

# 8 - Coefficients de transmission thermique global $K_g$ Exemples de calcul

Nous avons défini au paragraphe 7.1 le coefficient de transmission surfacique global  $K_g$  d'une paroi. Il est égal aux déperditions par transmission à travers la paroi, y compris les déperditions par les liaisons, divisées par la surface intérieure  $A_i$  de la paroi :

$$K_g = \frac{\sum (KA) + \sum (kL)}{A_i}$$

## 8.1 CALCUL DU COEFFICIENT $K_g$ D'UNE PAROI VERTICALE EN COLLECTIF.

Considérons l'appartement présenté par la Fig.8.1. Il s'agit d'un logement situé au deuxième étage d'un

petit collectif, comprenant deux appartements identiques par niveau. Les seules parois de déperditions sont donc les parois verticales façade et pignons.

La hauteur entre niveau est 2,50 m, l'épaisseur des planchers 0,20 m. Les murs et les refends sont en béton de 15 cm. On va supposer que les façades et le pignon sont isolés par l'intérieur avec un complexe laine de verre (40 mm) + 10 mm de plâtre cartonné dans un premier cas.

Nous étudierons ensuite les mêmes parois isolées par l'extérieur.

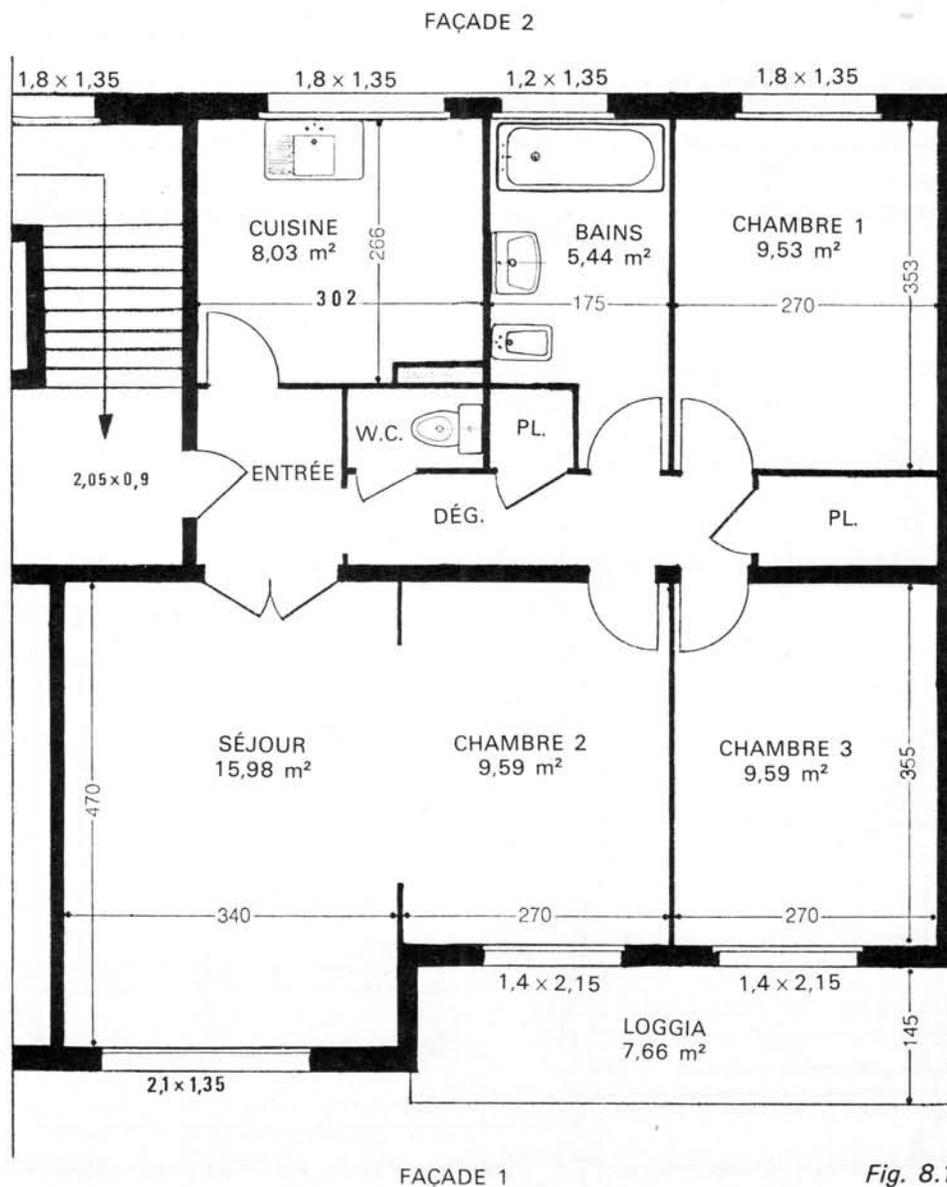


Fig. 8.1

### 8.1.1 Cas d'une isolation intérieure

— La menuiserie est à l'intérieur, du même côté que l'isolation donc  $k = 0$  pour les pourtours de baie, sauf pour les seuils des deux portes-fenêtres de la façade 1 (la dalle de béton du plancher est en continuité avec le seuil de porte). (Fig. 8.2).

— L'isolant est continu au niveau des cloisons, on intégrera donc la surface des cloisons au niveau des surfaces A et du produit  $K.A$ .

— Les refends sont en béton et ne sont pas isolés à leurs extrémités.

— 3 angles saillants sont isolés par l'intérieur donc  $k = 0$ .

Déterminons donc les coefficients  $k$  linéiques des différentes liaisons.

— Liaison mur-mur (angle rentrant isolé par l'intérieur). Sur la fig. 7.19 :

pour  $e = 15$  cm,  
 $K_2 = 0,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$        $k_1 = 0,07 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$

— Liaison mur-refend : les 3 refends de 15 cm d'épaisseur ne sont pas isolés en about et ne sont pas saillants à l'extérieur. Il s'agit de refend en béton, comme les murs. Le paragraphe 7.4.3.2 et les courbes

de la figure 7.27 vont nous permettre de calculer  $k_3$ ,  $k_4$  et  $k_5$  qui sont égaux.

$$r_i = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \quad K_2 = 0,8 \quad \text{donc } \alpha = 0,41$$

$$R = 0,11 \quad R + r_s = 0,26$$

$$\text{donc } \frac{k}{e_i} = 2,25$$

$$k = 0,15 \times 2,25 = 0,34 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

$$k_3 = k_4 = k_5 = 0,34 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

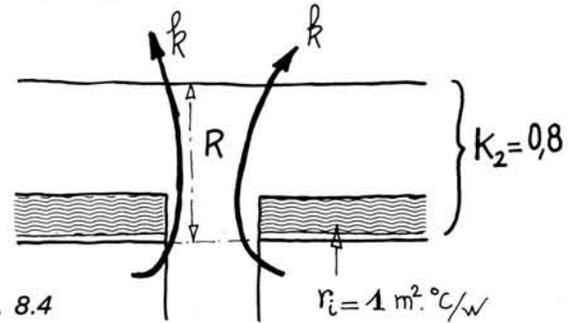


Fig. 8.4

— Liaison mur-plancher  $k_6$  et mur-plafond  $k_7$ . Ces deux coefficients sont égaux, sauf au niveau des seuils de portes-fenêtres. Nous sommes ramenés au cas de la liaison mur-refend mais  $e_i = 20$  cm donc  $k_6 = k_7 = 0,20 \times 2,25 = 0,45 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$ .

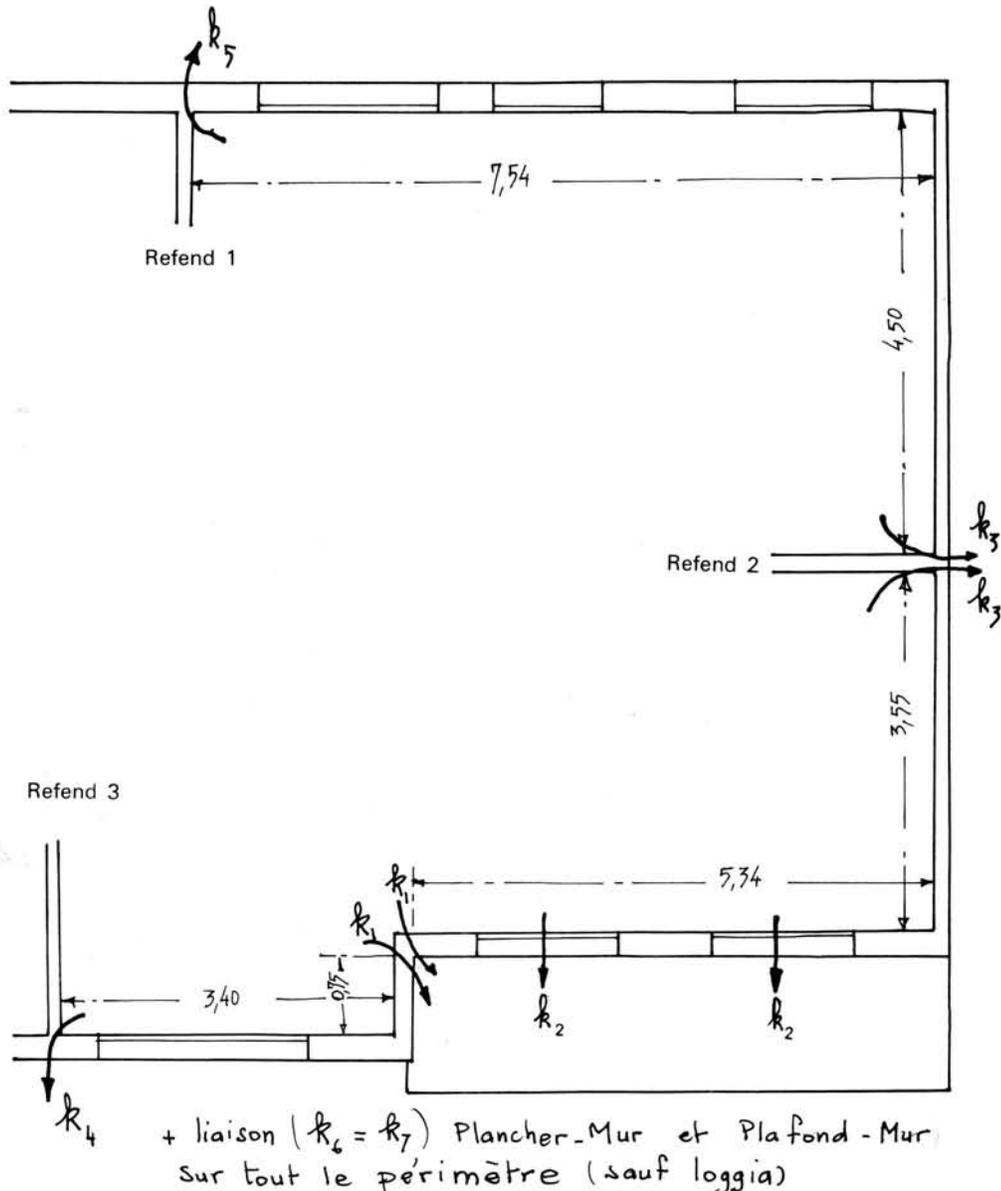


Fig. 8.2

— Liaison mur-plancher au niveau du seuil de porte (Fig. 8.3) : c'est le cas d'une liaison plancher-mur à isolation répartie en prenant pour épaisseur du mur la largeur du seuil (6,5 cm) :

$$\alpha = 0 \quad R = \frac{0,065}{1,75}$$

$$R + r_s = 0,18 \quad \frac{k_2}{e_i} = 2,15$$

$$k_2 = 0,20 \times 2,15 = 0,43 \text{ W/m} \cdot \text{°C}.$$

La surface intérieure  $A_i$  sera = surface intérieure - surface des ouvertures =  $25,08 \times 2,50 - 15,33 \text{ m}^2$   
 $A_i = 62,70 - 15,33 = 47,37 \text{ m}^2$ .

La longueur intérieure de la liaison plafond-mur est de 25,80 m.

La longueur intérieure de la liaison plancher-plafond est de 23 m.

La longueur des 2 seuils est de 2,8 m.

Nous pouvons calculer le coefficient  $K_g$  de notre paroi verticale.

Nous avons porté dans le tableau ci-dessous les valeurs à prendre en compte pour le calcul de  $K_g$  :

$$\text{donc } K_g = \frac{\Sigma(KA) + \Sigma(kL)}{A_i} = \frac{64,84}{47,4}$$

$$K_g = 1,37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Il est donc très important de tenir compte des « fuites latérales » au niveau des liaisons, tant au niveau des calculs de déperditions que des estimations de con-

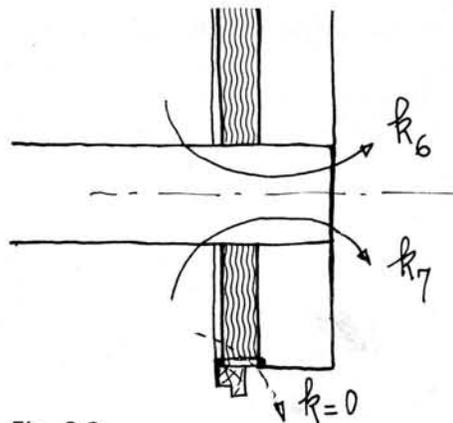
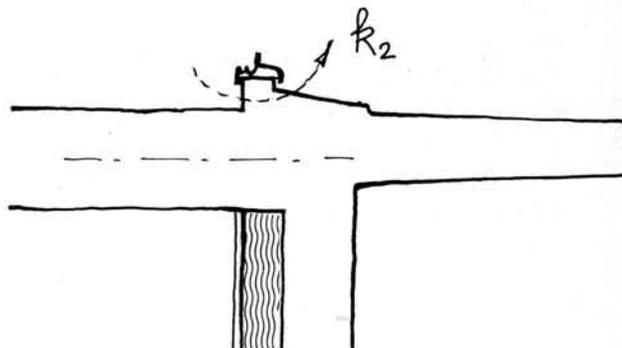


Fig. 8.3



sommation. D'autre part, il est important de peser le poids de chaque liaison au niveau des déperditions afin de s'attaquer à la plus importante en premier lieu.

Par exemple, il est important de chercher des solutions pour traiter thermiquement les abouts de plancher.

Élément	K ou k	A ou L	KA ou kL
<b>Paroi</b>	0,8	47,4	37,92
Liaison mur - refend ( $k_4, k_5, 2 k_3$ )	0,34	10	3,4
Liaison mur - plafond	0,45	25,65	11,61
Liaison mur - plancher	0,45	23	10,35
Seuil des portes-fenêtres ( $k_2$ )	0,43	2,8	1,21
Angle rentrant ( $2 k_1$ )	0,07	5	0,35
			64,84

### 8.12 Cas d'une isolation extérieure.

Nous allons reprendre le même logement mais isolé par l'extérieur. Afin de permettre une comparaison des chiffres, nous supposons que le mur en béton de 15 cm est isolé avec 40 mm de polystyrène supportant un enduit — donc le coefficient K de la paroi sera toujours égal à  $0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .

Nous supposons que l'isolation est continue sur le pignon et sur les façades, sauf au niveau de la loggia. Nous intégrerons donc simplement l'épaisseur des cloisons et refends dans les surfaces d'échanges ( $\frac{1}{2}$  épaisseur pour les refends mitoyens avec un autre appartement ou la cage d'escalier).

Analysons et calculons les différentes liaisons.

● *Pourtour de baie* — La menuiserie est côté intérieur du bâtiment. Nous ferons 2 hypothèses : tableau isolé et tableau non isolé. (Fig. 7.9 et 7.10).

$K = 0,8$      $e = 15 \text{ cm}$      $R_m = 0,09$   
tableau isolé     $k = 0,05 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$   
tableau non isolé     $k = 0,60 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$

● *Angle de deux parois extérieures.*

Pour l'angle rentrant,  $k = 0$   
Pour les 3 angles saillants (Fig. 7.19)  
 $e = 0,15$      $K = 0,8$      $k = 0,072 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$   
(avec 2.k.L. à chaque angle)

● *Liaison mur-plancher et mur-plafond en partie courante.*

On suppose que l'isolant est continu au niveau de l'about de plancher (sauf sur la loggia).

Ce cas est traité au paragraphe 7.4.4.2.  
 $r_i = 1 \text{ m}^2\text{.}^\circ\text{C W}$      $K = 0,8$      $\alpha = 0,41$   
 $R = 1,10$      $R + r_s = 1,25$      $e_i = 0,2$

D'après la courbe correspondant à  $\alpha = 0,41$  de la Fig. 7.27  $\frac{k}{e_i} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$

donc  $k = 0,08 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$

soit par mètre linéaire de liaison  
 $2 \text{ k L} = 2 \times 0,08 \times 1 = 0,16 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$

Ce qui correspond exactement au K.A. correspondant  
 $KA = 0,8 \times 0,20 \text{ m}^2 = 0,16 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$  ( $0,16 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$ )

Nous aurions donc pu intégrer directement au niveau de la surface A, la  $\frac{1}{2}$  épaisseur du plancher et

du plafond. Nous les avons dissociés, en raison de la présence des seuils de portes et de la loggia.

● Au niveau de la loggia on est ramené au cas de l'isolation interrompue au niveau de l'about de plancher ; on retrouve donc le coefficient  $k_6$  calculé précédemment (Fig.8.5).

$k_6 = 0,45 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$ .

● De même au niveau des seuils de porte

$k_2 = 0,43 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$

Évaluons les surfaces et longueurs. (Fig. 8.6).

La surface A = surface totale (y compris refend) – surface ouverture

$(7,615 + 8,20 + 5,34 + 0,75 + 3,475) \times 2,50$   
 $= 64,06 \text{ m}^2$   
Surface ouverture     $15,33 \text{ m}^2$

$A_1 = 48,73 \text{ m}^2$

Longueur de la liaison plafond-mur en partie courante (isolation continue)	} 19,29 m
Longueur de la liaison plancher-mur	
Liaison plafond-mur sur loggia	6,49 m
Liaison plancher-mur sur loggia	3,69 m
Seuils de portes (les seuils de portes-fenêtres non compris)	2,80 m
Pourtour de baie	36 m

Calculons le coefficient  $K_g$  :

Élément	K ou k	A ou L	KA ou kL	
<b>Paroi</b>	0,8	48,73	38,98	–
Liaison plafond - mur (isolation continue)	0,08	19,29	} 3,09	
plancher - mur	0,08	19,29		
Liaison mur - plafond sur loggia	0,45	6,49	} 4,58	–
mur - plancher sur loggia	0,45	3,69		
Seuils de porte	0,43	2,80	1,21	–
Angle de murs	0,072	15	1,08	–
<b>Pourtour de Baie</b>				
* non isolé	0,6	36	21,6	1,8
* isolé	0,05			
			70,54	50,74

Si les tableaux ne sont pas isolés :

$$K_g = \frac{70,54}{48,73} = 1,45 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$$

Si les tableaux sont isolés

$$K_g = \frac{50,74}{48,73} = 1,04 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$$

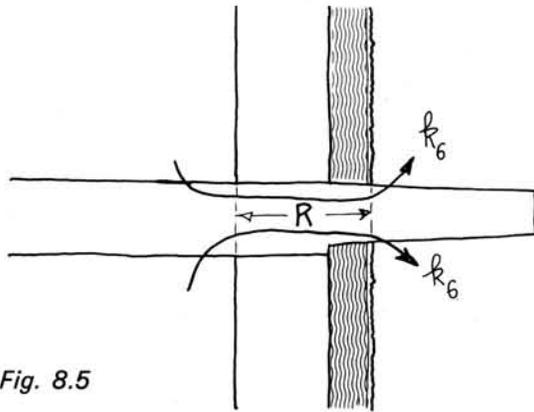


Fig. 8.5

Pour profiter au maximum d'une isolation continue par l'extérieur, il faut donc impérativement, soit isoler thermiquement les tableaux de menuiseries

soit mettre la menuiserie du même côté que l'isolant, dans ce cas, le coefficient  $k$  linéique du pourtour de baie est nul donc  $K_g = \frac{48,91}{48,73} = 1,00 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

**N.B.** Si nous n'isolons pas les pourtours de baies (pour des raisons techniques par exemple, s'il s'agit d'aménagement d'ancien), calculons l'épaisseur d'isolant nécessaire en partie courante pour compenser les pertes des pourtours de baie.

$$K.A. + \sum k L = 50,74 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$\sum k l = 3,09 + 4,58 + 2,69 + 1,08 + 21,6 = 33,04$$

$$\text{donc } K.A = 50,74 - 33,04 = 17,70 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{17,70}{48,73} = 0,36 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Ce qui correspond à une épaisseur d'isolant de 100 mm pratiquement (polystyrène ou laine minérale) au lieu de 40 mm prévus au départ.

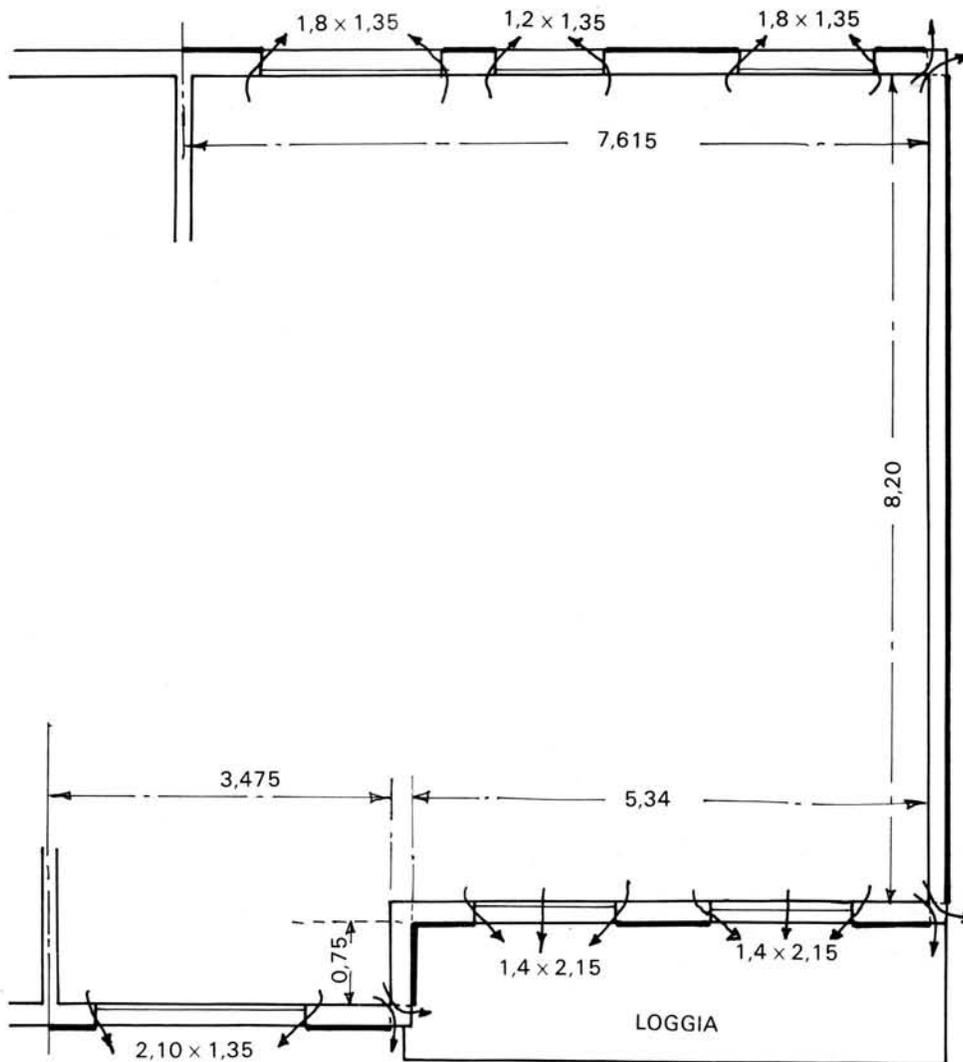


Fig. 8.6

## 8.2 CALCUL D'UN COEFFICIENT $K_g$ DE PLANCHER

Nous allons reprendre l'exemple précédent et supposer que l'appartement est au rez-de-chaussée et se trouve sur des caves. (Le hall mitoyen à l'entrée et à la cuisine est chauffé).

Nous étudierons 3 cas de figures : plancher avec

- isolation sous chape
- isolation en fond de coffrage
- isolation intégrée au plancher

### 8.2.1 Isolation sous chape (Fig. 8.7)

Nous allons supposer que le plancher est composé d'une dalle en béton 15 cm avec 4 cm de mousse de polystyrène thermocomprimée ( $\lambda = 0,038$ ) et une chape de 4 cm armée. L'isolant est interrompu au droit des cloisons, contre-cloisons et refend.

Le coefficient  $K$  d'une telle paroi est égal à :  
 $K = 0,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

L'épaisseur du plancher fini est de 0,24 m.

— Il y a un refend central, un refend séparant l'appartement de la cage d'escalier et de l'appartement mitoyen. ( $e_i = 15 \text{ cm}$ ).

— Le doublage de la paroi extérieure verticale est assuré par un complexe plaque de plâtre de 10 mm et polystyrène (40 mm). On peut supposer dans ce cas que l'isolation est continue entre le sol et le mur — il s'agit d'un angle saillant isolé par l'intérieur donc  $k = 0$ .

Dans le cas d'une contre-cloison traditionnelle (Fig. 8.8) la contre-cloison ne repose pas sur l'isolant. D'autre part, les deux faces de la contre-cloison sont à des températures très voisines et ceci d'autant plus que l'isolant est épais. On peut donc considérer que la déperdition au niveau de la contre-cloison est voisine de celle au niveau des cloisons intérieures. On prendra donc le même rapport  $\frac{k}{e_i}$  pour la contre-cloison et la cloison.

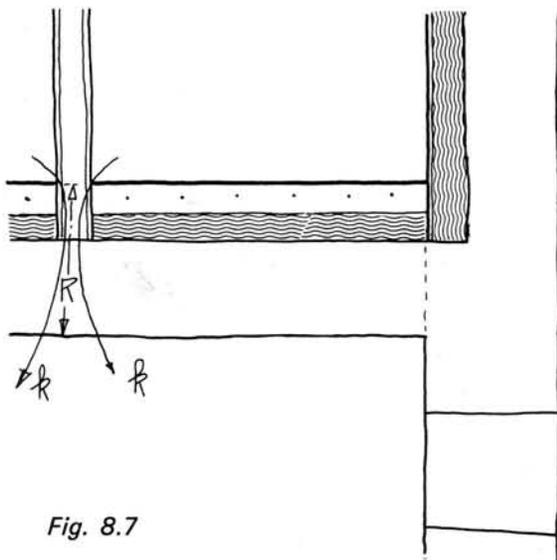
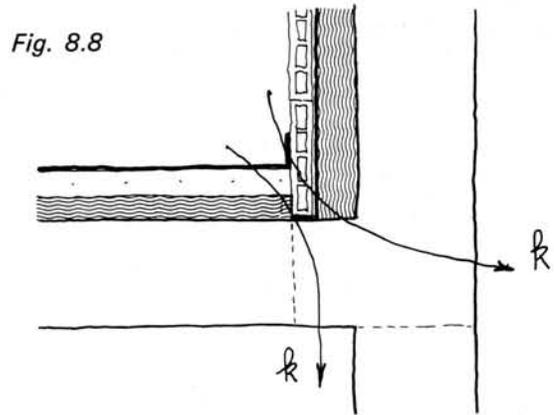


Fig. 8.7



Cas du doublage avec contre-cloison

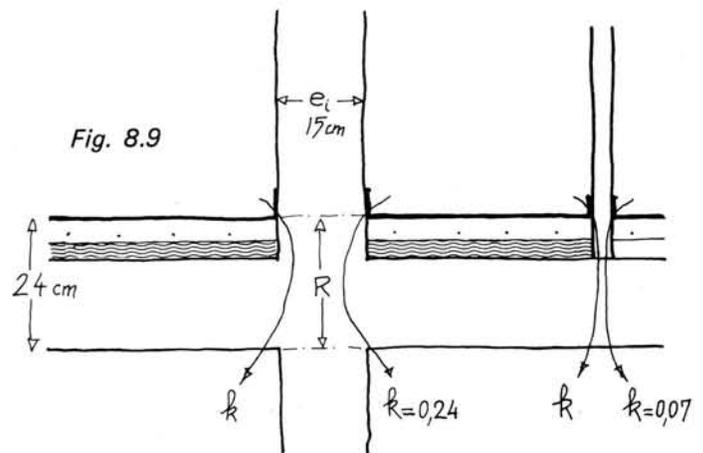


Fig. 8.9

Surface  $A_i$  du plancher = 66,85 m<sup>2</sup>.  
 Longueur des cloisons = 19 m.  
 Longueur du refend central = 4,75 m.  
 Longueur du refend mitoyen = 9,65 m.  
 Périphérie extérieure = 25,38 m.

On suppose que l'isolant du sol est remonté périphériquement sous le seuil des portes-fenêtres.

Calculons les coefficients  $k$  linéiques des différentes liaisons.

● *liaison cloison-plancher* :  $e_i = 7 \text{ cm}$   
 $r_i = 1 \quad K = 0,65 \quad \text{donc } \alpha = 0,15$ .

la Résistance  $R$  est égale à la résistance des 15 cm de béton (= 0,09 m<sup>2</sup>·°C/W) et des 9 cm de carreaux

de plâtre de la contre-cloison ( $\frac{e}{\lambda} = \frac{0,09}{0,46} = 0,20$ )

donc  $R + r_s = 0,29 + 0,15 = 0,44$

D'après l'abaque (Fig. 7.27)  $\frac{k}{e_i} = 1,04$

$k = 1,04 \times 0,07 = 0,073 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

● *liaison refend-plancher* (Fig. 8.9)

$r_i = 1 \quad K = 0,65 \quad \alpha = 0,15$

la résistance  $R$  est égale à  $\frac{0,24}{1,75} = 0,14$

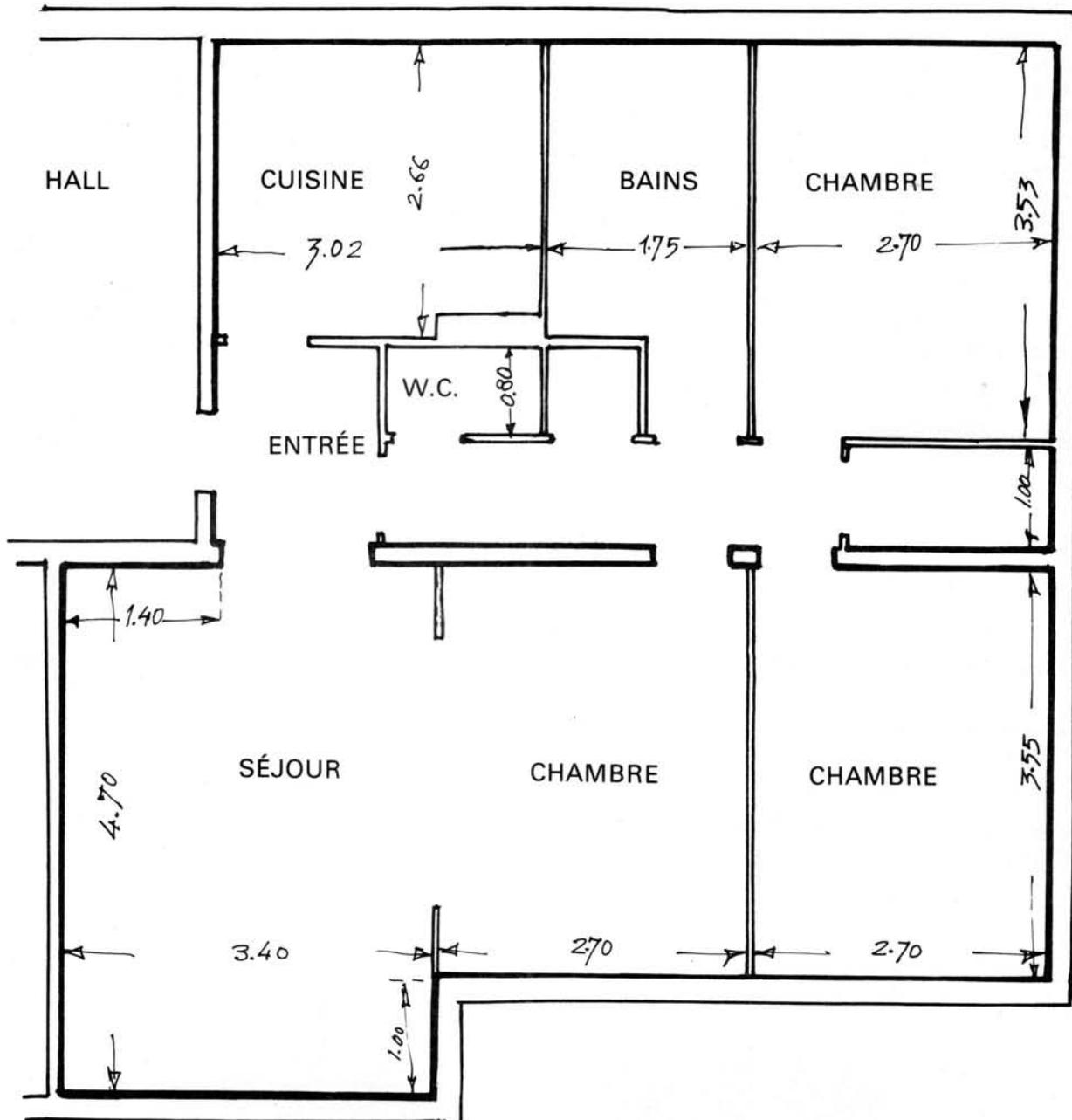
$R + r_s = 0,29$

Sur l'abaque 7.27, on lit  $\frac{k}{e_i} = 1,6$

donc  $k = 1,6 \times 0,15 = 0,24 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ .

Calculons le coefficient  $K_g$  du plancher (Voir le tableau ci-après).

Élément	K ou k	A ou L	KA ou kL	
Plancher	0,65	66,85 m <sup>2</sup>	43,45	-
Liaison cloison - plancher	0,073	2 x 19 m	2,77	-
Refend - plancher	0,24	2 x 4,75 + 9,65	4,60	-
Mur - plancher avec doublage en plaque de plâtre	0	-		
- avec contre-cloison (carreau plâtre 7 cm)	0,073	25,38		1,85
			50,82 W/°C	52,67



Avec contre-cloison, la surface  $A_i$  va diminuer de  $0,06 \times 25,38 = 1,53 \text{ m}^2$   
 donc  $A_i = 65,32 \text{ m}^2$

Les coefficients  $K_g$  seront dans les deux cas :

- avec doublage plaque de plâtre + isolant

$$K_g = \frac{50,82}{66,85} = 0,76 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

- avec contre-cloison 7 cm + isolant

$$K_g = \frac{52,67}{65,32} = 0,81 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

### 8.2.2 Isolation en fond de coffrage

Nous rappelons que pour pouvoir considérer qu'une paroi est *isolée* en fond de coffrage avec des fibragglos, il faut au moins 60 mm, compte tenu du  $\lambda = 0,12 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$ .

Nous allons supposer que le plancher est isolé en sous-face avec 30 mm de mousse de polystyrène extrudé en continu ( $\lambda = 0,029$ ). L'isolant a la même résistance thermique que dans le cas précédent donc  $K = 0,65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .

Nous pouvons négliger la liaison cloison-plancher, à condition d'intégrer la surface des cloisons dans la surface  $A_i$ , puisque l'isolation est continue au

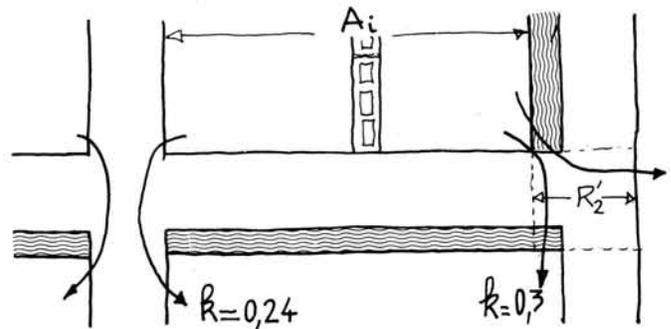


Fig. 8.10

droit des cloisons. ( $19 \text{ m} \times 0,07 = 1,33 \text{ m}^2$  soit  $A_i = 68,18 \text{ m}^2$ ). La liaison refend-plancher restera la même que dans le cas précédent.

La liaison périphérique va changer qu'il y ait ou non contre-cloison. (Fig. 8.10).

C'est le cas étudié au paragraphe 7.4.3.1, illustré par la figure 7.23.

$$R = 0,5 R_1 + R'_2 = 0,045 + 0,11 = 0,155$$

$$\frac{k}{e_i} = 2 \text{ pour } \alpha = 0,41$$

$$\text{donc } k = 2 \times 0,15 = 0,30 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

Calculons le coefficient  $K_g$  :

Élément	K ou k	A ou L	KA ou kL
Plancher	0,65	68,18 m <sup>2</sup>	44,32
Liaison refend - plancher	0,24	19,15 m	4,60
Liaison mur - plancher	0,30	25,38 m	7,61
			56,53 W/°C

$$\text{donc } K_g = \frac{56,53}{68,18} = 0,83 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

### 8.2.3 Isolation intégrée au plancher.

On peut négliger la liaison plancher-cloison à condition d'intégrer la surface des cloisons à la surface totale du plancher comme au paragraphe précédent.

Prenons l'exemple d'un plancher Davum-Supra Type DFC en 160 + 50 (Fig. 8.11).

La résistance utile  $R_u$  d'un tel plancher est égale à  $2,55 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  et  $K = 0,35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .

- liaison mur-plancher (Fig. 7.22).

$$R = 0,5 R_1 + R'_2 = 0,5 \times \frac{0,05}{1,75} + \frac{0,20}{1,75} = 0,13$$

$$\frac{k}{e_i} = 3,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$\text{donc } k = 3,25 \times 0,05 = 0,16 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$$

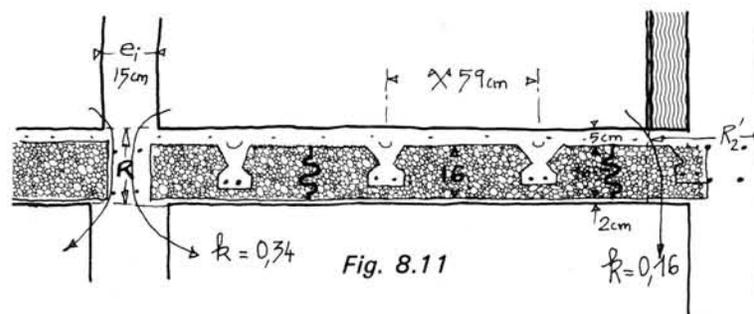


Fig. 8.11

● liaison plancher-refend (Fig. 7.27).

$r_i = 2,55$  (on prend la résistance utile moyenne)  
 $K = 0,35$  donc  $\alpha = 0,6$  (Tableau 7.21)

$R = \frac{0,24}{1,75} = 0,14$   $R + r_s = 0,29$

on lit sur la Fig. 7.27,  $\frac{k}{e_i} = 2,24$

$k = 2,24 \times 0,15 = 0,336 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Nous pouvons donc calculer le coefficient  $K_g$  d'un tel plancher

Plancher	K ou k	A ou L	KA ou kL
Plancher	0,35	68,18	23,9
Liaison mur - plancher	0,16	25,38	4,06
Liaison mur - refend	0,336	19,15	6,44
			34,40 W/°C

donc  $K_g = \frac{34,4}{68,18} = 0,5 \text{ W/m}^2.\text{°C}$

### 8.3 MÉTHODOLOGIE PRATIQUE DE CALCUL DU $K_g$

La formule générale du coefficient  $K_g$  est :

$$K_g = \frac{\sum (KA) + \sum (kL)}{A_i}$$

L'expression  $\frac{\sum (KA)}{A_i}$  revient bien souvent à calculer

un  $K$  moyen surfacique. Dans beaucoup de cas (surtout lorsque la paroi est isolée avec la même épaisseur sur toute la surface  $A_i$ ), le coefficient  $K_g$  pourra s'écrire :

$$K_g = K_m + \frac{\sum kl}{A_i}$$

Ceci nous conduit à une grille simplifiée de calcul de  $K_g$ . (Tableau 8.12) —

Fig. 8.12 - Grille simplifiée de calcul de  $K_g$  : déperditions par les parois

LOGEMENT	CLASSE			VOLUME	
	K ou k	$A_i$ ou L	$\frac{k \cdot L}{A_i}$	$K_g$	$\frac{K_g \cdot A_i}{V}$
<b>PAROI</b>					
<b>MUR EXTERIEUR</b>					
Liaisons :					
Mur-Plafond					
Mur-Plancher					
Mur-Balcon					
Mur-Seuil de porte					
Mur-Refend					
Mur-Cloison					
Angle de 2 murs					
Angle saillant					
Angle rentrant					
<b>MUR INTERIEUR</b>					
<b>PLANCHER BAS</b>					
Liaisons :					
Plancher-Mur					
Plancher-Refend					
Plancher-Cloison					
<b>PLANCHER HAUT</b>					
Liaisons :					
Plancher ht-Mur					
Plancher ht-Refend					
Plancher ht-Cloison					

N.B. : 1)  $k = 0$  - Menuiserie du même côté que l'isolant  
 - Angle saillant isolé par l'intérieur  
 - Angle rentrant isolé par l'extérieur

2) Si les parois intérieures ne font pas saillies à l'extérieur et si l'isolant est continu au droit de la paroi intérieure, on ajoutera les surfaces  $\leq 1$   $e_j$  à  $A_i$  et on intégrera ainsi les déperditions  $kL$  pour les liaisons au produit  $K A_i$

#### 8.4 INTÉRÊT DU COEFFICIENT $K_g$

La connaissance du coefficient  $K_g$  d'une paroi est très importante car elle conduit à la connaissance des déperditions globales réelles par cette paroi données par le produit  $K_g \cdot A_i$ . Cela permet très souvent de mettre en évidence la nécessité de traiter thermiquement certaines liaisons ou de choisir plus simplement d'augmenter l'épaisseur d'isolant en partie courante de la paroi en fonction du rapport

$$\frac{\text{coût de l'isolation supplémentaire}}{\text{gain sur les déperditions.}}$$

Il faut cependant se rappeler qu'une augmentation de l'épaisseur d'isolant en partie courante va augmenter l'écart de température superficielle entre la paroi isolée et la partie de paroi sans isolant et risque d'augmenter les risques de condensation...

Une bonne connaissance des  $k$  linéiques et du coefficients  $K_g$  permettra de choisir les points singuliers à traiter en priorité ou conduira peut-être à chercher une autre technique ou une autre structure permettant de réduire les fuites latérales.

D'autre part, la valeur  $\frac{K_g \cdot A}{V}$  ( $W/m^3 \cdot ^\circ C$ ) définit la participation réelle de chacune des parois au coefficient  $G$ .

Les classes de logements\* de la réglementation sont définies par des coefficients  $G$  à ne pas dépasser.

Si en théorie, il y a une infinité de solutions pour répondre à la réglementation thermique, en pratique ce choix est assez limité compte tenu de contraintes techniques, économiques, voire de certaines dispositions réglementaires.

Ainsi un logement de classe 5 est défini pour un rapport

$$\frac{\text{surfaces horizontales en contact avec l'extérieur}}{\text{surface habitable}}$$

compris entre 0,75 et 1,25. C'est le cas fréquemment

d'un appartement au rez-de-chaussée sur cave ou sur garage, ou d'un appartement au dernier niveau. Dans un cas, la paroi horizontale en contact avec l'extérieur sera le plancher, dans l'autre la toiture terrasse. Si ces deux appartements sont identiques du point de vue plan et composition des parois verticales, le respect du même coefficient  $G$  puisqu'ils appartiennent à la même classe, conduira à demander les mêmes déperditions en toiture terrasse et en plancher. Il faudra bien sûr tenir compte du fait qu'un garage ou un vide sanitaire ne sont pas à la température extérieure, ce qui permettra d'avoir un  $K_g$  plus élevé pour un plancher sur cave que pour un toit terrasse.

De même, un logement de classe 7 a fréquemment pour surfaces d'échanges avec l'extérieur uniquement ses parois verticales opaques et vitrées. Donc on aura comme cause de déperditions, le renouvellement d'air, (fixé par le choix du système de ventilation et la réglementation) les parois vitrées (fixées par le choix du vitrage et la nature de la menuiserie) et les parois opaques. La participation à  $G$  des parois verticales est donc définie par :

$$G_{\text{mur}} = G_{\text{classe 7}} - G_{\text{vitrage}} - G_{\text{renouvellement air}}$$

$$\text{ou } \frac{K_g \cdot A_i}{V_h} = G_7 - \frac{K A_m}{V_h} - \frac{0,34 \cdot Q}{V_h}$$

On s'aperçoit ainsi que  $K_g$  du mur varie dans une fourchette très limitée et que sa valeur est étroitement liée au choix du vitrage.

#### 8.5 EXEMPLES DE SOLUTION CSTB

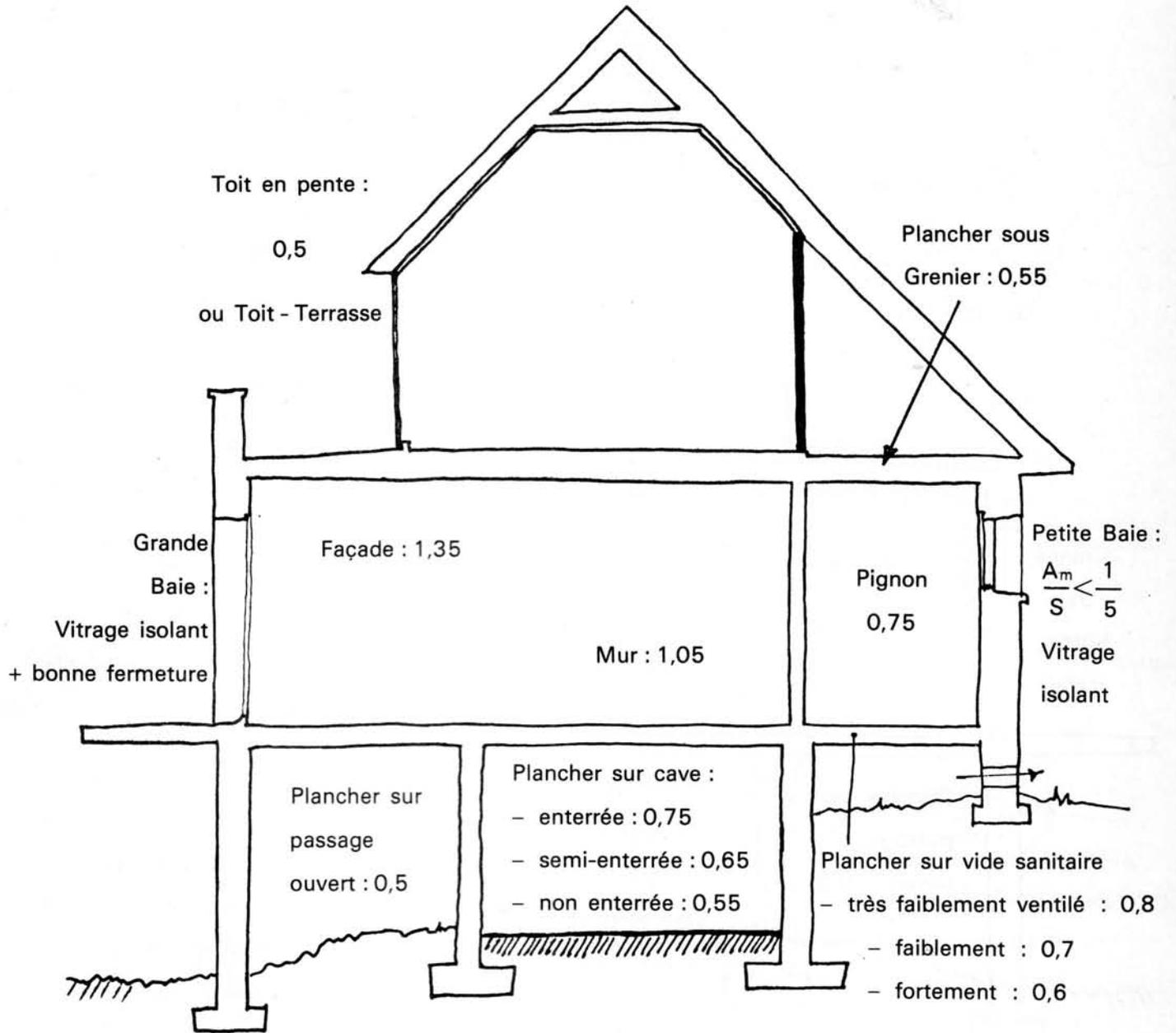
Suivant la méthodologie de raisonnement que nous venons de développer, le CSTB a défini, en fonction de la zone climatique un certain nombre de coefficients  $K_g$  qui permettent de répondre à la réglementation, quelle que soit la classe du logement. Les tableaux 8.13, 8.14 et 8.15 donnent ces chiffres pour les zones A, B, et C.

On peut compléter ces tableaux en disant que pour les planchers bas en collectifs, on peut tolérer des coefficients  $K_g$  légèrement plus élevés que ceux définis par les tableaux.

	A	B	C
<b>Plancher sur vide sanitaire</b>			
très faiblement ventilé	0,85	1,20	2,45
faiblement ventilé	0,75	0,95	1,60
fortement ventilé	0,60	0,75	1,10
<b>Plancher sur cave</b>			
non enterrée	0,6	0,75	1,10
semi-enterrée	0,7	0,9	1,4
enterrée	0,8	1,05	1,75

\*Voir Réglementation paragraphe 11.4.

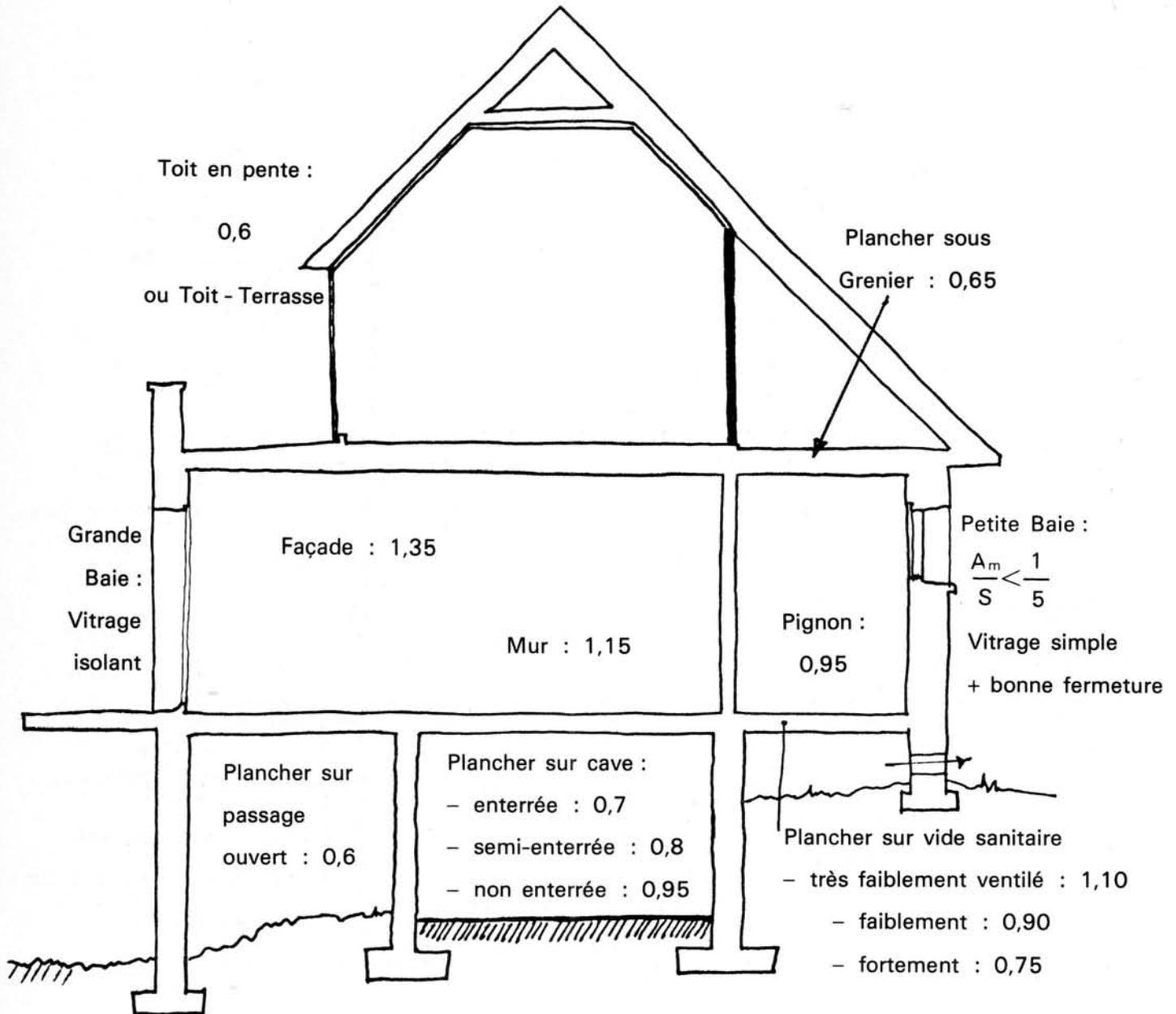
## Coefficients Kg (W/m<sup>2</sup>°C)



Exemples de solutions. Zone A.

Tableau 8.13

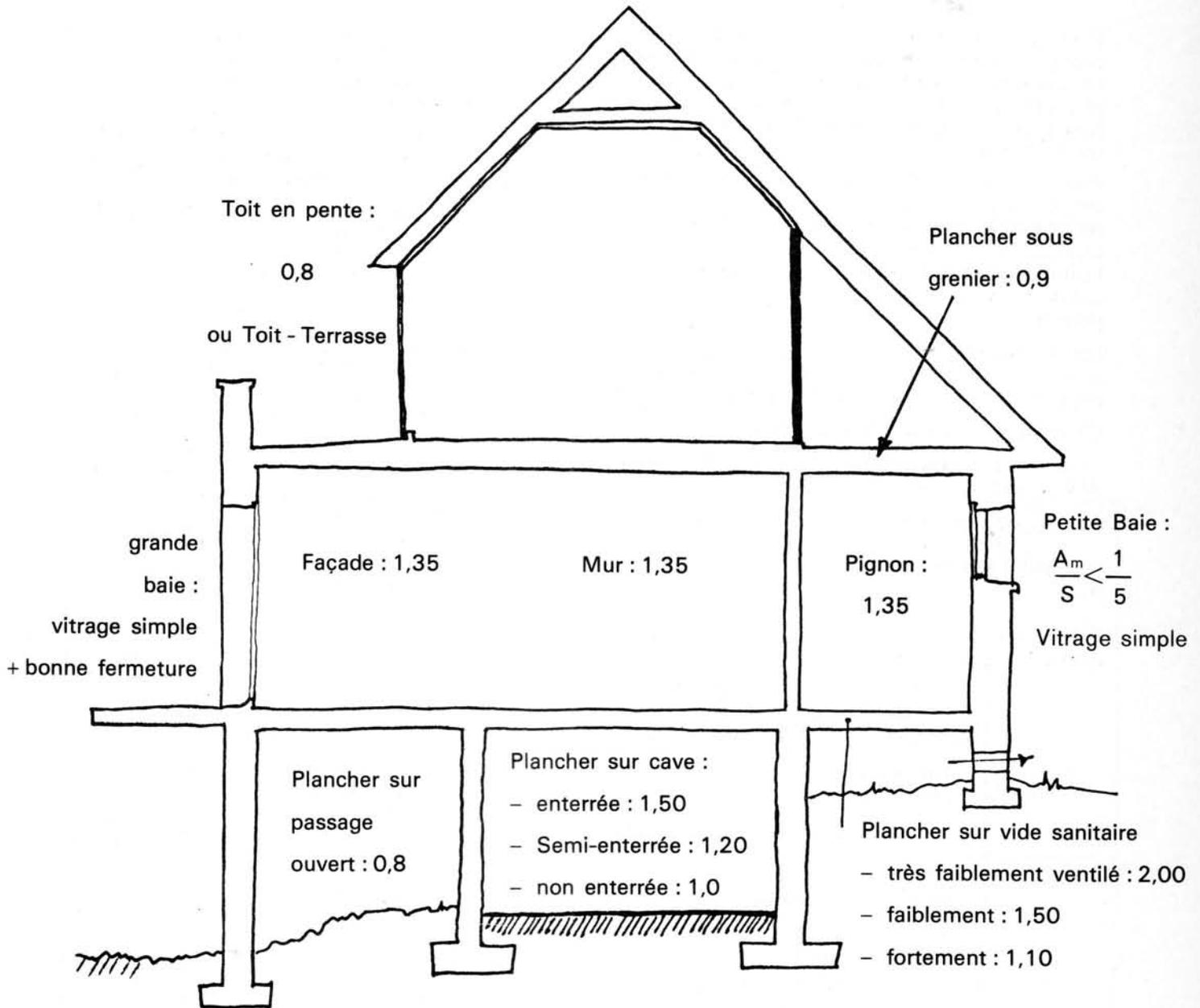
## Coéfficient Kg (W/m<sup>2</sup>°C)



Exemples de solutions. Zone B.

Tableau 8.14

## Coefficients Kg (W/m<sup>2</sup>°C)



Exemples de solutions. Zone C.

Tableau 8.15

Pour les sols sur terre-plein, (en collectif ou en individuel) la résistance thermique d'un isolant posé sur 30 cm de large à la périphérie sera :

	Zone A	Zone B	Zone C
$R_t$ : ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	2	0,8	0,2
Épaisseur d'isolant (polystyrène) Théorique	80 mm	35 mm	10 mm
En pratique	80 mm	40 mm	20 mm

Pour les planchers sur cave ou sur vide sanitaire, comme pour les plafonds sous comble, on acceptera un coefficient  $K_g$  de la paroi plus élevé que pour un plancher sur passage ouvert ou un toit terrasse, en raison de la protection apportée par les murs de fondation ou la toiture.

Pour les solutions proposées en mur, on peut choisir soit un coefficient  $K_g$  pour tous les murs, soit un coefficient  $K_g$  pour les pignons et un  $K_g$  pour les façades. Ceci a été fait en raison de la plus grande facilité d'obtenir des  $K_g$  faibles pour les panneaux industrialisés aveugles, couramment utilisés en pignon de collectif.

Les  $K_g$  proposés pour les parois verticales opaques correspondent à des choix bien précis pour les vitrages et les deux solutions vont ensemble.

En vitrage, on fait la différence entre :

— les petites surfaces vitrées : (moins de  $1 m^2$  pour W.C. et salle d'eau) ou pour une surface vitrée

$A_m < \frac{1}{5}$  de la surface de la pièce.

— grandes surfaces vitrées : plus de  $1 m^2$  ou

$A_m > \frac{S}{5}$

Il faut entendre par vitrage isolant soit un vitrage double soit une double fenêtre.

On peut utiliser un vitrage isolant à la place d'un vitrage simple avec bonne fermeture. Cette solution peut permettre d'améliorer le confort acoustique car une menuiserie  $A_2$  avec un vitrage isolant sera meilleure qu'une menuiserie  $A_2$  avec un vitrage simple et en collectif, on pourra éviter le problème acoustique poser les coffres de volet roulant.

En collectif, la participation au G du logement des parois verticales ne devra pas dépasser :

$G_v + G_{mur} = 0,47 W/m^3 \cdot ^\circ C$  en zone A  
0,57 en zone B  
0,72 en zone C

Le tableau suivant donne des épaisseurs d'isolant (laine minérale ou polystyrène) qui permettent d'obtenir les coefficients  $K_g$  indiqués ci-dessus (pour les murs il s'agit d'un mur isolé par l'intérieur avec les menuiseries au nu intérieur).

On peut ajouter que dans le cas d'une maison individuelle avec comble perdu, il est toujours plus facile et plus économique d'isoler les combles en forte épaisseur que les planchers. En zone A on mettra 50 mm en sol et 150 mm en comble par exemple. 40 mm en sol et 100 mm en comble en zone B 30 mm en sol et 75 mm en comble en zone C

ZONE CLIMATIQUE	A	B	C
Toit terrasse	80 à 100	60 à 90 mm	40 à 60 mm
Comble perdu	75 à 100	60 à 75	60
Plancher bas sur passage ouvert	80	60 à 80	40 à 60
Sur cave non enterrée	70 à 80	50 à 70	20 à 30
Sur vide sanitaire faiblement ventilé	40 à 50	30 à 40	20 à 40
Terre plein (30 cm de large)	80	40	20
(1,2 de large)	30	20	20
Mur traditionnel (brique aggro-béton) isolation par l'intérieur	45 à 60	45 à 60	30 à 45
Ouverture de grande dimension	Vitrage isolant + bonne fermeture	Vitrage isolant	Vitrage simple + bonne fermeture
Petite dimension	Vitrage isolant	Vitrage simple + bonne fermeture	Vitrage simple

# 9 - Coefficient de transmission thermique des parois vitrées

## 9.1 COEFFICIENT K DES PAROIS VITRÉES NUES :

Le D.T.U. donne un coefficient K utile de la menuiserie vitrée; il étudie les menuiseries en bois ou en métal, avec des vitrages simples, isolants ou des doubles fenêtres.

Il s'agit de menuiserie courante en bois ou en métal.

Pour les autres types de menuiseries (à «coupures thermiques», ou en plastiques), on se reportera aux Avis Techniques correspondants.

Il s'agit donc, en fait, d'un coefficient K moyen menuiserie-vitrage, en tenant compte d'un rapport

$$\frac{\text{surface vitrage}}{\text{surface menuiserie entre tableaux}}$$

= 0,7 pour les menuiseries bois

= 0,8 pour les menuiseries métalliques.

D'autre part, comme les coefficients K des parois vitrées sont assez élevés par rapport aux parois isolées, ( $K = 5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  pour une menuiserie bois avec vitrage simple), l'influence des résistances superficielles est importante.

On utilisera donc des coefficients plus élevés pour des parois formant un angle compris entre 0 et 60° avec l'horizontale ( $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ ) que

pour les parois verticales (60 à 90°)  $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0,17$ .

Le tableau 9.1 donne les valeurs des coefficients K des parois vitrées nues.

Coefficient K des parois vitrées nues ( $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )

Type de vitrage	Épaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Parois verticales ou presque verticales (inclinaison comprise entre 60 et 90° avec l'horizontale)	Parois dont l'inclinaison est comprise entre 0 et 60° avec l'horizontale
Vitrage simple		bois	5,0	5,5
		métal	5,8	6,5
Vitrage double (*)	4,5 à 7	bois	3,3	3,5
		métal	4,0	4,3
	7 à 10	bois	3,0	3,2
		métal	3,8	4,1
	10 à 14	bois	2,9	3,1
		métal	3,7	4,0
Double fenêtre	plus de 30	bois	2,6	2,7
		métal	3,0	3,2

Tableau 9.1 : coefficient K des parois vitrées nues ( $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ) extrait du D.T.U.

## 9.2 COEFFICIENT K DES PAROIS VITRÉES DES LOCAUX D'HABITATION :

Le D.T.U. introduit pour les locaux d'habitation la notion de coefficient «K moyen jour et nuit» tenant compte de la présence de voilage, rideaux et fermeture à certaines heures de la journée.

### 9.2.1 Détermination des coefficients «K moyens jour et nuit» :

Le coefficient K jour est légèrement inférieur au K de la paroi vitrée nue pour tenir compte de la présence des voilages :

$$\frac{1}{K_j} = \frac{1}{K} + 0,025 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$$

Le coefficient K nuit est calculé en tenant compte de la présence de rideaux ou de fermetures ou des deux sur 3/4 des surfaces vitrées (en général, les fenêtres des salles de bains, W.C., parfois cuisines ne comportent pas de fermetures ni de rideaux différents des voilages dont on tient compte dans le calcul de  $K_j$ ).

Donc on peut écrire :

$$K_n = \frac{K_j + 3K_{rf}}{4}$$

Le coefficient «K moyen jour et nuit» est égal à :

$$K_{jn} = \frac{K_j + K_n}{2} = \frac{5K_j + 3K_{rf}}{8}$$

Pour les rideaux :

$$\frac{1}{K_{rf}} = \frac{1}{K} + 0,065 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$$

et dans ces conditions :

$$\frac{1}{K_{jn}} = \frac{1}{K} + 0,04$$

Ce sont les chiffres indiqués dans la colonne «Autre cas».

Si la fenêtre possède des fermetures, on va tenir compte de la présence de la lame d'air créée entre la fermeture et le vitrage et de la résistance thermique de la fermeture, de son émissivité de surface.

On trouve ainsi dans un certain nombre de cas :

$$\frac{1}{K_{rf}} = \frac{1}{K} + 0,20 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$$

et donc en première approximation :

$$\frac{1}{K_{jn}} = \frac{1}{K} + 0,075 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

dans le cas du coefficient K moyen jour et nuit des menuiseries avec «bonne fermeture». C'est-à-dire :

- des volets pleins en bois ou en métal, sans ajour
- des persiennes en bois à panneaux pleins, sans ajour
- des persiennes en métal à feuilles pleines, sans ajour
- des volets roulants (bois, métal, plastique) à lames à recouvrement sans ajour.

### 9.2.2 Valeurs des coefficients K moyens jour et nuit :

Les valeurs utiles sont données par le tableau 9.2.

Type de vitrage	Épaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Avec bonne fermeture	Autres cas
Vitrage simple		bois	3,7	4,2
		métal	4,2	4,8
Vitrage double	4,5 à 7	bois	2,6	2,9
		métal	3,1	3,4
	7 à 10	bois	2,5	2,7
		métal	3,0	3,3
	10 à 14	bois	2,4	2,6
		métal	2,9	3,2
Double fenêtre	plus de 30	bois	2,1	2,3
		métal	2,5	2,7

Tableau 9.2 : coefficient K moyen jour-nuit des parois vitrées des logements (W/m<sup>2</sup>.°C) extrait du D.T.U.

### 9.3 COEFFICIENT DE TRANSMISSION SURFACIQUE MOYEN CORRIGÉ (VENT) :

Lorsque les parois vitrées sont en classes d'exposition au vent (voir chapitre 10 paragraphe 10.3) Ex. 3 ou Ex. 4, le coefficient K sera corrigé et devient :

$$\frac{1}{K'} = \frac{1}{K} - 0,02 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W) en Ex. 3}$$

$$\frac{1}{K'} = \frac{1}{K} - 0,03 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W) en Ex. 4}$$

Ces correctifs sont à apporter essentiellement dans le cas des collectifs car les maisons individuelles sont rarement exposées Ex. 3 ou Ex. 4 (cela peut arriver en montagne ou en bord de mer).

*Remarques importantes :*

#### 1 — Coefficients k linéiques de pourtour de baie :

Les coefficients k linéiques des liaisons parois-menuiseries sont intégrés dans le calcul du coefficient  $K_g$  de la paroi opaque, car, comme nous l'avons déjà souligné, l'intérêt des coefficients k est de permettre de pondérer les « fuites latérales » et ce n'est qu'au niveau de la structure porteuse que l'on pourra essayer de lutter contre ces déperditions, le coefficient K de la paroi vitrée étant figé dès que le type de vitrage et la nature des menuiseries et fermetures sont choisis.

Un grand principe est établi par les calculs effectués au paragraphe 7.4.1 :

« La menuiserie et l'isolant doivent être du même côté ».

Il faut éviter, d'autre part, d'utiliser des tableaux métalliques apparents sur la face intérieure du local.

#### 2 — Perméabilité des menuiseries :

A côté des déperditions dont elles sont le siège, les parois vitrées sont un lieu de passage privilégié pour l'air.

Il est donc très important de bien choisir la menuiserie en fonction de l'exposition, afin d'éviter que les infiltrations parasites ne viennent augmenter les pertes dues au renouvellement d'air normal et réglementaire, pour assurer l'apport d'oxygène, l'élimination de vapeur d'eau surabondante parfois, ainsi que des odeurs.

Nous étudierons ce problème au paragraphe 10.4.

### 9.4 CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES DES PRODUITS VERRIERS COURANTS\* :

A côté des vitrages simples, des vitrages doubles, des doubles fenêtres, il existe un grand nombre de produits verriers couramment utilisés dans le bâtiment : briques, pavés, vitrages réfléchissants.

Les chiffres du tableau ci-dessous donnent le coefficient K ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$ ) du produit verrier.

S'il est monté sur une ossature, une menuiserie par exemple, il faudra calculer le K moyen de l'ensemble en pondérant les coefficients K de chaque élément par leur surface respective.

On obtient ainsi le chiffre correspondant au coefficient K des parois vitrées nues.

\*De nombreux éléments de ce paragraphe sont extraits du memento technique de « Saint Gobain Vitrage ».

PAROIS VERTICALES EXTÉRIEURES	COEFFICIENT K DU PRODUIT VERRIER
Briques Nevada - ép. 3,5 cm	5 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Briques Primalith - ép. 5, 8, 10 cm	3 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Panover avec briques Nevada	5 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Primalith	3 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Verondulit armés	5,7 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
PAROIS VERTICALES INTÉRIEURES	
Panover avec briques Nevada	3,75 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Briques Primalith	2,4 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
PAROIS HORIZONTALES EXTÉRIEURES	
Glaces	
Verres étirés, verres coulés, verres armés (flux ascendants)	6,6 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Pavés Lumax (8 cm) flux de chaleur ascendant (terrasse)	5,7 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Dalles moulées (3 cm) flux descendant (plancher extérieur)	3,9 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$
Verondulit armé (en toiture)	6,6 $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$

**Fenêtres DUETTO :**

Composées d'un cadre bois et de vitrages trempés coulissants de 5 mm, espacés de 41 mm.

Coefficient K de la paroi vitrée nue ainsi constituée : 2,9 W/m<sup>2</sup>.°C.

(On peut calculer les K<sub>jn</sub> d'après les formules du paragraphe 9.2.1.).

Cas des bonnes fermetures : 2,4 W/m<sup>2</sup>.°C

Autre cas : 2,6 W/m<sup>2</sup>.°C.

**Élioterm :**

Cas des vitrages isolants avec dépôt métallique type ÉLIOTERM. (L'une des deux glaces constituant le vitrage isolant reçoit sur une face côté lame d'air un dépôt métallique) (Cf. Annexe 2).

Coefficient de transmission thermique K utile : voir le tableau ci-dessous.

TYPE	ESPACE D'AIR 12 mm	ESPACE D'AIR 10 mm	ESPACE D'AIR 8 mm
Élioterm rubis } Élioterm platine }	1,80 W/m <sup>2</sup> .°C	1,90	2,00
Élioterm saphir } Élioterm or }	1,70 W/m <sup>2</sup> .°C	1,80	1,80

**Section des conduits lisses individuels  
et des raccordements individuels au conduit collectif**  
(perte de charge : 0,3 Pa/m)

Débit	Section circulaire	Section carrée	Section rectangulaire (à titre d'exemple)
30 m <sup>3</sup> /h	80 cm <sup>2</sup> (d : 10)	100 cm <sup>2</sup> (10 × 10)	
60 m <sup>3</sup> /h	120 cm <sup>2</sup> (d : 12,5)	155 cm <sup>2</sup> (12,5 × 12,5)	
90 m <sup>3</sup> /h	160 cm <sup>2</sup> (d : 14,5)	210 cm <sup>2</sup> (14,5 × 14,5)	230 cm <sup>2</sup> (12,5 × 18,5)
120 m <sup>3</sup> /h	200 cm <sup>2</sup> (d : 16)	255 cm <sup>2</sup> (16 × 16)	290 cm <sup>2</sup> (12 × 23)

**Orifice de sortie d'air de la pièce**

	Section pour une perte de charge de	Débit			
		30 m <sup>3</sup> /h	60 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	120 m <sup>3</sup> /h
Conduit individuel ou conduit collectif aux cinq derniers niveaux	2,5 à 3 Pa/m	80 cm <sup>2</sup>	150 cm <sup>2</sup>	220 cm <sup>2</sup>	280 cm <sup>2</sup>
Conduit collectif aux autres niveaux	10 à 11 Pa/m	40 cm <sup>2</sup>	80 cm <sup>2</sup>	120 cm <sup>2</sup>	150 cm <sup>2</sup>

# 10 - Déperditions par renouvellement d'air

## 10.1 LA RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE DE VENTILATION DES LOCAUX D'HABITATION

L'arrêté du 30 octobre 1969 (cf. Annexe N° 8) fixe les règles concernant l'aération des logements.

Les principes en sont simples : dans les conditions climatologiques moyennes d'hiver, il faut obtenir un renouvellement d'air au moins égal à 1 fois le volume des pièces principales par un système d'aération général et permanent.

Afin d'atteindre ce but, il faut prévoir :

- des entrées d'air extérieur dans les pièces principales
- des extractions d'air vicié dans les pièces techniques (W.C., cuisine, salle d'eau, séchoir)
- des passages de section suffisante assurant la libre circulation de l'air des pièces principales vers les pièces de service.

Il est évident que, compte-tenu de l'exposition au vent des façades, il est très important de tenir compte de la perméabilité à l'air des fenêtres et portes, ainsi que du choix des systèmes de ventilation afin de ne pas atteindre des taux de renouvellement d'air supérieurs à 1.

Une isolation correcte des bâtiments d'habitation doit s'accompagner d'un bon contrôle de la ventilation du logement, sans quoi, en collectif, pour des sites non abrités, les entrées d'air sauvage par infiltration peuvent dépasser les entrées d'air réglementaires et alors, soit la consommation d'énergie pour compenser ces pertes superflues (trop d'air froid à réchauffer) devient importante, ou l'on ne peut arriver à réchauffer cet air d'où un sentiment d'inconfort.

Comme l'isolation, une ventilation bien contrôlée apporte à la fois l'économie et le confort !

### *Remarque importante :*

Pour les logements situés en immeuble collectif dans les départements suivants au-dessous de 200 m : Alpes-Maritimes, Aude, Bouches-du-Rhône, Charente-Maritime, Corse, Finistère, Gard, Gironde, Hérault, Landes, Loire-Atlantique, Morbihan, Pyrénées-Atlantiques, Pyrénées-Orientales, Var, Vaucluse et Vendée, on peut, en l'absence d'extraction mécanique de l'air pollué, ventiler séparément chaque pièce.

L'obligation d'une aération permanente ne subsiste que pour la cuisine.

Il en est de même en maisons individuelles (isolées, jumelées ou en bandes).

En conséquence, la cuisine comporte une extraction par conduit vertical à tirage naturel et une entrée d'air située dans la cuisine ou un dégagement voisin ou une pièce principale voisine.

Dans les autres pièces de service, la ventilation peut être assurée :

- par un ouvrant ou une large gaine ouverte sur l'extérieur
- par une évacuation par conduit vertical à tirage naturel, l'entrée d'air correspondante étant dans la pièce de service, dans une pièce principale ou un dégagement voisin.

## 10.2 LES EXEMPLES DE SOLUTIONS CSTB :

Afin de permettre une application plus aisée du règlement de construction, le CSTB a publié dans son cahier d'octobre 71 des exemples de solutions :

— *Débites types d'entrée d'air dans les pièces principales :*

- pièces de moins de 18 m<sup>2</sup> : 30 m<sup>3</sup>/h
- pièces de plus de 18 m<sup>2</sup> : 60 m<sup>3</sup>/h.

On obtiendra ce débit pour des ouvertures en façade de :

- 35 cm<sup>2</sup> de section pour 30 m<sup>3</sup>/h
- 70 cm<sup>2</sup> de section pour 60 m<sup>3</sup>/h.

— *Débites types de sortie d'air à respecter dans les pièces techniques :*

- Cuisine :  
Logement de moins de 3 pièces principales : 45 à 90 m<sup>3</sup>/h  
Logement de 3 pièces principales ou plus : 60 à 120 m<sup>3</sup>/h
- Salle de bains ou douche :  
Appelée à servir de séchoir (s'il n'existe pas d'installation de séchage) : 30 à 60 m<sup>3</sup>/h  
Autre cas : 30 m<sup>3</sup>/h
- W.C. : 30 m<sup>3</sup>/h
- Séchoir :  
De dimension courante : 0 à 30 m<sup>3</sup>/h  
De grande dimension (+ de 20 m d'étendue) : 0 à 60 m<sup>3</sup>/h.

Les sections des orifices de sortie d'air des pièces techniques, les sections des conduits et les pertes de charge correspondantes pour obtenir les débits types correspondants sont donnés par les exemples de solutions du CSTB :

### 10.3 CLASSES D'EXPOSITION AU VENT DES FAÇADES :

Dans le titre II des Règles Th sont définies les classes d'exposition au vent des façades.

Ces classes vont dépendre :

- de la *région* où va se trouver le bâtiment :

La France est divisée en 2 zones V et W.

La carte 10.1 donne ces 2 zones. La zone V correspond à la partie blanche pour des lieux situés à moins de 1000 m d'altitude.

- de la *situation de la construction* :

a) Construction située dans un grand centre urbain (la moitié des bâtiments de la ville ont plus de 4 niveaux).

b) Construction située dans une ville petite ou moyenne ou à la périphérie d'un grand centre.

c) Construction seule en rase campagne.

d) Constructions isolées en bord de mer ou situées dans les villes côtières lorsque ces constructions sont à une distance du littoral inférieure à 15 fois leur hauteur réelle et pour autant que les fenêtres concernées soient dans des façades non abritées.

Dans certains cas, en bord de mer, les vents forts viennent de l'intérieur des terres ; c'est par exemple le cas général du littoral méditerranéen situé en région W ; dans ce cas, les fenêtres dont la situation correspond à la définition précédente seront considérées comme en situation c.

- de l'*effet de masque* :

on distingue deux cas :

- Façades abritées
- Façades non abritées.

On entend par façade abritée une façade donnant sur rue (la notion de rue supposant la continuité des constructions en bordure) et ayant des vis-à-vis :

— situés au plus à 15 m et de hauteur au moins égale à la façade ou à la partie de façade considérée ;

— ou situés entre 15 et 30 m et dont la hauteur excède celle de la façade ou de la partie de façade considérée d'une quantité au moins égale au tiers du supplément à 15 m de la distance séparant la façade de ces vis-à-vis.

La figure ci-dessous illustre cette définition.

La partie de façade  $f_1$  du bâtiment a est abritée par le bâtiment b.

La partie de façade  $f_2$  n'est pas abritée par ce bâtiment.

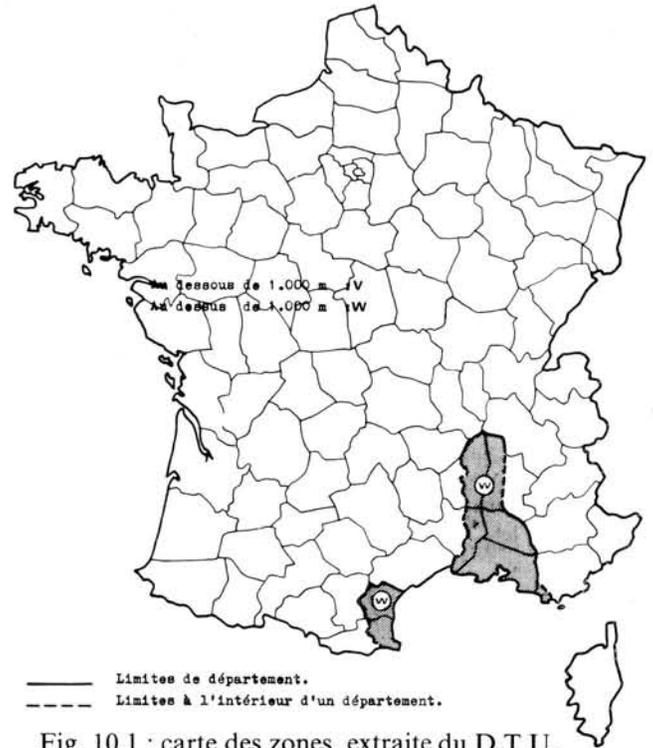


Fig. 10.1 : carte des zones, extraite du D.T.U.

Des façades abritées à plus de 28 m de hauteur sont tout à fait exceptionnelles.

Une façade abritée ne peut donc exister qu'en situation a ou b, quelle que soit la région du point de vue vent.

- de la *hauteur de la fenêtre au-dessus du sol* :

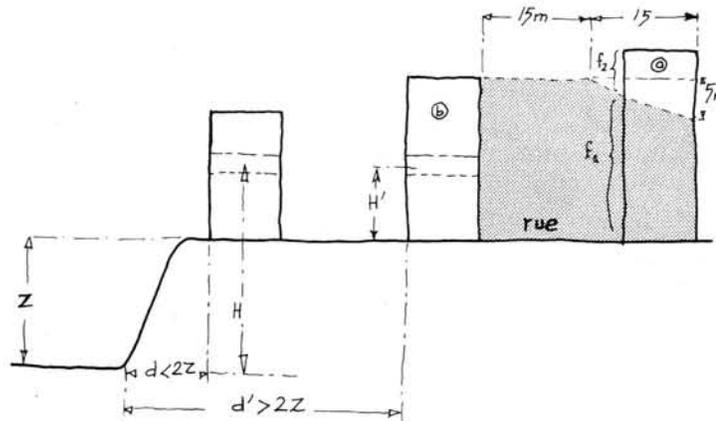
on distingue de ce point de vue les fenêtres situées :

- à moins de 6 m au-dessus du sol
- entre 6 et 18 m
- entre 18 et 28 m
- entre 28 et 50 m
- entre 50 et 100 m.

Lorsque la construction est située au-dessus d'une dénivellation de pente moyenne supérieure à 1, la hauteur au-dessus du sol doit être comptée à partir du pied de la dénivellation, sauf si la construction est située à une distance de celle-ci supérieure à deux fois la hauteur de cette dénivellation.

La figure 10.3 ci-dessous en donne un exemple ; sur celle-ci H et H' désignent les hauteurs au-dessus du sol à prendre en compte pour deux locaux situés au même niveau de deux immeubles identiques dont l'un est situé à proximité d'une dénivellation et l'autre, au contraire, en est éloigné d'une distance supérieure à deux fois la dénivellation.

situation par rapport à une dénivellation



effet de masque

Classes d'exposition au vent  
d'une façade (extrait du D.T.U.)

Hauteur des fenêtres au-dessus du sol	Façades abritées	Façades non abritées				
	Régions V et W	Région V		Région W	Région V	Région W
	Situations a et b	Situations a et b	Situation c	Situations a et b	Situation d	Situation c
Inférieure à 6 m	Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>2</sub>	
6 à 18 m	Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>2</sub>	
18 à 28 m	Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>3</sub>	Ex <sub>4</sub>	
28 à 50 m		Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>3</sub>	Ex <sub>3</sub>	Ex <sub>4</sub>	
50 à 100 m		Ex <sub>3</sub>	Ex <sub>3</sub>	Ex <sub>4</sub>	Ex <sub>4</sub>	

Remarque :

Lorsqu'une construction est très dégagée et de grande longueur, il est possible que la pression exercée par le vent sur les niveaux inférieurs soit proche de celle exercée sur les niveaux supérieurs ; dans ces conditions, on adoptera comme hauteur au-dessus du sol d'un niveau quelconque, non plus la hauteur de ce niveau mais la hauteur du niveau le plus élevé.

Connaissant ces 4 critères (hauteur, effet de masque, situation et région) on peut déterminer la classe d'exposition au vent d'une façade.

#### 10.4 CHOIX DES MENUISERIES EXTÉRIEURES EN FONCTION DE L'EXPOSITION AU VENT :

Si les parois opaques interviennent presque exclusivement, au niveau des déperditions, par leurs pertes par transmission, les parois vitrées ouvrantes sont la cause de déperditions par transmission et par perméabilité à l'air.

##### 10.4.1 Classement des menuiseries :

Les essais de perméabilité à l'air des menuiseries permettent de caractériser les fenêtres par des courbes donnant la valeur du débit d'air (passant au niveau des liaisons ouvrant-dormant ou entre ouvrants) rapporté à la surface des ouvrants.

Les menuiseries sont classées d'après leur perméabilité :

\* Classe A1 ou menuiserie à étanchéité normale : Perméabilité comprise entre 20 et 60 m<sup>3</sup>/h et par m<sup>2</sup> d'ouvrant sous une pression 100 Pa (1) et cela jusqu'à 150 Pa.

\* Classe A2 ou menuiserie à étanchéité améliorée : Perméabilité comprise entre 7 et 20 m<sup>3</sup>/h et par m<sup>2</sup> d'ouvrant sous une pression de 100 Pa et jusqu'à 300 Pa.

\* Classe A3 ou menuiserie à étanchéité renforcée : Perméabilité inférieure à 7 m<sup>3</sup>/h et par m<sup>2</sup> d'ouvrant sous une pression de 100 Pa et jusqu'à 500 Pa.

Les ouvrants dont la perméabilité à l'air est supérieure à 60 m<sup>3</sup>/h × m<sup>2</sup> d'ouvrant sous une pression de 100 Pa sont dits « non classés ».

\*(1) - La surpression due au vent est donnée par la formule  
 $\Delta P = 0,65 V^2$  en Pascals

à 100 Pascals correspond une vitesse de 12,4 m/s soit 45 Km/h  
à 300 Pascals correspond une vitesse de 21,5 m/s soit 77 Km/h  
à 500 Pascals correspond une vitesse de 27,7 m/s soit 100 Km/h  
1 Pascal = 1 N/m<sup>2</sup> donc 10 Pascals = 10 N/m<sup>2</sup>  
= 1,019 Kg Force.

Il est évidemment fortement déconseillé de les employer pour éviter des taux de renouvellement d'air importants et un sentiment d'inconfort dû à la pénétration d'air froid.

Il est nécessaire, dans de tels cas, d'équiper ultérieurement la menuiserie extérieure de joints d'étanchéité métalliques ou plastiques durables.

Les règles Th définissent un coefficient m de perméabilité par m<sup>2</sup> de menuiserie dont les valeurs sont données ci-dessous :

Type de menuiseries extérieures	Valeur de m
<b>Fenêtres et portes-fenêtres</b>	
<i>Simple fenêtre :</i>	
de classe A <sub>3</sub> .....	0,3
de classe A <sub>2</sub> .....	0,8
de classe A <sub>1</sub> .....	2,0
non classée.....	4,0
<i>Double fenêtre :</i>	
1 fenêtre de classe A <sub>3</sub> + 1 fenêtre quelconque..	0,3
2 fenêtres de classe A <sub>2</sub> .....	0,5
1 fenêtre de classe A <sub>2</sub> + 1 fenêtre de classe A <sub>1</sub> ..	0,7
1 fenêtre de classe A <sub>2</sub> + 1 fenêtre non classée..	0,8
2 fenêtres de classe A <sub>1</sub> .....	1,2
1 fenêtre de classe A <sub>1</sub> + 1 fenêtre non classée..	1,7
2 fenêtres non classées.....	2,4
<b>Portes donnant sur l'extérieur</b>	
porte avec seuil et joint d'étanchéité.....	1,2
porte courante.....	6,0

Perméabilité des menuiseries extérieures (extrait du D.T.U.)

On entend par double fenêtre l'ensemble constitué par la succession de deux fenêtres indépendantes montées sur un ou deux cadres.

##### 10.4.2 Choix de la menuiserie

Le D.T.U. 36.1/37.1 « choix des fenêtres en fonction de leur exposition, memento pour les maîtres d'œuvre (Cahiers du CSTB mai 74) » a établi une grille de choix de la menuiserie en fonction de l'exposition de la façade qui garantit économie et confort au niveau de la ventilation et un bon fonctionnement de la régulation (en effet, la pénétration brusque d'une grande quantité d'air froid dans un local entraîne une chute brusque de la température).

Si  $A_m$  est la surface des ouvrants et  $S$  la surface du local, en fonction de l'exposition et du rapport  $\frac{A_m}{S}$  on choisira une menuiserie dont le classement est donné dans le tableau suivant :

$\frac{A_m}{S}$	Ex 1	Ex 2	Ex 3	Ex 4
$\leq \frac{1}{6}$	A <sub>1</sub> (1)	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>
compris entre $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{4}$	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>
$\geq \frac{1}{4}$	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> (2)

(1) pour  $\frac{A_m}{S} \leq \frac{1}{6}$  et en exposition Ex. 1, si on utilise des vitrages isolants, on prendra une menuiserie A<sub>2</sub>.

(2) En exposition Ex. 4, il est déconseillé d'avoir de grands ouvrants soit  $A_m \geq \frac{S}{4}$ .

Ceci peut conduire à choisir des menuiseries différentes pour les deux façades opposées d'un immeuble dont l'une est abritée et l'autre non abritée.

Si l'on veut retenir un seul type de menuiserie, il faudra choisir la classe la plus étanche.

Il faut se rappeler en outre qu'une bonne étanchéité des fenêtres assure une amélioration du confort acoustique pour les bruits venant de l'extérieur.

### 10.5 PERMÉABILITÉ A L'AIR D'UNE FAÇADE :

La perméabilité à l'air d'une façade est donnée par la formule  $P = 0,25 A_0 + \Sigma(m.A_m)$  en m<sup>3</sup>

$m$  est la perméabilité par m<sup>2</sup> menuiseries extérieures (cf tableau du paragraphe 10.4.1)

$A_m$  est la surface en m<sup>2</sup> des ouvrants

$A_0$  la section en cm<sup>2</sup> des orifices de ventilation en façades fixes ou réglables manuellement.

Pour les entrées d'air autoréglables, on prendra donc  $A_0 = 0$  cm<sup>2</sup> — et la perméabilité de la façade devient :  $P = \Sigma (m . A_m)$ .

### 10.6 CALCUL DES DÉPERDITIONS PAR RENOUELEMENT D'AIR :

Les déperditions par renouvellement d'air sont données par la formule :

$$d = 0,34 \cdot Q \cdot W / ^\circ C$$

$Q$  étant le débit d'air renouvelé en m<sup>3</sup>/h et 0,34 (1) étant la chaleur volumique de l'air.

Le calcul du renouvellement d'air peut se faire pièce par pièce ou pour tout le logement.

#### 10.6.1 Calcul du renouvellement d'air pièce par pièce :

Dans une pièce ayant des ouvertures sur une seule façade (ou plusieurs façades ayant la même exposi-

tion au vent) le débit d'air renouvelé est donné par la formule :

$$Q = Q_e + P(p + e') \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$Q_e$  est le débit total des orifices de ventilation pour les bouches autoréglables c'est le « débit-type » ou la moyenne des débits entrant par l'orifice pour des dépressions entre l'intérieur et l'extérieur comprise entre 10 et 160 Pa.

— pour les amenées d'air mécanique, c'est le débit réel de la bouche

— pour des conduits d'amenée d'air naturel, le débit  $Q_e$  est égal au débit type pour lequel est conçu le conduit dans les conditions moyennes d'hiver.

$P$  est la perméabilité à l'air de la façade définie au paragraphe 10.5.

$p$  est un coefficient tenant compte de l'ensemble des dispositifs de ventilation du logement :

$$p = \frac{Q_g - \Sigma Q_e}{P}$$

$Q_g$  est le débit global de ventilation du logement. Il s'agit de la plus grande des 2 valeurs suivantes :

— volume des pièces principales

— volume d'air extrait par les sorties d'air  $\Sigma Q_s$

● en extraction mécanique,  $Q_s$  est l'air extrait

● en extraction naturelle, il s'agit du débit-type du conduit dans les conditions moyennes d'hiver.

Lorsque l'extraction  $Q_s$  est réglable entre un minima  $Q_m$  et un maxima  $Q_M$  (cas des cuisines, des salles d'eau servant de séchoir)

$$\text{on prendra } Q_s = Q_m + \frac{Q_M - Q_m}{4}$$

$p$  est donc le rapport de la différence entre les volumes d'air extrait  $\Sigma Q_s$  et introduit  $\Sigma Q_e$  à la perméabilité des façades. Il caractérise l'état de pression du local.

Si  $Q_e > \Sigma Q_s$ , soit  $p$  négatif, on prend  $p = 0$ .

La connaissance de ce chiffre est nécessaire pour déterminer la valeur de  $e'$ , coefficient d'exposition au vent de la façade dans le cas d'une ventilation mécanique.

C'est un coefficient d'exposition au vent de la façade il va donc dépendre :

- de la classe d'exposition au vent de la façade
- du principe de ventilation du logement :
  - ventilation générale définie au paragraphe 10.1
  - ventilation par pièces séparées (cf « remarque importante » du paragraphe 10.1).

— du type d'extraction : mécanique ou par tirage thermique

— du fait que le logement est à simple ou double exposition (c'est-à-dire que le logement donne sur un ou deux côtés de l'immeuble, côtés qui peuvent être parallèles, perpendiculaires voire inclinés).

— de la valeur de  $p$  définie précédemment.

Les valeurs de  $e'$  sont données par le tableau suivant :

Principe de ventilation	Type d'extraction	Type de logement	Valeur de $p$	Classe d'exposition au vent			
				$Ex_1$	$Ex_2$	$Ex_3$	$Ex_4$
Ventilation générale du logement	Mécanique	A double exposition	égale ou supérieure à 4	0,7	1,4	2,5	4,3
			inférieure à 4	1,1	1,9	3,1	5,0
		A simple exposition	égale ou supérieure à 4	0,2	0,4	0,7	1,4
			inférieure à 4	0,4	0,7	1,1	1,9
	Par tirage thermique	A double exposition	quelconque	1,4	2,2	3,4	5,2
		A simple exposition	quelconque	0,6	0,9	1,4	2,2
Ventilation par pièces séparées	Quelconque	A double exposition	quelconque	1,6	2,4	3,6	5,4
		A simple exposition	quelconque	0,7	1,1	1,6	2,4

Valeurs du coefficient d'exposition au vent  $e'$  (extrait du D.T.U.)

#### Application pratique :

En maison individuelle, il est possible de faire de la ventilation par pièces séparées.

La maison est presque toujours à double exposition.

Du point de vue exposition au vent, la maison est Ex.1 ou Ex.2.

On prendra donc  $e' = 1,6$  pour Ex.1 et  $e' = 2,4$  pour Ex.2.

#### Remarques importantes :

● Dans le calcul des puissances installées, il est nécessaire de calculer les déperditions par renouvellement d'air pièce par pièce. On utilisera alors la formule :

$$Q = Q_e + P(p + e)$$

avec  $e = 2e'$   $e'$  étant donné par le tableau précédent.

D'autre part, dans le cas des conduits d'amenée d'air naturelle, on prendra  $Q_e = 1,25 \times$  débit type du conduit car on utilise le débit entrant lorsque les

températures sont les températures intérieures et extérieures de base.

Il en est de même pour  $Q_s = 1,25 \times$  débit type du conduit à tirage thermique.

On majore donc de 25% les débits d'entrée et de sortie d'air en ventilation naturelle car le calcul de puissance installée est fait pour permettre d'assurer un chauffage efficace dans les conditions extrêmes d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur.

● Lorsque l'on calcule les déperditions par renouvellement d'air pièce par pièce, si la pièce considérée donne sur plusieurs façades d'expositions au vent différentes, on utilisera la formule

$$Q = Q_e + P(p + e')$$

car  $e'$  va varier avec l'exposition au vent.

● On considère un grand local comme un ensemble de pièces principales avec un système de ventilation général.

### 10.6.2 Calcul du renouvellement d'air de l'ensemble du logement :

Si  $\sum Q_e < \sum Q_g$ , on peut pour simplifier le calcul et déterminer rapidement la participation à G du renouvellement d'air, appliquer la formule suivante :

$$Q = Q_g + \sum P \cdot e'$$

On peut d'ailleurs déduire aisément cette formule de la précédente si l'on considère l'ensemble des façades

$$Q = Q_e + \sum P(p + e')$$

$$Q = Q_e + \sum P \times p + \sum P \times e'$$

$$Q = Q_e + \sum P \frac{(Q_g - Q_e)}{P} + \sum P \cdot e'$$

$$Q = Q_g + \sum P \cdot e'$$

$Q_g$ , P et  $e'$  sont déterminés comme au paragraphe précédent.

#### Application pratique à la maison individuelle :

Si nous prenons un calcul de déperdition en maison individuelle, nous avons couramment :

$Q_g$  = volume des pièces principales

Si les entrées d'air sont des bouches autoréglables, ce qui est fort conseillé pour éviter les entrées d'air parasite

$$P = \sum m \cdot A_m$$

avec  $m = 2$  pour une menuiserie de classe  $A_1$ , tolérée en exposition Ex. 1, avec une surface vitrée normale.

ou  $m = 0,8$  pour une menuiserie de classe  $A_2$  convenant en site Ex. 1 et Ex. 2, quelle que soit l'importance de la surface vitrée.

$A_m$  = surface des ouvrants.

$e'$  à l'une des valeurs suivantes :

Valeurs du coefficient d'exposition au vent  $e'$

Principe de ventilation	Type d'extraction	Valeur de p	Classe d'exposition au vent	
			Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>2</sub>
Ventilation générale du logement	Mécanique	égale ou supérieure à 4	0,7	1,4
		inférieure à 4	1,1	1,9
	Par tirage thermique	quelconque	1,4	2,2
Ventilation par pièces séparées	quelconque	quelconque	1,6	2,4

### 10.6.3 Conclusions pratiques :

Donc pour les logements équipés d'entrées d'air autoréglables

$$Q = Q_g + e' \cdot \sum(m \cdot A_m)$$

Les exemples de solutions du CSTB (titre I, Hygrothermique) évaluent par cette méthode la participation à G des déperditions par renouvellement d'air d'un logement, en prenant  $Q_g = 0,85 \times V$  ( $V$  = volume habitable).

La participation à G du renouvellement d'air est

$$\text{donnée par } G_{\text{Air}} = \frac{d}{V} = 0,34 \cdot \frac{Q}{V}$$

$$\text{soit } G_{\text{Air}} = 0,34 \cdot \frac{Q_g}{V} + 0,34e' \cdot (m \cdot \frac{A_m}{V})$$

$$\text{or } 0,34 \times \frac{0,85 \cdot V}{V} = 0,29$$

$$\text{donc } G = 0,29 + 0,34 \cdot e' \cdot (m \cdot \frac{A_m}{V})$$

Le tableau va donner les valeurs de G en fonction — de 4 valeurs de  $e'$  correspondant aux expositions Ex. 1, Ex. 2, Ex. 3, et Ex. 4 pour un logement à double exposition avec extraction par tirage thermique.

— de 4 valeurs de m correspondant aux menuiseries non classées et de classe  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$ .

— de 2 rapports  $\frac{A_m}{V}$ , le premier correspond à une

surface d'ouvrant légèrement inférieure à  $\frac{1}{6}$  de la

surface des pièces soit  $\frac{A_m}{V} = 0,055$

le second correspond à une surface d'ouvrant légèrement inférieure au quart de la surface des pièces

soit  $\frac{A_m}{V} = 0,08$ .

Les résultats du calcul sont indiqués, en  $W/m^3 \cdot ^\circ C$ , dans le tableau ci-dessous :

Classe d'exposition au vent et valeur de $e'$	Valeur de $A_m/V$	Classe des fenêtres et valeur de m			
		non classée (m = 4,0)	$A_1$ (m = 2,0)	$A_2$ (m = 0,8)	$A_3$ (m = 0,3)
Ex <sub>1</sub> ( $e' = 1,4$ )	0,055	0,39	0,34	0,31	0,30
	0,08	0,44	0,37	0,32	0,30
Ex <sub>2</sub> ( $e' = 2,2$ )	0,055	0,45	0,37	0,32	0,30
	0,08	0,53	0,41	0,34	0,31
Ex <sub>3</sub> ( $e' = 3,4$ )	0,055	0,54	0,42	0,34	0,31
	0,08	0,66	0,48	0,36	0,32
Ex <sub>4</sub> ( $e' = 5,2$ )	0,055	0,68	0,48	0,37	0,32
	0,08	0,85	0,57	0,40	0,33

**Important :**

Le strict respect des prescriptions du CSTB concernant le choix des menuiseries en fonction de l'exposition conduit à une participation du renouvellement d'air au coefficient G du logement, inférieure ou égale à  $0,34 \text{ W/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ , c'est-à-dire que la quantité d'air renouvelé par extraction mécanique ou par tirage thermique et d'air infiltré par les menuiseries est inférieure à 1 volume par heure.

Si les menuiseries sont bien choisies, ainsi que les bouches de ventilation afin de réduire au maximum les entrées d'air parasite, on pourra prendre à priori pour un logement, au stade de la préétude un taux de renouvellement horaire de 1 et donc une participation à G du renouvellement d'air égal à  $0,34 \text{ W/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ .

Dans l'exemple traité ci-dessus, nous aurions pratiquement trouvé les mêmes chiffres dans le cas d'un logement ventilé par pièces séparées et des résultats légèrement inférieurs dans le cas d'un logement avec ventilation générale permanente et extraction mécanique.

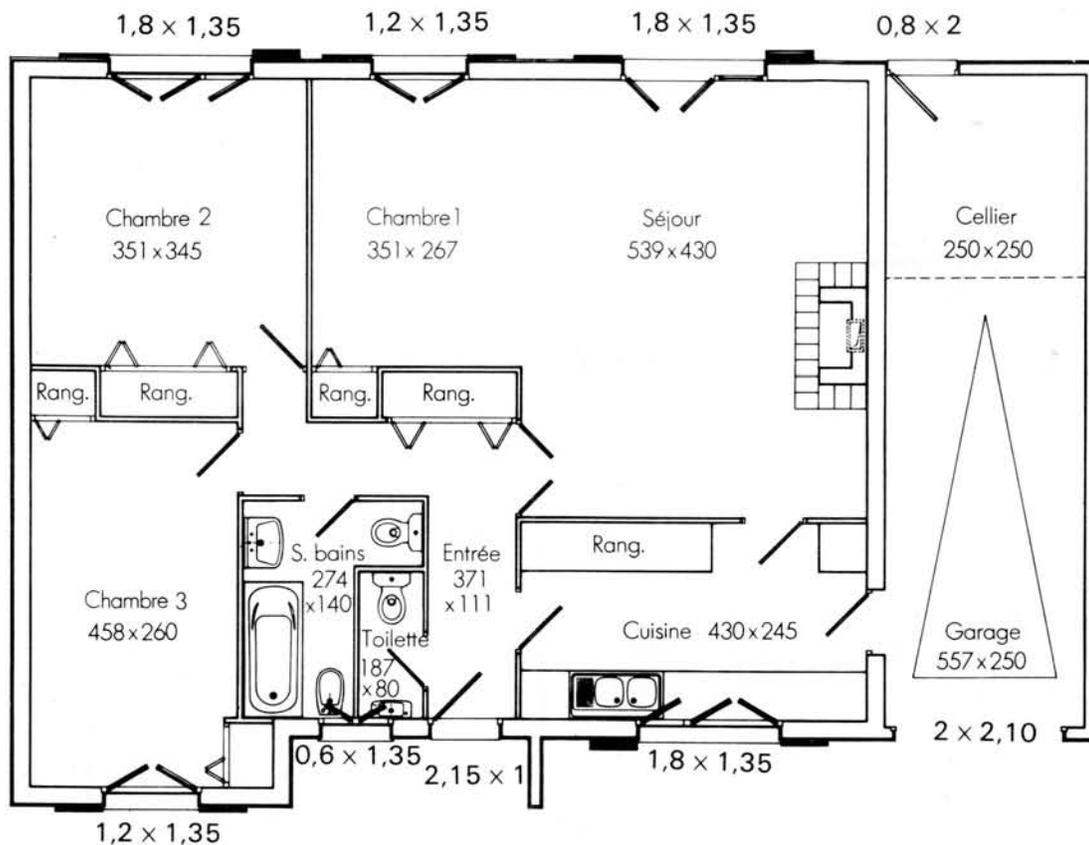
**10.7 EXEMPLE DE CALCUL :**

**10.7.1 Cas d'une maison individuelle :**

Calcul du renouvellement d'air de l'ensemble du logement.

La maison est conforme au plan 10.4.

Fig. 10.4



Elle est située en rase campagne, dans les Pyrénées-Atlantiques. Elle est de plain-pied sur un terrain sans dénivellation (zone V, situation e, non abritée,  $h = 6$  m donc classe d'exposition Ex. 1).

Cette maison possède une ventilation mécanique par extraction qui assure une ventilation générale et permanente (il faudra donc déterminer  $p$  pour connaître  $e'$ ).

Les menuiseries sont de classe  $A_1$ , avec des vitrages simples.  
(donc  $m = 2,0$ ).

Les bouches d'entrées d'air sont autoréglables :

séjour + ch 1	60 m <sup>3</sup> /h	}	$Q_e = 120$ m <sup>3</sup> /h
ch 2 et ch 3	30 m <sup>3</sup> /h chacune		

Les bouches d'extraction d'air ont des débits de :

cuisine 60 — 120 m<sup>3</sup>/h

$$\text{donc } Q_s = 60 + \frac{120 - 60}{4} = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

W.C.	30 m <sup>3</sup> /h	30
salle de bain	30 m <sup>3</sup> /h	30

$$\Sigma Q_s = 135 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le volume des pièces principales est :

$$V_{pp} = 2,5 \times 66,92 = 167,3 \text{ m}^3 < \Sigma Q_s$$

$$\text{donc } Q_g = 167,3 \text{ m}^3$$

D'autre part,  $\Sigma Q_s > \Sigma Q_e$  donc on peut calculer le renouvellement d'air globalement pour l'ensemble du logement :

$$Q = Q_g + \Sigma P \cdot e'$$

Déterminons  $p$

$$p = \frac{Q_g - \Sigma Q_e}{P} = \frac{Q_g - \Sigma Q_e}{m \cdot A_m} = \frac{167,3 - 120}{13,5 \times 2} = \frac{47,3}{27}$$

$$p < 4 \text{ donc } e' = 1,1 \text{ (tableau 10.62)}$$

(en effet  $p < 4$ , Ex. 1, double exposition, extraction mécanique, ventilation générale du logement)

$$\text{donc } Q = 167,3 + 27 \times 1,1 = 197,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où la participation à  $G$  du renouvellement d'air

$$\frac{d}{V} = 0,34 \quad \frac{Q}{V} = \frac{0,34 \times 197,1}{79,05 \times 2,5} = 0,339 \text{ W/m}^3 \cdot \text{°C}$$

### 10.7.2 Cas d'un collectif :

Calcul du renouvellement d'air pièce par pièce.

Le logement est conforme au plan 10.5.

Ce logement possède une ventilation permanente avec extraction par tirage thermique.

Il est situé dans un collectif en ville en région parisienne et se trouve au 8ème étage ( $h = 26$  m).

La façade 1 est non abritée et la façade 2 est abritée par un immeuble de 11 étages se trouvant à 20 m.

La façade de 2 est en classe d'exposition au vent Ex. 1 la façade 1 est en classe Ex. 2.

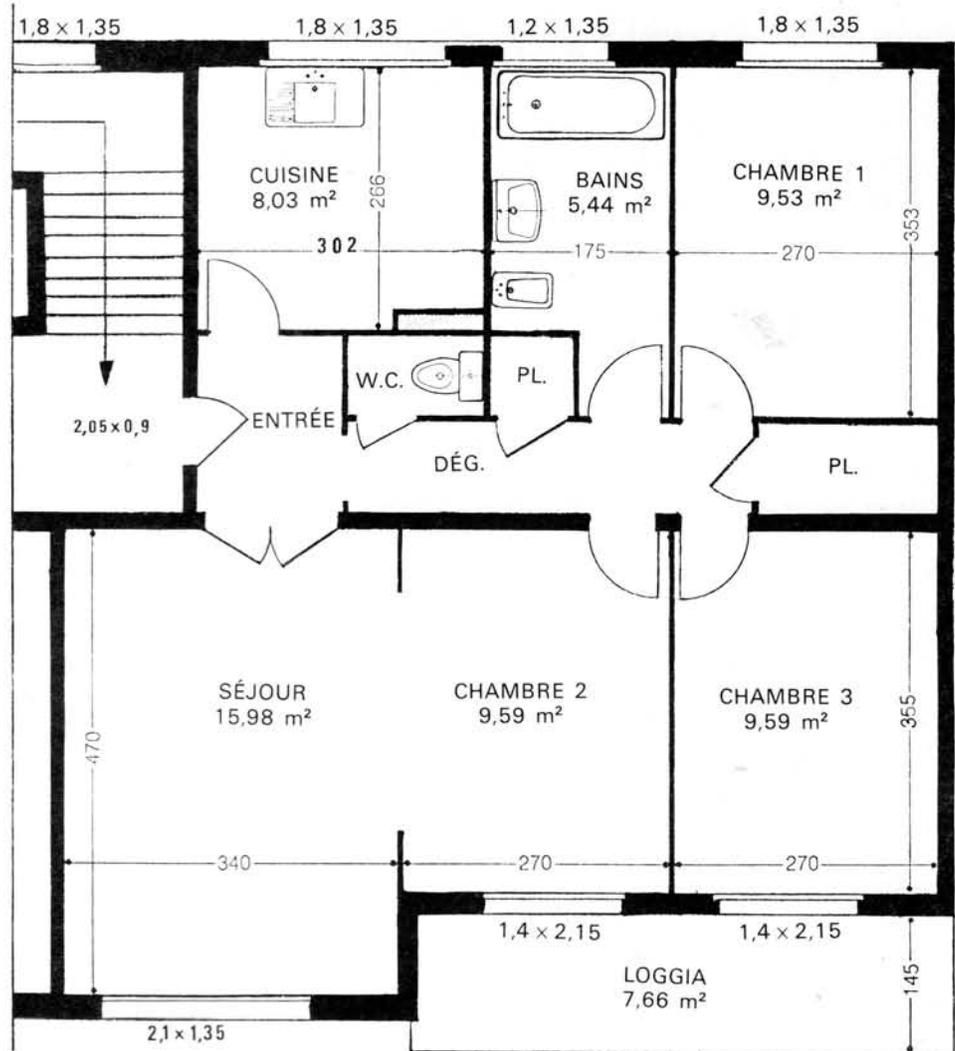
La surface du logement est de 66,85 m<sup>2</sup>.

et la surface vitrée ouvrante de 15,3 m<sup>2</sup>.

Les menuiseries sont de classe  $A_2$  (donc  $m = 0,8$ ) à étanchéité améliorée.

	FAÇADE 2 (Ex. 1)				
	Cuisine	W.C.	S. de bain	Ch. 1	Façade 2
m	0,80		0,80	0,80	0,80
Am	2,43		1,62	2,43	6,48
m. Am	1,94		1,30	1,94	5,18
0,25.Ao	—		—	8,75	8,75
P	1,94		1,30	10,69	13,83
Qe				30	30
Qs	0,75	30	37,50		142,50
Volume des pièces				23,82	
Qg	sera égal à $\Sigma Q_s > V_{pp}$ soit 142,5 m <sup>3</sup> /h				
p.	$p = \frac{Q_g - \Sigma Q_e}{\Sigma P} = \frac{142,5 - 120}{47,26} = 0,48$				
e'	Façade 2, $e' = 1,4$				
P (p + e')	3,65		2,44	20,10	
Qe + P (p + e')	3,65		2,44	50,10	

FAÇADE 2



FAÇADE 1 (Ex. 2)

	Séjour	Ch. 2	Ch. 3	Façade 1	Total
0	0,80	0,80	0,80	0,80	
8	2,83	3,01	3,01	8,85	
8	2,26	2,41	2,41	7,08	
5	8,75	8,75	8,75	26,25	
3	11,01	11,16	11,16	33,33	47,26
0	30	30	30	90	120 m <sup>3</sup> 142,50 m <sup>3</sup>
	39,95	23,97	23,97		111,71 m <sup>3</sup>
Façade 1, e' = 2,2					
	29,51	29,91	29,91		
	59,51	59,91	59,91		235,52 m <sup>3</sup>

FAÇADE 1

Dans le séjour et les 3 chambres, les entrées d'air sont des orifices fixes de 35 cm<sup>2</sup> (30 m<sup>3</sup>/h) situés derrière les appareils de chauffage.

L'extraction a lieu dans les pièces techniques

Cuisine 60 — 120 m<sup>3</sup>/h

W.C. 30 m<sup>3</sup>/h

Salle de bain 30 — 60 m<sup>3</sup>/h.

La grille de calcul ci-contre nous permet de calculer Q, renouvellement d'air global.

Par la méthode globale pour tout le logement nous aurions eu :

$$Q = Q_g + \Sigma P.e'$$

$$= 142,5 + 1,4 \times 13,83 + 2,2 \times 33,33 = 235,20 \text{ m}^3.$$

Le volume du logement est de :

$$66,85 \times 2,5 = 167,4 \text{ m}^3$$

donc le taux de renouvellement horaire est de

$$n = \frac{235,50}{167,1} = 1,41$$

et la participation du renouvellement d'air du G du logement sera :

$$0,34 \times 1,41 = 0,48 \text{ W/m}^3.\text{°C}.$$

Si nous avons eu des entrées d'air autoréglables de même débit-type que les orifices fixes, nous aurions  
 $0,25 \times A_0 = 0$   
 donc =

$$Q = Q_G + \sum P.e'$$

$$= 142,5 + 5,18 \times 1,4 + 7,08 \times 2,2$$

$$142,5 + 7,25 + 15,58 = 165,33 \text{ m}^3$$

soit un taux de renouvellement horaire de

$$\frac{165,33}{167,1} = 0,99 \text{ Vol/h}$$

et une participation au G du logement :

$$0,34 \frac{165,33}{167,1} = 0,336 \text{ W/m}^3.\text{°C.}$$

# 11 - Coefficient G et réglementation

## 11.1 DÉFINITION DU COEFFICIENT VOLUMIQUE DE DÉPÉRDITIONS THERMIQUES :

Le «coefficient volumique de déperditions» est la caractéristique globale d'isolation des locaux d'habitations : ce coefficient est appelé «coefficient G».

Par définition, le coefficient G d'un logement représente «le quotient des déperditions thermiques de ce logement, pour un degré °C d'écart de température entre intérieur et extérieur, par le volume habitable. G s'exprime en Watts par mètre cube et par degré celsius» ( $W/m^3 \cdot ^\circ C$ ).

Le calcul de G doit tenir compte d'une part, de toutes les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec l'extérieur soit directement soit par l'intermédiaire de combles, vides sanitaires, ou locaux non chauffés, d'autre part des déperditions occasionnées par le renouvellement d'air.

### — Pertes par transmission :

S'il s'agit de parois directement en contact avec l'extérieur (par exemple cas des murs, des vitrages, des toitures-terrasses...) le coefficient K à utiliser est le coefficient  $K_g$  qui tient compte de toutes les liaisons.

S'il s'agit de parois qui ne sont pas directement en contact avec l'extérieur il faut obligatoirement pour chacune d'elles utiliser un coefficient K équivalent traduisant la transmission entre l'intérieur et l'extérieur.

Prenons l'exemple d'un plancher sur vide sanitaire : hourdis-ciment, dalle de compression et parquet collé.

Le coefficient K de cette paroi a été calculé dans le chapitre 6, application N° 28 : ce coefficient est de  $2,4 W/m^2 \cdot ^\circ C$ .

Évaluons le K équivalent :

1. Équivalence de la résistance thermique du plancher hourdis + parquet ..... 5,95 mm
2. Équivalence de la résistance thermique du vide sanitaire. L'abaque (Fig. 5.13) donne au chapitre 5 une réponse graphique rapide.

si  $\frac{L}{A_i} = 0,4$  (cas fréquent en constructions individuelles) et si le vide sanitaire est «fortement ventilé» on a avec une maçonnerie périmétrique du vide sanitaire en agglo de 27 + enduit ..... 27,5 mm

Précisons que dans cette équivalence les résistances superficielles sont comprises.

L'équivalence totale est de ..... 33,45 mm

Sur les échelles de lecture (paragraphe 6.5.6) on lit directement :

K équivalent  $\simeq 1,22 W/m^2 \cdot ^\circ C$

— Il faut ensuite tenir compte des liaisons intéressant cette paroi.

Ce coefficient K doit être considéré comme celui d'une paroi fictive équivalente séparant directement intérieur et extérieur.

Il en est de même d'un plancher sous comble :

Le coefficient K de ce plancher traduit les transmissions entre l'intérieur et le comble qui n'est pas à la température extérieure.

Là aussi c'est le coefficient K équivalent de l'ensemble «plancher-comble-toit» qui doit être pris en considération : ce coefficient K équivalent doit être considéré comme celui d'une toiture terrasse qui séparerait directement intérieur et extérieur.

Le même raisonnement doit être fait lorsqu'il s'agit d'une paroi séparant l'intérieur d'un local non chauffé.

Prenons l'exemple d'un mur séparant le volume habitable, d'un garage fermé non chauffé.

Si le calcul montre que la température d'équilibre du garage est de  $5^\circ C$  lorsque la température extérieure est de  $-10^\circ C$  et la température intérieure  $20^\circ C$  et si le coefficient K de cette paroi est de  $2 W/m^2 \cdot ^\circ C$ , le coefficient K équivalent est dans ce cas :

$$K_{eq} = K_{mur} \times \frac{\text{écart entre températures garage et intérieur}}{\text{écart entre températures intérieure et extérieure}}$$

$$K_{eq} = 2 \times \frac{15}{30} = 1 W/m^2 \cdot ^\circ C.$$

Cela revient à dire que la transmission entre intérieur habité et garage à travers un mur de coefficient K égal à  $2 W/m^2 \cdot ^\circ C$  est équivalente dans ce cas à celle qui existerait entre intérieur et extérieur directement à travers un mur de coefficient K égal à  $1 W/m^2 \cdot ^\circ C$ .

## 11.2 DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE D'ÉQUILIBRE D'UN LOCAL FERMÉ AYANT UNE SURFACE COMMUNE AVEC UN LOCAL CHAUFFÉ :

Soit  $K.A$  les déperditions par  $^\circ C$  de la paroi commune et  $\Sigma K'.A'$  les déperditions par  $^\circ C$  de toutes les parois séparant le local de l'extérieur.

Le D.T.U. indique un taux horaire de renouvellement d'air de 0,5 pour toutes dépendances d'une maison individuelle ou circulation commune d'un collectif. En désignant par  $t_n$  la température d'équilibre cherchée, il suffit d'écrire que les apports de chaleur  $K.A. (t_i - t_n)$  sont égaux aux déperditions du local

$$(\Sigma K'.A' + 0,5 \times 0,34.V) (t_n - t_e)$$

V désigne le volume du local.

$$K.A. (t_i - t_n) = (\Sigma K'.A' + 0,17 V) (t_n - t_e)$$

$$t_n (K.A + \Sigma K'.A' + 0,17.V)$$

$$= K.A.t_i + (\Sigma K'.A' + 0,17.V)t_e$$

$$t_n = \frac{K.A.t_i + (\sum K'.A' + 0,17.V)t_e}{K.A + \sum K'.A' + 0,17.V}$$

### 11.3 PRÉCISION IMPORTANTE CONCERNANT G :

Avant le décret du 10 avril 74 qui a fait du coefficient G la base rigoureuse de la réglementation thermique que nous allons analyser en détail dans la suite de ce chapitre, G était, en général, défini comme le quotient des déperditions totales par V. Δt.

$$G = \frac{\text{déperditions totales}}{V \cdot \Delta t} = \frac{K_1 \cdot A_1 \cdot \Delta t_1 + K_2 \cdot A_2 \cdot \Delta t_2 \dots + 0,34 \cdot N \cdot V \cdot \Delta t}{V \cdot \Delta t}$$

Δt désignant  $t_i - t_e$  et  $\Delta t_1, \Delta t_2 \dots$  pouvant être différents de Δt (cas des combles, des vides sanitaires, garages, etc...).

Il est évident que dans ce cas  $K_1, K_2 \dots$  désignent les coefficients de transmission des parois : coefficient d'un plancher sous comble, d'un plancher sur vide sanitaire ou d'un mur mitoyen avec un garage...).

Maintenant il est important de le répéter : G désigne par définition les déperditions totales pour un degré °C d'écart entre intérieur et extérieur.

La mention de Δt devient pratiquement inutile \* puisque  $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots = \Delta t$  et G se résume à

$$G = \frac{\text{déperditions totales}}{V}$$

N'oublions jamais par la suite qu'en conséquence  $K_1, K_2 \dots$  doivent désigner les coefficients K équivalents chaque fois que les parois ne séparent pas directement intérieur et extérieur.

### 11.4 PARTICIPATION à G :

$$\text{L'écriture } G = \frac{\text{déperditions totales}}{V}$$

permet de mettre en évidence « la participation à G de chaque paroi et du renouvellement d'air » ainsi on peut écrire :

$$G = \frac{K_{g1} \cdot A_1 + K_{g2} \cdot A_2 + K_{g3} \cdot A_3 \dots + N \times 0,34V}{V}$$

et le décomposer ainsi :

$$\frac{K_{g1} \cdot A_1}{V} \text{ participation à G de la paroi 1}$$

$$\frac{K_{g2} \cdot A_2}{V} \text{ participation à G de la paroi 2}$$

$$\frac{K_{g3} \cdot A_3}{V} \text{ participation à G de la paroi 3}$$

$N \times 0,34$  participation à G du renouvellement d'air

(N désignant le taux horaire de renouvellement).

$K_{g1}, K_{g2}, K_{g3} \dots$  désignent comme cela a été bien précisé précédemment les coefficients K globaux (en tenant compte des liaisons) et les K équivalents chaque fois que la paroi ne sépare pas directement intérieur et extérieur.

\* En théorie il y a une légère différence entre volume habité et volume d'air renouvelé de même qu'entre Δt pour les pertes par transmission et Δt pour le renouvellement d'air.

### Exemple 1 - Construction indépendante

- maison individuelle de plain pied

volume : 350 m<sup>3</sup> (classe III)

- isolation :

Comble perdu : 100mm de laine de verre

murs : 60 mm panneaux de laine de verre

plancher sur vide sanitaire : 40 mm de

polystyrène UNIMAT

vitrages isolants (Biver)

	K <sub>g</sub>	S	$\frac{KS}{V}$	G
Renouvellement d'air (n = 1)				0,34
Plafond - comble - toit	0,55	130	0,20	0,96
Murs	0,7	110	0,22	
Plancher	0,8	130	0,30	
Vitrages	3,4	25	0,24	
Gen W/m <sup>3</sup> °C				1,3

### Exemple 2 - Collectif calcul du coefficient G d'un logement

- Logement au dernier niveau (classe V)

- Les logements contigus sont considérés à même température

Isolation :

Terrasse : 40 mm polystyrène UNIMAT

Murs : 60 mm panneaux laine de verre

Vitrages isolants (Biver)

Volume : 205 m <sup>3</sup>	K <sub>g</sub>	S	$\frac{KS}{V}$	G
Renouvellement d'air (n = 1)				0,34
Terrasse	0,83	78,5	0,32	0,76
Murs extérieurs	0,95	34,5	0,16	
Vitrages	3,4	17	0,28	
Gen W/m <sup>3</sup> °C				1,1

Fig. 11.1

Cette notion de « participation à G » de chaque élément du volume habitable (parois et renouvellement d'air) est très importante pour la pratique de G. Exemple de présentation (fig. 11.1).

### 11.5 ANALYSE DU DÉCRET DU 10 AVRIL 74 CONCERNANT L'ISOLATION THERMIQUE DANS LES BATIMENTS D'HABITATION ET MODIFICATIONS APPORTÉES PAR LE DÉCRET DU 2 AOUT 76

Après avoir défini dans l'article 1er le coefficient G, comme nous venons de le préciser, l'essentiel de cet important décret est contenu dans l'article 2 qui précise :

- les zones climatiques
- les classes de logements
- les coefficients G à ne pas dépasser.

#### 11.5.1 Zones climatiques :

L'ensemble du territoire est divisé en 3 zones climatiques A, B et C.

Ces zones sont représentées de façon générale dans la carte de France (fig. 11.2) on peut constater que les limites ne suivent pas le contour des départements.

En effet, la réglementation établit les zones climatiques canton par canton (en annexe figurent les définitions de zones par cantons).

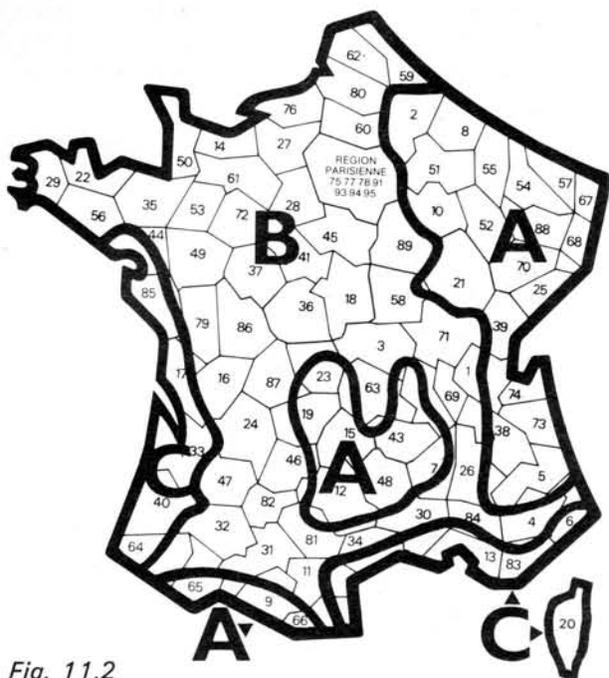


Fig. 11.2

### 11.5.2 Classes de logements :

Le décret définit 7 classes de logements selon 3 critères :

- 1 — L'indépendance ou la non-indépendance thermique
- 2 — Le volume habitable
- 3 — Le rapport à la surface habitable des parois horizontales (ou en pente) en contact directement avec l'extérieur ou par l'intermédiaire d'un vide-sanitaire, du sol, ou d'un local non chauffé (les parois en pente ne sont comptées que pour leur projection horizontale).

### 11.5.3 Classement des logements indépendants :

L'indépendance thermique est réalisée :

- Dans les maisons individuelles construites isolément, c'est évident.
- Dans les maisons individuelles accolées à d'autres maisons par l'intermédiaire d'un local non chauffé, tel un garage.
- Dans les maisons individuelles jumelées lorsque le mur mitoyen dans la partie correspondante au volume habitable a une surface inférieure à  $15 \text{ m}^2$ .
- Enfin, dans les maisons individuelles construites en décrochés les unes par rapport aux autres et pour lesquelles chaque surface mitoyenne correspondante au volume habitable est inférieure à  $7 \text{ m}^2$ .

Lorsque l'indépendance est réalisée, seul le volume habitable est retenu pour définir la classe du logement

$V < 150 \text{ m}^3$	Classe I
$150 \leq V < 300$	Classe II
$V \geq 300 \text{ m}^3$	Classe III.

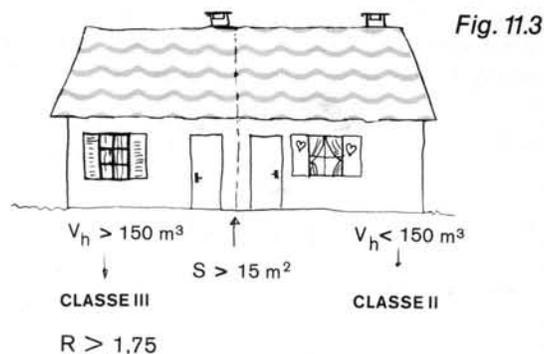
### 11.5.4. Classement des logements non indépendants et non superposés

Cette rubrique concerne l'essentiel des modifications apportées au décret du 10 avril 74 par le nouveau décret du 2 août 76 (Journal Officiel du 21 août 76).

Il s'agit en fait de maisons en bandes non indépendantes (surface mitoyenne supérieure à  $15 \text{ m}^2$ ) et non superposées.

#### 1er Cas :

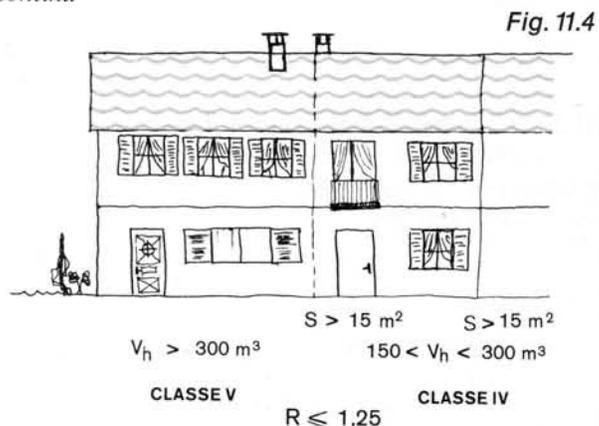
Maisons en bandes comprenant toutes un seul étage en continu



- Si le volume habité est inférieur à  $150 \text{ m}^3$  la classe du logement est **classe II**.
- Si  $V_h > 150 \text{ m}^3$  la classe du logement est la **classe III**.

#### 2ème CAS :

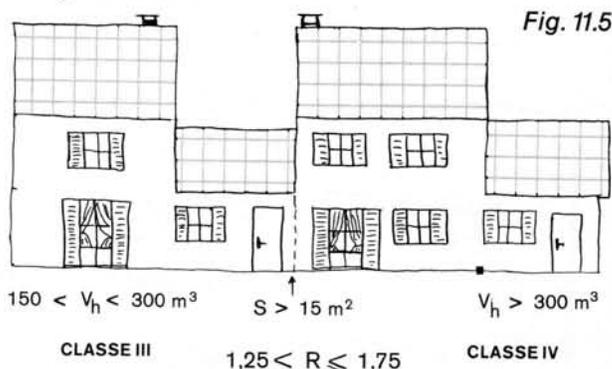
Maisons en bandes comprenant toutes deux étages en continu



- Lorsque le volume est compris entre  $150$  et  $300 \text{ m}^3$  la classe du logement est **classe IV**.
- Si  $V_h > 300 \text{ m}^3$  la classe du logement est **classe V**.

#### 3ème Cas :

Maisons en bandes non indépendantes mais à hauteur d'étage discontinu



- Si le volume habitable est compris entre  $150$  et  $300 \text{ m}^3$  la classe du logement est **classe III**.
- Si le volume est supérieur à  $300 \text{ m}^3$  la classe du logement est la **classe IV**.

**11.5.5 Répartition des classes de maisons en bande en fonction du rapport : surface horizontale extérieure/surface habitable.**

Le décret prévoit une classification en fonction du

$$\text{rapport } R = \frac{\text{Surface extérieure horizontale}}{\text{Surface habitable}}$$

Si on prend l'exemple schématisé fig. 11.3 on a bien deux surfaces en contact avec l'extérieur (1 plancher

et 1 plafond) et une surface habitable ( $\frac{S. \text{ ext.}}{S. \text{ hab.}} = 2$ )

Dans le cas de la fig. 11.5

$$R = \frac{S. \text{ ext.}}{S. \text{ hab.}} = \frac{2}{1,5} = 1,33$$

Le décret prévoit que ce rapport peut varier selon le cas de figure entre 1,25 et 1,75.

La classification des maisons en bandes selon le rapport R peut être résumée ainsi :

Rapport R	Volume	classes
Valeur indifférente	$V_h < 150 \text{ m}^3$	II
$R > 1,75$	$V_h \geq 150 \text{ m}^3$	III
$1,25 < R \leq 1,75$	$150 \leq V_h < 300$ $V_h \geq 300$	III IV
$R \leq 1,25$	$150 \leq V_h < 300$ $V_h \geq 300$	IV V

**11.5.6 Classement des logements non indépendants et superposés**

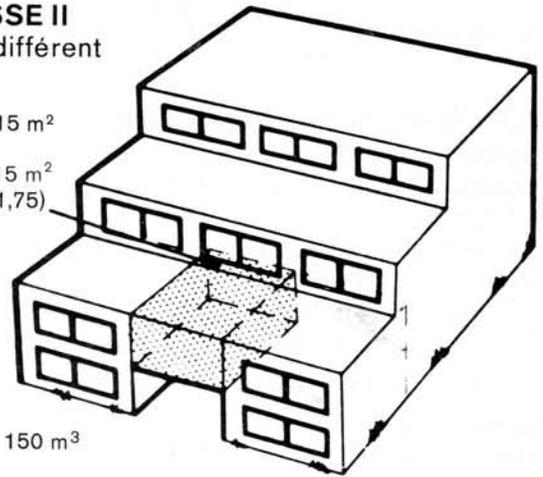
C'est le cas des immeubles collectifs, la classification est alors la suivante :

Type de Logement	Rapport R = $\frac{S. \text{ ext.}}{S. \text{ hab.}}$	Volume habitable	classes
non indépendant et superposé	Supérieure à 1,75	Inférieur à $150 \text{ m}^3$	II
		Supérieur ou égal à $150 \text{ m}^3$	III
	Supérieure à 1,25 et inférieure ou égale à 1,75	Indifférent	IV
	Supérieure à 0,75 et inférieure ou égale à 1,25	Indifférent	V
	Supérieure à 0,25 et inférieure ou égale à 0,75	Indifférent	VI
	Inférieure ou égale à 0,25	Indifférent	VII

(Croquis extraits du document EDF «Nouvelle Réglementation de la construction et recommandations pour le chauffage électrique intégré».)

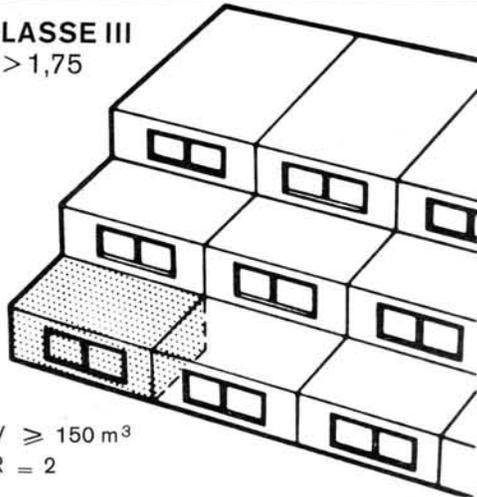
**CLASSE II**  
R: indifférent

$S < 15 \text{ m}^2$   
(ou si  
 $S > 15 \text{ m}^2$   
 $R > 1,75$ )



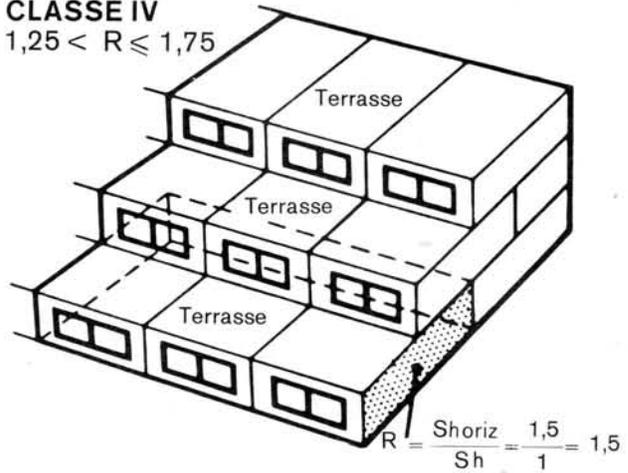
$V_h < 150 \text{ m}^3$

**CLASSE III**  
 $R > 1,75$



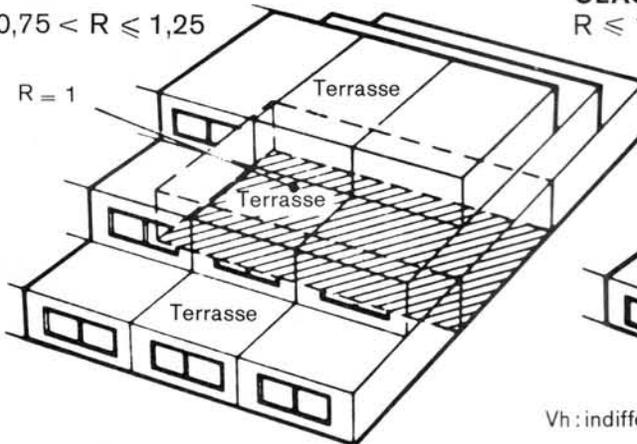
$V \geq 150 \text{ m}^3$   
 $R = 2$

**CLASSE IV**  
 $1,25 < R \leq 1,75$



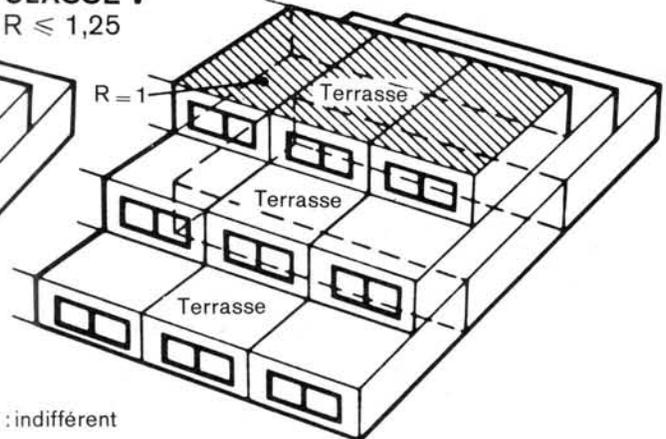
$$R = \frac{\text{Shoriz}}{\text{Sh}} = \frac{1,5}{1} = 1,5$$

$0,75 < R \leq 1,25$



$R = 1$

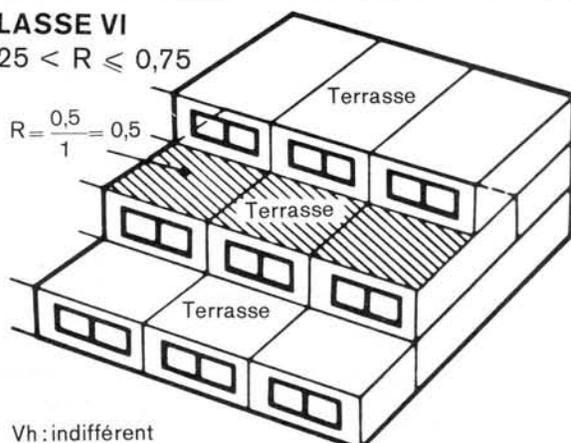
**CLASSE V**  
 $R \leq 1,25$



$R = 1$

$V_h$ : indifférent

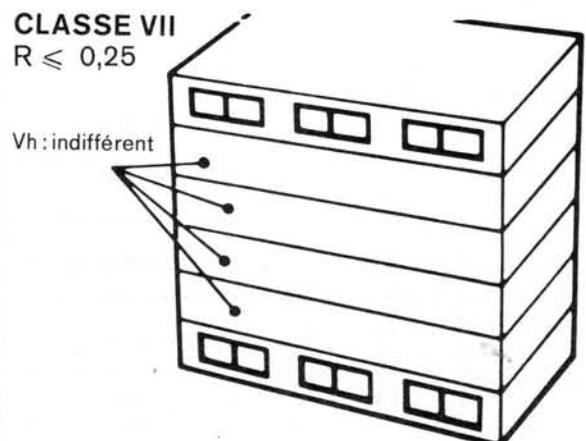
**CLASSE VI**  
 $0,25 < R \leq 0,75$



$$R = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

$V_h$ : indifférent

**CLASSE VII**  
 $R \leq 0,25$



$V_h$ : indifférent

### 11.5.7 Valeurs de G à ne pas dépasser :

Ces valeurs concernent toutes les constructions pour lesquelles le permis de construire a été déposé après le 1er juillet 75.

Elles intéressent aussi tout immeuble dont la déclaration d'achèvement de travaux sera déposée après le 31 décembre 78, même si le permis de construire est antérieur au 1er juillet 75.

Ces valeurs sont exprimées en  $W/m^3 \cdot ^\circ C$ .

Valeurs de G (en  $W/m^3 \cdot ^\circ C$ ) à ne pas dépasser par classes de logements et par zones.

CLASSE	Zone A	Zone B	Zone C
I	1,60	1,75	2,00
II	1,45	1,60	1,90
III	1,30	1,45	1,75
IV	1,20	1,35	1,60
V	1,10	1,20	1,45
VI	0,95	1,05	1,25
VII	0,85	0,95	1,10

### définition de la classification des logements

Classe	Type de logement	Valeur du rapport Surfaces horizontales en contact avec l'extérieur sur Surfaces habitables	Volume habitable
I	indépendant	indifférente	inférieur à $150 m^3$
II	indépendant	indifférente	supérieur ou égal à $150 m^3$ et inférieur à $300 m^3$
	non indépendant et non superposé	indifférente	inférieur à $150 m^3$
	non indépendant et superposé	supérieure à 1,75	inférieur à $150 m^3$
III	indépendant	indifférente	supérieur ou égal à $300 m^3$
	non indépendant et non superposé	supérieure à 1,75	supérieur ou égal à $150 m^3$
	non indépendant et non superposé	supérieure à 1,25 et inférieure ou égale à 1,75	supérieur ou égal à $150 m^3$ et inférieur à $300 m^3$
	non indépendant et superposé	supérieure à 1,75	supérieur ou égal à $150 m^3$
IV	non indépendant et non superposé	supérieure à 1,25 et inférieure ou égale à 1,75	supérieur ou égal à $300 m^3$
	non indépendant et non superposé	inférieure ou égale à 1,25	supérieur ou égal à $150 m^3$ et inférieur à $300 m^3$
	non indépendant et superposé	supérieure à 1,25 et inférieure ou égale à 1,75	indifférent
V	non indépendant	supérieure à 0,75 et inférieure ou égale à 1,25	indifférent
VI	non indépendant	supérieure à 0,25 et inférieure ou égale à 0,75	indifférent
VII	non indépendant	inférieure ou égale à 0,25	indifférent

### 11.5.8 Cas du chauffage électrique :

Électricité de France dans sa campagne sur le « chauffage électrique intégré » a exigé, bien avant la réglementation thermique actuelle, des entreprises qui ont réalisé des constructions « tout électrique », le respect de contraintes strictes pour l'obtention d'une isolation thermique de qualité.

En appliquant ces directives on aboutit à des G inférieurs à ceux indiqués dans la réglementation.

E.D.F. vient d'harmoniser les valeurs de G à ne pas dépasser préconisées pour tenir compte des classes de logements actuelles et des zones climatiques.

Ces valeurs sont toujours inférieures à celles de la réglementation.

CLASSES	ZONE A		ZONE B		ZONE C	
	C.E.I.	décret	C.E.I.	décret	C.E.I.	décret
I	1,30	1,60	1,35	1,75	1,45	2,00
II	1,20	1,45	1,25	1,60	1,35	1,90
III	1,10	1,30	1,15	1,45	1,25	1,75
IV	1,05	1,20	1,10	1,35	1,20	1,60
V	0,95	1,10	1,00	1,20	1,10	1,45
VI	0,85	0,95	0,90	1,05	1,00	1,25
VII	0,75	0,85	0,80	0,95	0,90	1,10

C.E.I. désigne le « chauffage électrique intégré ».

### 11.5.9 Puissance utile :

Par définition G représente les déperditions totales pour chaque m<sup>3</sup> du volume habité et pour chaque degré °C d'écart entre températures intérieure et extérieure.

Le produit G.V représente donc les déperditions de tout le volume pour 1°C d'écart.

Si Δt désigne la différence entre la température intérieure que doit maintenir le chauffage (t<sub>i</sub>) et le minima de température extérieure de la région (valeurs en annexe), le produit G.V.Δt désigne alors la puissance utile nécessaire.

$$G \quad \text{W/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$G.V \quad \text{W/}^\circ\text{C}$$

$$G.V.\Delta t \quad \text{W}$$

$$\text{Puissance utile} = G \times V \times \Delta t \quad (\text{watts})$$

Cette relation permet de définir la puissance utile globale nécessaire pour un logement (la puissance à installer se déduit ensuite en multipliant par 1,2 la puissance utile lorsqu'il s'agit d'un chauffage continu et par 1,5 pour un chauffage intermittent).

Pour définir la puissance nécessaire pièce par pièce il est indispensable de tenir compte, pour chacune d'elles, du débit horaire de renouvellement dans les conditions extrêmes de température.

### 11.5.10 Estimation de consommation

En partant de G on peut évaluer la consommation pour une année moyenne.

Pour cela on utilise les « degrés-jours ».

Pour la France métropolitaine, la période actuelle de chauffage s'étale du 1er octobre au 20 mai (soit 232 jours).

Or pendant cet intervalle, les températures extérieures journalières varient dans une même zone climatique.

Il faut donc connaître dans chaque zone retenue, par jour, les températures moyennes extérieures. Ces renseignements sont fournis par l'Office National Météorologique qui dispose de données statistiques sérieuses s'étalant sur de très nombreuses années.

Prenons par exemple, une ville située dans la zone climatique la plus importante en France (zone B — voir carte de France) cette ville est Chartres et l'Office National Météorologique s'appuyant sur des statistiques portant sur 30 ans, indique que la température moyenne pour ce lieu est 12,6°C du 1er au 10 octobre, (cette température est la moyenne entre la température minimale relevée et la température maximale).

Avec ce renseignement, le C.O.S.T.I.C. (Comité Scientifique et Technique des Industries de Chauffage) évalue pour ce lieu (Chartres) les degrés-jours pour la période du 1er au 10 octobre selon la formule :

$$d_j = n \left( 18 - \frac{t_{\text{max.}} + t_{\text{min.}}}{2} \right)$$

qui donne dans ce cas :

$$d_j = 10 (18 - 12,6) = 54$$

Dans la formule utilisée, nous avons :

n qui représente le nombre de jours de la période, 18 qui représente la température intérieure souhaitée (20°C diminuée de la chaleur gratuite évaluée à 2°C)

$$12,6 \text{ correspond à } \frac{t_{\text{max.}} + t_{\text{min.}}}{2}$$

pour cette période du 1er au 10 octobre.

Selon le même processus, les degrés-jours partiels sont évalués ainsi du 1er octobre au 20 mai en prenant pour octobre des intervalles de 10 jours, puis de novembre à mars des intervalles de un mois et en revenant ensuite, à des intervalles de 10 jours pour avril et mai.

On obtient ainsi pour Chartres (zone climatique B)  
degrés - jours

du 1er au 10 octobre	54
du 11 au 20 octobre	69
du 21 au 31 octobre	94
du 1er au 30 novembre	351
du 1er au 31 décembre	459
du 1er au 31 janvier	459
du 1er au 28 février	393
du 1er au 31 mars	347
du 1er au 10 avril	94
du 11 au 20 avril	83
du 21 au 30 avril	72
du 1er au 10 mai	61
du 11 au 20 mai	50

Ainsi, pour ce lieu (Chartres) pour toute la saison de chauffage, les degrés-jours représentent la somme de ces degrés-jours partiels.

Ce qui donne :

$$D_j = 2586$$

Théoriquement, on peut dire que les degrés-jours varient d'un lieu à l'autre. En fonction des implantations des stations météorologiques, on connaît les degrés-jours d'un nombre important de villes en France.

En annexe figurent par région des courbes d'iso-degrés-jours.

Connaissant ainsi les degrés-jours du lieu d'implantation de la construction, la consommation théorique se déduit de la formule suivante :

$$C = \frac{G \times V \times H \times D_j}{1000} \text{ (kW.h)}$$

$$\text{ou } C = \frac{0,86 \cdot G \times V \times H \times D_j}{1000} \text{ (thermies)}$$

(1 kW.h = 0,86 thermies)

Dans cette formule

G s'exprime en  $W/m^3 \cdot ^\circ C$

V s'exprime en  $m^3$

H exprime en heures la durée journalière du chauffage.

$D_j$  représente les degrés-jours du lieu.

Dans le cas d'un chauffage continu  $H = 24$  heures.

Il faut cependant pondérer ce résultat pour tenir compte des apports gratuits de chaleur.

En effet, dans une construction correctement isolée et disposant d'une bonne régulation de chauffage les apports de chaleur à travers les vitrages par exemple ont pour conséquence en fait, un fonctionnement intermittent de l'installation de chauffage.

Pour une estimation correcte de consommation, il faut donc appliquer à la formule précédente donnant

la consommation théorique, un coefficient de pondération dit «coefficient d'intermittence i».

$$C = \frac{G \times V \times H \times D_j \times i}{1000} \text{ (KW.h)}$$

Ce coefficient dépend de nombreux paramètres :

— de l'inertie thermique du bâtiment

— du type de régulation de chauffage

— de l'inertie de l'installation du chauffage (ainsi il sera différent pour un système à circulation d'eau chaude, air pulsé ou chauffage électrique.

— du choix même de l'installation : chauffage direct ou chauffage mixte : chauffage de base par les planchers + chauffage direct d'appoint.

A titre indicatif, nous donnons quelques valeurs de i habituellement utilisées.

● chauffage à circulation d'eau chaude (selon G et le système de régulation) . . . . 0,9 à 0,85

● chauffage électrique intégré

● pavillon individuel . . . . . 0,7

● immeuble collectif . . . . . 0,8

Ces valeurs ne peuvent être appliquées qu'aux locaux à usage d'habitation et sont habituellement admises au niveau des pré-études de chauffage.

On peut dire cependant que le caractère de plus en plus performant de la régulation, la généralisation d'une isolation de qualité intéressant tout le volume habité et non plus comme par le passé celle d'une seule paroi, fut-elle importante comme la toiture, le contrôle de la ventilation et de l'étanchéité des portes et fenêtres, et enfin le changement d'habitude des usagers qui vont devoir nécessairement réapprendre les réflexes d'économie (par exemple éviter de «réguler» le chauffage en ouvrant ou fermant les fenêtres !)

Tout cela aura probablement pour résultat, dans les années à venir, la détermination de coefficients i légèrement différents que ceux que nous citons et beaucoup plus précis.

#### 11.5.11 Le point sur l'évaluation des apports gratuits de chaleur

Le souci de cette évaluation est relativement récent. Cette chaleur gratuite que certains appellent aussi «chaleur fatale» a plusieurs causes :

1 — *Le rayonnement solaire à travers les vitrages :*

Le verre étant perméable au rayonnement solaire on peut dire qu'un vitrage que l'on considère globalement comme un «point faible thermique» peut dans certains cas et à certaines heures — en fonction de son orientation — apporter aux locaux d'habitation plus d'énergie qu'il n'en dissipe à l'extérieur. Il faut préciser aussi que ce rayonnement transmis par les vitrages en échauffant les matériaux intérieurs provoque de leur part un rayonnement infrarouge de longueurs d'ondes différentes de celles du soleil... et ce rayonnement là n'est pas transmis à l'extérieur par les vitrages (à ce niveau de longueurs d'ondes le vitrage est imperméable au rayonnement). Cela se traduit par un «effet de serre»... ressenti d'autant plus désagréablement par les occupants que rarement, à l'heure actuelle du moins — chauffage

électrique intégré excepté — il existe une régulation pièce par pièce.

L'apport gratuit de chaleur par le rayonnement solaire devient particulièrement intéressant dans les constructions où isolation et régulation vont de pair.

### 2 — Chaleur dégagée par les occupants

Au chapitre 13 nous analysons le problème du métabolisme humain : 8 à 9 personnes réunies dégagent ensemble au repos l'équivalent de la chaleur dégagée par un radiateur d'un kilowatt de puissance.

### 3 — Chaleur dégagée par les appareils électroménagers

Ces appareils deviennent de plus en plus nombreux et dégagent en fonctionnement une quantité de chaleur non négligeable.

### 4 — Occultation des vitrages la nuit

Ce problème vient d'être étudié dans le nouveau D.T.U. et ainsi lorsque les fermetures sont de bonne qualité (chapitre 9 — paragraphe 9.2) on peut appliquer un K moyen jour et nuit qui tient compte de la réduction des déperditions.

### 5 — Influence des rideaux

Lorsqu'il existe une régulation pièce par pièce la présence de rideaux peut faire gagner 1°C intérieur — ce qui n'est pas négligeable.

#### *Influence globale en fonction de G*

Si on cumule tous ces apports et si on réalise l'occultation des fenêtres la nuit et si les fenêtres sont équipées de rideaux, on a évalué que l'on peut gagner en moyenne 4°C sur la température intérieure avec  $G = 1,5 \text{ W/m}^3 \cdot \text{°C}$  et 5°C avec  $G = 1$ .

#### *Détermination de nouveaux degrés-jours*

Les degrés-jours unifiés construits sur une base de 232 jours de chauffage tiennent compte de 2°C de chaleur gratuite (ce chiffre se justifiait à une époque où en France les locaux d'habitation avaient un coefficient G moyen élevé (supérieur à 2!).

On peut donc prévoir que de nouveaux degrés-jours seront utilisés pour tenir compte d'une base différente.

Actuellement ils sont établis donc sur la base  
20°C - 2°C

On peut imaginer un abaque donnant des degrés-jours rectifiés en partant des degrés-jours unifiés actuels et ceci en fonction d'une base 20°C - d°C.

(d désignant le gain en température réalisé selon le coefficient G de l'habitation et son inertie).

Lorsque des documents officiels seront publiés sur ce sujet, il ne faudra plus évidemment utiliser les coefficients d'intermittence que nous avons indiqués précédemment.

En attendant, il suffit de constater que si on applique dans la formule :

$$C = \frac{G \times V \times H \times D_j \times i}{1000} \text{ (kw.h)}$$

un coefficient  $i = 0,8$  par exemple avec  $D_j = 2000$  cela revient à utiliser comme « degrés-jours rectifiés » la valeur 1600.

Notons enfin que les degrés-jours peuvent être modifiés aussi par le choix arbitraire d'une nouvelle période de chauffage (actuellement 232 jours). Si, par raison d'économie, cette période est diminuée, automatiquement cela aura une répercussion sur les valeurs actuelles des degrés-jours.

Cette décomposition a l'avantage de mettre en évidence la participation à G de chacune des parois et dans le cas où le coefficient G du logement ne répondrait pas à la réglementation, de savoir sur quelle paroi il faut agir en priorité ou de modifier le système de ventilation, le choix des menuiseries pour ramener le taux de renouvellement d'air autour de 1 soit la participation à G à 0,34 W/m<sup>3</sup>.°C.

Nous pouvons faire une estimation de la Puissance utile :

$$P_u = G \cdot V \cdot \Delta t.$$

nous voulons 18° = t<sub>i</sub> pour une température de base de -7°C = t<sub>e</sub> soit Δt = t<sub>i</sub> - t<sub>e</sub> = 25°

$$\begin{aligned} \text{donc } P_u &= G \cdot V \cdot \Delta t = 1,36 \times 197 \times 25 \\ &= 6998 \text{ W} \\ &\text{ou environ } 7 \text{ KW} \end{aligned}$$

Faisons une estimation de la consommation en fuel domestique pour une saison de chauffage pour ce logement individuel situé dans une zone à 2500 D<sub>ju</sub>.

$$C = \frac{V \cdot G \cdot H \cdot D_j}{\rho \cdot P_c}$$

est le rendement global de l'installation. On prendra ρ = 0,72.

P<sub>c</sub> est le pouvoir calorifique du combustible.

P<sub>c</sub> = 10500 K<sub>cal</sub>/K<sub>g</sub> soit par litre de fuel dont la densité est égale à 0,83 P<sub>c</sub> = 10.500 × 0,83

P<sub>c</sub> = 8715 K<sub>cal</sub>/l

soit 10.109,4 W/l on prendra P<sub>c</sub> = 10.110 W/l

ρ · P<sub>c</sub> ≈ 7.280 W/l = Pouvoir calorifique utile.

La consommation annuelle peut s'écrire :

$$C = \frac{G \cdot V \cdot H \cdot D_j}{\rho \cdot P_c}$$

$$= \frac{1,36 \times 197 \times 24 \times 0,9 \times 2500}{7280} = 1987 \text{ l}$$

Avant la réglementation d'avril 74, une telle maison aurait eu un coefficient G de l'ordre de 2,6 W/m<sup>3</sup>.°C (mur avec lame d'air sans isolant, 45 mm d'isolant en plafond, pas d'isolation en sol et sa consommation annuelle aurait été de 3800 l de fuel.

Fig. 12.2

