

ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE D'UN SYSTÈME PAR TRANSFERT CONDUCTO-CONVECTIF

Lorsqu'un système (ex : tasse de café, glace) a une température différente de celle de son milieu extérieur, sa température varie. Pour certains systèmes comme les glaciers en haute montagne ou les aliments dans un réfrigérateur, il est utile de comprendre et de prévoir l'évolution de la température.



L'objectif de cette activité est suivre expérimentalement, puis de modéliser, l'évolution de la température d'un système lors de son refroidissement par transfert thermique conducto-convectif ...

Document 1 : transfert thermique conducto-convectif

Sur l'une de ses faces à la température T , un système en contact avec un fluide dont la température est T_{ext} , échange de l'énergie thermique avec le fluide par **conduction** (contact fluide-face) et par **convection**.

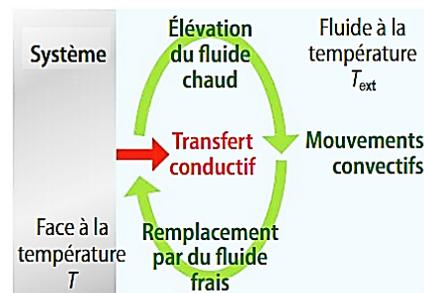
Ce transfert « conducto-convectif » est modélisé par la loi suivante :

Loi phénoménologique de Newton

La puissance thermique (ou flux) conducto-convective transférée à travers la surface d'aire S du système vaut : $P_{\text{cc}} = hS \times (T_{\text{ext}} - T)$

h est le **coefficient de transfert conducto-convectif** ($\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$)

(* cette loi est phénoménologique car h dépend de nombreux paramètres (rugosité de la paroi, nature du fluide ...) et ne peut être déterminé que par des mesures expérimentales.



Représentation schématique du transfert conducto-convectif : si $T_{\text{ext}} < T$, le fluide s'échauffe au contact de la face, sa masse volumique diminue, il s'élève puis il est remplacé par du fluide frais.

1) Suivi expérimental de la température :

RÉALISER

- Faire bouillir 250 mL d'eau et les introduire dans un bécher.
- Introduire un capteur de température dans le bécher et déclencher le chronomètre au moment du premier relevé de température.
- Suivre l'évolution de la température du système en faisant une mesure toutes les 2min pendant 40 min
- Représenter graphiquement $T = f(t)$ avec LoggerPro puis chercher une fonction mathématique qui modélise cette évolution avec l'outil « analyse -> régression »



Q1. Expliquer en quelques lignes l'origine du refroidissement du système { eau; bécher } .

Q2. Le refroidissement du système est-il proportionnel au temps ?

2) Modélisation :

On considère le système { eau ; b cher } de masse m_s et de capacité thermique massique c_s , dont la température varie lors d'un transfert conducto-convectif.

RAISONNER

Q3. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU du système pendant une durée Δt en fonction de m_s , c_s et ΔT .

Q4.   l'aide du 1^{er} principe de la thermodynamique, exprimer le flux thermique Φ en fonction de m_s , c_s , ΔT et Δt .

Q5.   l'aide de la loi phénoménologique de Newton (doc.1), montrer que dans le cas où Δt correspond à la durée pour que le système atteigne sa température finale, on a :

$$\frac{m_s \times c_s \times (T(t + \Delta t) - T(t))}{\Delta t} = h \times S \times (T_{\text{ext}} - T(t))$$

Q6. Montrer que pour $\Delta t \rightarrow 0$, la température du système vérifie l'équation : $\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_{\text{ext}}}{\tau}$ où τ est une constante à déterminer.

Q7. On montre en mathématiques que la solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$T(t) = A \times e^{-\frac{t}{\tau}} + B \quad (\text{A et B sont des constantes réelles})$$

- Déterminer B grâce à la valeur de T lorsque t tend vers l'infini.
- Déterminer A grâce aux conditions initiales.
- Donner l'expression de T dans les conditions de l'expérience

VALIDER

Q8. Déterminer $T(\tau)$ en fonction de T_0 et de T_{ext} puis en déduire une méthode pour déterminer τ .

Q9. Déterminer τ à partir du graphique puis en déduire une valeur de h.

Données : masse du becher : 80 g ; $\rho_{\text{eau}} = 1,000 \text{ kg.L}^{-1}$; $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$; $c_{\text{verre}} = 4185 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Q10. Déterminer la durée totale du refroidissement à partir du modèle élaboré.