilée entre l'isolant et le parement extérieur. Un profilé métallique de fractionnement de la lame d'air peut être mis en place selon l'usage du bâtiment et sa hauteur.

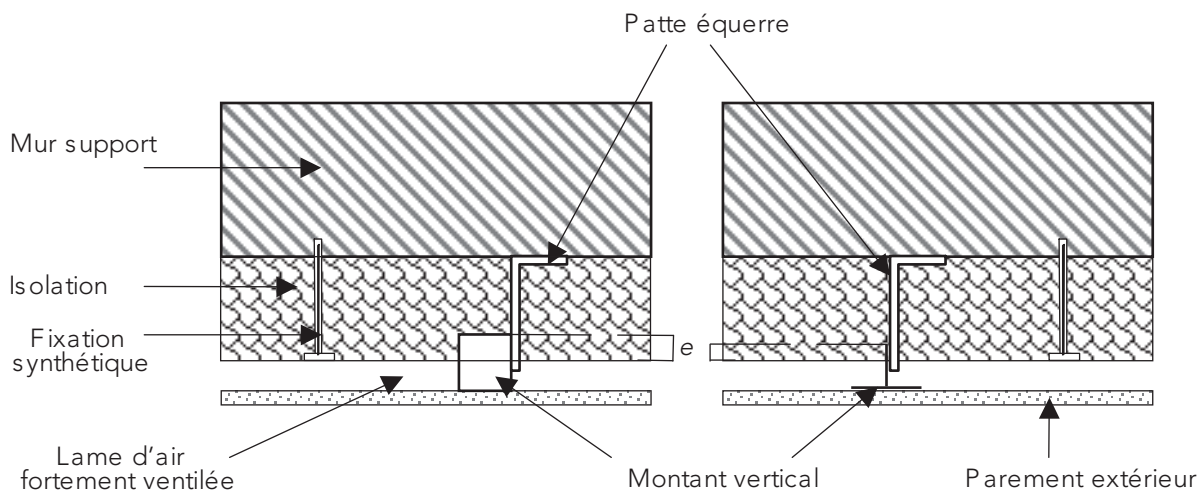


Figure 56 : Principe du bardage rapporté (coupe horizontale)

3.9.2.2.1.1 Hypothèses

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition linéique ψ (W/(m.K)) et χ (W/K) données ci-après sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- mur support : béton, maçonnerie courante ;
- isolants thermiques : $0,029 \leq \lambda \leq 0,05$ W/(m.K) ;
- bois : feuillus mi-lourd $\rho \leq 865$ kg/m³ ou résineux lourd $\rho \leq 700$ kg/m³ ;
- patte équerre : acier ou alliage d'aluminium selon le type de montant ;
- montant : chevron (section rectangulaire $\leq 80 \times 80$ mm) ou en alliage d'aluminium (profilé en T d'épaisseur 2,5 mm) ;
- épaisseur d'isolant traversée par le montant :
 - ossature bois : $e \leq 60$ mm,
 - ossature métallique : $e \leq 30$ mm ;
- isolant fixé ponctuellement par des fixations synthétiques (ex. : plastique) sans éléments métalliques.

3.9.2.2.1.2 Valeurs par défaut

Tableau LXVI

Épaisseur isolation	Coefficient χ des pattes équerres en W/K			
	Montant et patte en alliage d'aluminium		Chevron avec patte en acier	
	Section transversale des pattes équerres au niveau de l'isolant			
	100 mm ²	450 mm ²	100 mm ²	450 mm ²
50 mm	0,093	0,230	0,020	0,053
100 mm	0,083	0,212	0,018	0,050
200 mm	0,057	0,174	0,014	0,045
250 mm	0,049	0,157	0,012	0,041
300 mm	0,043	0,140	0,011	0,038
	Valeurs calculées pour $e = 30$ mm		Valeurs calculées pour $e = 60$ mm	

Interpolations linéaires possibles.

Extrapolations linéaires possibles pour des sections de pattes équerres ≤ 600 mm² et pour des épaisseurs d'isolant ≤ 400 mm.

Tableau LXVII

Toutes épaisseurs d'isolant	Coefficient χ des chevilles synthétiques en W/K
	0,0

Tableau LXVIII

Épaisseur isolation	Coefficient Ψ des ponts thermiques linéaires (en W/m.K)		
	Montant et patte en aluminium	Chevron avec patte en acier	Profilé métallique de fractionnement
50 mm	0,004	0,015	1,06
100 mm	0,003	0,012	1,00
200 mm	0,002	0,007	0,85
250 mm	0,001	0,005	0,80
300 mm	0,0	0,002	0,75

Interpolations et extrapolations linéaires possibles pour des épaisseurs d'isolant comprises entre 50 et 400 mm.

3.9.2.2.1.3 Exemple

Calcul du coefficient U_p pour un bardage en bois.

Description de la paroi :

- mur en béton d'épaisseur = 180 mm ;
- chevrons en bois ;
- entraxe horizontal des montants = 600 mm ;
- entraxe vertical des pattes équerres = 1 350 mm ;
- patte équerre en acier, section = 100 mm² ;
- première couche d'isolant derrière montants : $e_1 = 90$ mm, $\lambda_1 = 0,04$ W/(m.K) ;
- deuxième couche d'isolant entre montants : $e_2 = 60$ mm, $\lambda_2 = 0,04$ W/(m.K) ;
- pas de profilé de fractionnement de la lame d'air.

$$U_p = U_c + \sum_i \frac{\Psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j ;$$

- Calcul du coefficient de transmission U_p :

$$U_c = 1 / (0,26 + (0,15 / 0,04) + (0,18 / 2)) = 0,244 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\Psi \text{ (chevron bois)} = 0,01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\chi \text{ (patte équerre acier)} = 0,016 \text{ W}/\text{K}$$

$$n = 1 / (0,6 \times 1,35) = 1,2 \text{ patte}/\text{m}^2$$

$$U_p = 0,244 + \frac{0,01}{0,6} + 1,2 \times 0,016 = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

3.9.2.2.2 Systèmes d'enduit sur isolant

L'isolant est fixé au mur porteur avant d'être recouvert d'un enduit extérieur. La fixation de l'isolant sur le mur support est réalisée soit par collage direct seul soit par calage associé à des fixations ponctuelles (clou avec cheville synthétique) ou encore par emboîtement sur des profilés synthétiques.

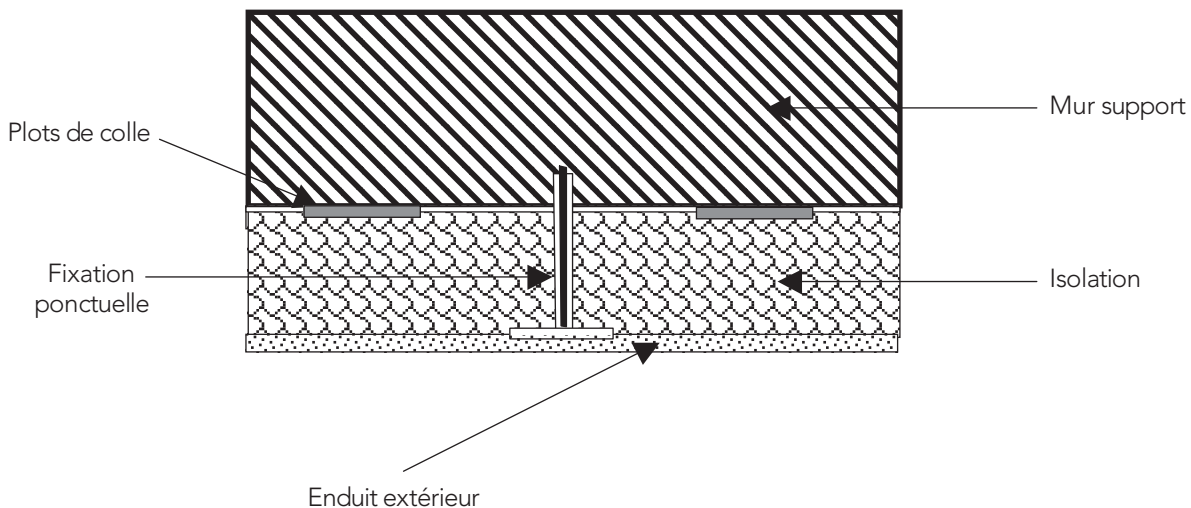


Figure 57 : Enduit sur isolant chevillé

3.9.2.2.2.1 Hypothèses

- Mur support : béton, maçonnerie courante ;
- isolants thermiques : $0,029 \leq \lambda \leq 0,05 \text{ W/(m.K)}$;
- isolant chevillé :
 - clou métallique de fixation, diamètre = 4 à 6 mm,
 - clou synthétique, tous diamètres courants ;
- isolant fixé sur rails :
 - rails en matière synthétique.

3.9.2.2.2.2 Valeurs par défaut

Tableau LXIX

Épaisseur isolation	Coefficient χ en W/K			Coefficient Ψ en W/(m.K)	
	Isolant chevillé		Clou synthétique	Isolant collé	Isolant chevillé, collé ou fixé mécaniquement sur des rails synthétiques
	Clou en acier galvanisé	Clou en acier inox		Plots de colle	
50 mm	0,004	0,002	0	0	0
100 mm	0,003	0,002			
200 mm	0,003	0,001			
250 mm	0,003	0,001			
300 mm	0,003	0,001			

Interpolations et extrapolations possibles pour des épaisseurs d'isolant comprises entre 50 et 400 mm.

3.9.2.2.2.3 Exemple

Calcul du coefficient U_p pour un système d'enduit sur isolant chevillé.

Description de la paroi :

- mur en béton d'épaisseur = 180 mm ;
- clous en acier galvanisé ;
- densité des clous/m² = 10 ;
- diamètre des clous = 5 mm ;
- isolant : $e = 150 \text{ mm}$, $\lambda = 0,04 \text{ W/(m.K)}$.

Calcul du coefficient de transmission U_p :

$$U_p = U_c + \sum_i \frac{\Psi_i}{E_i} + n \cdot \chi ;$$

$$U_c = 1 / (0,17 + (0,15 / 0,04) + (0,18 / 2)) = 0,249 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

$$\chi = 0,003 \text{ W/K}$$

$$\Psi_i = 0 \text{ W/(m.K)}$$

$$n = 10$$

$$U_p = 0,249 + 10 \times 0,003 = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$