

Tea time !

CONTEXTE DU SUJET

Mme M. a besoin de son petit thé avant le cours de spé de 13h15. La température idéale d'infusion est 85 °C. Les experts conseillent une dégustation à 65 °C. L'abaissement de la température entre l'infusion et la dégustation est lié aux transferts thermiques entre le thé dans la tasse et le milieu extérieur.



Temps d'infusion
4 min à 85°C

→ Mais combien de temps sera nécessaire pour que le thé soit à la température idéale de dégustation après l'infusion ?

QUELQUES DOCUMENTS

Document 1 : Loi phénoménologique de Newton

Une loi phénoménologique est une loi empirique particulière (basée sur des mesures expérimentales) : elle permet de faire évoluer la théorie alors qu'une loi empirique quelconque est une simple mise en relation des grandeurs mesurées, sans chercher plus loin (du moins au moment de son élaboration) (*Exemple : Les lois de Kepler sont empiriques*)

Isaac Newton établit en 1701 une des premières échelles pratiques de température. Il y décrit aussi une série d'expériences sur du fer initialement chauffé à blanc et balayé par un courant d'air. Il observe que le flux thermique échangé Φ est proportionnel à la différence de température entre l'objet et le milieu extérieur et la surface d'échange (loi de refroidissement de Newton) :

$$\Phi = h \times S \times (\theta_e - \theta)$$

Avec :

Φ : Flux thermique échange en Watt (W) ;

h : Coefficient de Newton de transfert thermique de la paroi en $W.m^{-2}.K^{-1}$;

S : Surface de contact entre les 2 milieux en m^2 ;

θ : Température de surface du système en K ;

θ_e : Température du milieu extérieur en K (supposée constante).

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

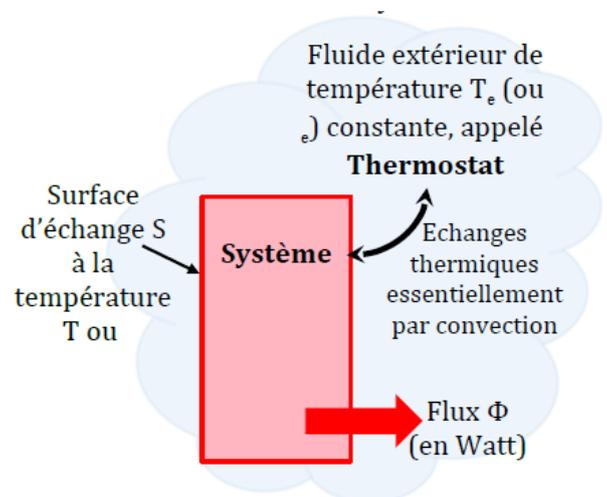
Document 2 : Le flux thermique

Le flux thermique note Φ caractérise la vitesse du transfert thermique Q, pendant une durée Δt , au sein d'un système ou entre différents systèmes :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

- Φ en watt (W)
- Δt en seconde (s)
- Q en joule (J)

Le flux thermique Φ a les dimensions d'une puissance : on parle d'ailleurs de puissance thermique



Document 3 : Compléments mathématiques

Résolution d'une équation différentielle du premier ordre à coefficient constant avec second membre

Les solutions d'une équation différentielle $y' = ay + b$ (avec $a \neq 0$) sont de la forme $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$ avec K une constante

Quelques rappels utiles

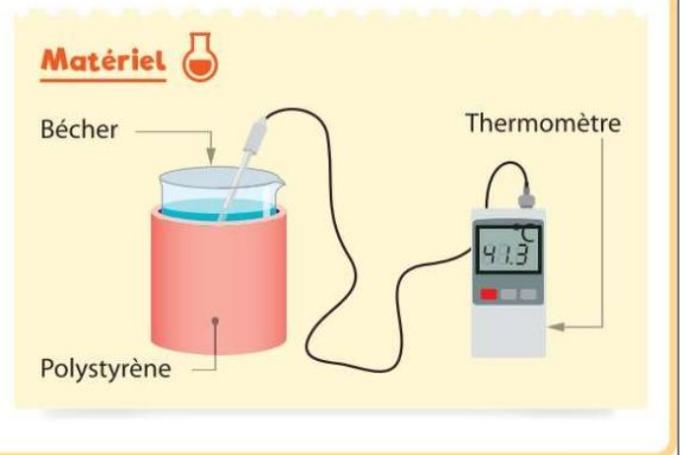
$$\ln(e^x) = x$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{dy}{dt} \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} \exp(-t) = 0$$

Document 4 : Protocole

Protocole

- 1 Chauffer de l'eau à 60 °C.
- 2 Placer une quantité d'eau de volume $V = 100,0$ mL dans un bécher dont les parois extérieures ont été isolées avec du polystyrène ou avec de la laine de roche. La section supérieure du récipient au contact de l'air est notée S .
- 3 Placer dans le bécher une sonde de température et relever la valeur toutes les minutes pendant 15 minutes.
- 4 Les valeurs seront présentées dans un tableau.



ANALYSER

1. Quel est le mode de transfert thermique mis en jeu entre l'ensemble (tasse+café) et le milieu extérieur ?
2. En utilisant le premier principe de la thermodynamique, exprimer la variation d'énergie interne du système ΔU entre l'état initial et l'état final en fonction de m , c , et $\Delta\theta$.
3. En utilisant la loi de Newton, exprimer le transfert thermique convectif Q en fonction de Δt , θ et θ_e .
4. En égalisant les deux expressions précédentes, exprimer $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

POUR LES PLUS RAPIDES

Mme M désirent prendre son temps pour se délecter de son thé saveur pomme cannelle accompagné de son petit carré de chocolat, doit avoir terminé de le boire 10 minutes avant le cours.

Une fois infusé, Mme M prend 5 minutes pour profiter de sa boisson chaude. Sachant que la bouilloire utilisée délivre une puissance de 1700 W. Indiquer à quelle heure, il faut faire chauffer l'eau pour qu'elle soit à l'heure en cours !!

Données :

- Volume de la tasse de thé : $V = 250 \text{ mL}$
- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
- Température de l'eau avant chauffage : 20 °C
- On suppose que le rendement de la bouilloire est de 100%