



ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE

Objectifs : réaliser une expérience pour suivre l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat



Problématique : La température idéale d'extraction pour la réalisation d'un café expresso est 85°C, et il est conseillé de le déguster à 65°C. L'abaissement de la température entre l'extraction et la dégustation est lié aux transferts thermiques convectifs entre le café dans la tasse et le milieu extérieur.

Comment modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible au cours du temps ?

Flux thermique



Le flux thermique, noté ϕ , correspond à l'énergie thermique échangée par un système par unité de temps avec l'extérieur. Ainsi, pendant une durée infinitésimale dt , l'énergie thermique élémentaire δQ échangée par le système obéit à l'égalité suivante :

$$\delta Q = \phi \cdot dt$$

Soit un système incompressible en contact avec le milieu extérieur, qui tient lieu de thermostat, sans échange de matière. $T(t)$ désigne la température du système à l'instant t , T_{ext} désigne la température constante du milieu extérieur et S désigne l'aire de la surface d'échanges thermiques entre le système et l'extérieur.

La loi phénoménologique de Newton permet de modéliser le flux thermique entre le système incompressible et l'extérieur selon l'égalité suivante :

$$\phi(t) = h \cdot S \cdot (T(t) - T_{ext})$$

où ϕ s'exprime en W, S s'exprime en m^2 , T s'exprime en K et h désigne le coefficient d'échange thermique et s'exprime en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

Loi de Joule et Gay-Lussac



Soit un système incompressible et fermé. Pendant une durée infinitésimale dt , la variation élémentaire d'énergie interne dU vérifie

$$dU = C \cdot dT$$

où C est la capacité thermique du système et T est sa température.

Matériel disponible



- béccher aux parois isolées ;
- thermomètre ;
- chronomètre ;
- éprouvette graduée ;
- eau et bouilloire ;
- ordinateur et LatisPro.

S'APPROPRIER

Proposer un protocole expérimental

A B C D

1. Proposer un protocole expérimental qui permette de suivre l'évolution de la température du système {eau + béccher} au cours du temps.

RÉALISER

Exploiter un logiciel tableur-grapheur

A B C D

2. Mettre en œuvre le protocole.
3. Construire la représentation graphique de la température du système au cours du temps.

ANALYSER

Articuler des grandeurs entre elles

A B C D

4. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, de la définition du flux thermique et de la loi de Joule et Gay-Lussac, montrer que la température du système obéit à l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dT(t)}{dt} + \frac{T(t)}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau}$$

où τ est une constante dont il faudra établir l'expression en fonction de C , h et S .

5. Vérifier que la fonction $T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext}) \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$ est solution de l'équation différentielle.
6. Modéliser les résultats expérimentaux à l'aide d'une fonction exponentielle décroissante et consigner l'équation du modèle. Commenter la pertinence du modèle.

VALIDER

Exploiter un modèle

A B C D

7. Estimer, en s'aidant des données expérimentales d'une part, et par le calcul d'autre part, la durée au bout de laquelle un café versé dans une tasse équivalente au béccher employé ici, peut être dégusté si la température de l'air ambiant est constante. Commenter