Annexe F. Transmissions thermiques via le sol

F.1 Données spécifiques nécessaires

F.1.1 Caractéristiques thermiques du sol

Dans le cadre de la réglementation PEB, on fait toujours les hypothèses suivantes :

- conductivité thermique du sol : λ = 2,0 W/m·K
- l'effet de la nappe phréatique est négligé, c'est à dire que G_w = 1.

F.1.2 Dimension caractéristique du plancher et épaisseur équivalente

La dimension caractéristique du plancher (B' en m) est définie comme le rapport de la surface totale en contact avec le sol (A en m²) et du demi-périmètre (P en m) :

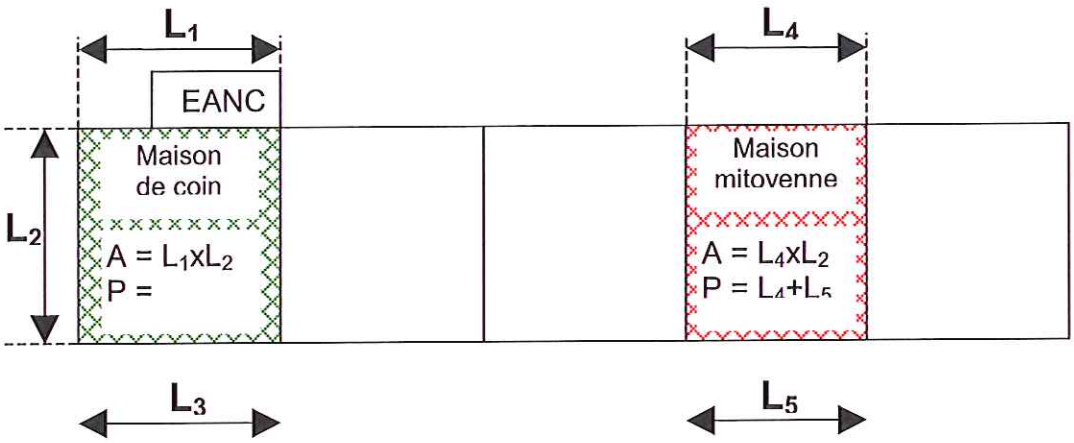
$$B' = \frac{A}{0{,}5.P} \qquad \text{(F1)} \qquad [\text{m}]$$

Le périmètre P (ou contour du sol) du plancher inférieur d'un volume protégé est la longueur horizontale totale mesurée par laquelle la surface du sol A pour ce plancher entre en contact avec le milieu extérieur ou un espace adjacent non-chauffé (EANC).

D'autres règles pour la détermination de P et/ou A sont :

- pour un bâtiment isolé sur terre-plein, P est égal à l'entièreté du contour du bâtiment et A est égale à la surface de plancher totale sur terre-plein ;
- pour une partie d'un ensemble de bâtiments (ex. : bâtiments en rangée), P est calculé comme la longueur totale de façade avant et arrière exposée à l'environnement extérieur (les façades latérales jouxtant un bâtiment voisin chauffé n'entrent donc pas en ligne de compte) ; A est à nouveau égale à l'entièreté de la surface de plancher sur terre-plein.
- lors de la détermination de P, un EANC éventuellement présent n'est pas considéré ; la longueur de la frontière entre le volume protégé et l'EANC est donc incluse lors de la détermination de P (voir figure) ;
- lors de la détermination de P et A, les dimensions extérieures sont utilisées.

NOTE : Les hauteurs d'une variation verticale de niveau du sol dans un plancher inférieur ne doivent pas être prises en compte dans P pour déterminer la dimension caractéristique du sol, mais sont bien à considérer en supplément à P pour la détermination de la transmission et du transfert de chaleur lié au bord, de la forme $P.\Psi_g$.



Le concept de l' « épaisseur équivalente » (d_t pour les planchers et d_g et d_w pour les murs enterrés) est un concept arithmétique qui a été instauré pour simplifier l'écriture des différentes formules pour la valeur U.
Si l'épaisseur des murs varie, il faut prendre pour w la valeur la plus petite.

F.2 Calcul de la valeur U et du transfert de chaleur stationnaire H_g

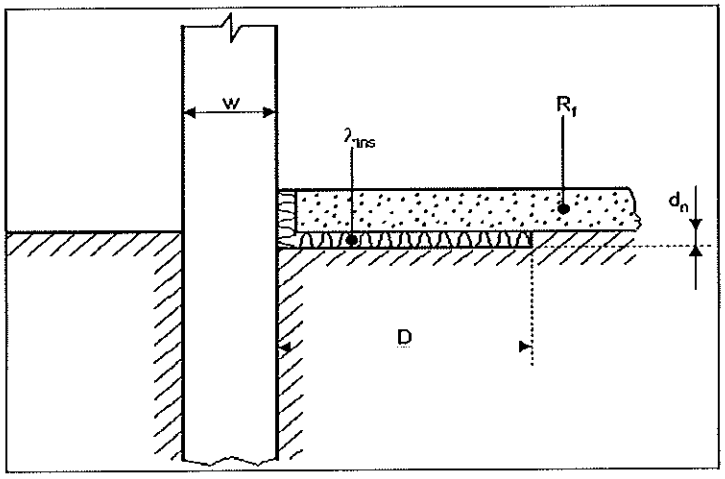
F.2.1 Généralités

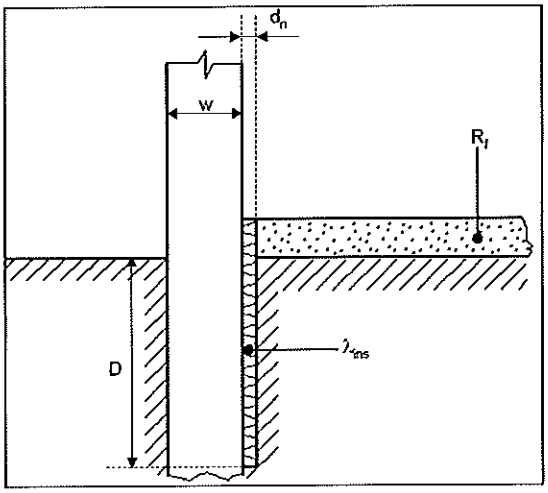
Dans les paragraphes suivants, le calcul détaillé de la valeur U des parois en contact avec le sol et du coefficient de transfert de chaleur H_g est donné pour les différents types de parois en contact avec le sol, notamment :

- planchers directement en contact avec le sol (voir F.2.2)
- planchers au-dessus d'un vide sanitaire (voir F.2.3)
- murs de caves (voir F.2.4)

F.2.2 Planchers directement en contact avec le sol

Les planchers directement en contact avec le sol sont composés d'une dalle dont la surface totale est directement en contact avec le sol (peu importe que la dalle soit soutenue par le sol sur la totalité de sa surface ou non) et qui se trouve à la même hauteur ou presque que le niveau du sol extérieur. La dalle peut être non-isolée, uniformément isolée sur toute sa surface ou isolée en partie (par exemple isolation périphérique horizontale ou verticale).





Données nécessaires :

- sol : valeur λ [W/m.K] et facteur de nappe phréatique G_w [-] suivant F.1.1
- mur extérieur : épaisseur totale w [m]
- plancher : périmètre P [m], surface A [m²], B'= 2.A/P et la résistance thermique totale du plancher (de la surface interne à la surface de séparation avec le sol) R_f [m²K/W]
- isolation périphérique : largeur ou profondeur D [m], épaisseur d_n [m], valeur λ_{ins} et résistance thermique $R_n = d_n/\lambda_{ins}$ [m²K/W]

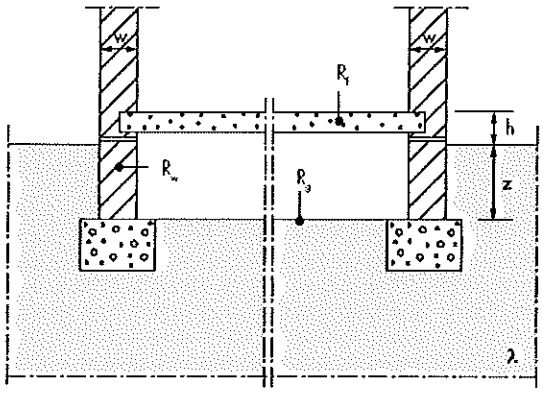
La procédure de calcul (valeur U et transfert de chaleur stationnaire) se déroule de la manière suivante :

étape 1	calculez d_t d'après : $d_t = w + \lambda\ (R_{si} + R_f + R_{se})$
étape 2	calculez U_o : $U_0 = \frac{2.\lambda}{\pi.B'+d_t}\ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t}+1\right)$ si dt < B' ou $U_0 = \frac{\lambda}{0{,}457.B'+d_t}$ si dt $\geq$ B' (plancher bien isolé)
étape 3 (1)	Si pas d'isolation périphérique : $U = U_o$ Si isolation périphérique: $U = U_o + 2\ \Psi_e/B'$, avec : ▪ isolation périphérique horizontale: $\Psi_e = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{D}{d_t}+1\right)-\ln\left(\frac{D}{d_t+d'}+1\right)\right]$ ▪ isolation périphérique verticale: $\Psi_e = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2D}{d_t}+1\right)-\ln\left(\frac{2D}{d_t+d'}+1\right)\right]$ dans lesquels : $d' = R_n.\lambda - d_n$ Si une isolation périphérique horizontale et verticale sont combinées, retenez la valeur Ψ_e avec la plus grande influence (réduction) sur U.
étape 4	Le transfert de chaleur stationnaire est calculé comme suit : $H_g = G_w\ .\ (A.U + P\ .\Psi)$ Ψ est le coefficient de déperdition thermique linéique de la jonction plancher-mur extérieur-fondation. Si l'effet de l'isolation périphérique est aussi pris en compte dans la valeur Ψ, aucune valeur Ψ_e ne doit être prise en compte ($U = U_o$).

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe III de l'arrêté PEB, la valeur U est considérée.

F.2.3 Planchers au-dessus d'un vide sanitaire

Un plancher au-dessus d'un vide sanitaire n'a pas de contact direct avec le sol, mais un flux de déperdition de chaleur s'échappe via ce vide sanitaire et via le sol vers l'environnement extérieur. Un transfert supplémentaire intervient si le vide sanitaire est ventilé avec de l'air extérieur. La procédure de calcul est donnée ci-dessous :



Données nécessaires :

- sol : valeur λ [W/m.K]et facteur de nappe phréatique G_w [-]
- mur du vide sanitaire : épaisseur à la hauteur du niveau du sol w [m], résistance thermique R_w [m²K/W], profondeur moyenne dans le sol z [m]
- plancher au-dessus du vide sanitaire : périmètre P [m], surface A [m²], B'= 2.A/P [m], résistance thermique R_f [m²K/W] et hauteur moyenne au-dessus du sol h [m]
- plancher du vide sanitaire : résistance thermique R_g [m²K/W]
- ventilation du vide sanitaire : surface des ouvertures de ventilation divisée par le périmètre ε [m²/m], vitesse du vent v [m/s] et facteur de protection du vent f_w [-]

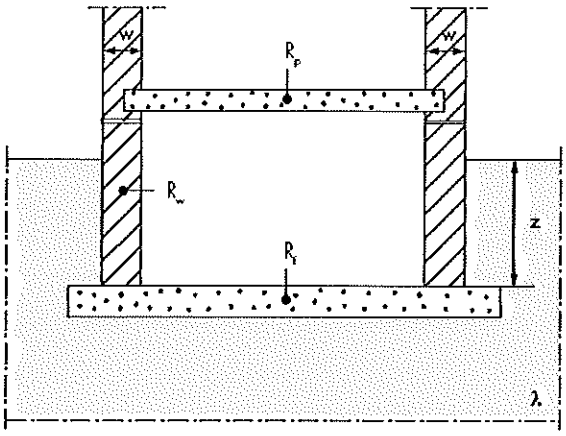
étape 1	calculez U_f (plancher au-dessus du vide sanitaire) : $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_f + R_{si}}$ (avec R_{si} = 0,17)
étape 2	calculez U_w (partie du mur au-dessus du niveau du sol) : $U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}}$ (avec R_{si} = 0,13)
étape 3	calculez d_g d'après : $d_g = w + \lambda\ (R_{si} + R_g + R_{se})$
étape 4	calculez d_w d'après: $d_w = \lambda\ (R_{si} + R_w + R_{se})$
étape 5	calculez U_g d'après: $U_g = G_w . \frac{2.\lambda}{\pi.B' + d_g} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g} + 1\right)$ (quand z ≤ 0,5 m) ou : $U_g = G_w . (U_{bf} + z . P . U_{bw}/A)$ (quand z > 0,5 m) avec : $U_{bf} = \frac{2.\lambda}{\pi.B' + d_g + 0{,}5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_g + 0{,}5.z} + 1\right)$ et avec : $U_{bw} = \frac{2.\lambda}{\pi.z}\left(1 + \frac{0{,}5.d_g}{d_g + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$
étape 6	calculez U_x : $U_x = 2.h.U_w/B' + 1450.\varepsilon.v.f_w/B'$ (vide sanitaire ventilé) (1) ou $U_x = 2.h.U_w/B'$ (vide sanitaire non-ventilé)
étape 7	calculez U d'après: $\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}$
étape 8	calculez la transfert de chaleur stationnaire d'après : $\mathbf{H_g = A . U + P.\Psi}$ dans laquelle Ψ est le coefficient de transmission thermique linéique de la jonction du plancher (au-dessus du vide sanitaire) sur le mur extérieur.

(1) Prendre dans le cadre de la réglementation PEB les valeurs fixes :
f_w = 0,05
v = 4 m/s (vitesse moyenne du vent)

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} selon l'annexe III de l'arrêté PEB, la valeur U est considérée pour le plancher au-dessus du vide sanitaire.

F.2.4 Parois d'une cave

Les caves sont des espaces qui se trouvent en partie ou totalement en dessous du niveau du sol extérieur. Le plancher de la cave se trouve à une profondeur moyenne z en dessous du niveau du sol extérieur et le degré d'isolation du sol et des murs de cave peut être différent. La procédure de calcul décrit le transfert de chaleur commun H_g total qui a lieu aussi bien par le plancher que par les murs de la cave vers l'environnement extérieur, sachant que les deux flux de chaleur dépendent l'un de l'autre.



Données nécessaires:

- sol : valeur λ [W/m.K]
- plancher au-dessus de la cave : résistance thermique R_p [m²K/W] et hauteur moyenne au dessus du niveau du sol h [m]
- mur de cave : épaisseur à hauteur du niveau du sol w [m], résistance thermique R_w [m²K/W], profondeur moyenne dans le sol z [m]
- sol de la cave : périmètre P [m], superficie A [m²], B'= 2.A/P [m] et résistance thermique R_f [m²K/W]
- ventilation de la cave : taux de ventilation n [h^{-1}] et volume V [m³]

étape 1	Calculez d_t pour le plancher de la cave d'après : $d_t = w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{se})$
étape 2	Calculez U_{bf} pour le plancher de la cave d'après: $U_{bf} = \frac{2.\lambda}{\pi.B' + d_t + 0{,}5.z} \ln\left(\frac{\pi.B'}{d_t + 0{,}5.z} + 1\right)$ si $(d_t + 0{,}5.z) < B'$ (plancher peu ou pas isolé) $U_{bf} = \frac{\lambda}{0{,}457.B' + d_t + 0{,}5.z}$ si $(d_t + 0{,}5.z) \geq B'$ (plancher bien isolé)
étape 3	Calculez d_w pour le mur de la cave d'après: $d_w = \lambda (R_{si} + R_w + R_{se})$
étape 4	Calculez U_{bw} pour le mur de la cave d'après: $U_{bw} = \frac{2.\lambda}{\pi.z}\left(1 + \frac{0{,}5.d_t}{d_t + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$ quand $d_w \geq d_t$ $U_{bw} = \frac{2.\lambda}{\pi.z}\left(1 + \frac{0{,}5.d_w}{d_w + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$ quand $d_w < d_t$
étape 5	En cas de cave chauffée : • Calculez U' d'après: $U' = \frac{A.U_{bf} + z.P.U_{bw}}{A + z.P}$ • Calculez le transfert de chaleur d'après: $H_g = A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + P.\Psi$ dans laquelle Ψ est le coefficient de transmission thermique linéique de la jonction du sol de la cave avec le mur de la cave.

(étape 6)	En cas de cave <u>en dehors du volume protégé</u> : ▪ Calculez U_f (valeur U du plancher au-dessus de la cave) : $U_f = \frac{1}{R_{si} + R_p + R_{si}}$ (avec R_{si} = 0,17) ▪ Calculez U_w (valeur U de la partie du mur au-dessus du niveau du sol extérieur) : $U_w = \frac{1}{R_{si} + R_w + R_{se}}$ (avec R_{si} = 0,13) ▪ Calculez U d'après : $\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{A.U_{bf} + z.P.U_{bw} + h.P.U_w + 0{,}33.n.V}$ (1) ▪ Et le transfert de chaleur par transmission : Hg = A . U + P.Ψ dans laquelle Ψ est le coefficient de transmission thermique linéique de la jonction du plancher de la cave sur le mur extérieur de la cave.
(1) dans le cadre de la réglementation PEB, on prend en compte la valeur fixe n de 0,3 h^{-1} comme taux de ventilation.	

Pour l'évaluation de l'exigence U_{max} suivant l'annexe III de l'arrêté EPB la valeur U_{bf} doit être considérée pour le plancher de la cave.