

Règles Th-bat – Ponts thermiques

Publié le 20 décembre 2017

Sommaire

1. Introduction.....	3	3.5 – Liaisons courantes entre menuiserie et parois opaques	26
1.1 Domaine d’application	3		
1.2 Références normatives.....	3		
1.3. – Définitions, symboles et indices	3		
1.3.1 Définitions	Erreur ! Signet non défini.		
1.3.2 - Symboles	5		
1.3.3 Indices.....	5		
2. Méthodes de calcul des ponts thermiques	6		
2.1- Définition du pont thermique	6		
2.2- Types de ponts thermiques.....	6		
2.3- Procédure de calcul.....	6		
2.3.1- Calcul numérique des ponts thermiques	6		
2.3.2 - La modélisation de la géométrie..	7		
2.3.3 - Le maillage.....	7		
2.3.4 - Les caractéristiques thermiques des matériaux.....	7		
2.3.5 - Les conditions aux limites	8		
2.3.6 - Le calcul numérique et l’exploitation des résultats	8		
2.2- Facteurs solaires.....	11		
3. Valeurs par défauts	15		
3.1 - Liaisons courantes avec un plancher bas	17		
3.2 – Liaisons courantes avec un plancher intermédiaire	22		
3.3 - Liaisons courantes avec un plancher haut	23		
3.4 – Liaisons courantes entre parois verticales	25		

1. Introduction

Ce fascicule décrit les principes de la méthode de calcul des ponts thermiques et contient des valeurs par défaut, calculées conformément à ladite méthode et aux normes correspondantes citées au § 1.2.

Les déperditions à travers les ponts thermiques linéaires se calculent en pondérant les coefficients linéiques par leurs linéaires correspondants déterminés à partir des dimensions intérieures des locaux.

Les déperditions à travers les ponts thermiques ponctuels se calculent en pondérant les coefficients ponctuels par leurs nombres respectifs.

De plus amples informations concernant la prise en compte des ponts thermiques sont données dans le chapitre « Généralités » des Règles Th-U.

1.1 Domaine d'application

Le présent fascicule fournit les méthodes de calcul pour les ponts thermiques à prendre en compte dans le cadre d'un calcul réglementaire de consommation ou de confort d'été.

Il fournit des valeurs par défaut de ponts thermiques pour des configurations courantes qui peuvent être utilisées pour la caractérisation thermique des bâtiments neufs en l'absence d'un calcul précis réalisé conformément à la méthode générale donnée au §2.3.1 du présent fascicule.

1.2 Références normatives

- **NF EN ISO 10211** : Ponts thermiques dans le bâtiment - Flux thermiques et températures superficielles - calculs détaillés.
- **NF EN ISO 13370** : Performance thermique des bâtiments - transfert de chaleur par le sol - méthodes de calcul.
- **NF EN ISO 6946** : Composants et parois de bâtiments – Résistance thermique et coefficient de transmission thermique – Méthode de calcul

1.3. – Définitions, symboles et indices

1.3.1 Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent :

- **Flux thermique ϕ en W** : Quantité de chaleur transmise à (ou fournie) par un système, divisée par le temps.
- **Densité surfacique (ou linéique) du flux thermique ϕ , en W/m^2 (ou W/m)** : Flux thermique par unité de surface (ou par unité de longueur).
- **Plancher bas** : paroi horizontale donnant sur un local chauffé uniquement sur sa face supérieure.
- **Plancher intermédiaire** : Paroi horizontale donnant, sur ses faces inférieure et supérieure, sur des locaux chauffés.
- **Plancher haut** : Paroi horizontale donnant sur un local chauffé uniquement sur sa face inférieure.
- **Local chauffé** : Local dont la température normale en période d'occupation est supérieure à 12°C.
- **Liaisons périphériques** : Liaisons situées au pourtour d'un plancher donné.
- **Liaisons intermédiaires** : Liaisons situées à l'intérieur du pourtour d'un plancher donné.
- **Coefficient linéique ψ** : Coefficient qui exprime les déperditions dues à un pont thermique linéaire en W par K, par mètre linéaire.

- **Coefficient ponctuel χ** : Coefficient qui exprime les déperditions dues à un pont thermique ponctuel en W par K.
- **Isolation par l'intérieur** : Isolation par une couche isolante appliquée du côté intérieur sur une paroi verticale de l'enveloppe.
- **Isolation par l'extérieur** : Isolation par une couche isolante appliquée du côté extérieur sur une paroi verticale de l'enveloppe.
- **Isolation répartie** : Isolation assurée exclusivement par l'épaisseur de la partie porteuse de la paroi (ex : blocs à perforations verticales en terre cuite, blocs en béton cellulaire).
- **Conductivité thermique équivalente** : Rapport de la résistance thermique d'une paroi sur son épaisseur, en W/(m.K)
- **Maçonnerie courante** : Maçonnerie couramment utilisée (à base de béton ou de terre cuite) de conductivité thermique équivalente $\lambda_e \geq 0.7$ W/(m.K)
- **Maçonnerie isolante type a** : Maçonnerie à isolation répartie de conductivité thermique équivalente $\lambda_e \leq 0.2$ W/(m.K)
- **Maçonnerie isolante type b** : Maçonnerie à isolation répartie de conductivité thermique équivalente $0.2 < \lambda_e < 0.4$ W/(m.K)
- **Plancher en béton plein** : Dalle de béton ou plancher préfabriquée en béton plein avec prédalle.
- **Valeurs tabulées** : valeurs obtenues par application directe des méthodes et valables dans les plages de donnée d'entrée utilisées pour l'application des méthodes,
- **Valeurs par défaut** : valeurs sécuritaires à utiliser comme caractéristique thermique utile pour le bâtiment neuf ou rénové en absence de valeur déclarée et sans justification particulière,

1.3.2 - Symboles

Symbole	Grandeur	Unité
ϕ	Flux thermique total à travers un système donné	W
φ	Flux thermique par unité de longueur	W/m
U	Coefficient de transmission surfacique	W/(m ² .K)
ψ	Coefficient de transmission linéique	W/(m.K)
χ	Coefficient de transmission ponctuel	W/K
T	Température	K
ΔT	Différence de température entre deux ambiances	K
R_{si}	Résistance thermique superficielle intérieure	m ² .K/W
R_{se}	Résistance thermique superficielle extérieure	m ² .K/W
λ	Conductivité thermique	W/(m.K)
A	Surface	m ²
L	Longueur ou largeur	m
e	Epaisseur	m
h	Hauteur	m
z	Profondeur du sol extérieur par rapport au nu supérieur du plancher, compté négativement lorsque le plancher est plus bas que le sol et positivement dans le cas contraire	m
R_c	Résistance thermique de la correction isolante insérée entre le plancher sur terre plein et le mur	m ² .K/W
R_{sc}	Résistance thermique de la couche d'isolant sous chape flottante	m ² .K/W
d	Recouvrement de l'isolation sous plancher par l'isolation du mur, compté positivement vers le haut à partir de la face inférieure de l'isolant sous plancher	m
r_p	Retombée de poutre	m
l_f	Largeur de la feuillure ou distance entre le fond de feuillure et le bord du tableau	cm
l_p	Largeur de la surface de contact entre le dormant de menuiserie et un refend traversant	cm
TC	Terre Cuite	
BC	Béton Cellulaire	
2D	Deux dimensions	
3D	Trois dimensions	
1D	Monodimensionnel	

1.3.3 Indices

i	Intérieur
e	Extérieur ou LNC
p	Plancher
m	Mur
r	Refend
c	chaînage
po	Poutre
f	Feuillure
C	Consommation
E	Confort d'été

2. Méthodes de calcul des ponts thermiques

2.1- Définition du pont thermique

Un pont thermique est une partie de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est modifiée de façon sensible par :

a - la pénétration totale ou partielle de l'enveloppe du bâtiment par des matériaux ayant une conductivité thermique différente comme par exemple les systèmes d'attaches métalliques qui traversent une couche isolante.

Et/ou

b - un changement local de l'épaisseur des matériaux de la paroi ce qui revient à changer localement la résistance thermique.

Et/ou

c - une différence entre les surfaces intérieure et extérieure, comme il s'en produit aux liaisons entre parois.

Les ponts thermiques entraînent des déperditions supplémentaires qui peuvent dépasser, pour certains bâtiments, 40 % des déperditions thermiques totales à travers l'enveloppe.

Un autre effet néfaste des ponts thermiques, souvent négligé, est le risque de condensation superficielle côté intérieur dans le cas où il y a abaissement des températures superficielles à l'endroit du pont thermique.

La norme NF EN ISO 10211 décrit la méthode de calcul des ponts thermiques et des températures superficielles intérieures.

2.2- Types de ponts thermiques

Il existe principalement deux types de ponts thermiques :

1 - les ponts thermiques linéaires ou 2D caractérisés par un coefficient linéique ψ exprimé en $W/(m.K)$ (exemple : liaison en partie courante entre un plancher et un mur extérieur).

La déperdition en W/K à travers un pont thermique linéaire se calcule en multipliant le coefficient linéique par son linéaire exprimé en mètre.

2 - les ponts thermiques ponctuels ou 3D caractérisés par un coefficient ponctuel χ exprimé en W/K (exemple : liaison entre un plancher et deux murs perpendiculaires de façade).

Le coefficient ponctuel exprime la déperdition en W/K à travers le pont thermique en question

2.3- Procédure de calcul

2.3.1- Calcul numérique des ponts thermiques

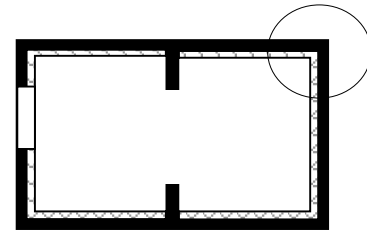
On se limite ici à une description succincte de la méthode de calcul numérique des coefficients de déperdition des ponts thermiques. Pour plus de détail se référer aux normes citées au § I.1.

Le calcul d'un pont thermique conformément aux normes européennes nécessite l'utilisation de méthodes à résolution numérique comme les méthodes aux éléments finis ou aux différences finies.

Les programmes de calcul doivent être vérifiés conformément à l'annexe A de NF EN ISO 10211.

2.3.2 - La modélisation de la géométrie

La modélisation du bâtiment dans son intégralité par un seul modèle est une opération lourde et coûteuse à la fois d'où l'idée de le diviser en plusieurs parties à l'aide de plans de coupe appropriés de telle manière qu'aucune différence n'existe entre le résultat du calcul sur les parties séparées du bâtiment et le bâtiment traité dans son ensemble.

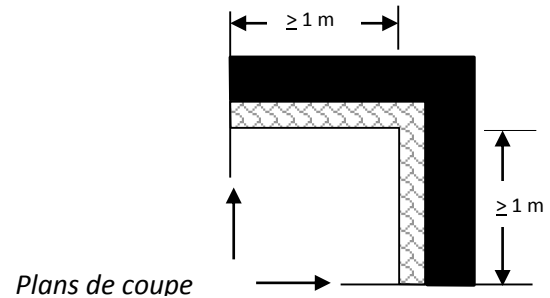


Vue en plan

Figure 1

Le modèle géométrique doit comprendre, en plus du pont thermique, son environnement proche comme les parties de parois voisines, limitées par des plans de coupe situés à l'abri des perturbations causées par le pont thermique.

La règle à suivre pour le choix des plans de coupe, est détaillée dans la norme NF EN ISO 10211.



modèle géométrique

Figure 2

2.3.3 - Le maillage

Le modèle géométrique doit être discrétisé en petits éléments ou mailles dont la densité doit être d'autant plus forte qu'on s'approche du centre du pont thermique où la perturbation des lignes de flux est maximale. Dans cette zone et pour les détails constructifs du gros œuvre comme les liaisons entre parois du bâtiment, la dimension de la maille ne doit pas dépasser 25 mm.

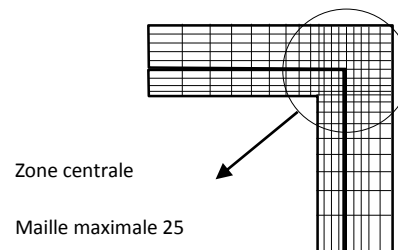


Figure 3

De plus amples informations, concernant les règles d'application d'un maillage correct, sont données dans la norme NF EN ISO 10211.

2.3.4 - Les caractéristiques thermiques des matériaux

Cette étape consiste à attribuer des caractéristiques thermiques de matériaux à des ensembles de mailles ou d'éléments du modèle. Ces caractéristiques doivent être obtenues d'après le chapitre A2 "matériaux" des Règles Th.U.

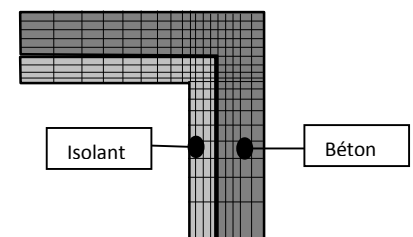


Figure 4

2.3.5 - Les conditions aux limites

Les conditions aux limites sont de trois types :

- a - Conditions aux limites de température
- b - Conditions aux limites de flux
- c - Conditions aux limites d'ambiance

Généralement les conditions aux limites les plus utilisées pour le calcul des ponts thermiques sont de type b et c et consistent à imposer une condition adiabatique (flux de chaleur nul) aux plans de coupe, et des températures d'ambiances T_i , T_e avec des résistances superficielles R_{si} , R_{se} sur les surfaces exposées aux ambiances, chaude et froide.

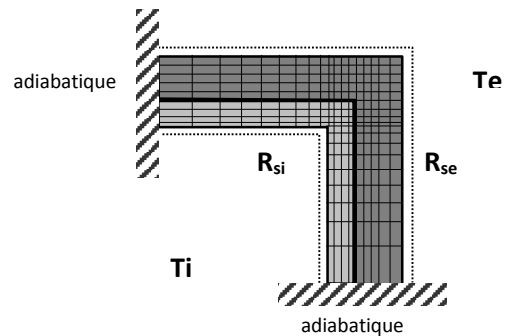


Figure 5

Le chapitre A1 "Généralités" précise les valeurs des températures et des résistances superficielles à utiliser.

2.3.6 - Le calcul numérique et l'exploitation des résultats

Une fois les étapes A, B, C, D accomplies, le calcul numérique peut être déclenché. Le résultat est généralement le flux de chaleur global relatif au modèle composé du (ou des) pont(s) thermique(s) et des parois voisines délimitées par les plans de coupe (voir exemples I et II).

Exemple I :

Cas d'une liaison d'angle entre le plancher d'un local et deux murs perpendiculaires donnant sur l'extérieur, le modèle géométrique 3D contient :

- trois parois délimitées par trois plans de coupe ($P1$, $P2$ et $P3$)
- trois ponts linéaires situés à la jonction des parois ($\psi1$, $\psi2$ et $\psi3$)
- un pont thermique ponctuel situé à la jonction des trois parois (χ).

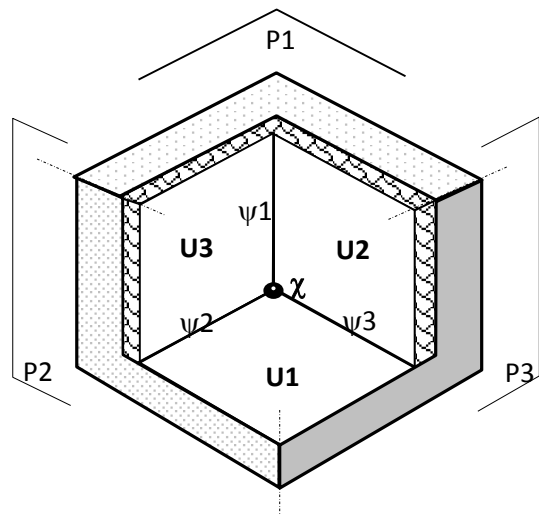


Figure 6 : modèle géométrique 3 D

Exemple II :

Cas d'une liaison d'angle de deux murs perpendiculaires d'un local, donnant sur l'extérieur, le modèle géométrique 2D contient :

- deux murs délimités par deux plans de coupe ($P2$ et $P3$)
- un pont thermique linéaire situé à la jonction des deux murs ($\psi1$).

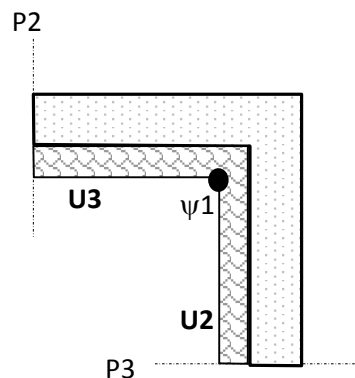


Figure 7 : modèle géométrique 2D

Le principe de calcul d'un pont thermique donné consiste à calculer le flux thermique qui lui est associé comme étant la différence entre le flux total ϕ_T , obtenu par calcul numérique, et la somme des flux associés aux autres composants du modèle $\Sigma\phi_k$ obtenus soit par calcul numérique, soit par calcul manuel.

Le coefficient du pont thermique s'obtient en divisant le flux ainsi obtenu, par la différence de température entre les deux ambiances chaude et froide ΔT .

E.1 – Cas où les flux $\Sigma\phi_k$ peuvent être déterminés séparément

Dans ce cas le pont thermique est le seul inconnu, il se calcule à partir du flux total ϕ_T d'après les formules (1) et (2) suivantes :

a - Pont thermique ponctuel en 3D :

$$\chi = \frac{\phi_T - \sum \phi_k}{\Delta T} \quad \text{donc} \quad \chi = \frac{\phi_T}{\Delta T} - \sum_{i=1}^N U_i A_i - \sum_{j=1}^M \psi_j L_j \quad \text{W/K} \quad (1)$$

où

χ est le coefficient ponctuel du pont thermique exprimé en W/K

ϕ_T est le flux total à travers le modèle 3D, exprimé en W

ΔT est la différence de température entre les deux ambiances chaude et froide, exprimé en K

U_i est le coefficient surfacique du composant i, exprimé en W/(m².K)

A_i est la surface intérieure sur laquelle s'applique la valeur U_i dans le modèle géométrique 3D, exprimée en m²

N est le nombre des composants 2D

ψ_j est le coefficient linéique du pont thermique linéaire j calculé selon la formule (2) et exprimé en W/(m.K)

L_j est la longueur intérieure sur laquelle s'applique la valeur ψ_j dans le modèle géométrique 3D, exprimée en m

M est le nombre des ponts thermiques linéaires

b - Pont thermique linéaire en 2D :

$$\psi = \frac{\phi_T - \sum \phi_k}{\Delta T} \quad \text{donc} \quad \psi = \frac{\phi_T}{\Delta T} - \sum_{i=1}^N U_i L_i \quad \text{W/(m.K)} \quad (2)$$

où

ψ est le coefficient linéique du pont thermique exprimé en W/(m.K)

ϕ_T est le flux total par mètre de longueur à travers le modèle 2D, exprimé en W/m

ΔT est la différence de température entre les deux ambiances chaude et froide, exprimé en K

U_i est le coefficient surfacique du composant i, exprimé en W/(m².K)

L_i est la longueur intérieure sur laquelle s'applique la valeur U_i dans le modèle géométrique 2D, exprimée en m

N est le nombre des composants 1D

Les formules (1) et (2) supposent que les parois sont homogènes sur leurs surfaces pour qu'on puisse parler de coefficients surfaciques U_i .

Ces coefficients U_i doivent être calculés conformément au chapitre A4 "Parois opaques".

E.2 – Cas où les flux ϕ_k ne peuvent pas être déterminés séparément

Dans ce cas, la méthode consiste à faire le calcul du flux selon deux configurations :

- la première est obtenue comme décrit dans les étapes A, B, C, D
- la seconde dérive de la première en supprimant l'effet du pont thermique, tout paramètre étant identique par ailleurs.

Le flux thermique dû au pont thermique seul se calcule comme étant la différence entre les deux flux ainsi calculés.

Cette méthode est généralement utilisée pour le calcul des liaisons entre composants à coefficient surfacique variable comme par exemple les planchers bas sur terre-plein. La norme NF EN ISO 13370 donne davantage de précisions sur les modalités de calcul.

F – Présentation des résultats

Les résultats doivent être impérativement accompagnés des justifications suivantes :

- 1 – le détail géométrique du modèle avec les dimensions et le positionnement des plans de coupe
- 2 – La densité du maillage, adoptée
- 3 – La conductivité thermique des matériaux (y compris la conductivité équivalente des espaces d'air)
- 4 – Les conditions aux limites de température et d'échanges superficiels
- 5 – Le flux thermique résultant
- 6– Eventuellement tout autre résultat intermédiaire.

2.2- Facteurs solaires

La définition du facteur de transmission solaire des ponts thermiques ne fait pas l'objet d'un contexte normatif spécifique. Le présent fascicule propose donc une méthode de calcul, basée sur le coefficient Ψ du pont thermique de la liaison considérés déterminées en condition C conformément à la méthode générale de calcul détaillé au §2.3.1 du présent document et aux normes associées.

Le facteur de transmission solaire d'un pont thermique est déterminé pour les conditions aux limites C et E. Il n'est pas fait de distinction entre les incidences directes du soleil, diffuse du ciel ou réfléchie par le sol, ni sur les composantes à l'intérieur des locaux : on ne considère qu'un facteur de transmission solaire global.

Le facteur solaire du pont thermique de liaison peut être négligé si $\psi_{l-C} \leq 0,08 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Notes : les ponts thermiques intégrés aux parois opaques ne sont pas concernés par le présent paragraphe. Ils sont pris en compte dans le calcul du facteur solaire de la paroi considérée au travers de son coefficient de transmission thermique.

Le facteur de transmission solaire d'un pont thermique s'exprime en mètres.

PONTS THERMIQUES DE LIAISON AU DROIT D'UNE SURFACE PLANE

Le facteur solaire dépend du coefficient d'absorption de la surface plane au droit du pont thermique.

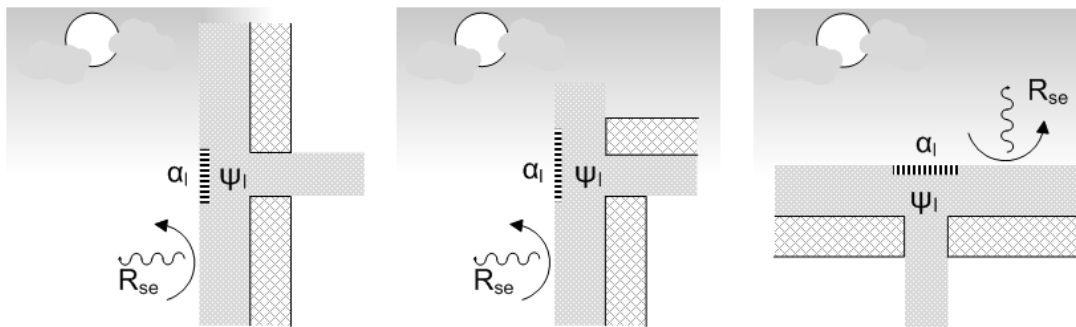


Figure 8 : ponts thermiques de liaison au droit d'une surface plane

Si la surface plane est une paroi végétalisée ou une surface en contact avec une lame d'air ventilée, le facteur de transmission solaire du pont thermique de liaison est négligé.

Les résultats sont calculés de la manière suivante :

$$S_{f-C,l} = a_l \cdot \psi_{l-C} \cdot R_{se-C} \quad (1)$$

$$S_{f-E,l} = a_l \cdot \psi_{l-E} \cdot R_{se-E}$$

Où :

- a_l est le coefficient d'absorption solaire de la paroi opaque au droit de la liaison, pouvant être déterminé par défaut selon le tableau 1 ci-après Tableau 1 :

Catégorie	Couleurs	Valeur de α_k par défaut
Clair	Blanc, jaune, orange, rouge clair	0,4
Moyen	Rouge sombre, vert clair, bleu clair, gris clair	0,6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris moyen	0,8
Noir	Noir, brun sombre, bleu sombre, gris sombre	1,0

Tableau 1: valeurs de α_k par défaut pour les parois opaques

- ψ_{l-C} est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique en conditions C.

ψ_{l-E} est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique en conditions E, en $W.m^{-1}.K^{-1}$, qui peut être estimé par la relation suivante :

$$\frac{1}{\psi_{l-E}} = \frac{1}{\psi_{l-C}} - (R_{se-C} + R_{si-C}) + (R_{se-E} + R_{si-E}) \quad (2)$$

Où R_{si-C} et R_{si-E} sont les résistances thermiques superficielles intérieures (convection et rayonnement) ($W/m^2.K$), en conditions C et E, données dans le tableau 2 ci-après.

Inclinaison de la paroi β_k	R_{si-C} ($m^2.K.W^{-1}$)	R_{si-E} ($m^2.K.W^{-1}$)
0° (horizontale, flux ascendant)	0,10	0,10
90° (verticale)	0,13	0,13
180° (horizontale, flux descendant)	0,17	0,17

Tableau 2: résistances superficielles intérieures en conditions C et E

- R_{se-C} et R_{se-E} sont les résistances thermiques superficielles extérieures (convection et rayonnement) en conditions C et E prises égales à $0,04 m^2.K/W$, exprimées en $m^2.K.W^{-1}$.

PONTS THERMIQUES DE LIAISON AU DROIT D'UN DEBORD

Le pont thermique peut se situer au droit d'un débord vertical (mur de refend) ou d'un débord horizontal (balcons, dépassement du plancher...).

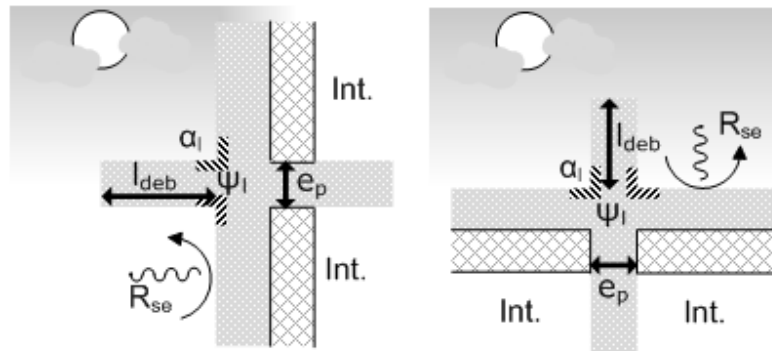


Figure 9 : ponts thermiques de liaison au droit d'un débord

Si la longueur du débord l_{deb} est inférieure à l'épaisseur du refend du mur e_p , on assimile la liaison au cas d'un pont thermique au droit d'une surface plane, et on applique l'équation (1).

Dans le cas contraire, on se réfère aux paragraphes suivants.

Pour un débord horizontal ou incliné à moins de 45° (paroi opaque d'inclinaison β_k comprise entre 45° et 135°), on considère que seule la partie supérieure du pont thermique est exposée au rayonnement. L'orientation et l'inclinaison du pont thermique sont celles de la paroi opaque verticale ou inclinée.

Pour un débord vertical ou incliné à plus de 45° (paroi opaque β_k comprise entre 0° et 45°), à un instant donné, seule une moitié du pont thermique (une face latérale du débord) est exposée au rayonnement. Le pont thermique doit être décomposé en deux sous-composants ponts thermiques, dont les orientations et inclinaisons sont celles des deux faces latérales du débord.

Dans tous les cas, les facteurs de transmission solaire du pont thermique sont déterminés par la relation suivante :

$$\begin{aligned} S_{f-C,l} &= a_l \cdot Rat_{psup} \cdot \psi_{l-C} \cdot R_{se-C} \\ S_{f-E,l} &= a_l \cdot Rat_{psup} \cdot \psi_{l-E} \cdot R_{se-E} \end{aligned} \quad (3)$$

Où :

- ψ_{l-C} et ψ_{l-E} sont le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique en conditions C et E, déterminés pour le pont thermique dans son ensemble (ses deux parties) $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.
- Rat_{psup} est la part des déperditions totales du pont thermique affectée à la partie considérée. Il s'agit de la partie supérieure pour un débord horizontal ou incliné à moins de 45° , et de l'une des deux parties latérales pour un débord vertical ou incliné à plus de 45° . Sa valeur peut être connue en se référant au fascicule Th-U associé aux ponts thermiques. En l'absence d'informations, la valeur de 0,5 peut être retenue par défaut.

PONTS THERMIQUES DE LIAISON EN ANGLE RENTRANT

Le pont thermique a la configuration suivante :

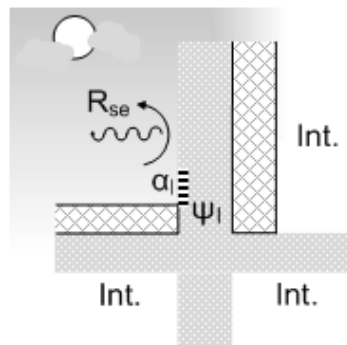


Figure 10 : pont thermique de liaison en angle rentrant

Les facteurs de transmission solaire sont calculés de manière identique à ceux d'un pont thermique au droit d'une surface plane équation (1). L'orientation et l'inclinaison du pont thermique sont ceux de la paroi opaque verticale sur laquelle est concentrée la déperdition (voir figure ci-dessus).

PAROIS ET PONTS THERMIQUES ENTERRES

Les apports solaires par les parties d'enveloppe enterrées, au travers du sol, peuvent être pris en compte au travers du facteur de transmission solaire d'un pont thermique équivalent.

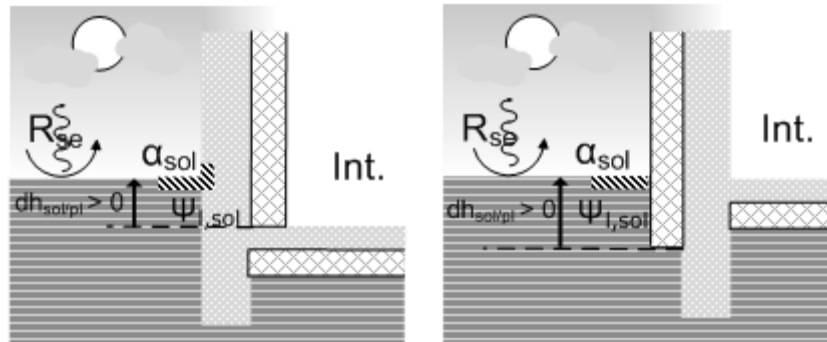


Figure 11 : paroi et pont thermique enterrés : prise en compte des apports solaires

On pourra négliger les apports solaires par le sol si la distance entre le plan extérieur du sol et la limite basse de l'isolant de la paroi verticale $dh_{sol/pi}$ est négative (niveau du sol extérieur inférieur à celui de l'isolant).

Les formules à employer sont les suivantes :

$$S_{f-C,l} = a_{sol} \cdot \psi_{l,sol-C} \cdot R_{se-C} \quad (4)$$

$$S_{f-E,l} = a_{sol} \cdot \psi_{l,sol-E} \cdot R_{se-E}$$

- Où :
- a_{sol} est le coefficient d'absorption solaire du sol, pouvant être déterminé par défaut selon le Tableau 1,
- $\psi_{l,sol-C}$ et $\psi_{l,sol-E}$ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) sont les coefficients de transmission thermique linéique de la fraction de paroi ou du pont thermique enterrés en prenant en compte l'épaisseur de sol, pour les conditions C et E. $\psi_{l,sol-C}$ est déterminé selon les règles Th-U. $\psi_{l,sol-E}$ peut être calculé à partir de $\psi_{l,sol-C}$ via l'équation (2).

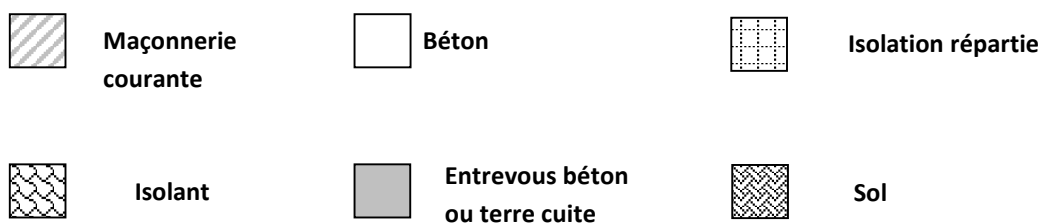
3. Valeurs par défauts des ponts thermiques

Parmi les détails constructifs pour lesquels des valeurs par défauts sont fournies, on distingue les liaisons entre parois acier et les liaisons entre parois maçonnées.

Les valeurs par défauts données ci-après peuvent être utilisées sans justification en l'absence d'une connaissance précise des épaisseurs des constituants de parois. Elles ont été déterminées à partir de la méthode générale de calcul détaillée au §2 sur la base d'hypothèses de calcul défavorables. Priment sur ces valeurs :

- Les valeurs calculées dans la configuration précise du pont thermique considéré, conformément à la méthode décrite au chapitre 2.
- Les valeurs qui figurent dans les avis techniques.

Légende :



Symbole :

e extérieur

i intérieur

Inc local non chauffé

Note 1 - La valeur moyenne de la transmission thermique linéique sur le pourtour du plancher fait intervenir plusieurs coefficients Ψ et dépend, de la dimension du plancher, de la position des poutrelles et de leurs entraxes.

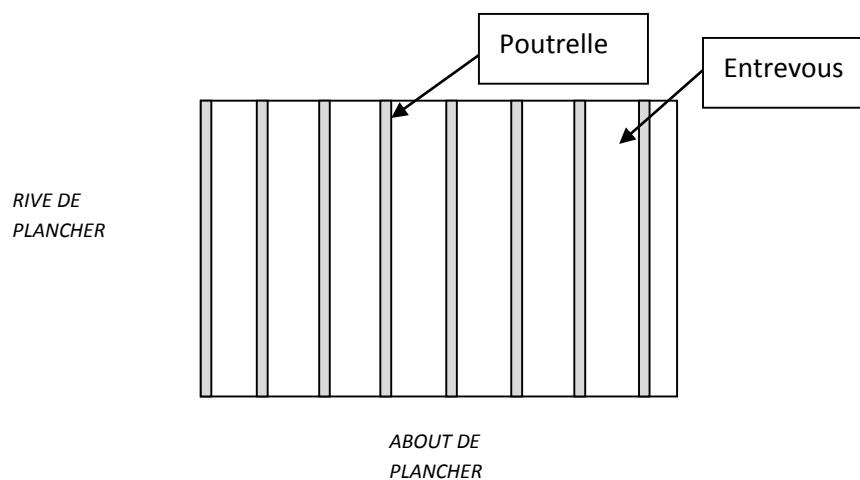


Figure 12 - Vue de dessus d'un plancher à entrevous en polystyrène

Le coefficient ψ_m du pont thermique moyen sur le pourtour du plancher se calcule selon la formule suivante :

$$\Psi_m = \frac{\psi_{about} \cdot L_{about} + \psi_{rive} \cdot L_{rive}}{L_{about} + L_{rive}} \quad \text{en W/(m.K)}$$

Où

ψ_{about} est le pont thermique situé à la liaison entre le mur recevant l'extrémité des poutrelles et le plancher, exprimé en W/(m.K).

ψ_{rive} est le pont thermique situé à la liaison entre le mur parallèle aux poutrelles et le plancher, exprimé en W/(m.K).

L_{about} est le linéaire de la liaison entre le mur recevant l'extrémité des poutrelles et le plancher, exprimé en m.

L_{rive} est le linéaire de la liaison entre le mur parallèle aux poutrelles et le plancher, exprimé en m.

En l'absence d'information précise concernant les longueurs des linéaires, le calcul du coefficient ψ_m peut s'effectuer en admettant la convention forfaitaire de répartition à 60% de liaison en about et à 40% de liaison en rive selon la formule ci-après :

$$\Psi_m = 0,6 \cdot \psi_{about} + 0,4 \cdot \psi_{rive} \quad \text{en W/(m.K)}$$

Le coefficient ψ_{about} peut être calculé numériquement sur la base d'un modèle géométrique en 3D selon la méthode générale décrite au chapitre II du présent fascicule ou sur la base des valeurs de ponts thermiques fournies dans le présent fascicule et calculées en 2D en appliquant la pondération forfaitaire suivante :

$$\psi_{about} = \frac{1}{3} \cdot \psi_{poutrelle} + \frac{2}{3} \cdot \psi_{entrevous} \quad \text{en W/(m.K)}$$

Où

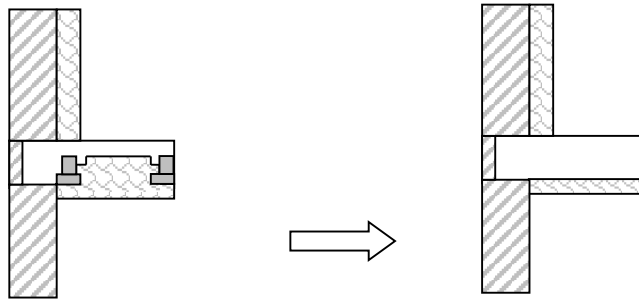
$\psi_{poutrelle}$ est la valeur du pont thermique fournie dans le présent fascicule pour une jonction avec un plancher en béton plein.

$\psi_{entrevous}$ est la valeur du pont thermique fournie dans le présent fascicule pour une jonction avec un plancher à entrevous PSE, exprimé en W/(m.K).

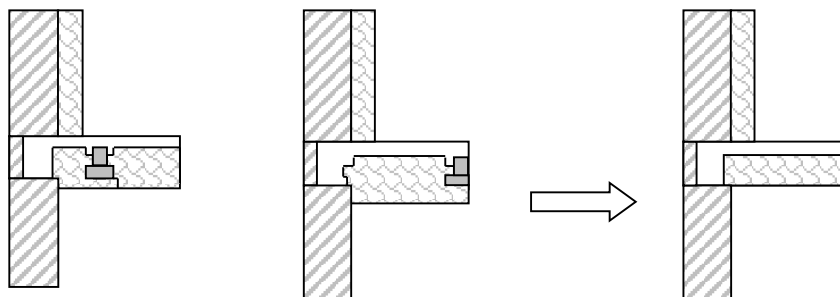
Note : Une alternative à l'utilisation des valeurs par défauts des coefficients $\psi_{poutrelle}$ et $\psi_{entrevous}$ consiste à effectuer un calcul numérique en 2D d'une coupe au niveau de la poutrelle et de l'entrevous puis d'appliquer la pondération forfaitaire pour le calcul de ψ_{about} . Dans ce cas, la coupe au niveau de la poutrelle sera choisie de manière à être sécuritaire (généralement au milieu de la poutrelle) et la coupe au niveau de l'entrevous sera prise au milieu de l'entrevous (dans la zone où la dalle de compression est la plus fine).

Le coefficient ψ_{rive} peut être calculé numériquement sur la base d'un modèle géométrique en 2D selon la méthode générale décrite au chapitre II du présent fascicule ou bien extrait des tableaux de valeurs fournis dans le présent fascicule en adoptant les conventions suivantes :

- Dans le cas d'un départ poutrelle en rive la valeur du pont thermique sera celle fournie dans le présent fascicule correspondant à une jonction avec un plancher en béton plein.



- Dans le cas d'un départ avec un demi-entrevous reposant sur le mur ou d'un entrevous complet en appui sur le mur, la valeur du pont thermique sera celle fournie dans le présent fascicule correspondant à une jonction avec un plancher à entrevous en PSE.



Note : l'ensemble des valeurs des ponts thermiques de plancher à entrevous PSE fournies ci-après ont été calculée sur la base d'une épaisseur de dalle de compression de 5 cm.

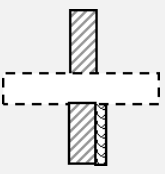
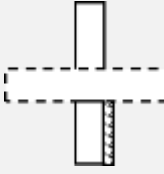
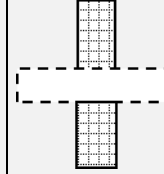
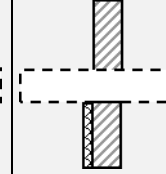
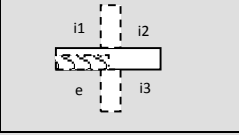
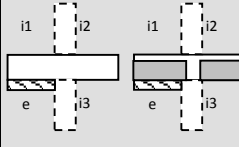
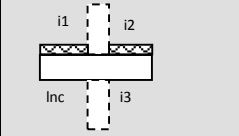
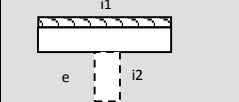
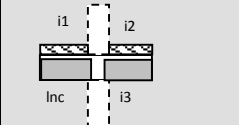
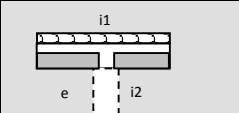
3.1 - Liaisons courantes avec un plancher bas

Il s'agit de liaisons entre un plancher bas et les autres parois du bâtiment. Elles peuvent être soit des liaisons périphériques soit des liaisons intermédiaires.

3.1.1 -Liaison plancher bas/mur

Mur		A	B	C	D	E	F
		Isolation par l'intérieur		Isolation répartie	Isolation par l'extérieur		Isolation mixte ⁽¹⁾
		Maçonnerie	Béton		Maçonnerie	Béton	Béton
Plancher bas							
Planchers bas à entrevous isolant							
1		0,32	0,35	0,30	0,47	0,74	0,52
Planchers bas en béton ou à entrevous béton ou terre cuite isolés en sous face							
2		0,72	0,84	0,58	0,49	0,79	0,70
3		0,61	0,72	0,55	0,47	0,76	0,63
4		0,65	0,76	0,50	0,31	0,49	0,44
Planchers bas en béton ou à entrevous béton ou terre cuite isolés sous chape							
5		0,18	0,21	0,12	0,38	0,70	0,45
6		0,22	0,25	0,12	0,25	0,35	0,24

3.1.2-Liaison plancher bas/mur - refend

Mur		A	B	C	D	E	F
		Isolation par l'intérieur		Isolation répartie	Isolation par l'extérieur		Isolation mixte ⁽¹⁾
		Maçonnerie	Béton		Maçonnerie	Béton	Béton
		Plancher bas					
Planchers bas à entrevous isolant							
7		0,45 $\Psi_1 = 0.4\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,75 $\Psi_1 = 0.4\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,10 $\Psi_1 = 0.45\Psi$ $\Psi_2 = 0.55\Psi$	0 $\Psi_1 = 0$ $\Psi_2 = \Psi$	0 $\Psi_1 = 0$ $\Psi_2 = \Psi$	0,18 $\Psi_1 = 0.4\Psi$ $\Psi_2 = 0.6\Psi$
Planchers bas en béton, ou à entrevous béton ou terre cuite isolés en sous face							
8		0,39 $\Psi_1 = 0.45\Psi$ $\Psi_2 = 0.45\Psi$	0,75 $\Psi_1 = 0.45\Psi$ $\Psi_2 = 0.45\Psi$	0,10 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0 $\Psi_1 = 0$ $\Psi_2 = \Psi$	0 $\Psi_1 = 0$ $\Psi_2 = \Psi$	0,16 $\Psi_1 = 0.4\Psi$ $\Psi_2 = 0.6\Psi$
Planchers bas en béton, ou à entrevous béton ou terre cuite isolés sous chape							
9 (2)		0,70 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,95 $\Psi_1 = 0.2\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,70 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,49 $\Psi_1 = 0.2\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,57 $\Psi_1 = 0.2\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,62 $\Psi_1 = 0.2\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$
10		0,65 $\Psi_1 = 0.2\Psi$	0,74 $\Psi_1 = 0.2\Psi$	0,65 $\Psi_1 = 0.2\Psi$	0,56 $\Psi_1 = 0.1\Psi$	0,62 $\Psi_1 = 0.1\Psi$	0,52 $\Psi_1 = 0.15\Psi$
11 (2)		0,61 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,85 $\Psi_1 = 0.2\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,61 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,40 $\Psi_1 = 0.2\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,45 $\Psi_1 = 0.2\Psi$ $\Psi_2 = 0.3\Psi$	0,46 $\Psi_1 = 0.25\Psi$
12		0,46 $\Psi_1 = 0.2\Psi$	0,54 $\Psi_1 = 0.2\Psi$	0,46 $\Psi_1 = 0.2\Psi$	0,52 $\Psi_1 = 0.1\Psi$	0,56 $\Psi_1 = 0.1\Psi$	0,53 $\Psi_1 = 0.1\Psi$

(1) Valeurs applicables pour $\frac{1}{4} \leq \frac{R_i}{R_e} \leq \frac{2}{3}$

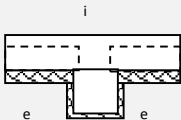
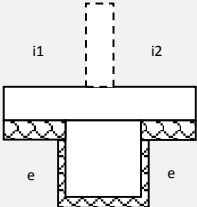
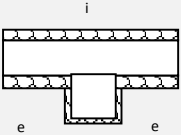
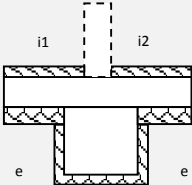
(2) Dans le cas de parois donnant sur l'extérieur, les valeurs de Ψ doivent être majorées de 30%.

3.1.3- Liaison plancher bas / refend

Refend		A	B	C
		Maçonnerie	Béton	Isolation répartie
Plancher bas				
Planchers bas en béton, à entrevous béton ou terre cuite isolés en sous face ou à entrevous isolant				
13 ⁽¹⁾		0,43 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,76 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,43 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
14		0,24 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,37 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,24 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
Planchers bas en béton, à entrevous béton ou terre cuite isolés sous chape				
15 ⁽¹⁾		0,49 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,80 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,12 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
16		0,30 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,37 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$	0,10 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
17		0	0	0

(1) Dans le cas de parois donnant sur l'extérieur, les valeurs de Ψ doivent être majorées de 30%.

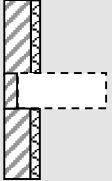
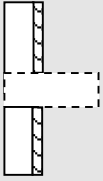
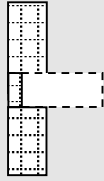
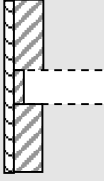
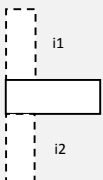
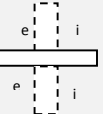
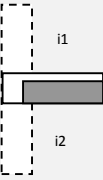
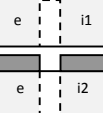

3.1.4- liaison plancher bas/poutres à retombée isolées sur 3 faces*

Plancher bas		refend		
		A	B	C
Planchers bas en béton, à entrevous béton ou terre cuite isolés en sous face ou à entrevous isolants <u>sans</u> refend dans le prolongement de la poutre				
18		0.60		
Planchers bas en béton, à entrevous béton ou terre cuite isolés en sous face ou à entrevous isolants <u>avec</u> refend dans le prolongement de la poutre				
19		refend		
		Maçonnerie courante	Béton	Isolation répartie
		0,64	$\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	
Planchers bas en béton, à entrevous béton ou terre cuite ou entrevous isolants isolés sous chape ($0,5 \leq R_{sc} \leq 1$ (m²,K)/W) et en sous face ($R_i \geq 2$ (m²,K)/W) <u>sans</u> refend dans le prolongement de la poutre				
20		00.31		
Planchers bas en béton, à entrevous béton ou terre cuite ou entrevous isolants isolés sous chape et en sous face <u>avec</u> refend dans le prolongement de la poutre				
21		Refend		
		Maçonnerie courante	Béton	Isolation répartie
		0,47 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,51 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,47

*dans le cas d'une poutre à retombée sans isolation $\Psi=1,5$ W/(m.K)

3.2 – Liaisons courantes avec un plancher intermédiaire

Il s'agit de liaisons entre un plancher intermédiaire et les autres parois du bâtiment. Ces liaisons ne peuvent être que des liaisons périphériques.

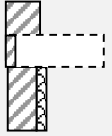
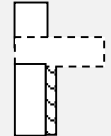
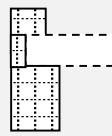
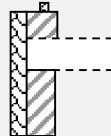
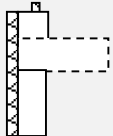
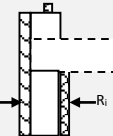
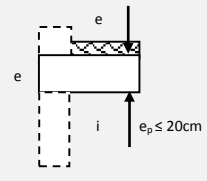
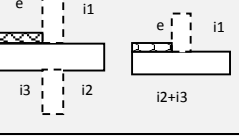
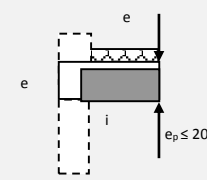
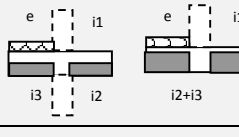
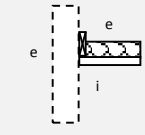
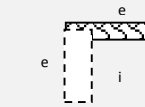
		A	B	C	D	E	F
Mur	Plancher	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie	Isolation par l'extérieur		Isolation mixte ⁽¹⁾
		Maçonnerie	Béton		Maçonnerie	Béton	Béton
							
Béton							
22		0,96 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	1,14 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,50 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,11 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,11 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,27 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
23		0,96 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	1,14 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,91 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,98 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	1,20 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,98 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
Entrevous béton ou terre cuite							
24		0,80 $\Psi_1 = 0.52\Psi$ $\Psi_2 = 0.48\Psi$	0,99 $\Psi_1 = 0.52\Psi$ $\Psi_2 = 0.48\Psi$	0,45 $\Psi_1 = 0.52\Psi$ $\Psi_2 = 0.48\Psi$	0,11 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,11 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,25 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
25		0,86 $\Psi_1 = 0.52\Psi$ $\Psi_2 = 0.48\Psi$	1,00 $\Psi_1 = 0.52\Psi$ $\Psi_2 = 0.48\Psi$	0,86 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,98 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	1,20 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,98 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$
Léger							
26		0,19 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,22 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,13 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,13 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,13 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,20 $\Psi_1 = 0.5\Psi$ $\Psi_2 = 0.5\Psi$

(1) Valeurs applicables pour $\frac{1}{4} \leq \frac{R_i}{R_e} \leq \frac{2}{3}$

3.3 - Liaisons courantes avec un plancher haut

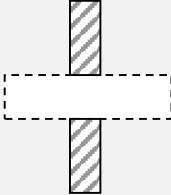
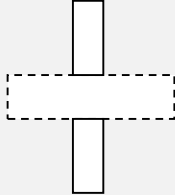
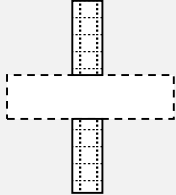
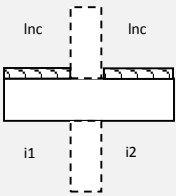
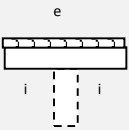
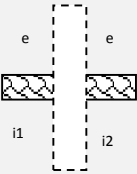
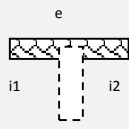
3.3.1-Liaison plancher haut/mur

Il s'agit de liaisons entre un plancher haut et les autres parois du bâtiment. Elles peuvent être soit des liaisons périphériques soit des liaisons intermédiaires.

Mur		A	B	C	D	E	F
		Isolation par l'intérieur		Isolation répartie	Isolation par l'extérieur		Isolation mixte ⁽¹⁾
		Maçonnerie	béton		Maçonnerie	béton	béton
Plancher haut							
Béton isolé au dessus							
27		0,81	0,95	0,58	0,5	0,74	0,65
28		0,50 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.4\Psi$	0,90 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.4\Psi$	0,10 $\Psi_1 = 0\Psi$ $\Psi_2 = 0.4\Psi$	0,03	0,03	0,18 $\Psi_1 = 0\Psi$ $\Psi_2 = 0.6\Psi$
Entrevous béton ou terre cuite isolés au-dessus							
29		0,70	0,81	0,55	0,73	0,70	0,59
30		0,50 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.4\Psi$	0,90 $\Psi_1 = 0.1\Psi$ $\Psi_2 = 0.4\Psi$	0,10 $\Psi_1 = 0\Psi$ $\Psi_2 = 0.4\Psi$	0,03	0,03	0,18 $\Psi_1 = 0\Psi$ $\Psi_2 = 0.55\Psi$
Léger							
31		0,07	0,08	0,11	0,31	0,66	0,36
32		0,04	0,05	0,03	0,05	0,06	0,06

(1) Valeurs applicables pour $\frac{1}{4} \leq \frac{R_i}{R_e} \leq \frac{2}{3}$

3.3.2-Liaison plancher haut/refend

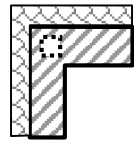
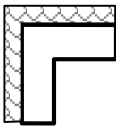
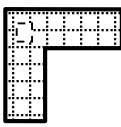
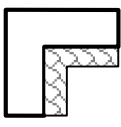
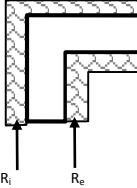
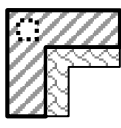
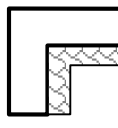
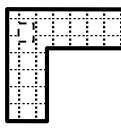
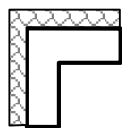
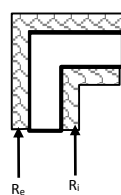
		Refend		
		A	B	C
		Maçonnerie	Béton	Isolation répartie
Plancher				
Béton, entrevous béton ou terre cuite isolé au-dessus				
33 (1)		0,42 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,87 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,10
34		0	0	0
Léger				
35		0,38 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,88 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,15 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$
36		0,05 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,05	0,05 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$

(1) Dans le cas de parois donnant sur l'extérieur, les valeurs de Ψ doivent être majorées de 30%.

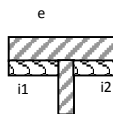
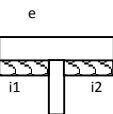
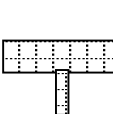
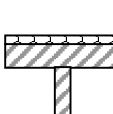
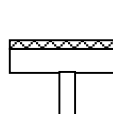
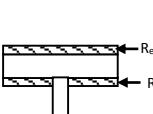
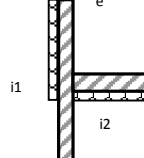
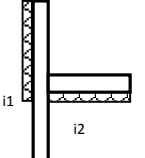
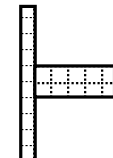
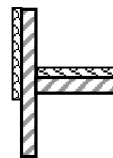
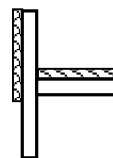
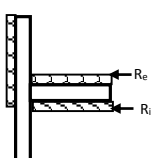
3.4 – Liaisons courantes entre parois verticales

Il s'agit de liaisons mur - mur ou mur – refend.

3.4.1 – Liaison Mur/mur

Mur		A		B	C	D	E
		Isolation par l'intérieur		Béton	Isolation répartie	Isolation par l'extérieur	Isolation mixte ⁽¹⁾
Angle		Maçonnerie					
37	Reentrant						
		0,18	0,21	0,10	0,03	0,07	
38	Sortant						
		0,02	0,02	0,10	0,18	0,12	

3.4.2 – Liaison mur/refend

Mur		A		B	C	D		E	F
		Isolation par l'intérieur		Béton	Isolation répartie	Isolation par l'extérieur		Isolation Mixte ⁽¹⁾	Béton
Refend	Maçonnerie					Maçonnerie	Béton		
39	Intérieur								
		0,41	0,99	0,11	0,08	0,11	0,21		
40	Mur sur décroché								
		0,36	0,87	0,12	0,36	0,87	0,74		

⁽¹⁾ Valeurs applicables pour $\frac{1}{4} \leq \frac{R_i}{R_e} \leq \frac{2}{3}$

3.5 – Liaisons courantes entre menuiserie et parois opaques

Il s'agit de liaisons entre la menuiserie des fenêtres, portes, ou porte - fenêtres avec les murs, les refends ou les toitures de l'enveloppe.

	A	B	C	D	E	F	G
Mur Menuiserie	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie	Isolation par l'extérieur		Isolation mixte ⁽¹⁾	
	Maçonnerie	Béton		Maçonnerie	Béton	Béton	
En appui							
41							
	0,07	0,06	0,24	0,27	0,40	0,14	0,45
En tableau ou linteau							
42							
	0	0	0,10	0,05	0,04	0,14	0,45

(1) Valeurs applicables pour $\frac{1}{4} \leq \frac{R_i}{R_e} \leq \frac{2}{3}$