

EXAMEN PCE6 : ENVELOPPE ET VENTILATION - Année 2021-2022**Mardi 9 novembre 2021 – Durée : 2h**

Aucun document autorisé – Calculatrice Collège autorisée uniquement

Questions de cours (7 points)

1. Décrivez le principe de la VMC Double Flux et son intérêt. (1 pt)
2. Définir le degré hygrométrique HR d'un local et ce qu'il représente pour l'être humain. (1 pt)
3. Comment peut-on déterminer s'il y a risque de condensation superficielle ? Et dans l'épaisseur de la paroi ? (1,5 pt)
4. Etude de cas sur la condensation pour un mur isolé par l'extérieur. (3,5 pts)

Les caractéristiques des matériaux sont indiquées dans le tableau ci-dessous (de l'intérieur vers l'extérieur) :

Matériau	Epaisseur e [m]	Conductivité thermique λ [W/m.K]	Perméabilité Π [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}$]
Béton	0.20	1.4	$3.12\cdot 10^{-11}$
Isolant Polystyrène	0.10	0.035	$4.16\cdot 10^{-12}$
Enduit	0.02	0.8	$2\cdot 10^{-12}$

L'étude thermique a permis de déterminer les températures suivantes aux interfaces :

	Epaisseur e [m]	Température [°C]	Pvs [Pa]
$T_{\text{intérieure}}$	0	20,00	2335
$T_{\text{surface intérieure}}$	0,1	18,78	2188
T1 (entre Isolant et Béton)	0,3		
T2 (entre isolant et Enduit)	0,4	-9,39	229
$T_{\text{surface extérieure}}$	0,42	-9,62	224
$T_{\text{extérieure}}$	0,52	-10,00	216

Données :

- Humidité relative intérieure : $HR_i=60\%$, Température intérieure = 20°C
- Humidité relative extérieure : $HR_e=90\%$, Température extérieure = -10°C

La pression de vapeur saturante Pvs [Pa] en fonction de la température T [°C] sera approximée par la loi : $P_{vs} = 1,72\cdot T^2 + 53,42\cdot T + 578,6$

1. Calculer la résistance totale R_{vaptot} au transfert de vapeur et le flux surfacique de vapeur Φ_v dans la paroi multicouche.
2. Calculer la résistance thermique totale R_{th} et le flux surfacique thermique Φ_T du mur.
3. Calculer la température et la pression de vapeur saturante manquante dans le tableau
4. Déterminer le profil des pressions de vapeur dans la paroi.

5. Tracer P_v et P_{vs} sur un graphe à l'échelle.
6. Y a-t-il risque de condensation dans la paroi ? Si oui, à quel endroit et comment pourrait-on l'éviter ?

Problème : Etude thermique d'une maison individuelle (13 points)

On vous demande de calculer des déperditions d'une maison individuelle de type T4 située en centre-ville à Nancy (54), altitude 220m, représentée figure 1. Il s'agit d'une maison de plain-pied avec combles non aménagés, non isolés et fortement ventilés. Elle n'est pas mitoyenne. La hauteur sous plafond est de 2m50.

- Condition intérieure à maintenir : $T_{int} = 19^\circ\text{C}$
1. Déterminer la température extérieure de base
 2. Déterminer les facteurs de réduction de la température des espaces non chauffés : b
 3. Calculer les coefficients de transmission U de chaque paroi opaque. Détaillez vos calculs.
 4. Calculer le coefficient de déperdition par transmission HT [W/K] de la maison individuelle.

L'ensemble des données (coefficient de transmission, surface, longueur, etc...) nécessaires au calcul de H_T sera rassemblé dans un tableau.

5. En déduire les déperditions par transmission ΦT [W].

La ventilation est assurée par une VMC simple flux. Par ailleurs, la perméabilité du logement est caractérisée par un taux horaire d'infiltration $n_{50}=1,8 \text{ h}^{-1}$.

6. Calculer les déperditions par la ventilation mécanique et par les infiltrations.
7. En déduire la puissance utile de la chaudière à installer pour assurer le chauffage de la maison.

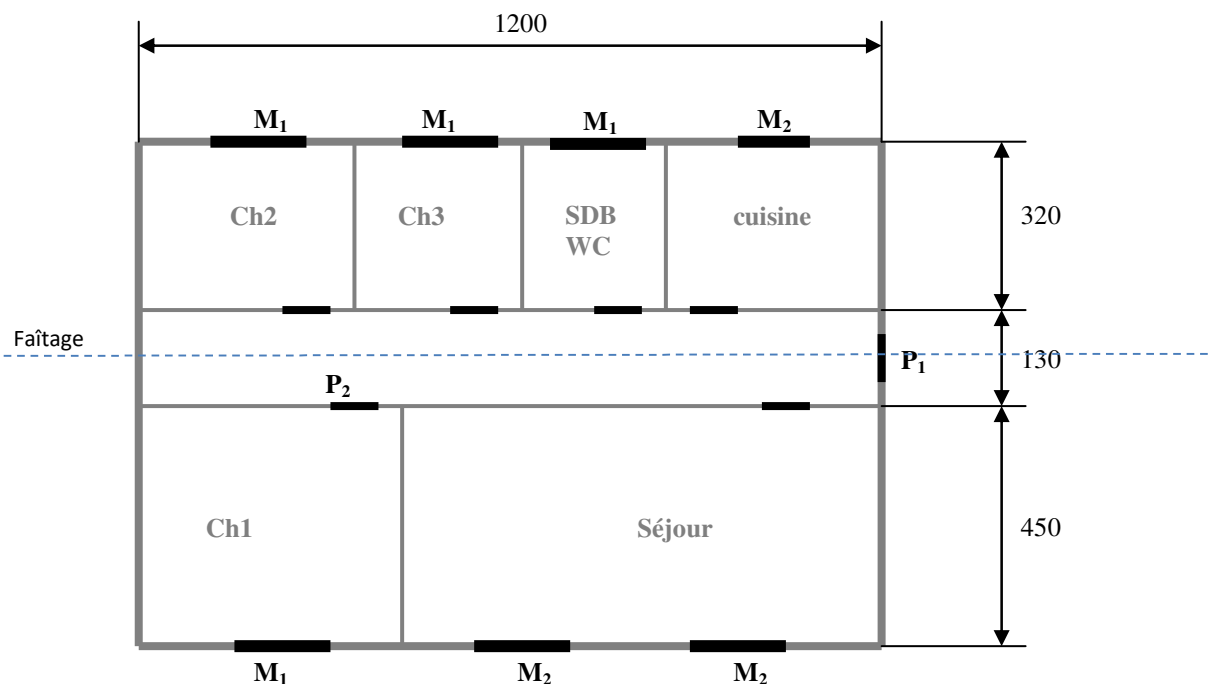


Figure 1 : les dimensions sont données au nu intérieur en centimètres.

Données :

Parois opaques :

- Mur extérieur
 - ✓ Enduit extérieur 2 cm, $\lambda = 0,8 \text{ W/m.K}$
 - ✓ Blocs creux en béton d'épaisseur 20cm ; $R = 0,23 \text{ m}^2.\text{K/W}$
 - ✓ Complexe de doublage d'épaisseur totale 133 mm constitué :
 - d'un isolant polystyrène en épaisseur 120 mm ($\lambda = 0,035 \text{ W/m.K}$)
 - d'une plaque de plâtre BA13 ($\lambda = 0,25 \text{ W/m.K}$)

- Plancher haut sous combles :
 - ✓ Plaques de plâtre BA13 de conductivité thermique $\lambda = 0,25 \text{ W/m.K}$
 - ✓ Laine de roche soufflée d'épaisseur 35cm et de conductivité $\lambda_{\text{LDR}} = 0,043 \text{ W/m.K}$

- Plancher bas sur terre-plein :
 - ✓ Dalle béton 15cm de conductivité thermique $\lambda = 1,65 \text{ W/m.K}$
 - ✓ Isolation continue sous la dalle avec des plaques de polystyrène extrudé d'épaisseur 8 cm et $\lambda = 0,033 \text{ W/m.K}$
 - ✓ Sol argileux

Voir Annexe 3 pour détermination du coefficient de transmission surfacique U_e du sol


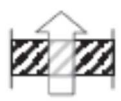
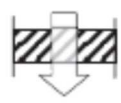
Menuiseries :

	Dimensions LxH en cm	U_w
Porte-fenêtre battante M2	160 * 215	1.9 W/m ² .K
Fenêtre battante M1	120*160	1.9 W/m ² .K
Porte d'entrée P1	95*215	1.5 W/m ² .K

Catalogue des linéiques :

- Liaison plancher bas/mur : $\Psi = 0,46 \text{ W/m.K}$
- Liaison plancher haut/mur façade : à déterminer – annexe 5
- Liaison plancher haut/mur pignon : à déterminer – annexe 5
- Liaison mur/mur angle sortant : $\Psi = 0,02 \text{ W/m.K}$
- Liaison seuil de porte : $\Psi = 0,18 \text{ W/m.K}$
- Liaison appui de fenêtre : $\Psi = 0,06 \text{ W/m.K}$

Valeurs des résistances superficielles :

Paroi donnant sur : - l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert ⁽²⁾	R_{si} m ² .K/W	R_{se} ⁽¹⁾ m ² .K/W	$R_{si} + R_{se}$ m ² .K/W
Paroi verticale (Inclinaison $\geq 60^\circ$)  Flux horizontal	0,13	0,04	0,17
Flux ascendant  Paroi Horizontale (Inclinaison $< 60^\circ$)  Flux descendant	0,10	0,04	0,14
	0,17	0,04	0,21

(1) Si la paroi donne sur un autre local non chauffé, un comble ou un vide sanitaire, R_{se} s'applique des deux côtés

(2) Un local est dit ouvert si le rapport de la surface totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur à son volume, est égal ou supérieur à 0,005 m²/m³. Ce peut être le cas, par exemple, d'une circulation à l'air libre, pour des raisons de sécurité contre l'incendie.

Données pour le calcul des déperditions par ventilation :

- Masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1.2 \text{ kg/m}^3$
- Chaleur massique de l'air : $C = 1020 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$
- Estimation du débit volumique d'infiltration d'air :

$$QV_{inf} = 2.V.n_{50}.e.\varepsilon \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

- ✓ **V** : volume du local en m³
- ✓ **n_{50} [h⁻¹]** : taux horaire d'infiltration d'air, résultant d'une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment
- ✓ **e** : coefficient d'exposition
- ✓ **ε** : facteur correctif de hauteur, prenant en compte l'augmentation de vitesse du vent avec la hauteur du local considérée au-dessus du niveau du sol

Annexe 1 : Détermination des données extérieures de base

Département	$\theta_{e,D}$ [°C]	Département	$\theta_{e,D}$ [°C]	Département	$\theta_{e,D}$ [°C]			
01	Ain	- 10	33	Gironde	- 5	65	Pyrénées (Htes)	- 5
02	Aisne	- 7	34	Hérault	- 5	66	Pyrénées Ori.	- 5
03	Allier	- 8	35	Ile et Vilaine	- 4	67	Rhin (Bas)	- 15
04	Alpes de Hte Pr.	- 8	36	Indre	- 7	68	Rhin (Haut)	- 15
05	Alpes (Hautes)	- 10	37	Indre et Loire	- 7	69	Rhône	- 10
06	Alpes Maritimes	- 6	38	Isère	- 10	70	Saône (Haute)	- 10
07	Ardèche	- 6	39	Jura	- 10	71	Saône et Loire	- 10
08	Ardennes	- 10	40	Landes	- 5	72	Sarthe	- 7
09	Ariège	- 5	41	Loir et Cher	- 7	73	Savoie	- 10
10	Aube	- 10	42	Loire	- 10	74	Savoie (Haute)	- 10
11	Aude	- 5	43	Loire (Haute)	- 8	75	Paris	- 5
12	Aveyron	- 8	44	Loire Atlantique	- 5	76	Seine Maritime	- 7
13	Bouches du Rh.	- 5	45	Loiret	- 7	77	Seine et Marne	- 7
14	Calvados	- 7	46	Lot	- 6	78	Yvelines	- 7
15	Cantal	- 8	47	Lot et Garonne	- 5	79	Sèvres (Deux)	- 7
16	Charente	- 5	48	Lozère	- 8	80	Somme	- 9
17	Charente Mar.	- 5	49	Maine et Loire	- 7	81	Tarn	- 5
18	Cher	- 7	50	Manche	- 4	82	Tarn et Garonne	- 5
19	Corrèze	- 8	51	Mame	- 10	83	Var	- 5
20	(2A, 2B) Corse	- 2	52	Marne(Haute)	- 12	84	Vaucluse	- 6
21	Côte d'Or	- 10	53	Mayenne	- 7	85	Vendée	- 5
22	Côtes d'Armor	- 4	54	Meurthe et Mos.	- 15	86	Vienne	- 7
23	Creuse	- 8	55	Meuse	- 12	87	Vienne (Haute)	- 8
24	Dordogne	- 5	56	Morbihan	- 4	88	Vosges	- 15
25	Doubs	- 12	57	Moselle	- 15	89	Yonne	- 10
26	Drôme	- 6	58	Nièvre	- 10	90	Ter. de Belfort	- 15
27	Eure	- 7	59	Nord	- 9	91	Essonne	- 7
28	Eure et Loir	- 7	60	Oise	- 7	92	Hauts de Seine	- 7
29	Finistère	- 4	61	Orne	- 7	93	Seine St. Denis	- 7
30	Gard	- 5	62	Pas de Calais	- 9	94	Val de Marne	- 7
31	Garonne (Hte)	- 5	63	Puy de Dôme	- 8	95	Val d'Oise	- 7
32	Gers	- 5	64	Pyrénées Atlant.	- 5			

Tab.1 - Températures extérieures de base au niveau de la mer θ_e [°C]

Site	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-12	-15	$\vartheta_{e,D}$ [°C]	
Iles		-2	-2	—	-5	—	—	—	—	Température extérieure de base (ϑ_e [°C])	
Distance côte < 25 km	-2	-2	-4	—	-7	—	—	—	—		
Altitude [m]	0 à 200	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-12		-15
	201 à 400	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-11	-13		-15
	401 à 500	-4	-6	-7	-8	-9	-10	-12	-14		-16
	501 à 600	-4	—	-7	-9	—	-11	-13	-15		-17
	601 à 700	-5	—	-8	-10	—	-12	-14	-16		-18
	701 à 800	-6	—	-8	-11	—	-13	-15	-17		-19
	801 à 900	—	—	-9	-12	—	-14	-16	-18		-20
	901 à 1 000	—	—	-9	-13	—	-15	-17	-19		-21
	1001 à 1 100	—	—	-10	-14	—	-16	-18	-20		-22
	1101 à 1 200	—	—	-10	—	—	-17	-19	-21		-23
	1201 à 1 300	—	—	-11	—	—	-18	-20	-22		-24
	1301 à 1 400	—	—	-11	—	—	-19	-21	-23		-25
	1401 à 1 500	—	—	-12	—	—	—	-22	-24		-25
	1501 à 1 600	—	—	-12	—	—	—	-23	—		—
	1601 à 1 700			-12	—	—	—	-24	—		—
	1701 à 1 800	—	—	-13	—	—	—	-25	—		—
	1801 à 1 900	—	—	-14	—	—	—	-26	—		—
1901 à 2 000	—	—	-14	—	—	—	-27	—	—		

Tab.2 - Température extérieure de base (ϑ_e [°C]) en fonction de la température extérieure de base au niveau de la mer ($\vartheta_{e,D}$ [°C]) et du site

Annexe 2 : Valeurs par défaut de b

Espace non chauffé	b_u
Pièce	
avec seulement 1 mur extérieur	0,4
avec au moins 2 murs extérieurs sans portes extérieures	0,5
avec au moins 2 murs extérieurs et des portes extérieures (p.ex. entrées, garages)	0,6
avec au moins 3 murs extérieurs (p.ex. escalier extérieur)	0,8
Sous-sol	
sans fenêtres ni portes extérieures	0,5
avec fenêtres ou portes extérieures	0,8
Espace sous toiture	
espace sous toiture fortement ventilé (p.ex. couvertures en tuiles ou autres matériaux formant couverture discontinue) sans feutres ou panneaux en sous-face	1,0
autre toiture non isolée	0,9
toiture isolée	0,7
Circulations intérieures (sans murs extérieurs, taux de renouvellement d'air inférieur à 0,5 h ⁻¹)	0
Circulations ouvertes sur l'extérieur (aire des ouvertures/volume de l'espace > 0,005 m ² /m ³)	1,0
Vide sanitaire	0,8

Tab.3 – Valeurs par défaut de b

Annexe 3 : Calcul du coefficient de transmission surfacique U_e ($W/m^2.K$) du plancher bas sur terre-plein (extrait du Th-U fascicule 4 – Parois opaques)

■ Symboles et unités

B' est la dimension caractéristique du plancher définie comme étant sa surface divisée par son demi-périmètre, en m.

w est l'épaisseur totale du mur, toutes couches comprises, en m.

R_i est la résistance thermique de toute couche continue située au-dessus, au-dessous ou à l'intérieur du plancher ainsi que celle de tout revêtement de sol, en $m^2.K/W$ (R_i inclut l'effet des ponts thermiques intermédiaires).

λ est la conductivité thermique du sol, en $W/(m.K)$.

3.7.1 Configuration 1

Sans isolation périphérique :

- sol λ – cf. tableau ci-dessous
- mur $w \leq 0,4$ m

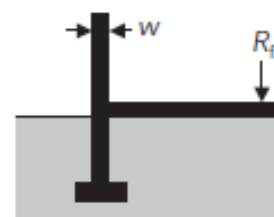


Figure 48

Tableau XLVI : Valeurs de U_e en $W/(m^2.K)$

B'	Argile ou limon ($\lambda = 1,5$)					Sable ou gravier ($\lambda = 2,0$)					Roche homogène ($\lambda = 3,5$)				
	R_i ($m^2.K/W$)					R_i ($m^2.K/W$)					R_i ($m^2.K/W$)				
3	0,44	0,36	0,30	0,26	0,23	0,49	0,39	0,33	0,28	0,25	0,59	0,46	0,37	0,31	0,27
4	0,40	0,33	0,28	0,24	0,22	0,45	0,36	0,31	0,26	0,23	0,55	0,43	0,35	0,30	0,26
5	0,36	0,30	0,26	0,23	0,20	0,42	0,34	0,29	0,25	0,22	0,52	0,41	0,34	0,29	0,25
6	0,33	0,28	0,24	0,22	0,19	0,38	0,32	0,27	0,24	0,21	0,49	0,39	0,32	0,28	0,25
7	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,36	0,30	0,26	0,23	0,20	0,47	0,37	0,31	0,27	0,24
8	0,28	0,24	0,22	0,19	0,18	0,33	0,28	0,25	0,22	0,20	0,44	0,36	0,30	0,26	0,23
9	0,26	0,23	0,20	0,18	0,17	0,31	0,27	0,24	0,21	0,19	0,42	0,35	0,29	0,25	0,22
10	0,25	0,22	0,19	0,18	0,16	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,40	0,33	0,28	0,24	0,22
12	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,27	0,23	0,21	0,19	0,17	0,37	0,31	0,27	0,23	0,21
14	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,34	0,29	0,25	0,22	0,20
16	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,32	0,27	0,24	0,21	0,19
18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,21	0,18	0,17	0,15	0,14	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18
20	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,28	0,24	0,22	0,19	0,18

Note : les valeurs intermédiaires de U_e peuvent être obtenues par interpolation linéaire avec suffisamment de précision.

Annexe 4 – Débits de ventilation et infiltrations d'air

Nbre de pièces principales du logement.	Débits extraits exprimés en m ³ /h				
	Cuisine	Salle de bains ou de douches commune ou non avec un WC	Autre salle d'eau	WC	
				Unique	Multiple
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 et plus	135	30	15	30	15

Tab.4 - Débit extraits minimum devant pouvoir être extrait dans les pièces de service

Classe d'exposition	e ε		
	Espace chauffé sans façade exposée	Espace chauffé à simple exposition	Espace chauffé avec expositions multiples
Site non abrité (constructions isolées en bord de mer ou en rase campagne).	0,01	0,03	0,05
Site modérément abrité (constructions situées dans les villes petites et moyennes ou à la périphérie des grands centres urbains).	0,01	0,02	0,03
Site très abrité (constructions situées à l'intérieur des grands centres urbains).	0,01	0,01	0,02

Tab.5 - Détermination de la classe d'exposition au vent en fonction de l'exposition du bâtiment

Hauteur de l'espace chauffé au-dessus du sol (du centre du local au niveau du sol)	ε
0 — 10 m	1,0
> 10 — 30 m	1,2
> 30 m	1,5

Tab.6 - Détermination de la classe d'exposition au vent en fonction de la hauteur du bâtiment

Annexe 5 : Extrait des Règles Th-U Fascicule 5

Liaisons d'un plancher haut avec un mur en Isolation Thermique par l'Intérieur

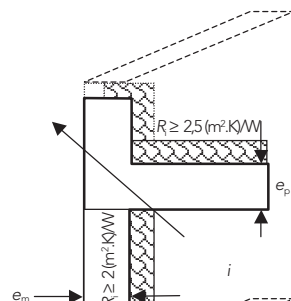
ITI.3.1 Liaison du plancher haut lourd ou léger donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé, avec un mur extérieur

■ Acrotère de toiture-terrasse en béton ou appui de toiture en bas de pente de comble en béton avec ou sans isolation

ITI.3.1.1 Mur bas en béton plein de même épaisseur avec un plancher en béton plein

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$15 \leq e_m \leq 20$	0,72	0,84	0,95
$20 < e_m \leq 25$	0,71	0,82	0,93
$25 < e_m \leq 30$	0,69	0,80	0,90

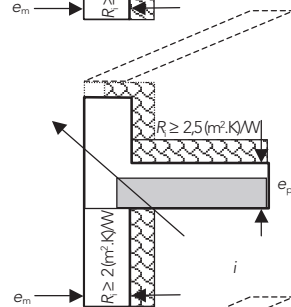
Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.



ITI.3.1.2 Mur bas en béton plein de même épaisseur avec un plancher à entrevous béton ou terre cuite

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$15 \leq e_m \leq 20$	0,61	0,71	0,81
$20 < e_m \leq 25$	0,60	0,70	0,79
$25 < e_m \leq 30$	0,59	0,68	0,77

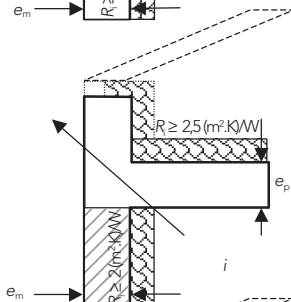
Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.



ITI.3.1.3 Mur bas en maçonnerie courante de même épaisseur avec un plancher en béton plein

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$20 \leq e_m \leq 25$	0,66	0,77	0,88
$25 < e_m \leq 30$	0,64	0,75	0,85

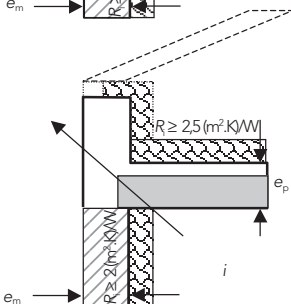
Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.



ITI.3.1.4 Mur bas en maçonnerie courante de même épaisseur avec un plancher à entrevous béton ou terre cuite

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$20 \leq e_m \leq 25$	0,56	0,65	0,75
$25 < e_m \leq 30$	0,54	0,64	0,72

Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.

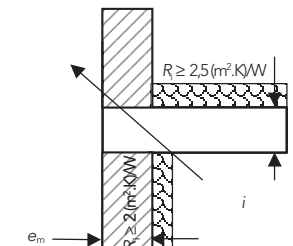


■ Mur de pignon en maçonnerie courante – Mur bas en maçonnerie courante de même épaisseur

ITI.3.1.5 Plancher en béton plein

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$20 \leq e_m \leq 25$	0,64	0,75	0,85
$25 < e_m \leq 30$	0,62	0,72	0,82

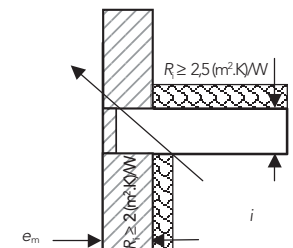
Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.



ITI.3.1.6 Plancher en béton plein et planelle en nez de dalle

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$20 \leq e_m \leq 25$	0,61	0,71	0,81
$25 < e_m \leq 30$	0,59	0,68	0,78

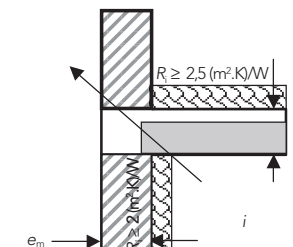
Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.



ITI.3.1.7 Plancher à entrevous béton ou terre cuite

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$20 \leq e_m \leq 25$	0,54	0,64	0,72
$25 < e_m \leq 30$	0,53	0,61	0,70

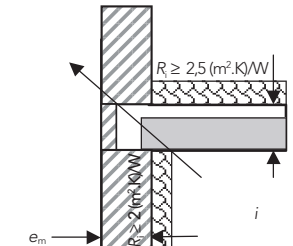
Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.



ITI.3.1.8 Plancher à entrevous béton ou terre cuite et planelle en nez de dalle

e_m (cm)	e_p (cm)		
	15	20	25
$20 \leq e_m \leq 25$	0,51	0,60	0,68
$25 < e_m \leq 30$	0,50	0,58	0,66

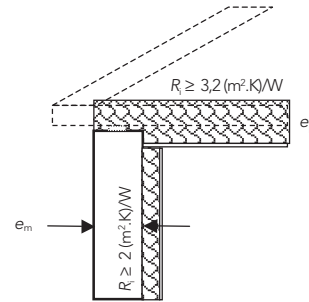
Note : Extrapolation et interpolation possibles pour $10 \leq e_p \leq 35$ cm.



■ Mur de façade ou mur de pignon – Plancher léger

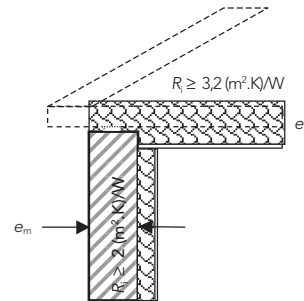
ITI.3.1.9 Mur de façade en béton

e_m (cm)	e_p (cm)
	20 à 25
$15 \leq e_m \leq 20$	0,05



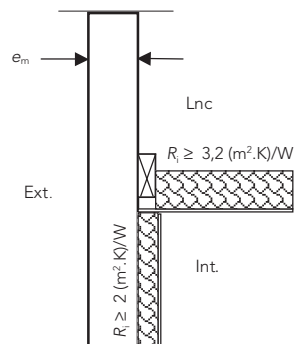
ITI.3.1.10 Mur de façade en maçonnerie courante

e_m (cm)	e_p (cm)
	20 à 25
$15 \leq e_m \leq 20$	0,04



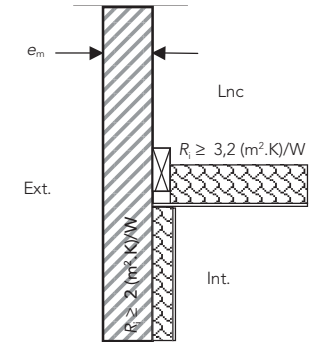
ITI.3.1.11 Mur de pignon en béton

e_m (cm)	e_p (cm)
	20 à 25
$15 \leq e_m \leq 20$	0,08



ITI.3.1.12 Mur de pignon en maçonnerie courante

e_m (cm)	e_p (cm)
	20 à 25
$15 \leq e_m \leq 20$	0,07



ITI.3.2 Liaison du plancher haut avec un mur et un refend donnant sur l'intérieur

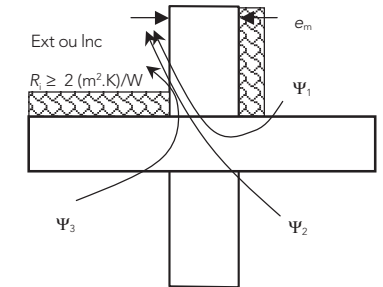
■ Mur en béton plein

ITI.3.2.1 Plancher en béton plein

e_m (cm)	Toute épaisseur de plancher
$15 \leq e_m < 20$	0,91
$20 \leq e_m < 25$	1,01
$25 \leq e_m \leq 30$	1,11

Répartition : $\Psi_1 = 10\% \Psi$ $\Psi_2 = 40\% \Psi$ $\Psi_3 = 50\% \Psi$.

Minoration : - 5 % si la résistance thermique de l'isolant horizontal extérieur augmente de 50 %.



ITI.3.2.2 Plancher en béton plein avec chape flottante sur isolant quelque soit la valeur de R_{sc}

e_m (cm)	Toute épaisseur de plancher
$15 \leq e_m < 20$	0,91
$20 \leq e_m < 25$	1,01
$25 \leq e_m \leq 30$	1,11

Répartition : $\Psi_1 = 0$ $\Psi_2 = 50\% \Psi$ $\Psi_3 = 50\% \Psi$.

Minoration : - 10 % si la résistance thermique de l'isolant horizontal extérieur augmente de 50 %.

