

TP : Loi phénoménologique de Newton

Les premières vues relatives aux lois de la communication de la chaleur se trouvent consignées dans les Opuscules de Newton, publiées en 1744 à titre posthume. Ce grand physicien admet, à priori : « *qu'un corps échauffé, soumis à une cause constante de refroidissement telle que l'action d'un courant d'air uniforme, doit perdre, dans chaque instant, une quantité de chaleur proportionnelle à l'excès de sa température sur celle de l'air ambiant* ».

Objectif

Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible.

1. L'expérience

Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier la loi énoncée par Newton.

La manipulation a été faite en amont au laboratoire, les données sont accessibles sur votre serveur.

2. Le modèle de Newton

Etablissement de l'équation différentielle

Soient :

- T , la température du système ;
- t , le temps écoulé ;
- T_{ext} , la température de l'air ambiant.

1. Que représente la quantité $dT(t)/dt$? En quels termes Newton parle-t-il de $dT(t)/dt$ dans son texte ?¹
2. Quel est le signe de cette quantité $dT(t)/dt$? Justifier.
3. Que représente $T - T_{ext}$? En quels termes Newton parle-t-il de cette différence $T - T_{ext}$?
4. Mesurer T_{ext} , qui est un paramètre expérimental, et l'entrer dans le tableur grapheur.
5. D'après Newton, quelle est la relation entre T_{ext} , T et $dT(t)/dt$?

¹ A l'époque de Newton, on ne faisait pas la distinction entre chaleur et température.

Résolution de l'équation différentielle

6. Démontrer que $T(t) = T_{ext} + (T(0) - T_{ext})\exp(-At)$ est solution de l'équation différentielle linéaire du premier ordre obtenue.

On va chercher à identifier le terme A en traçant le logarithme népérien d'une fonction dépendant de $T(t)$, T_{ext} et $T(0)$ en fonction du temps.

7. Exprimer cette fonction qu'on notera R .
8. A quelle courbe s'attendre si on trace $R = f(t)$?
9. Ecrire cette fonction dans le tableur grapheur et tracer $R = f(t)$
10. Identifier la valeur de A .

Vérification du modèle de Newton

On va réaliser une modélisation sur le logiciel tableur grapheur.

11. Reprendre le graphique $T(t)$. Dans l'espace réservé à l'expression du modèle, écrire l'expression $T(t) = T_{ext} + (T(0) - T_{ext})\exp(-At)$ en remplaçant les termes constants par leurs valeurs.
12. Superposer la modélisation $T(t)$ à la courbe expérimentale.
13. La modélisation proposée par Newton vous semble-t-elle valide ? Justifier.