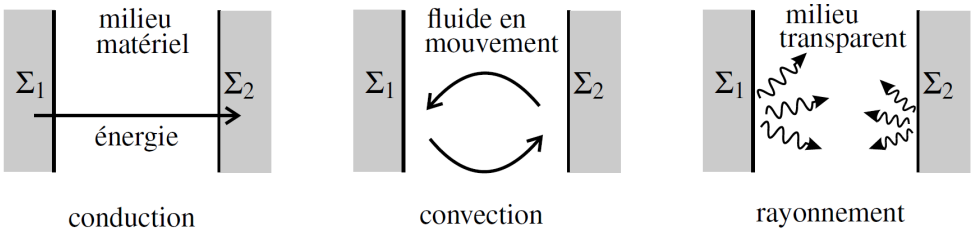
Documents

Document 1 : Les trois types de transfert thermique

- **Conduction (ou diffusion) thermique** : Transfert de chaleur dû à la transmission de l'agitation thermique au niveau microscopique de proche en proche. Il se produit surtout dans les solides.
- **Convection thermique** : Transfert de chaleur dans la matière dû à un déplacement d'ensemble de celle-ci au niveau macroscopique. Ce transfert se produit dans les fluides (liquides et gaz).
- **Rayonnement thermique** : Transfert de chaleur dû à l'absorption ou l'émission d'un rayonnement électromagnétique (lumière visible, micro-ondes, IR). Ce transfert peut s'effectuer dans le vide.



Document 2 : Les pertes thermiques dans une maison

Source : article « Cinq principales sources de déperdition » ; `www.leparisien.fr` ; 26/02/2009.

Les fenêtres : 13 %
La nouvelle génération des doubles vitrages (à isolation renforcée) est très efficace, grâce à une couche très fine d'argent transparente. Elle agit comme un bouclier en empêchant l'air chaud de la maison de s'échapper dehors. Elle permet 10 % d'économie de chauffage.

Les murs : 25 %
Mieux vaut isoler la façade extérieure avec 10 à 25 cm d'isolant recouvert d'un enduit mince ou de planches de bois. Il faut également soigner les détours des fenêtres, des balcons et des escaliers pour limiter les pertes de chaleur.

Le plancher : de 7 % à 10 %
Pensez à isoler votre plancher avec des techniques adaptées. Les planchers béton à poutrelles avec isolation sous dalle flottante sont efficaces. Vous pouvez y intégrer un chauffage au sol. Autre technique isolante : les planchers en dalles de béton cellulaire.

La toiture : 30 %
Si les combles perdus sont accessibles, 20 cm de fibre minérale, végétale ou de ouate de cellulose répandus sur le plancher suffiront à isoler le toit. S'ils sont inaccessibles, on pourra souffler ces fibres par le toit ou une trappe.

La ventilation :20 %
Garder la chaleur, c'est bien, mais votre maison doit être ventilée pour rester saine. Ouvrir les fenêtres dix minutes par jour peut suffire. Mais pendant l'opération, éteignez les radiateurs !

Document 3 : Travaux d'isolation thermique éligible au crédit d'impôt

Source : `www.impots.gouv.fr`

Application	Description	Performances en m2 Kelvin/Watt minimales à respecter
Planchers	Planchers bas sur sous-sol (caves,garages, buanderies), sur vide sanitaire (c'est-à-dire le volume inutilisé séparant le sol naturel du premier plancher) ou sur passage ouvert dans les immeubles (pour piétons, voitures, etc…)	R ≥ 3.0 m2 K/W
Murs	Murs en façade ou en pignon. Seule l'isolation des murs existants ouvre droit au crédit d'impôt. La construction d'une seconde paroi, avec aménagement d'un vide d'air entre les deux parois n'est pas éligible à l'avantage fiscal	R ≥ 3.7 m2 K/W
Toitures	Toitures terrasses (impérativement isolées par l'extérieur)	R ≥ 4.5 m2 K/W
	Rampants et plafonds de combles aménagés	R ≥ 6.0 m2 K/W
	Planchers de combles perdus	R ≥ 7.0 m2 K/W

Valeurs pour la métropole. La résistance thermique « R » figure sur l'étiquette du produit ou sur la fiche de réalisation du chantier pour les produits soufflés.

Document 4 : Quelques valeurs de conductivité thermiques λ

Les valeurs suivantes sont données pour des températures ordinaires.

Matériau	conductivité thermique λ ($W.K^{-1}.m^{-1}$)
Argent	429
Cuivre	401
Or	317
Platine	71,6
Acier	≈ 50
Béton	1,8
Verre	1,3
Eau	0,6
Laine de verre	0,04
Air	0,026

1. D'après ce tableau, quel type de matériau conduit particulièrement bien la chaleur ?
2. De quoi l'acier est-il constitué ? À quoi sert-il en construction ?
3. Quel est l'intérêt d'utiliser de la laine de verre dans la construction d'un bâtiment ?
4. Pourquoi emprisonne-t-on de l'air à l'intérieur d'une fenêtre à double vitrage ?

Document 5 : Diversité des expressions des conditions aux limites

On considère un solide (Σ) siège d'un phénomène de diffusion thermique ; on note (S) la surface qui le sépare du milieu extérieur (ext) et P un point de cette surface. Nous avons vu dans le chapitre sur la diffusion de particules que la donnée des conditions initiales et des conditions aux limites garantit l'unicité de la solution de l'équation de la diffusion $T(M,t)$ dans le solide. Suivant les situations étudiées, les conditions aux limites s'expriment de différentes manières :

1. **Cas d'une interface solide–solide**
   L'énergie thermique ne peut pas s'accumuler à l'interface entre les deux solides : le flux thermique sortant de l'un est donc égal au flux thermique entrant de l'autre. Retenons :

Il y a continuité du flux thermique sur la surface de séparation (S) de deux solides en contact.

   En outre, selon les dispositifs, les conditions aux limites peuvent prendre les formes particulières suivantes :

   (a) le milieu extérieur est une paroi calorifugée. Dans ce cas : $\phi_{\text{ext}\to\Sigma}(P,t) = 0$.

   (b) le milieu extérieur impose un flux thermique sur la surface de contact : $\phi_{\text{ext}\to\Sigma}(P,t) = \phi_0(t)$.

   (c) le milieu extérieur est un thermostat imposant sa température sur la surface de contact : $T(P,t) = T_0(t)$. On parle de contact thermique *parfait* dans ce cas.

2. **Cas d'une interface solide–fluide : loi de Newton**
   Le transfert thermique à l'interface d'un solide et d'un fluide met en jeu les phénomènes de conduction (dans le solide) et de convection (dans le fluide, en particulier au niveau de l'interface). On le modélise par la loi phénoménologique suivante (qui n'est pas à connaître, elle vous sera fournie) :

   Loi de Newton : l'énergie thermique traversant la portion élémentaire d'interface $(\mathrm{d}S)$, pendant $\mathrm{d}t$, dans le sens solide $\to$ fluide s'écrit : $\delta^2 Q = h(T_s - T_0)\mathrm{d}S\mathrm{d}t$, où :
   - h est le *coefficient de transfert thermique conducto-convectif*, et s'exprime en $W.\mathrm{m}^{-2}.\mathrm{K}^{-1}$. Il est positif, et dépend notamment de la nature du fluide et de sa vitesse.
   - T_s est la température du solide au niveau de l'interface.
   - T_0 est la température du fluide loin de l'interface.

   La loi de Newton peut se réécrire en terme de flux thermique : $\mathrm{d}\phi_{\Sigma\to\text{ext}} = h(T_s - T_0)\mathrm{d}S$; et si le flux thermique est homogène sur toute le surface (S) traversée alors : $\phi_{\Sigma\to\text{ext}} = h(T_s - T_0)S$.

Document 6 : Analogie entre les phénomènes de conduction électrique, diffusion thermique et diffusion de particules

L'analogie est résumée dans le tableau suivant. Par souci de clarté, les notations ont légèrement été modifiée par rapport à celles des chapitres de cours.

Phénomène	Conduction électrique	Diffusion thermique	Diffusion de particules
Champ scalaire	Potentiel V	Température T	densité particulaire n
Loi locale	d'Ohm	de Fourier	de Fick
Vecteur densité de flux	$\overrightarrow{j} = -\gamma\overrightarrow{\text{grad}}(V)$	$\overrightarrow{j_{\text{th}}} = -\lambda\overrightarrow{\text{grad}}(T)$	$\overrightarrow{j_N} = -D\overrightarrow{\text{grad}}(n)$
Flux	$I = \iint_S \overrightarrow{j}.\overrightarrow{\text{d}S}$	$\phi_{\text{th}} = \iint_S \overrightarrow{j_{\text{th}}}.\overrightarrow{\text{d}S}$	$\phi_N = \iint_S \overrightarrow{j_N}.\overrightarrow{\text{d}S}$

En régime stationnaire (ou dans le cadre de l'approximation des régimes quasi-stationnaires), pour une géométrie cartésienne à une dimension, l'analogie est la suivante :

Phénomène	Conduction électrique	Diffusion thermique	Diffusion de particules
Cause	$V_A - V_B$	$T_A - T_B$	$n_A - n_B$
Conséquence	I	ϕ_{th}	ϕ_N
Résistance	$R = \frac{L}{\gamma S}$	$R_{\text{th}} = \frac{L}{\lambda S}$	$R_N = \frac{L}{DS}$
Loi globale	$I = \frac{V_A - V_B}{R}$	$\phi_{\text{th}} = \frac{T_A - T_B}{R_{\text{th}}}$	$\phi_N = \frac{n_A - n_B}{R_N}$