

## 2.2.2 Parois en contact avec le sol

Les déperditions à travers les parois en contact avec le sol ne dépendent pas uniquement des caractéristiques intrinsèques de la paroi, mais aussi du flux de chaleur à travers le sol. Elles sont exprimées au moyen d'un coefficient surfacique « équivalent » dont la méthode de calcul est donnée ci-après (pour plus d'information se référer à la norme NF EN ISO 13370).

Des valeurs par défaut du coefficient surfacique équivalent  $U_e$  de planchers bas sur terre-plein sont données au [paragraphe 3.7](#).

### 2.2.2.1 Paramètres de calcul

#### 2.2.2.1.1 Dimension caractéristique du plancher

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} \text{ (Formule 19) ;}$$

où

$B'$  est la dimension caractéristique du plancher, en mètres ;

$A$  est l'aire du plancher bas en contact avec le sol, en mètres carrés ;

$P$  est le périmètre du plancher bas mesuré du côté intérieur, en mètres.

#### 2.2.2.1.2 Épaisseur équivalente du plancher en contact avec le sol

$$d_t = w + \lambda_s (R_{si} + R_f + R_{se}) \text{ (Formule 20) ;}$$

où

$d_t$  est l'épaisseur « équivalente » du plancher, égale à l'épaisseur du sol ayant la même résistance thermique totale que ce plancher, en mètres ;

$w$  est l'épaisseur totale du mur, toutes couches comprises, en mètres ;

$\lambda_s$  est la conductivité thermique du sol non gelé déterminée selon le [paragraphe 1.3.1](#), en  $W/(m.K)$  ;

$R_f$  est la résistance thermique du plancher en contact avec le sol y compris l'effet des ponts thermiques intermédiaires (un exemple de calcul de  $R_f$  est donné au [paragraphe 2.2.2.1.5](#)) en  $m^2.K/W$  ;

$R_{si}$ ,  $R_{se}$  sont les résistances superficielles de la paroi côtés intérieur et extérieur, déterminées selon le [paragraphe 1.3.3](#), en  $m^2.K/W$ .

#### 2.2.2.1.3 Épaisseur équivalente des murs enterrés

$$d_w = \lambda_s (R_{si} + R_w + R_{se}) \text{ (Formule 21) ;}$$

où

$d_w$  est l'épaisseur « équivalente » du mur enterré, égale à l'épaisseur du sol ayant la même résistance thermique totale que le mur, en mètres ;

$R_w$  est la résistance thermique du mur enterré toutes couches comprises, en  $m^2.K/W$ .

#### 2.2.2.1.4 Autres paramètres

$D$  est la largeur ou la profondeur de l'isolation périphérique respectivement horizontale ou verticale, en mètres ;

$R_n$  est la résistance thermique de l'isolation périphérique horizontale ou verticale (ou du mur de fondation) en  $m^2.K/W$  ;

$d_n$  est l'épaisseur de l'isolation périphérique (ou du mur de fondation en cas d'isolation répartie), en mètres ;

$z$  est la profondeur moyenne au-dessous du sol de la face inférieure du plancher bas du sous-sol chauffé, en mètres.

#### 2.2.2.1.5 Calcul de $R_f$

$R_f$  doit tenir compte des ponts thermiques des liaisons éventuelles avec le plancher bas.

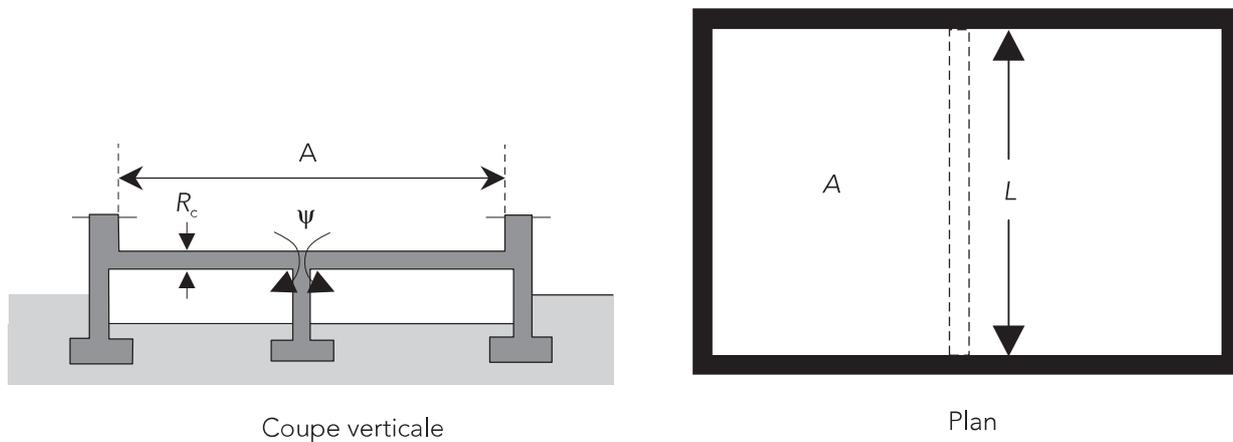


Figure 8

Soit un plancher bas de surface  $A$  donnant sur un vide sanitaire, un sous-sol non chauffé ou en contact avec le sol et supporté par un refend intermédiaire de longueur  $L$  (cf. figure 8 ci-dessus) et où :

$R_p$  est la résistance thermique du plancher ;

$U_p$  est le coefficient surfacique correspondant ;

$\psi$  est le coefficient linéique de la liaison plancher bas-refend ;

$R_f$  est la résistance thermique globale du plancher incluant l'effet de tous les ponts thermiques situés entre le local chauffé et le vide sanitaire, et  $U_f$  le coefficient surfacique correspondant.

$R_f$  se calcule par la formule suivante :

$$R_f = \frac{1}{U_f} - 2R_{si} ;$$

où

$$U_f = U_p + \frac{\psi \cdot L}{A} ;$$

$$U_p = \frac{1}{R_p + 2R_{si}} ;$$

$R_{si}$  est la résistance superficielle côté intérieur et côté vide sanitaire.

## 2.2.2.2 Planchers

### 2.2.2.2.1 Planchers sur terre-plein

Le coefficient de transmission surfacique « équivalent »  $U_e$  d'un plancher bas sur terre-plein s'exprime en  $W/(m^2.K)$  et se calcule d'après les formules suivantes :

1. Plancher à isolation continue (cf. figure 9)

$$U_e = U_c \text{ (Formule 22) ;}$$

2. Plancher à isolation périphérique (cf. figure 10)

$$U_e = U_c + 2 \frac{\Delta\psi}{B'} \text{ (Formule 23) ;}$$

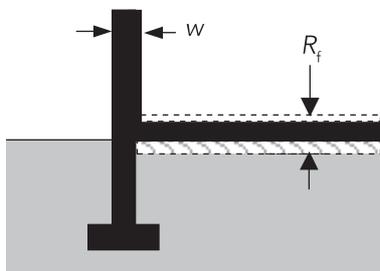


Figure 9

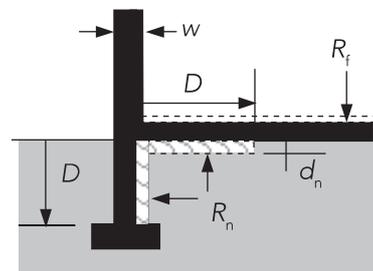


Figure 10

où

$U_c$  est le coefficient surfacique « équivalent » du plancher sans l'effet de l'isolation périphérique :

$$\text{Si } d_t < B', \quad U_c = \frac{2\lambda_s}{\pi B' + d_t} \ln \left( \frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right) \quad (\text{Formule 24});$$

$$\text{Si } d_t \geq B', \quad U_c = \frac{\lambda_s}{0,457B' + d_t} \quad (\text{Formule 25});$$

$\Delta\psi$  est un terme correctif qui tient compte de la présence d'une isolation périphérique :

$$\text{horizontale,} \quad \Delta\psi = -\frac{\lambda_s}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left( \frac{D}{d_t + d'} + 1 \right) \right] \quad (\text{Formule 26});$$

$$\text{verticale,} \quad \Delta\psi = -\frac{\lambda_s}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{2D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left( \frac{2D}{d_t + d'} + 1 \right) \right] \quad (\text{Formule 27});$$

où

$d'$  est l'épaisseur supplémentaire « équivalente » résultant de la couche d'isolant périphérique, elle s'exprime en mètre et se calcule d'après la formule suivante :

$$d' = \lambda_s R_n - d_n \quad (\text{Formule 28}).$$

#### 2.2.2.2 Planchers bas de sous-sol chauffé

Le coefficient de transmission surfacique « équivalent »  $U_e$  d'un plancher bas en sous-sol chauffé s'exprime en  $W/(m^2.K)$  et se calcule d'après les formules suivantes :

$$\text{Si } \left( d_t + \frac{z}{2} \right) < B', \quad U_e = \frac{2\lambda_s}{\pi B' + d_t + \frac{z}{2}} \ln \left( \frac{\pi B'}{d_t + \frac{z}{2}} + 1 \right) \quad (\text{Formule 29});$$

$$\text{Si } \left( d_t + \frac{z}{2} \right) \geq B', \quad U_e = \frac{\lambda_s}{0,457B' + d_t + \frac{z}{2}} \quad (\text{Formule 30}).$$

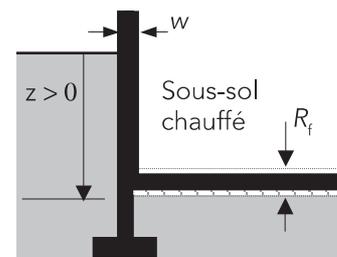


Figure 11

### 2.2.2.2.3 Planchers hauts enterrés

Le coefficient de transmission surfacique « équivalent »  $U_e$  d'un plancher haut enterré s'exprime en  $W/(m^2.K)$  et se calcule d'après la formule suivante :

$$U_e = \frac{1}{R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}} \quad (\text{Formule 31});$$

où

$\sum_i R_i$  est la somme des résistances thermiques de toutes les couches  $i$  comprises entre la face inférieure du plancher et la face supérieure du sol (cf. figure 12), déterminée selon les paragraphes 2.1.2 ou 2.1.3.

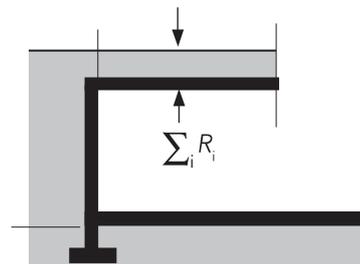


Figure 12

### 2.2.2.3 Murs enterrés

Le coefficient de transmission surfacique « équivalent »  $U_e$  d'un mur enterré s'exprime en  $W/(m^2.K)$  et se calcule d'après la formule suivante :

$$\text{si } d_w \geq d_t, \quad U_e = \frac{2\lambda_s}{\pi z} \left( 1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left( \frac{z}{d_w} + 1 \right) \quad (\text{Formule 32});$$

$$\text{si } d_w < d_t, \quad U_e = \frac{2\lambda_s}{\pi z} \left( 1 + \frac{0,5d_w}{d_w + z} \right) \ln \left( \frac{z}{d_w} + 1 \right) \quad (\text{Formule 33}).$$

## 2.2.3 Parois donnant sur vide sanitaire ou sur un sous-sol non chauffé

Les déperditions à travers les parois donnant sur vide sanitaire ou sur un sous-sol non chauffé ne dépendent pas uniquement des caractéristiques intrinsèques de la paroi, mais aussi du flux de chaleur à travers le sol et à travers l'espace non chauffé. Elles sont exprimées au moyen d'un coefficient surfacique « équivalent » dont la méthode de calcul est donnée ci-après (une méthode numérique alternative est décrite dans la norme NF EN 10211).

Des valeurs par défaut du coefficient surfacique équivalent  $U_e$  de planchers bas donnant sur vide sanitaire sont données au paragraphe 3.6.

### 2.2.3.1 Paramètres de calcul

Les paramètres de calcul donnés au paragraphe 2.2.2.1 et les paramètres suivants sont utilisés pour le calcul de  $U_e$ .

$d_g$  est l'épaisseur « équivalente » de toute isolation posée sur le sol, exprimée en mètres et calculée d'après la formule suivante :

$$d_g = w + \lambda_s (R_{si} + R_g + R_{se}) \quad (\text{Formule 34});$$

où

$R_g$  est la résistance thermique de toute isolation posée sur le sol, en  $m^2.K/W$ .

$U_f$  est le coefficient de transmission surfacique total du plancher bas donnant sur l'espace non chauffé, il tient compte de l'effet des liaisons intermédiaires du plancher (un exemple de calcul de  $U_f$  est donné au paragraphe 2.2.2.1) :

$$U_f = U_p + \frac{\sum_k \psi_k L_k}{A} \quad (\text{Formule 35});$$

où

$U_p$  est le coefficient surfacique du plancher bas exprimé en  $W/(m^2.K)$  et calculé selon le paragraphe 2.2.

- $\psi_k$  est le coefficient linéique de la liaison intermédiaire  $k$  du plancher bas, exprimé en  $W/(m.K)$  et déterminé selon le fascicule 5 (Ponts thermiques) ;
- $L_k$  est le linéaire de la liaison intermédiaire (cf. Définitions au *paragraphe 1.2*), en mètres ;
- $A$  est la surface intérieure du plancher bas, en  $m^2$ .
- $h$  est la hauteur moyenne de la face supérieure du plancher au-dessus du niveau du sol extérieur, en mètres.
- $z$  est la profondeur moyenne du sol du vide sanitaire au-dessous du niveau du sol extérieur, en mètres.
- $p$  est le périmètre du vide sanitaire ou du sous-sol non chauffé, en mètres.
- $U_w$  est le coefficient surfacique global du mur du vide sanitaire situé au-dessus du niveau du sol, exprimé en  $W/(m^2.K)$  et calculé selon le *paragraphe 2.2*.
- $\varepsilon$  est l'aire des ouvertures de ventilation divisée par le périmètre du vide sanitaire en  $m^2/m$ .
- $f_w$  est le facteur de protection contre le vent.
- $v$  est la vitesse moyenne du vent à 10 m de hauteur, en m/s.

En l'absence de valeur mesurée, prendre :  $v = 4$  m/s.

### 2.2.3 2 Planchers sur vide sanitaire

La méthode de calcul ci-dessous traite du cas classique de vide sanitaire dans lequel l'espace sous plancher est ventilé naturellement par l'extérieur. En cas de ventilation mécanique, ou si le taux de renouvellement d'air est spécifié, se reporter à la norme NF EN ISO 13370.

Le coefficient de transmission surfacique « équivalent »  $U_e$  d'un plancher donnant sur un vide sanitaire s'exprime en  $W/(m^2.K)$  et se calcule d'après la formule suivante :

$$\frac{1}{U_e} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x} \quad (\text{Formule 36});$$

où

$U_f$  est le coefficient de transmission surfacique global du plancher bas déterminé selon la *formule 35* et exprimé en  $W/(m^2.K)$  ;

$U_g$  est le coefficient de transmission thermique correspondant au flux de chaleur à travers le sol, exprimé en  $W/(m^2.K)$  :

si  $z \leq 0,5$  m,  $U_g$  se calcule d'après la *formule 24* en remplaçant  $d_t$  par  $d_g$  ;

si  $z > 0,5$  m,  $U_g = U_{bf} + \frac{zP}{A} U_{bw}$  (*Formule 37*) ;

où

$U_{bf}$  correspond aux déperditions par le sol du vide sanitaire et calculé d'après la *formule 29* en remplaçant  $d_t$  par  $d_g$  ;

$U_{bw}$  correspond aux déperditions à travers la partie enterrée du mur de soubassement et calculé d'après la *formule 32* ou la *formule 33* en remplaçant  $d_t$  par  $d_g$  ;

$U_x$  est un coefficient de transmission surfacique équivalent correspondant au flux de chaleur à travers les murs du vide sanitaire et aux déperditions par renouvellement d'air résultant de la ventilation du vide sanitaire, exprimé en  $W/(m^2.K)$  et calculé d'après la formule suivante :

$$U_x = \frac{2hU_w}{B'} + \frac{1450\varepsilon v f_w}{B'} \quad (\text{Formule 38});$$

Si  $h$  varie le long du périmètre du plancher, il convient d'utiliser sa valeur moyenne.

Des valeurs forfaitaires de  $f_w$  sont données dans le *tableau IX* :

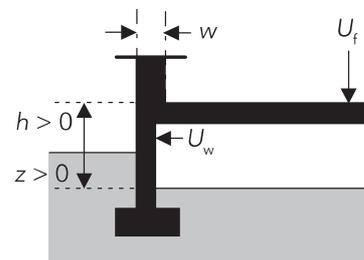


Figure 13

Tableau IX : Valeurs forfaitaires de  $f_w$ 

Situation	Exemple	$f_w$
Abritée	Centre ville	0,02
Moyenne	Banlieue	0,05
Exposée	Milieu rural	0,10

### 2.2.3.3 Planchers sur sous-sol non chauffé

Les formules indiquées dans ce paragraphe s'appliquent aux sous-sols non chauffés ventilés depuis l'extérieur.

Le coefficient de transmission surfacique « équivalent »  $U_e$  d'un plancher donnant sur un sous-sol non chauffé s'exprime en  $W/(m^2.K)$  et se calcule d'après la formule :

$$\frac{1}{U_e} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x};$$

où

$U_f$  est le coefficient de transmission surfacique global du plancher bas déterminé selon la formule 35 et exprimé en  $W/(m^2.K)$  ;

$U_g$  est le coefficient de transmission thermique correspondant au flux de chaleur à travers le sol, exprimé en  $W/(m^2.K)$  et calculé d'après la formule :

$$U_g = U_{bf} + \frac{z\rho}{A} U_{bw};$$

où

$U_{bf}$  correspond aux déperditions par le sol du sous-sol non chauffé et calculé d'après les formules 29 ou 30, en remplaçant  $d_t$  par  $d_g$  ;

$U_{bw}$  correspond aux déperditions à travers la partie enterrée du mur de soubassement et calculé d'après la formule 32 ou la formule 33, en remplaçant  $d_t$  par  $d_g$  ;

$U_x$  est un coefficient de transmission surfacique équivalent correspondant au flux de chaleur à travers les murs du sous-sol non chauffé et à celui résultant de la ventilation du sous-sol, exprimé en  $W/(m^2.K)$  et calculé d'après la formule suivante :

$$U_x = \frac{2hU_w}{B'} + \frac{0,33nV}{A} \quad (\text{Formule 39});$$

où

$V$  est le volume d'air du sous-sol, en  $m^3$  ;

$n$  est le taux de renouvellement d'air du sous-sol, en nombre de renouvellements d'air par heure.

Si  $h$  varie le long du périmètre du plancher, il convient d'utiliser sa valeur moyenne.

### 2.2.3.4 Murs

Le coefficient de transmission surfacique « équivalent »  $U_e$  d'un mur donnant sur un vide sanitaire ou sur un sous-sol non chauffé peut être calculé d'après les formules 34 à 39 en remplaçant les caractéristiques thermiques du plancher par celles du mur.

$B'$  étant toujours la dimension caractéristique du plancher séparant l'espace non chauffé du sol.

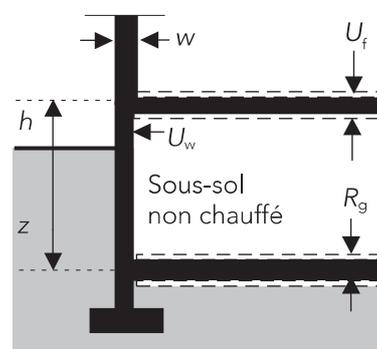


Figure 14