

Diffusion thermique

Lycée Henri Poincaré, Classe de PC*

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
**Phénoménologie
des transferts
thermiques**

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques

Diffusion thermique :

Transfert thermique au travers de la matière sans déplacement macroscopique de matière.

3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques

Diffusion thermique :

Transfert thermique au travers de la matière sans déplacement macroscopique de matière.

Convection thermique :

Transfert thermique au travers de la matière avec déplacement macroscopique de matière.

3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire un

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques

Diffusion thermique :

Transfert thermique au travers de la matière sans déplacement macroscopique de matière.

Convection thermique :

Transfert thermique au travers de la matière avec déplacement macroscopique de matière.

Rayonnement thermique :

Transfert thermique par émission et absorption de rayonnement de rayonnement électromagnétique.

3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

I. Phénoménologie des transferts thermiques

II. Étude de régimes stationnaires

III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

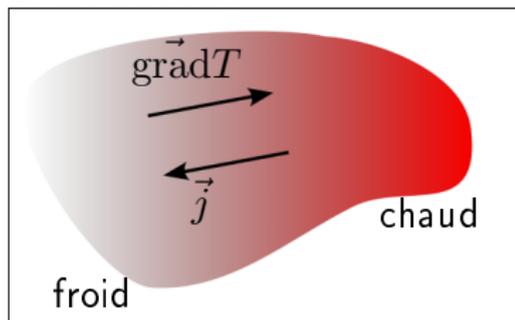
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier



5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier

matériau	cuivre	acier	béton	verre	laine	air
λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	400	50	1	0,8	0,04	0,025

5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

I. Phénoménologie des transferts thermiques

1. Température locale
2. Différents types de transferts thermiques
3. Flux thermique et vecteur \vec{j}
4. Loi de Fourier
5. Loi de Newton (fournie)

Méthode employée dans ce chapitre

On effectue un bilan d'énergie en appliquant le premier principe à un domaine habilement choisi. En régime variable, choisir un domaine infinitésimal. En régime stationnaire, un domaine étendu est souvent plus habile.

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle
3. Exemple à symétrie cylindrique
4. Formulation locale par l'opérateur divergence
5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

**II. Étude de
régimes
stationnaires**

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle
3. Exemple à symétrie cylindrique
4. Formulation locale par l'opérateur divergence
5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

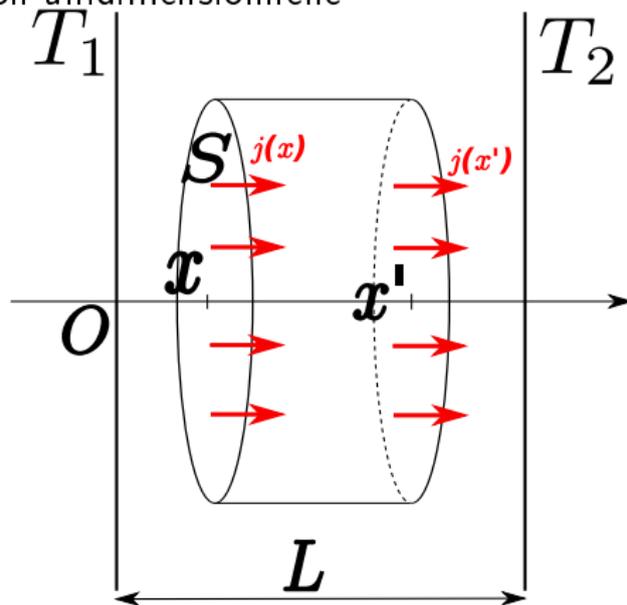
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle



3. Exemple à symétrie cylindrique
4. Formulation locale par l'opérateur divergence
5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle
3. Exemple à symétrie cylindrique
4. Formulation locale par l'opérateur divergence
5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

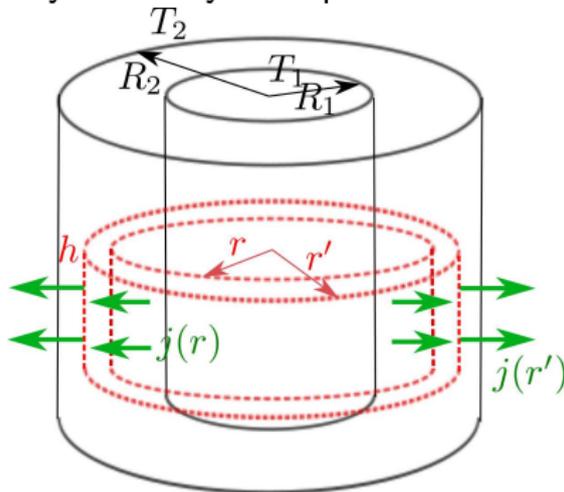
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle
3. Exemple à symétrie cylindrique



4. Formulation locale par l'opérateur divergence
5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle
3. Exemple à symétrie cylindrique
4. Formulation locale par l'opérateur divergence
5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

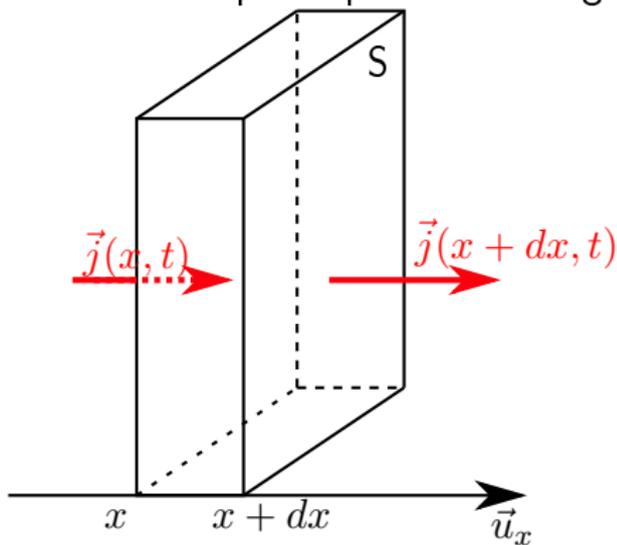
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle
3. Exemple à symétrie cylindrique
4. Formulation locale par l'opérateur divergence



5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

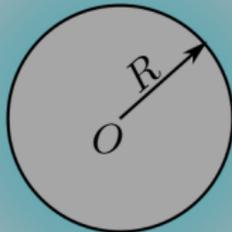
III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

II. Étude de régimes stationnaires

1. Régime stationnaire et conservation du flux
2. Diffusion unidimensionnelle
3. Exemple à symétrie cylindrique
4. Formulation locale par l'opérateur divergence
5. Exemple de situation avec source volumique d'énergie

$$\begin{aligned}r &\rightarrow \infty \\ T &\rightarrow T_0\end{aligned}$$



I. Phénoménologie des transferts thermiques

II. Étude de régimes stationnaires

III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître
3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application
5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

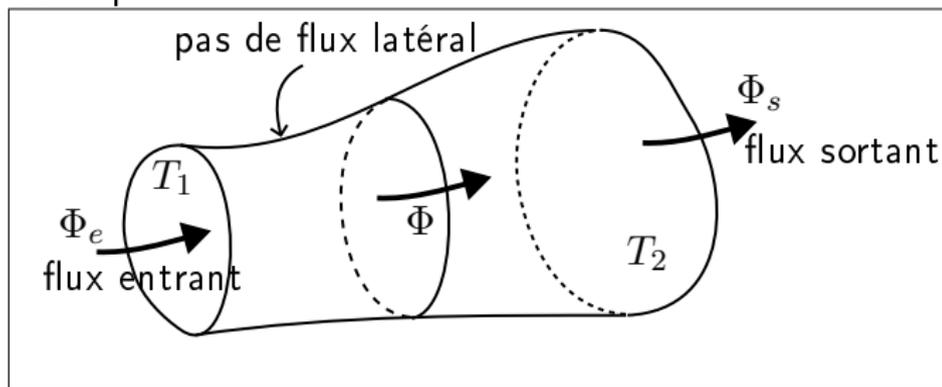
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance



2. Exemples à connaître

3. Lois de Kirchoff et lois d'associations

4. Exemple d'application

5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître
3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application
5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

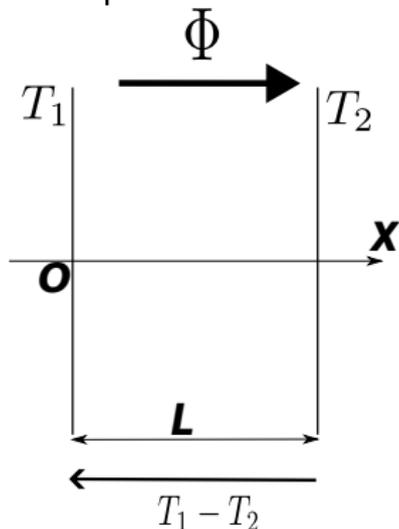
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître



3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application
5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

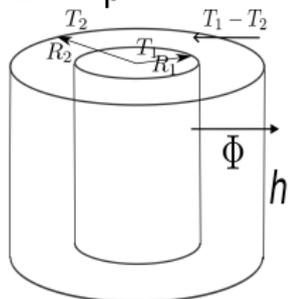
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître



3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application
5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I. Phénoménologie des transferts thermiques

II. Étude de régimes stationnaires

III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître
3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application
5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I. Phénoménologie des transferts thermiques

II. Étude de régimes stationnaires

III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître
3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application
5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

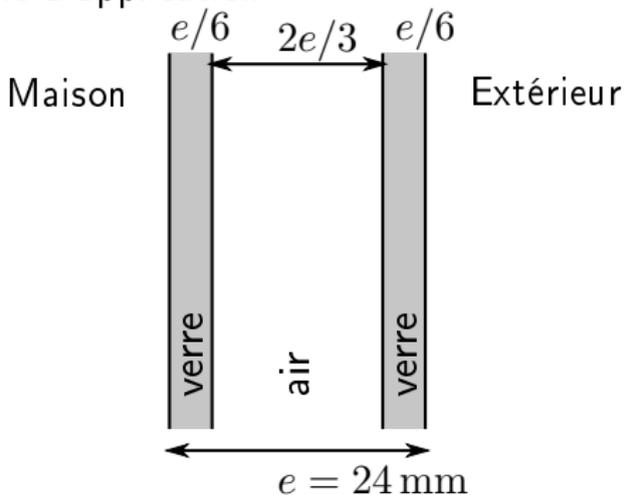
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

III. Résistance thermique

1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître
3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application



5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

III. Résistance thermique

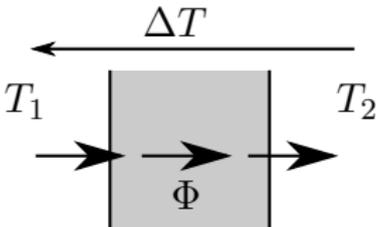
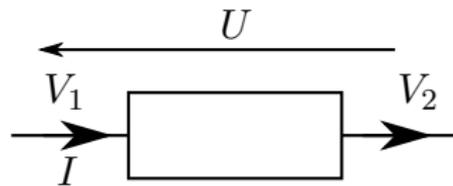
1. Concepts de résistance et de conductance
2. Exemples à connaître
3. Lois de Kirchoff et lois d'associations
4. Exemple d'application
5. Tableau d'analogie détaillé avec l'électricité

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

Thermique	Électricité
$\Delta T = T_1 - T_2 = R_{th} \Phi$ 	$U = V_1 - V_2 = RI$ 
R_{th} en $K.W^{-1}$ dépend de λ et de la géométrie de l'objet traversé par le flux thermique.	R en $\Omega = V.A^{-1}$ dépend de γ et de la géométrie de l'objet parcouru par le courant.
$\Phi = G_{th} \Delta T = G_{th} (T_1 - T_2)$ $G_{th} = 1/R_{th} \text{ en } W.K^{-1}$	$I = GU = G(V_1 - V_2)$ $G = 1/R \text{ en } S = A.V^{-1}$
méthodes identiques : lois d'associations, ponts diviseurs, etc	

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension
2. Généralisation à trois dimensions
3. Exemple : choc thermique
4. Longueur de diffusion

I.
Phénoménologie
des transferts
thermiques

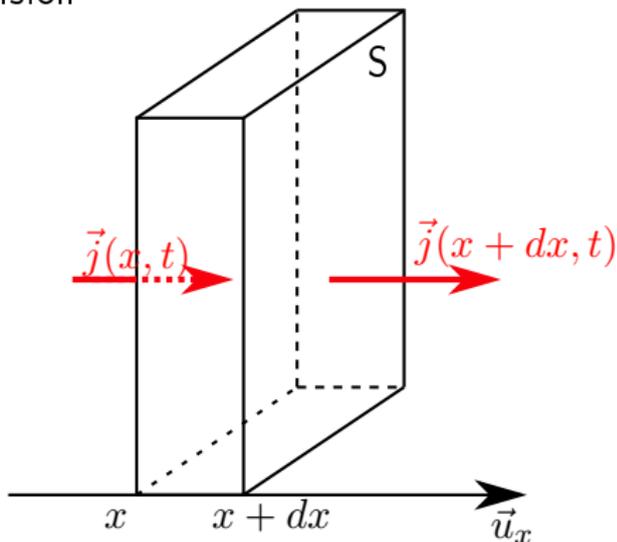
II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

**IV. Régimes non
stationnaires**

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension



2. Généralisation à trois dimensions
3. Exemple : choc thermique
4. Longueur de diffusion

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension
2. Généralisation à trois dimensions
3. Exemple : choc thermique
4. Longueur de diffusion

I. Phénoménologie des transferts thermiques

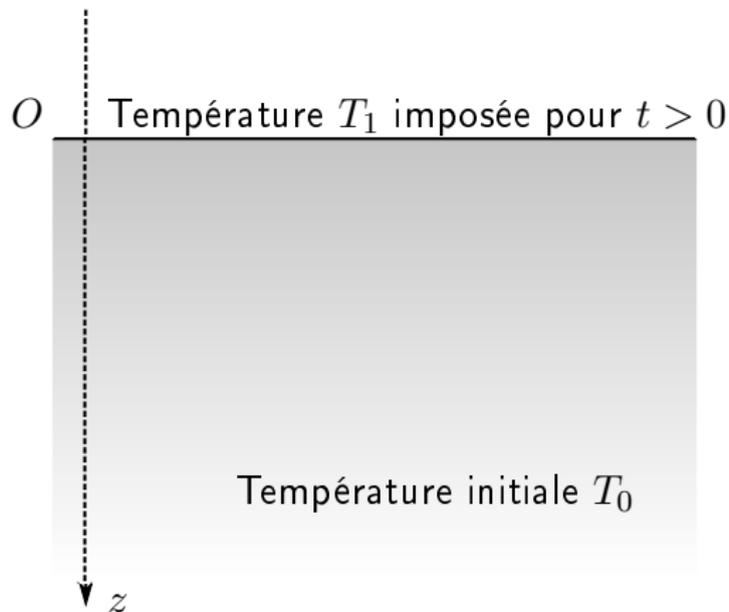
II. Étude de régimes stationnaires

III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension
2. Généralisation à trois dimensions
3. Exemple : choc thermique



4. Longueur de diffusion

I. Phénoménologie
des transferts
thermiques

II. Étude de
régimes
stationnaires

III. Résistance
thermique

IV. Régimes non
stationnaires

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension
2. Généralisation à trois dimensions
3. Exemple : choc thermique

$$T(z, t) = T_1 + (T_0 - T_1) \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2\sqrt{Dt}} \right)$$

4. Longueur de diffusion

I. Phénoménologie des transferts thermiques

II. Étude de régimes stationnaires

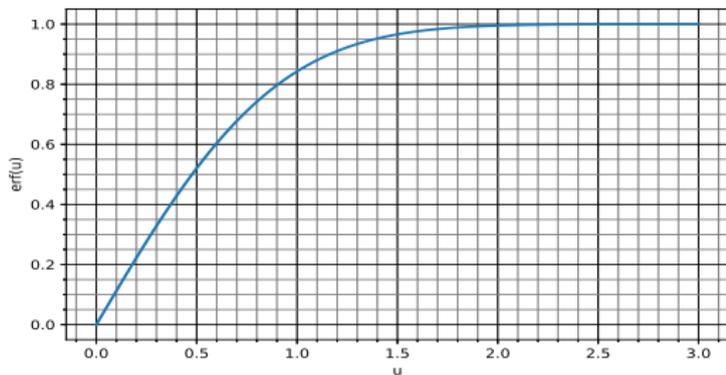
III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension
2. Généralisation à trois dimensions
3. Exemple : choc thermique

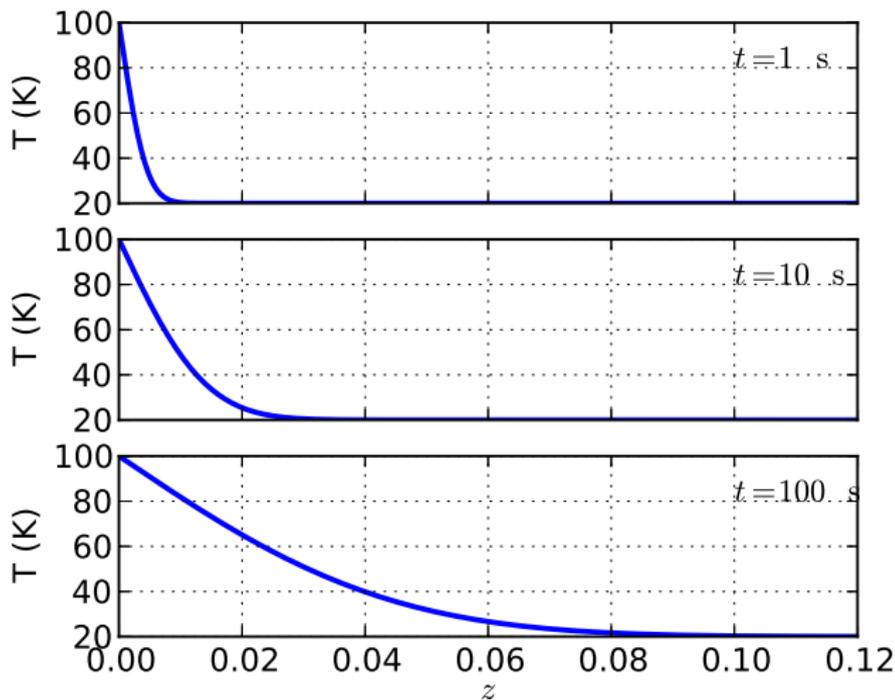
$$\operatorname{erf}(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-\xi^2} d\xi$$



4. Longueur de diffusion

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension
2. Généralisation à trois dimensions
3. I



I. Phénoménologie des transferts thermiques

II. Étude de régimes stationnaires

III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires

IV. Étude de régimes non stationnaires

1. Bilan thermique et équation de la chaleur à une dimension
2. Généralisation à trois dimensions
3. Exemple : choc thermique
4. Longueur de diffusion

I. Phénoménologie des transferts thermiques

II. Étude de régimes stationnaires

III. Résistance thermique

IV. Régimes non stationnaires