

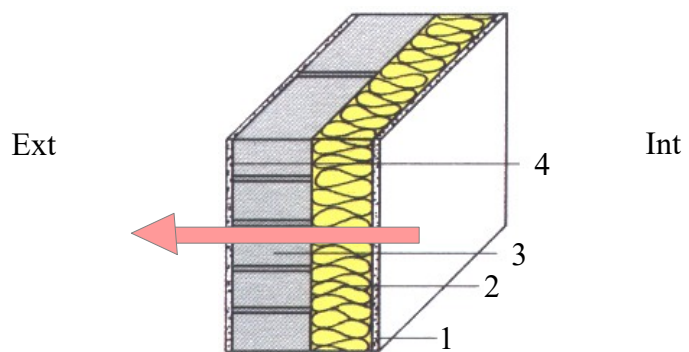
Étude du comportement thermique d'une paroi **Correction**

L'étude porte sur le lot chauffage-rafraîchissement du bâtiment « Salle d'exposition » du parc XXVI^{ième} situé à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Nous allons étudier les caractéristiques thermiques des murs extérieurs afin d'en calculer les déperditions.

Composition de la paroi :

Repère	matériaux	Épaisseur e en mm
1	plâtre	12
2	laine de roche	80
3	béton	90
4	crépis	20

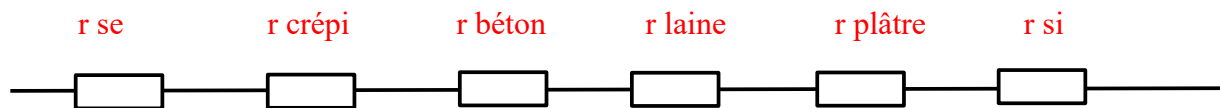


Surface totale des murs 300 m².

La température intérieure est T_{int}=+19°C.

Les autres données sont en annexe.

- 1) Sur la vue vue en coupe du mur ci-dessus représenter les transferts thermiques existant en hiver. (Attention au sens de la chaleur). (voir p.5 du DR)
- 2) Faire l'analogie électrique et déterminer la résistance thermique équivalente.



$$r_{\text{équi}} = 0,04 + \frac{0,02}{1,15} + \frac{0,09}{1,75} + \frac{0,08}{0,041} + \frac{0,012}{0,5} + 0,13$$

$$r_{\text{équi}} = 2,214 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

3) Calculer :

- la densité de flux (en W/m².°C) (voir p.10 du DR)

$$\text{Le flux} = \varphi = \frac{(T_a - T_b)}{r_{th}} \text{ donc pour } 1^\circ\text{C } \varphi = U = \frac{1^\circ}{r} = \frac{1}{2,214} = 0,451 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

- le flux total (en W/°C) (voir p.5 du DR)

Flux total : $\Phi = U \times S = 0,451 \times 300 = 135,5 \text{ W/°C}$ (Voir p.5)

- et le flux (en W/m²) à travers la paroi (voir p.7 du DR) .

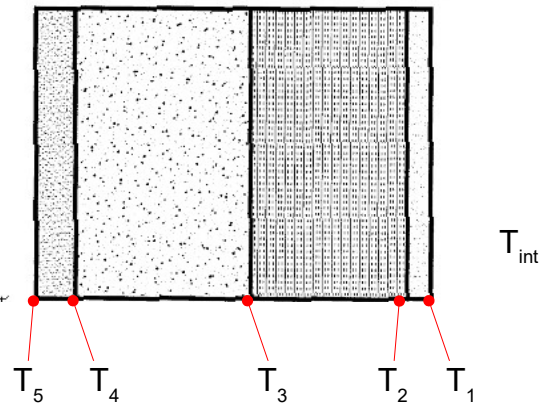
$$\varphi = U \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) = 0,451 \times (19 - (-5))$$

$$\varphi = 10,84 \text{ W/m}^2$$

Ou bien voir p.10 du DR :

$$\varphi = \frac{(T_a - T_b)}{r_{\text{th}}} = \frac{(19 - (-5))}{2,214} = 10,84 \text{ W/m}^2$$

IDENTIFICATION DES TEMPERATURES



4) Déterminer les températures intermédiaires T_1 à T_5

identifiées ci-contre voir p.7 du DR :

Température intermédiaires :

$$T_1 = T_{\text{int}} - \varphi \times r_{\text{si}} = 19 - 10,84 \times 0,13 = 17,59^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_1 - \varphi \times r_{\text{p}} = 17,59 - 10,84 \times 0,024 = 17,33^\circ\text{C}$$

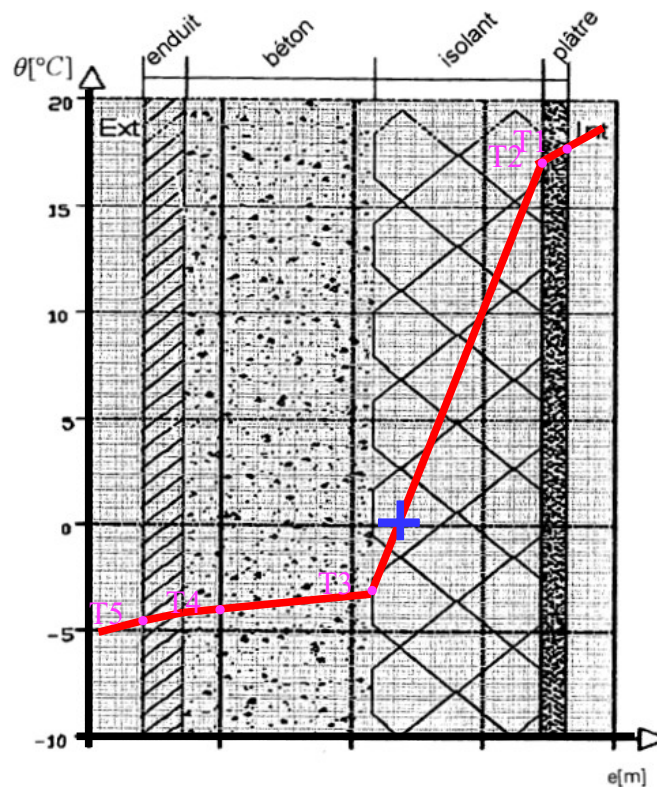
$$T_3 = T_2 - \varphi \times r_{\text{l}} = 17,33 - 10,84 \times 1,951 = -3,82^\circ\text{C}$$

$$T_4 = T_3 - \varphi \times r_{\text{b}} = -3,82 - 10,84 \times 0,05143 = -4,37^\circ\text{C}$$

$$T_5 = T_4 - \varphi \times r_{\text{crépi}} = -4,37 - 10,84 \times 0,01739 = -4,56^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ext}} = T_5 - \varphi \times r_{\text{se}} = -4,56 - 10,84 \times 0,04 = -5^\circ\text{C}$$

5) Sur la vue en coupe ci-dessous, tracer l'évolution de la température à travers la paroi.



- 6) Déterminer graphiquement ci-dessus la position de l'isotherme 0°C par rapport à l'extérieur.
- 7) On désire remplacer l'isolant constitué de laine de roche par du polystyrène expansé moulé classe V, quelle doit être son épaisseur pour limiter le flux à 9W/m² ?

$\lambda = 0,037$ au lieu des 0,041 W/m°C

Si l'on veut un ϕ de 9 W/m² il faut un $U = \frac{\phi}{\Delta T} = \frac{9}{24} = 0,375$ W/m²C

Soit un r totale de $r_T = \frac{1}{0,375} = 2,666$ m² C/W

Ou simplement $r_T = \frac{1}{0,375} = 2,666$ m² C/W

Soit un r isolant de $r_i = r_T - \Sigma r = 2,666 - (0,17 + \frac{0,02}{1,15} + \frac{0,09}{1,75} + \frac{0,012}{0,5})$

$r_i = 2,403$ m²C /W

$r = \frac{e}{\lambda} \Rightarrow e = r \times \lambda = 2,403 \times 0,037 = 88,9$ mm d'épaisseur !

Annexes

RESISTANCES SUPERFICIELLES

Position de la paroi	Sens du flux	Paroi donnant sur : - l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert (2)		
		Rsi m².K/W	Rse (1) m².K/W	Rsi + Rse m².K/W
Verticale	Horizontal	0,13	0,04	0,17
Horizontale	Ascendant	0,10	0,04	0,14
	Descendant	0,17	0,04	0,21

- (1) Si la paroi donne sur un local non chauffé, un comble ou un vide sanitaire, Rsi s'applique sur les 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 0,005m²/m³. Ce peut-être le cas, par exemple, d'une circulation à l'air libre, pour des raisons de sécurité contre l'incendie.

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

MATERIAU	Masse volumique sèche kg/m ³	Conductivité thermique W/m°C
METAUX		
Acier	7780	52
Aluminium	2700	230
PIERRES LOURDES	2100 à 3000	2.1 à 3.5
PIERRES CALCAIRES, GRES, MEULIERES	Supérieure à 1470	0.95 à 2.9
TERRE CUITE	1800 à 2000	1.15
BETONS		
Bétons pleins granulats lourds, silicieux, calcaires	2200 à 2400	1.75
Bétons pleins granulats lourds de laitier de haut fourneaux	2100 à 2400	0.8 à 1.4
Bétons de granulats légers de pouzzolane	1000 à 1600	0.35 à 0.52
Bétons d'argile expansée	1400 à 1800	0.85 à 1.05
AMIANTE-CIMENT	1400 à 2200	0.65 à 0.95
MORTIERS D'ENDUITS ET JOINTS	1800 à 2100	1.15
PLATRES	750 à 1300	0.5
BOIS		
Feuillus mi-lourds (chêne, hêtre) Résineux lourds (bitchpin)	600 à 750	0.23
Feuillus légers (frêne) Résineux mi-lourds (pin)	450 à 600	0.15
Feuillus très légers (peuplier, okoumé) Résineux légers (sapin, cèdre)	300 à 450	0.12
FIBRES OU PARTICULES DE BOIS		
Panneaux de fibre de bois		
Panneaux « durs » et « extra-dur »	850 à 1000	0.20
Panneaux « tendre » dit aussi « isolant »	200 à 250	0.058
Panneaux particule de bois	360 à 250	0.10 à 0.23
Panneaux particule de lin	230 à 600	0.7 à 0.12
Panneaux contre-plaqués et lattés		
Panneaux en pin maritime ou pin d'Oregon	450 à 550	0.15
Panneaux en okoumé ou peuplier	350 à 550	0.12
Plaques de béton de fibre de bois (fibragglos)	250 à 550	0.10 à 0.15
PAILLE COMPRIMEE	300 à 400	0.12
LIEGE		
Comprimé	500	0.10
Expansé	150 à 300	0.045
FIBRES MINERALES	20 à 300	0.041
POLYSTYRENE		
Polystyrène expansé moulé		
Classe I	9 à 13	0.044
Classe II	13 à 16	0.042
Classe III	16 à 20	0.039
Classe IV	20 à 25	0.039
Classe V	25 à 35	0.037
POLYCHLORURE DE VINYLE (PVC)		
Classe I	25 à 35	0.037
Classe II	35 à 48	0.034
MOUSSE RIGIDE DE POLYURETHANE	30 à 40 40 à 60	0.029 0.033
MOUSSE FORMO-PHENOLIQUE	30 à 100	0.044

D7/10

CONDITIONS EXTERIEURES DE BASE

(au niveau de la mer et pour le département)

Département Villes	Latitude [°N]	Altitude [m]	Conditions de base HIVER			Conditions de base ETE			
			θ_e [°C]	φ_m [%]	Degrés-jours cumulés normaux	θ_e [°C]	φ [%]	$\theta_{e,h}$ [°C]	Ecart diurne [°C]
Alpes-Maritimes Nice	43°40	3	— 2	90	891	32	40	23,5	8,2
Aube Romilly	48°30	77	— 10	90	2 015	31	38	20,5	13,4
Bas-Rhin Strasbourg	48°33	151	— 14	90	2 222	30	40	20,0	10,1
Basses-Pyrénées Biarritz	43°30	29	— 5	95	1 012	29	46	21,0	7,0
Bouches-du-Rhône Aix-en-Provence Marseille	43°40 43°31	230 3	— 5 — 5	90	1 790 1 205	35 34	26 30	21 21,5	12,6
Calvados Caen	49°10	66	— 7	90	1 846	26	50	18,5	10,6
Charente Cognac Angoulême	45°40 45°40	30 83	— 5 — 5	90	2 157 2 263	32 31	34 40	20,5 22	13,4
Charente-Maritime La Rochelle Rochefort	46°11 46°	14 3	— 4 — 4	95	1 420 2 200	31 31	38 38	20,5 21,2	10,4 9,8
Cher Bourges	47°04	157	— 7	90	1 848	31	36	20	12,2
Côte d'Or Dijon	47°15	220	— 10	90	2 070	31	38	20,5	12,0
Corse Ajaccio	41°55	4	0	95	943	35	30	23	12,0
Drôme Montélimar	44°35	73	— 6	90	1 517	33	34	22	13,0
Finistère Brest	48°27	98	— 4	95	1 575	25	58	18,5	7,8
Gard Nîmes	43°52	59	— 5	90	1 198	35	30	22,5	13,2
Gironde Bordeaux Cazaux	44°50 44°32	47 24	— 4 — 4	95	1 432 1 322	32 31	35 40	21 22	10,2 11,8
Haute-Garonne Toulouse	43°37	151	— 6	90	1 468	32	34	20,5	12,6
Haute-Loire Le Puy	45°03	714	— 5	90	2 297	30	37	19	14,0
Haut-Rhin Mulhouse	47°36	267	— 14	90	2 343	31	36	20	10,4
Haute-Vienne Limoges	45°42	282	— 8	90	1 915	30	38	19,5	13,2
Ile-et-Vilaine Rennes	48°04	35	— 5	90	1 687	28	47	19,5	12,2
Indre-et-Loire Tours	47°25	96	— 7	90	1 733	30	40	20	