

Section 3. Détermination des besoins en chauffage

Pour dimensionner une installation de chauffage solaire il est nécessaire de connaître avec une bonne approximation les besoins thermiques. Dans le cas d'une habitation, nous allons définir plusieurs grandeurs représentatives des échanges thermiques avec l'extérieur. On notera T_i la température de confort que l'on veut maintenir à l'intérieur de l'habitation et T_a la température de l'environnement extérieur.

Coefficient GV

Ce coefficient, appelé *coefficient de déperdition thermique* (en $W.K^{-1}$), caractérise les déperditions thermiques \dot{Q}_{th} du bâtiment. On le définit par l'équation suivante :

$$\dot{Q}_{th} = GV(T_i - T_a)$$

Les pertes thermiques ont plusieurs origines :

- **Les murs** de surface S_m : on définit un coefficient K_m (en $W.m^2.K^{-1}$) tel que les pertes thermiques par les parois opaques s'écrivent :

$$\dot{Q}_m = K_m (T_i - T_a) S_m$$

Dans le cas d'un mur maçonné (épaisseur e_1 et conductivité thermique λ_1) avec isolation intérieure (e_2, λ_2), on a :

$$K_m = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_2}}$$

Où h_1 et h_2 sont respectivement les coefficients de convection + rayonnement entre le mur extérieur et l'environnement à T_a et entre le mur intérieur et l'air intérieur à T_i .

- **Les vitrages** de surface totale S_v : c'est le point faible de l'isolation thermique des bâtiments anciens. Actuellement le double-vitrage s'est généralisé et les déperditions thermiques sont plus faibles. La conductivité thermique λ_v est au alentour de $3Wm^2K^{-1}$. En remplaçant entre les deux vitres l'air par l'argon, dont la conductivité est plus faible, on améliore sensiblement la valeur de λ_v (1.5 à $2 Wm^2K^{-1}$). La puissance perdue par ces surfaces vitrées s'écrit :

$$\dot{Q}_v = K_v (T_i - T_a) S_v$$

- **Le plancher** de surface totale S_p : les déperditions ont lieu principalement par conduction à travers le dallage posé au sol naturel ou bien avec le vide sanitaire. On définit une conductance thermique K_p qui permet d'écrire le flux thermique perdu sous forme :

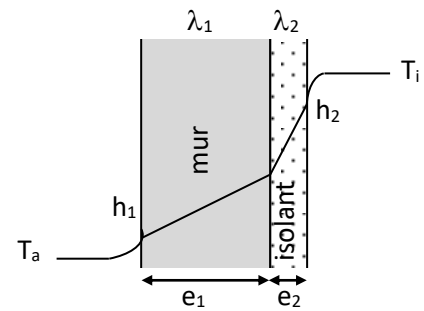


Fig. : Flux thermique dans un mur

$$\dot{Q}_p = K_p (T_i - T_a) S_p$$

La toiture de surface totale S_t : la puissance perdue s'écrit :

$$\dot{Q}_t = K_t (T_i - T_a) S_t$$

Avec $K_t = \lambda/e$.

- **Les ponts thermiques** : le plus souvent l'isolation des murs est réalisée à l'intérieur, ce qui a pour inconvénient de créer des ponts thermiques au droit des planchers par exemple. En première approximation on peut dans un avant-projet chiffrer ces pertes à 10% de celles des parois (murs + fenêtres + toit + plancher).

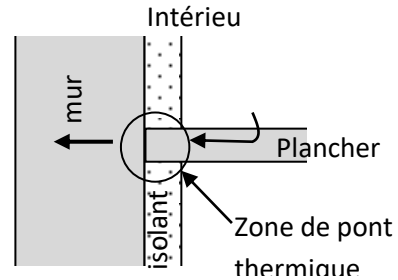


Fig. : Pont thermique

- **Le renouvellement d'air** : plus une maison est isolée, plus elle est étanche à l'air. Il se pose alors un problème de renouvellement de l'air vicié. De plus en plus de constructions font appel à une ventilation mécanique contrôlée (VMC) qui aspire l'air intérieur à T_i et le rejette à l'extérieur. La dépression ainsi réalisée crée un appel d'air neuf qui entre à T_a par les ouïes (ouvertures) prévues à cet effet au droit des fenêtres. Mais quand T_a est inférieur à T_i , ce renouvellement d'air entraîne une déperdition calorifique \dot{Q}_a que l'on peut mettre sous la forme :

$$\dot{Q}_a = \rho_a \dot{v}_a c_{pa} (T_i - T_a)$$

Où ρ_a et c_{pa} sont respectivement la masse volumique et la chaleur massique de l'air tandis que \dot{v}_a représente le débit volumique de renouvellement d'air.

Finalement on peut écrire :

$$\dot{Q}_{th} = (\dot{Q}_m + \dot{Q}_v + \dot{Q}_p + \dot{Q}_t) + \dot{Q}_a = GV(T_i - T_a)$$

Ce qui donne :

$$GV = (K_m S_m + K_v S_v + K_p S_p + K_t S_t) + \rho_a \dot{v}_a c_{pa}$$

On parle parfois de coefficient de déperdition volumique G (en $W.K^{-1}.m^3$). Il suffit de diviser le coefficient GV par le volume V de l'habitation pour obtenir G :

$$G = \frac{GV}{V}$$

Coefficient BV

Le coefficient BV est le coefficient de *besoins thermiques*. Il se déduit du coefficient GV en prenant en compte les apports énergétiques dus aux occupants de l'habitation, aux appareils domestiques et aux apports solaires par les fenêtres. Il s'exprime en $W.K^{-1}$.

Soient \dot{Q}_i les apports internes à la maison (en W). On définit une température T_{sc} , dite *température sans chauffage*, correspondant à la température extérieure à partir de laquelle il n'y a plus besoin de chauffage pour maintenir la température T_i ($T_i > T_{sc}$) à l'intérieur de l'habitation, ceci à cause des apports naturels vus plus haut.

On a donc :

$$\dot{Q}_i = GV(T_i - T_{sc})$$

Et par suite :

$$T_{sc} = T_i - \frac{\dot{Q}_i}{GV}$$

Les besoins énergétiques réels \dot{Q}_e sont donnés par l'équation de bilan :

$$\dot{Q}_e = \dot{Q}_{th} - \dot{Q}_i$$

Mais aussi par définition de BV :

$$\dot{Q}_e = BV(T_i - T_a)$$

On en déduit l'égalité suivante :

$$BV(T_i - T_a) = GV(T_i - T_a) - GV(T_i - T_{sc})$$

Ou encore :

$$BV = GV(1 - F)$$

Avec :

$$F = \frac{T_i - T_{sc}}{T_i - T_a}$$

F est appelé facteur d'apports gratuits.

Ce dernier coefficient dépend de nombreux paramètres tels que :

- Le nombre d'occupants du logement ;
- Le mode de vie (température de confort, éclairage, appareils électriques,...)

- La situation géographique (ensoleillement, température extérieure,...)
- La construction de la maison (orientation par rapport au sud, dimensions, isolation,...).

Difficile à calculer a priori (ou d'une façon indépendante), le coefficient BV peut être déduit assez facilement a posteriori (ou en se basant) par le relevé, sur une période déterminée, de la consommation réelle Q_e d'énergie primaire du logement et en utilisant la méthode des degrés-jours, explicitée ci-dessous.

De même façon que pour GV, on définit un coefficient B (en $W.m^{-3}.K^{-1}$), appelé coefficient de déperdition volumique effectif donné en divisant GB par le volume V de la maison :

$$B = \frac{BV}{V}$$

Méthode des degrés-jours

Elle permet de calculer les besoins en chauffage d'une habitation.

A un instant donné, la puissance thermique effective nécessaire pour maintenir à T_i l'intérieur de l'habitation s'écrit :

$$\dot{Q}_e = GV(T_{sc} - T_a)$$

La détermination de l'énergie à fournir au logement durant une période Δt s'écrit :

$$Q_e = \int_{\Delta t} GV(T_{sc} - T_a) dt$$

Appelons nombre de **degrés-jours** la quantité suivante :

$$ndj = \int_{\Delta t} (T_{sc} - T_a) dt$$

Le terme dt de l'intégrale correspond au nombre de jours durant lesquels la température de l'air extérieur vaut T_a °C avec, bien sûr, $T_a < T_{sc}$. La définition de ndj implique que T_{sc} et T_a représentent des températures moyennes calculées sur la journée. Le nombre de degrés-jours correspond donc au nombre de jours de chauffage multiplié par l'écart de température $T_{sc} - T_a$ à vaincre.

En considérant que le facteur GV est constant sur la période étudiée, l'énergie à fournir pour le chauffage s'écrit (en Wj) :

$$Q_e = GV.ndj$$

Pour obtenir Q_e en KWh, il faut diviser par 10^3 et multiplier par 24 le résultat en Wj, ce qui donne :

$$Q_e = 0.024 GV.ndj$$

En relevant chaque jour la température ambiante moyenne T_a en un site donnée, on peut calculer le nombre de degrés-jours pour une période donnée