

CALCUL DES PERTES D'ÉNERGIE THERMIQUE À TRAVERS UN PONT THERMIQUE



Compétences mises en jeu durant l'activité :

Compétences générales :

- ✓ S'impliquer, être autonome.
- ✓ Utiliser et exploiter un logiciel de modélisation.

Compétence(s) spécifique(s) :

- ✓ Mesurer l'énergie échangée par transfert thermique.
- ✓ Déterminer la résistance thermique globale d'une paroi d'un système constitué de différents matériaux.

I. But

- Déterminer à l'aide d'un logiciel de simulation l'énergie thermique perdue à travers un pont thermique.

II. Situation de départ

(s'approprier)



Un particulier fait construire une maison contemporaine devant respecter bien sûr les norme de la RT 2012. Il dispose de deux devis réalisés par des entreprises spécialisées dans l'isolation. Ces deux devis sont d'un montant similaire mais proposent des solutions différentes pour l'isolation des murs de la maison.

Solution 1 :

- 20 cm de laine de verre à l'intérieur doublé en plaque de plâtre.

Solution 2 :

- 12 cm de polystyrène expansé à l'extérieur.

Quelle solution limitera le plus les pertes d'énergie thermique à travers les façades de la maison et sera ainsi la plus économique à l'usage



II. Travail à rendre

(communiquer)



- Rédiger un exemple de discours argumenté du chef d'entreprise proposant la solution limitant le plus les pertes d'énergie thermique au particulier.

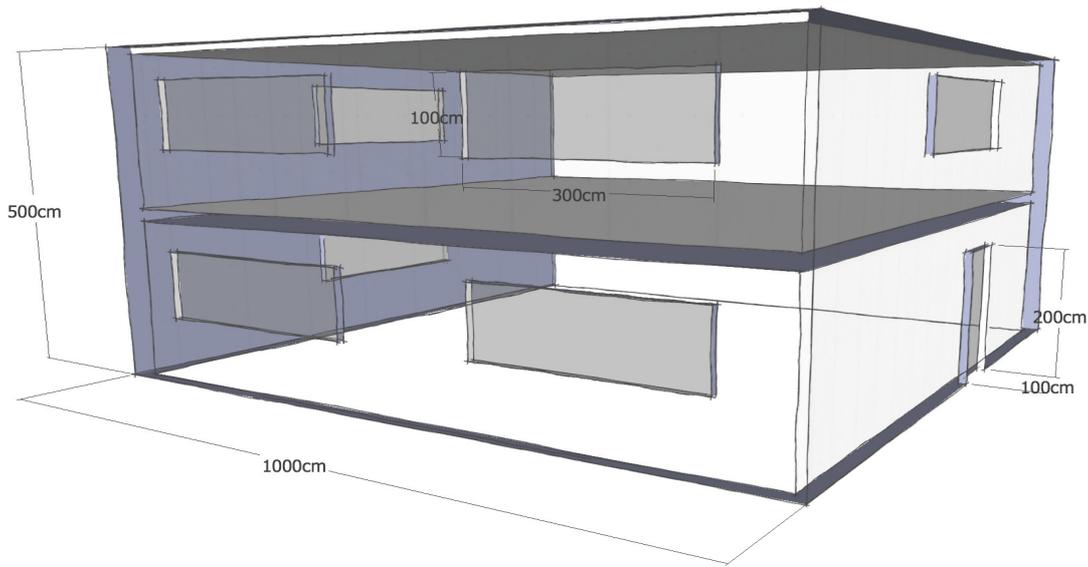
III. Documents



III.1. Doc.1 : Plan de la maison étudiée

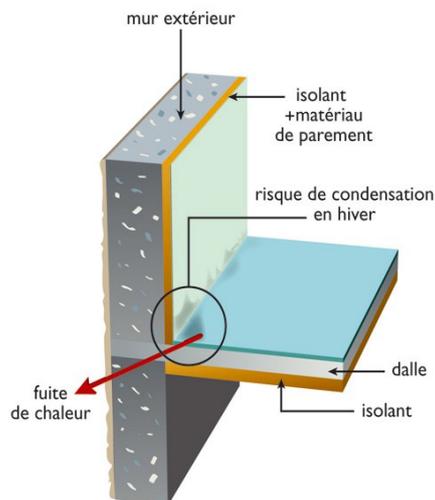
La maison étudiée est carrée. Les murs sont fait en béton plein de 20 cm et recouvert de 1 cm d'enduit extérieur dans pour les deux solutions. La dalle de l'étage est également en béton plein et fait la même épaisseur que les murs.

La maison dispose de sept fenêtres identiques et d'une porte.



III.2. Doc.2 : Les ponts thermiques

Les **ponts thermiques** sont des points de jonction où l'isolation n'est pas continue et qui provoquent des pertes de chaleur.



Dans un bâtiment non isolé, les ponts thermiques représentent de faibles déperditions (en général inférieures à 20%) car les déperditions totales par les parois sont très fortes.

En revanche, dès lors que les parois sont fortement isolées, le pourcentage de déperditions dû aux ponts thermiques devient important (plus de 30%) mais les déperditions globales sont très faibles.

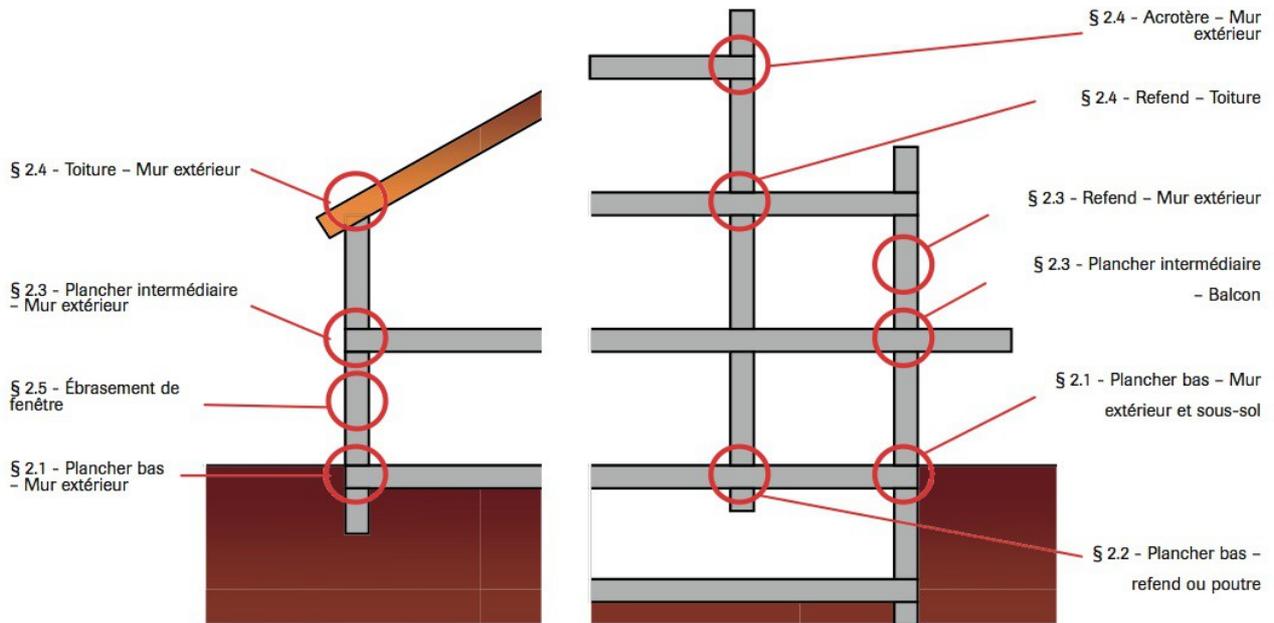


Illustration des principales familles de ponts thermiques

Les ponts thermiques sont caractérisés dans la plupart des cas par une valeur linéique désignée par la lettre Ψ (Psi) et exprimée en Watt par mètre linéaire et par degré (W/m.K). Certains ponts thermiques dits ponctuels, comme les poteaux, ont une valeur unitaire nommée $X(\text{Chi})$ qui est exprimée en W/K.

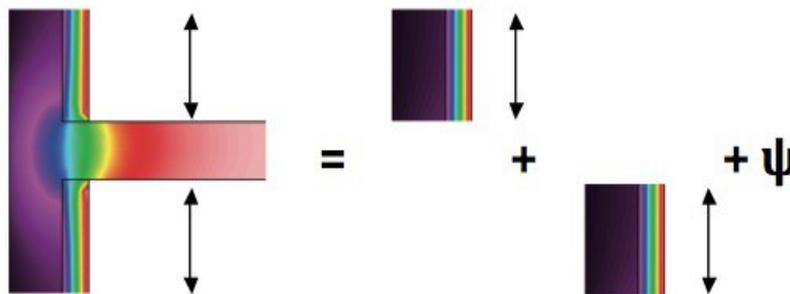


Illustration de la norme française de calcul des ponts thermiques

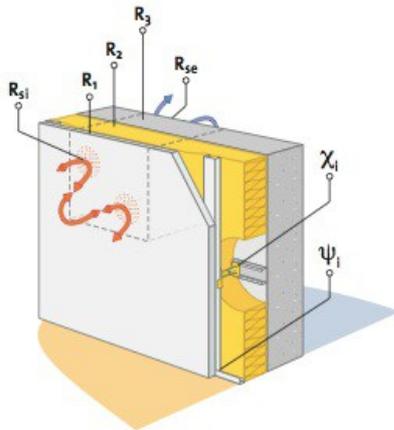
A SAVOIR

III.3. Doc.3 : Coefficient de transmission thermique d'une paroi

Le coefficient de transmission thermique U_p traduit la quantité de chaleur s'échappant au travers d'une paroi, incluant des ponts thermiques, de 1 m^2 pour un différentiel de 1 degré.

Il s'exprime en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi U_p se calcule en additionnant le coefficient de transmission thermique de la paroi homogène U_c et les fuites thermiques dues aux ponts thermiques intégrés (ponctuels X ou linéiques Ψ) rapportés à l'aire de la paroi.



$$U_p = U_c + \frac{\sum_i \psi_i L_i + \sum_j X_j}{A}$$

Avec :

ψ_i : coefficient linéique du pont thermique structurel i , en $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

L_i : longueur du pont thermique intégré i , en m.

X_j : coefficient ponctuel du pont thermique intégré j , en W/K .

A : surface totale de la paroi, en m^2 .

Plus le coefficient U_p est faible, moins il y a de déperdition ; plus la paroi est performante thermiquement.

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi homogène U_c traduit la quantité de chaleur s'échappant au travers d'une paroi homogène de 1 m^2 pour un différentiel de 1 degré.

Il s'obtient par le calcul, c'est l'inverse de la résistance thermique totale d'une paroi homogène et s'exprime en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

$$U_c = \frac{1}{\sum R + R_{si} + R_{se}}$$

Avec :

R : Les résistances thermiques des éléments de la paroi homogène en $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

R_{si} et R_{se} : Les résistances thermiques superficielles de la paroi en $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

III.4. Doc.4 : Flux thermique et coefficient de transmission thermique

Le **flux thermique** Φ passant à travers une paroi de **surface** S est défini par :

$$\Phi = S \cdot U_p \cdot (\theta_c - \theta_f)$$

$\left\{ \begin{array}{l} \Phi \text{ en watt (W)} \\ S \text{ en mètre carré (m}^2\text{)} \\ U_p \text{ en watt par mètre carré et par kelvin (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)} \\ \theta_c \text{ et } \theta_f \text{ en kelvin ou } ^\circ\text{C (K ou } ^\circ\text{C)} \end{array} \right.$

On en déduit pour une paroi n'ayant qu'un pont thermique intégré linéique de **longueur** L :

$$\Phi = S \cdot \frac{(\theta_c - \theta_f)}{R_{\text{totale}}} + \Psi \cdot L \cdot (\theta_c - \theta_f)$$

Flux thermique à travers le pont thermique

Flux thermique à travers la paroi sans pont thermique

$\left\{ \begin{array}{l} \Phi \text{ en watt (W)} \\ S \text{ en mètre carré (m}^2\text{) et } L \text{ en mètre (m)} \\ R_{\text{totale}} \text{ en mètre carré kelvin par watt (m}^2\text{.K.W}^{-1}\text{)} \\ \theta_c \text{ et } \theta_f \text{ en kelvin ou } ^\circ\text{C (K ou } ^\circ\text{C)} \\ \Psi \text{ en watt par mètre et par kelvin (W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{)} \end{array} \right.$

III.5. Doc. 5 : Quelques valeurs de conductivités thermiques

Matériaux	Conductivité thermique λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Béton plein	1,40
Laine de verre	0,040
Plaque de plâtre (BA13)	0,32
Polystyrène expansé	0,032
Enduit extérieur	1,15

IV. Etude préliminaire

(s'approprier)



1. Calculer la surface de mur de cette maison.
2. Quel est le pont thermique intégré aux murs de cette maison ?
3. Calculer sa longueur.
4. Faire le schéma de coupe d'un mur au niveau du pont thermique dans le cas de la **solution 1** et de la **solution 2**.

Appel du professeur

V. Calcul des pertes thermiques à travers les murs

V.1. Manipulations

(réaliser)



- Lancer le logiciel de modélisation KaLiBat disponible sur le réseau.



Une notice simplifiée de ce logiciel est également disponible sur le réseau.

Vous pouvez personnaliser le nom des matériaux utilisés ainsi que la valeur de leur conductivité thermique.

- Déterminer à l'aide du logiciel la résistance thermique des murs ainsi que la valeur du coefficient Ψ du pont thermique dans le cas de la **solution 1**.
- Noter ces deux valeurs.
- Déterminer à l'aide du logiciel la résistance thermique des murs ainsi que la valeur du coefficient Ψ du pont thermique dans le cas de la **solution 2**.
- Noter ces deux valeurs.

Appel du professeur

V.2. Exploitation des résultats

(analyser)



- Déterminer la valeur du flux thermique passant à travers les murs pour les deux solutions. Conclure.

Données :

- ✓ Température extérieure : $\theta_{\text{ext}} = 0^\circ\text{C}$
- ✓ Température intérieure : $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$

Appel du professeur

VI. Conclusion

(valider)



- Des deux solutions précédentes, laquelle s'avèrera la plus économique à l'usage ?
- Calculer les économies réalisées sur trois mois d'hiver dans le cas où la maison serait équipée de chauffages électriques.
- Calculer la surface habitable pour les deux solutions d'isolation précédentes. Conclure.

Données :

- ✓ Tarif électricité : 0,13 €/kWh

Appel du professeur