

CHAPITRE 5 : LES TRANSFERTS THERMIQUES

Au début des années 1970 l'énergie bon marché et l'absence de conscience du réchauffement climatique faisaient passer l'isolation des bâtiments au second plan.

Deux chocs pétroliers plus tard (1973 et 1979) et dans un contexte de raréfaction des énergies fossiles l'isolation des logements devient une nécessité.

Pourtant, en 2022, 17 % des résidences principales étaient encore des passoires énergétiques.

Comment quantifier les déperditions énergétiques au travers des parois d'un logement ?
Comment mieux les isoler ?



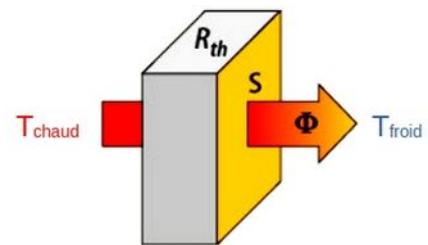
1 Notion de flux thermique

Le **flux thermique** traversant une paroi correspond à la **puissance thermique** qui **traverse cette paroi**. Il est dirigé du côté **chaud vers** le côté **froid** et vaut :

$$\Phi = \frac{S \times (T_{chaud} - T_{froid})}{R_{th}}$$

Avec :

- Φ flux thermique à travers la paroi (en W)
- S la surface de la paroi (en m²)
- T_{chaud}, T_{froid} les températures de part et d'autre la paroi (en °C)
- R_{th} la résistance thermique de la paroi (en m².K.W⁻¹)



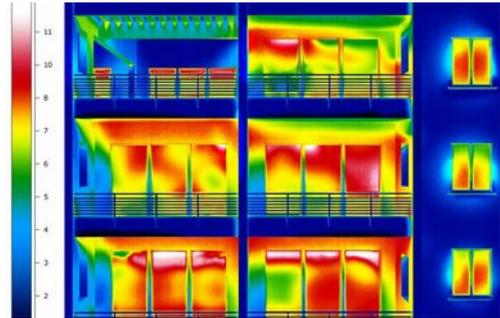
Remarque : La relation précédente est analogue à la loi d'Ohm $U = R \times I$.

	En électricité	En thermique
« Ce qui circule »	Intensité I	Flux thermique Φ
« Ce qui fait circuler »	Tension U = Différence de potentiels $V_B - V_A$	Différence de températures $T_{chaud} - T_{froid}$
« Ce qui limite la circulation »	Résistance électrique R	Résistance thermique R_{th}

Application n°1 : On étudie l'appartement dont le plan est donné ci-dessous. Il est situé à Étampes, au 3^e étage d'un immeuble construit dans les années 1960 qui compte 8 étages. Le mur possède une résistante thermique

$R_{thM} = 0,40 \text{ m}^2.K.W^{-1}$ et la baie vitrée, qui occupe tout un mur, possède une résistante thermique $R_{thB} = 0,10 \text{ m}^2.K.W^{-1}$.

L'appartement est équipé de radiateurs électriques et la famille qui l'occupe les allume pendant les 8 mois les plus froids de l'année. L'appartement, comme l'intégralité de l'immeuble, est chauffé à une température de 19 °C en continu.



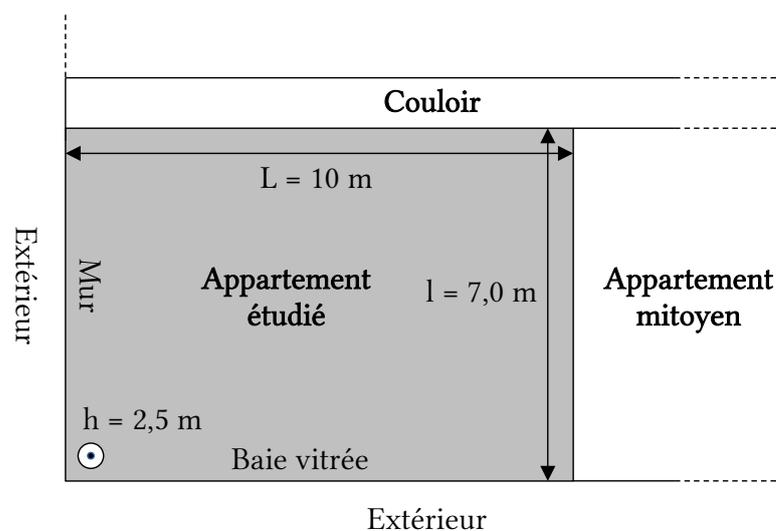
Thermographie de la façade de l'immeuble

Données :

- Températures moyennes à Étampes

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
θ (°C)	4	5	7	10	14	18	20	19	16	13	8	5

- Implantation de l'appartement :



1. Justifie que les flux thermiques de l'appartement étudié vers les appartements mitoyens et vers le couloir sont nuls.
2. Calcule la température moyenne à Étampes sur la période durant laquelle le chauffage est allumé.
3. Calcule le flux thermique moyen à travers le mur Φ_M puis celui à travers la baie vitrée Φ_B pendant cette période et déduis en la déperdition d'énergie annuelle de l'appartement, notée E , en kW.h.
4. Évalue le coût annuel C que représente le chauffage en prenant un tarif de l'électricité de 0,25 €/kW.h.

2 Lien entre résistance thermique et conductivité thermique

La **résistance thermique** d'une paroi dépend de la **nature du matériau** employé et de son **épaisseur**, elle est donnée par :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda_{th}}$$

Avec :

- R_{th} la résistance thermique de la paroi (en $m^2.K.W^{-1}$)
- e l'épaisseur du matériau (en m)
- λ_{th} la conductivité thermique du matériau (en $W.m^{-1}.K^{-1}$)



Des échantillons d'isolants de conductivités thermiques comprises entre 0,020 et 0,050 $W.m^{-1}.K^{-1}$

Application 2 : *L'immeuble dans lequel se situe l'appartement (voir application 1) va être isolé par l'extérieur. Pour cela les artisans fixent généralement des panneaux de 120 mm d'épaisseur de polystyrène expansé de conductivité thermique*

$\lambda_{th,PE} = 0,032 W . m^{-1} . K^{-1}$ sur l'extérieur du mur. Ensuite un enduit de finition est appliqué.



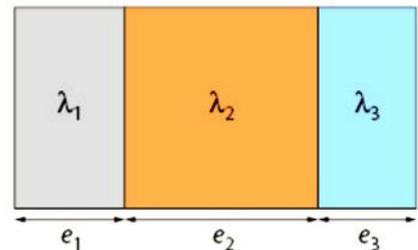
Des panneaux de mousse résolique peuvent également être utilisés à la place de ceux en polystyrène. Ils possèdent une conductivité thermique $\lambda_{th,MR}=0,022 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

1. Calcule la résistance thermique supplémentaire obtenue grâce à l'isolation thermique par l'extérieur des murs de l'immeuble à l'aide de polystyrène.
2. Pour obtenir la même résistance thermique, l'épaisseur des panneaux de mousse résolique doit-elle être plus élevée ou plus faible ?

3 Résistance thermique d'une paroi composée

La résistance thermique d'une paroi composée de plusieurs matériaux est la somme des résistances thermiques des matériaux qui la compose.

$$R_{th,totale} = R_{th1} + R_{th2} + R_{th3} = \frac{e_1}{\lambda_{th1}} + \frac{e_2}{\lambda_{th2}} + \frac{e_3}{\lambda_{th3}}$$



Remarque : on retrouve une loi analogue à la loi d'additivité des résistances en série en électricité.

Application 3 : La famille qui occupe l'appartement (voir application 1) décide de remplacer la baie vitrée simple vitrage par une baie vitrée double vitrage de type 4-16-4 soit 4 mm de verre, 16 mm d'argon et 4 mm de verre. Le mur extérieur, quant à lui, a été isolé avec 120 mm de polystyrène auquel il faut rajouter 15 mm d'enduit extérieur de finition.

Données : conductivités thermiques des matériaux

- Verre : $\lambda_v = 1,0 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
- Argon : $\lambda_{Ar} = 0,024 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
- Enduit : $\lambda_E = 1,2 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Pour répondre aux questions on pourra réutiliser les résultats obtenus lors des applications 1 et 2.

1. Calcule les nouvelles résistances thermiques $R_{th,M}'$ et $R_{th,B}'$ du mur extérieur isolé et de la nouvelle baie vitrée.

