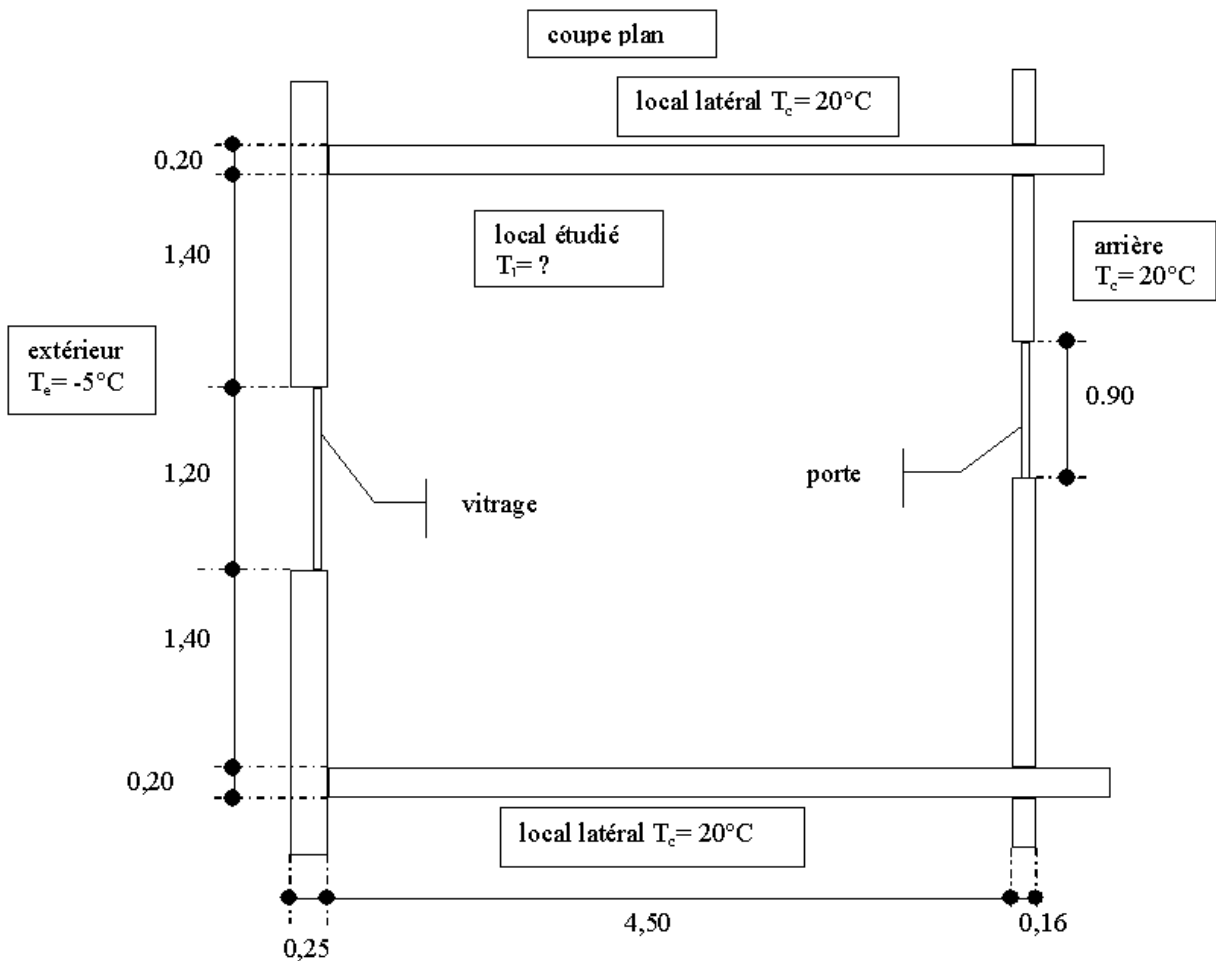
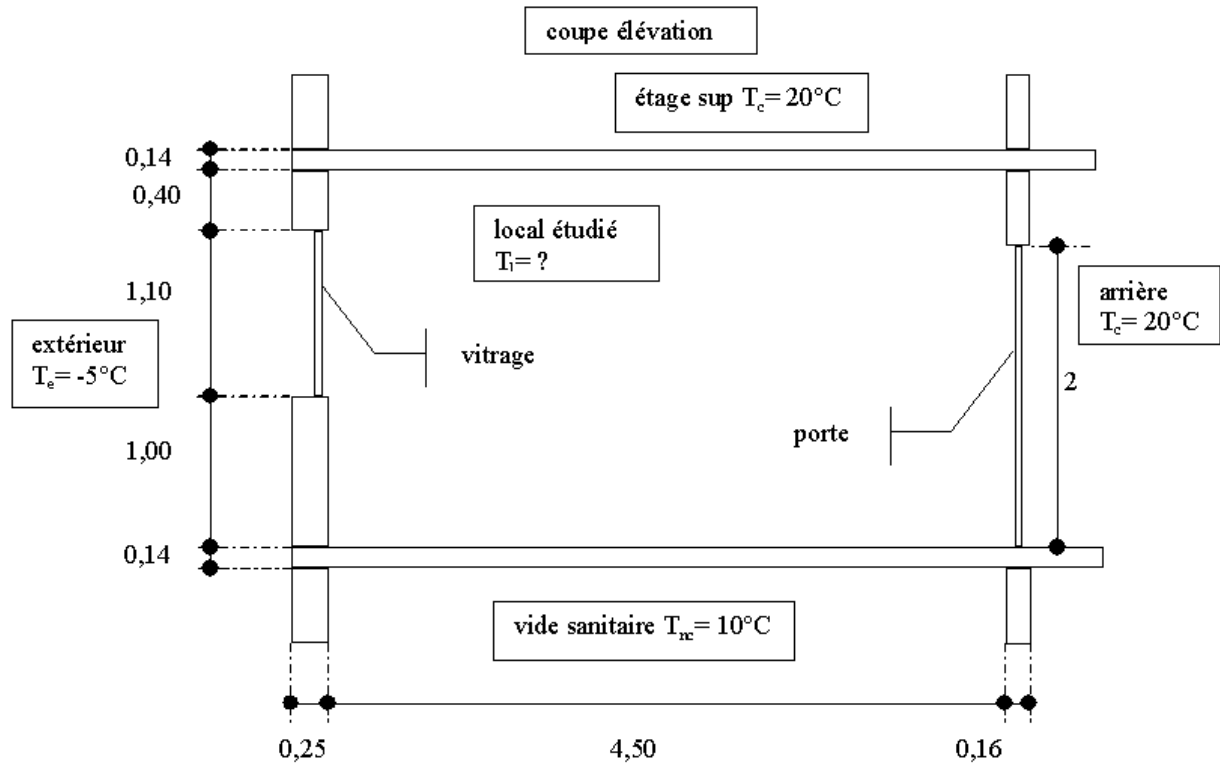


Exercice : On étudie l'équilibre thermique d'un local non chauffé entouré de tous cotés par des locaux chauffés, sauf une façade donnant sur l'extérieur et le plancher sur vide sanitaire. Le local peut être décrit par les schémas suivants.



Les caractéristiques des éléments de constructions (parois) sont les suivantes :

- planchers : dalle béton, épaisseur = 14 cm , $\lambda = 1,75 \text{ W.m-1.K-1}$,
- porte : coefficient global d'échange $U_{\text{porte}} = 3 \text{ W.m-2.K-1}$,
- cloison de fond : coefficient global d'échange $U_{\text{fond}} = 2,1 \text{ W.m-2.K-1}$,
- fenêtre en vitrage simple épaisseur = 3 mm ; conductivité $\lambda = 1,15 \text{ W.m-1.K-1}$;

La composition de chaque paroi latérale en briques est la suivante :

- brique creuse NFP 13-301 3 alvéoles, épaisseur = 15 cm, résistance thermique unitaire $R_{\text{brique}} = 0,35 \text{ m}^2.\text{K.W-1}$,
- enduit plâtre de chaque coté, épaisseur = 1,5 cm ; conductivité $\lambda = 0,5 \text{ W.m-1.K-1}$;

La composition du mur de façade est la suivante :

- enduit mortier extérieur, épaisseur = 1 cm ; conductivité $\lambda = 1,15 \text{ W.m-1.K-1}$,
- blocs creux béton, épaisseur = 20 cm, résistance thermique unitaire $R_{\text{bloc}} = 0,23 \text{ m}^2.\text{K.W-1}$,
- isolation intérieure polystyrène extrudé, épaisseur = 3 cm ; conductivité $\lambda = 0,035 \text{ W.m-1.K-1}$,
- enduit plâtre intérieur, épaisseur = 1 cm ; conductivité $\lambda = 0,5 \text{ W.m-1.K-1}$.

I. Déperditions thermique par conduction et convection

Bilan du transfert thermique à travers toutes les parois entourant le local :

$$\sum_{\text{parois}} U_i \cdot A_i \cdot (T_i - T_j) = 0$$

$U_i = K_i = \frac{1}{R_i}$: Coefficient de transmission ou d'échange thermique.

R_i : résistance thermique.

Calculons la résistance thermique pour chaque paroi du local.



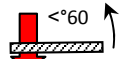
$$R_i = \frac{1}{h_{\text{ext}}} + \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_i}{\lambda_i}$$

h_{ext} : Coefficient d'échange thermique par convection de la face externe de la paroi du local.

h_{int} : Coefficient d'échange thermique par convection de la face interne de la paroi du local.

e_i : Epaisseur de la paroi, λ_i : Coefficient de conductivité thermique du matériau de la paroi.

Tableau récapitulatif de résistances thermiques pour différents types de parois
(Coefficient de transmission ou d'échange thermique par convection DTR – C3.2) :

Paroi en contact avec $1/h \text{ en } (m^2 \cdot ^\circ C/W)$	⇒ - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			- un local, chauffé ou -non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_{\text{ext}}$	$1/h_{\text{int}}$	Σ	$1/h_{\text{ext}}$	$1/h_{\text{int}}$	Σ
Mur (latéral) 	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Toiture (Flux ascendant) 	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Plancher (Flux descendant) 	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

1. Vitrage simple :

$$R_{fen} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_f}{\lambda_f} = 0,11 + 0,06 + \frac{0,003}{1,15} = 0,173 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

2. Façade :

$$R_{faç} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{ep}}{\lambda_{ep}} + R_{bt} + \frac{e_p}{\lambda_p} + \frac{e_{em}}{\lambda_{em}} = 0,11 + 0,06 + \frac{0,01}{1,15} + 0,23 + \frac{0,03}{0,035} + \frac{0,01}{0,5} = 1,25 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

3. Porte :

$$R_p = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{3} = 0,333 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

4. Cloison légère (de fond) :

$$R_{cl} = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{2,1} = 0,476 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

5. Murs latéraux :

$$R_m = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} + R_{br} + 2 \cdot \frac{e_{em}}{\lambda_{em}} = 0,11 + 0,11 + 0,35 + 2 \cdot \frac{0,015}{0,5} = 0,63 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

6. Plancher haut (flux descendant) :

$$R_{ph} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{bt}}{\lambda_{bt}} = 0,17 + 0,17 + \frac{0,14}{1,75} = 0,42 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

7. Plancher bas (flux descendant) :

$$R_{pb} = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{bt}}{\lambda_{bt}} = R_{ph} = 0,42 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

Tableau récapitulatif :

Paroi	$R_i (m^2 \cdot ^\circ C / W)$	$K_i = U_i (W / m^2 \cdot ^\circ C)$	$A_i (m^2)$	$K_i \cdot A_i (W / ^\circ C)$
Vitrage	0,173	5,780	1,32	7,63
Porte	0,333	3,000	1,80	5,40
Cloison légère	0,476	2,100	8,20	17,22
Cloison brique	0,630	1,587	11,25	17,85
Façade	1,280	0,781	8,68	6,78
Plancher	0,420	2,381	18,00	42,86

Volume du local : $V_l = 4,5 \cdot 2,5 \cdot 4 = 45 m^3$

Bilan d'équilibre thermique :

$$\sum_{\text{parois}} \phi_i = \sum_{\text{parois}} U_i \cdot A_i \cdot (T_i - T_j) = 0$$

$$[7,63 + 6,78] \cdot (T_l - T_e) + [5,40 + 17,22 + 2 \cdot 17,85 + 42,86] \cdot (T_l - T_c) + 42,86 \cdot (T_l - T_{nc}) = 0$$

$$14,41 \cdot (T_l - T_e) + 101,18 \cdot (T_l - T_c) + 42,86 \cdot (T_l - T_{nc}) = 0$$

$$14,41 \cdot (T_l - (-5)) + 101,18 \cdot (T_l - 20) + 42,25 \cdot (T_l - 10) = 0$$

$$[14,41 + 101,18 + 42,86] T_l - [14,41 \cdot (-5) + 101,18 \cdot 20 + 42,86 \cdot 10] = 0$$

$$158,45 T_l - 2380,15 = 0 \Rightarrow T_l = \frac{2380,15}{158,45} \approx \mathbf{15} \text{ } ^\circ C$$

II. Déperditions en tenant compte du renouvellement d'air :

Chaleur volumique de l'air : $C_v = 0,34 W \cdot m^3 / ^\circ C$

$$\phi_{porte} = 0,34 \cdot q_{vp} \cdot (T_l - T_c) = 0,34 \cdot [0,5 \cdot V_l] \cdot (T_l - T_c) = 0,34 \cdot [0,5 \cdot 45] \cdot (T_l - T_c)$$

$$\phi_{porte} = 0,34 \cdot q_{vp} \cdot (T_l - T_c) = 0,34 \cdot V_l \cdot (T_l - T_e) = 0,34 \cdot 45 \cdot (T_l - T_e)$$

En ajoutant les déperditions par renouvellement d'air au bilan des déperditions précédentes (par conduction et convection à travers les parois), on obtient :

$$14,41 \cdot (T_l - 5) + 101,18 \cdot (T_l - 20) + 42,86 \cdot (T_l - 10) + 0,34 \cdot 45 \cdot [0,5 \cdot (T_l - T_c) + (T_l - T_e)] = 0$$

$$14,41 \cdot (T_l - 5) + 101,18 \cdot (T_l - 20) + 42,86 \cdot (T_l - 10) + 0,34 \cdot 45 \cdot [0,5 \cdot (T_l - 20) + (T_l - (-5))] = 0$$

$$[158,45 + (0,34 \cdot 45 \cdot 0,5 + 0,34 \cdot 45)]T_l - 2380,15 - 0,34 \cdot 45 \cdot 0,5 \cdot 20 + 0,34 \cdot 45 \cdot 5 = 0$$

$$181,41T_l - 2456,84 = 0 \Rightarrow T_l = \frac{2456,84}{181,41} = \mathbf{13,54} \text{ } ^\circ\text{C}$$

III. Puissance de chauffage :

Pour avoir une température $T_l = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ du local, en tenant des déperditions par renouvellement d'air et de la puissance du chauffage à déterminer P_c , on remplace T_l par sa valeur dans l'équation du bilan thermique. Soit dans l'équation :

$$181,41T_l - 2456,84 = P_c$$

$$181,41 \cdot 20 - 2456,84 = P_c$$

$$P_c = \mathbf{1171,35} \text{ W}$$