

TP 16.3 : Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible

Objectif :

- Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible.
- Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.

Un élève se prépare une boisson chaude au petit déjeuner quand il est interrompu par un appel téléphonique. Lorsqu'il raccroche après 15 minutes de discussion sa boisson a refroidi.

- ➔ Quels sont les phénomènes responsables du refroidissement ?
- ➔ Quelle est la loi d'évolution de la température ?

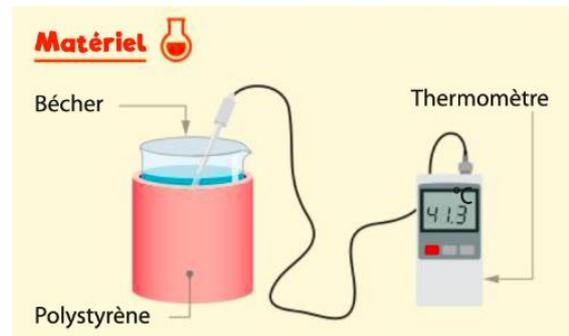
Doc 1 : Loi phénoménologique de Newton

Transfert de chaleur par un fluide

Lorsqu'un système échange de la chaleur avec l'extérieur par l'intermédiaire d'un fluide en mouvement, on parle de **conducto-convection**. Pendant une durée infinitésimale dt , la chaleur échangée par le système δQ (infinitésimale également, on parle de transfert élémentaire) est donnée par :

$$\delta Q = h \times S \times (T_{\text{ext}} - T) \times dt$$

S : surface d'échange T : température du système
 h : coefficient d'échange conducto-convectif T_{ext} : température de la pièce (supposée constante)



Protocole

- Placer $V = 150$ mL d'eau dans le bécher.
- Chauffer l'eau à 60°C environ. On agitera de façon modérée pendant le chauffage.
- En prenant garde à ne pas se brûler, placer le bécher dans le support en polystyrène pour isoler les parois extérieures. La section supérieure du récipient au contact de l'air est noté S .
- Placer dans le bécher une sonde de température et relever la valeur toutes les minutes pendant 15 minutes. On agitera de façon très modérée pour homogénéiser la température. La température à $T = 0$ s sera notée T_0 .
- Les valeurs seront présentées dans un tableau.

Matériel

- Plaque chauffante orange (avec potence)
- Thermomètre
- Bécher de 250 mL à eau col
- 2 pinces (une pour le thermomètre + une pour le bécher)
- Chronomètre
- Turbulent
- Paroi adiabatique en polystyrène pour bécher (petit calorimètre sans paroi interne)
- Eau
- Éprouvette graduée de 100 mL ou 200 mL
- Regressi

Données

Capacité thermique massique de l'eau $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Questions

- 1) Indiquer le signe du transfert thermique Q dans l'expérience réalisée. Quel type de transfert thermique a lieu ici ?
- 2) Montrer que h s'exprime en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.
- 3) Déterminer, en appliquant le premier principe de la thermodynamique, l'équation différentielle vérifiée par la température de l'eau, puis la résoudre. On montrera que la solution est de la forme :

$$T(t) = (T_0 - T_{\text{ext}}) e^{\frac{-hS}{m c_{\text{eau}}} t} + T_{\text{ext}}$$

- 4) Introduire les données expérimentales dans Regressi. Modéliser en ayant pris soin de convertir le temps dans les unités du système international. Vérifier que la loi mathématique donnant l'évolution de la température mesurée au cours du temps correspond à la solution proposée à la question précédente.
- 5) Déterminer la valeur du coefficient d'échange conducto-convectif h . Les tables le donnent entre 100 et $900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.
- 6) Proposer un protocole expérimental permettant de montrer que la valeur de la section au contact de l'atmosphère S joue un rôle important.