

2.3 Procédure de calcul

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 paragraphe 1.1.

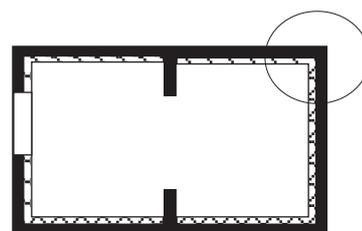
Le calcul d'un pont thermique conformément aux normes européennes nécessite l'utilisation de méthodes à résolution numérique comme les méthodes aux éléments finis ou aux différences finies.

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

2.3.1 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.

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.



Vue en plan

Figure 1

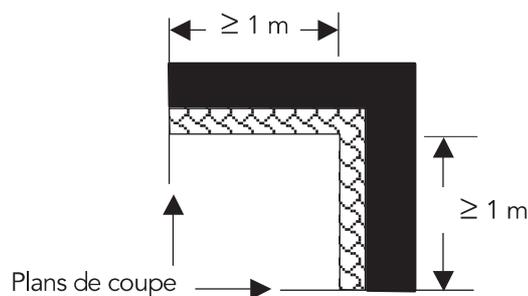


Figure 2

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

2.3.2 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.

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

2.3.3 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 fascicule 2 (Matériaux) des Règles Th.U.

2.3.4 Les conditions aux limites

Les conditions aux limites sont de trois types :

1. Conditions aux limites de température.
2. Conditions aux limites de flux.
3. 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.

Le fascicule 1 (Généralités) précise les valeurs des températures et des résistances superficielles à utiliser.

2.3.5 Le calcul numérique et l'exploitation des résultats

Une fois les étapes 2.3.1 à 2.3.4 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 (cf. exemples 1 et 2 ci-dessous).

■ Exemple (figure 7)

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 (P_2 et P_3) ;
- un pont thermique linéaire situé à la jonction des deux murs (ψ_1).

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 $\sum \Phi_k$ 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 .

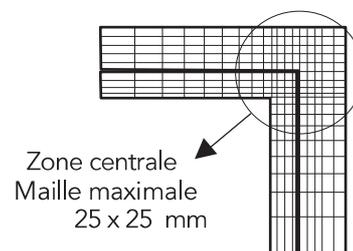


Figure 3

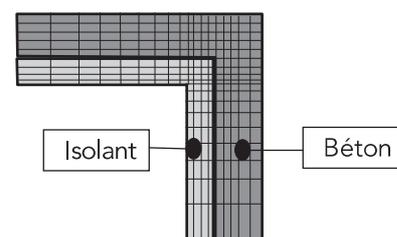


Figure 4

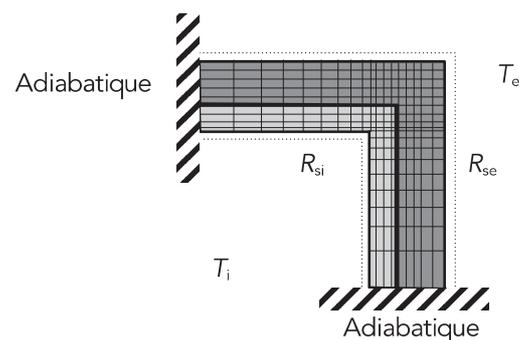


Figure 5

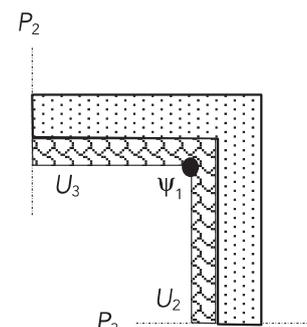


Figure 7 : Modèle géométrique 2D

2.3.5.1 Cas où les flux $\sum \Phi_k$ 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.

2.3.5.1.2 Pont thermique linéaire en 2D

$$\psi = \frac{\Phi_T - \sum \Phi_k}{\Delta T} \text{ donc } \psi = \frac{\Phi_T}{\Delta T} - \sum_{i=1}^N U_i L_i, \text{ en W/(m.K)} \quad (\text{Formule 2});$$

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 fascicule 4 (Parois opaques).

2.3.5.2 Cas où les flux $\sum \Phi_k$ 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 2.3.1 à 2.3.4 ;
- 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 d'avantage de précisions sur les modalités de calcul.

2.3.6 Présentation des résultats

Les résultats doivent être impérativement accompagnés des justifications suivantes :

- le détail géométrique du modèle avec les dimensions et le positionnement des plans de coupe ;
- la densité du maillage, adoptée ;
- la conductivité thermique des matériaux (y compris la conductivité équivalente des espaces d'air) ;
- les conditions aux limites de température et d'échanges superficiels ;
- le flux thermique résultant ;
- éventuellement tout autre résultat intermédiaire.