

Cave à vin
(d'après Bac Spécialité - Asie - mars 2021)



Cave à vin
Photo Wikipédia

Déguster un vin à la bonne température est essentiel pour pouvoir en apprécier les saveurs gustatives et odorantes : un vin trop tiède n'est pas agréable ; un vin trop froid voit ses arômes masqués par l'alcool. Pour pouvoir servir les vins à la bonne température, on utilise des caves à vin.

On s'intéresse à une bouteille de vin rouge léger dont la température idéale de service est de 13°C . Initialement, cette bouteille et son contenu sont à une température $\theta_0 = 22^{\circ}\text{C}$. On place cette bouteille dans la cave à vin afin d'optimiser sa dégustation.

L'air à l'intérieur de la cave à vin joue le rôle d'un thermostat. Sa température θ_{air} demeure constante et égale à 13°C .

Dans cet exercice, on cherche à déterminer la durée nécessaire pour que la température du vin atteigne une température voisine de 13°C .

On s'intéresse à l'évolution de la température θ du système {vin + bouteille} placé dans le thermostat.

Le système {vin + bouteille} est immobile. L'air de la cave à vin est ventilé.

On désigne par Q le transfert thermique entre l'air et le système, et par Φ le flux thermique correspondant, c'est-à-dire le transfert thermique par unité de temps.

Le transfert thermique et le flux thermique sont comptés positivement si le transfert thermique a lieu de l'air vers le système.

On fait l'hypothèse que le flux thermique Φ vérifie la loi phénoménologique de Newton.

Données :

✓ Loi phénoménologique de Newton :

Lorsqu'un système incompressible de température θ est placé dans un fluide en écoulement à la température θ_a , il s'établit un flux thermique entre le thermostat et le système proportionnel à l'écart de température $(\theta - \theta_a)$.

On peut alors écrire : $\Phi = -h \times S \times (\theta - \theta_a)$

où : S est la surface d'échange entre le système et le thermostat (en m^2)

h est le coefficient d'échange convectif (en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$).

- ✓ Surface d'échange entre la bouteille et l'air : $S = 4,66 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
- ✓ Coefficient d'échange convectif : $h = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- ✓ Capacité thermique du système {vin + bouteille} : $C = 3,25 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$

1. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, relier la variation d'énergie interne ΔU du système {vin + bouteille} au transfert thermique Q entre l'air et le système.

2. Exprimer le transfert thermique Q pendant une durée très petite Δt en fonction du flux thermique Φ supposé constant pendant cette durée et de Δt .
Rappeler les unités, dans le système international, des grandeurs intervenant dans cette expression.

La variation d'énergie interne d'un système incompressible au repos dont la température varie de $\Delta\theta$ est donnée par la relation $\Delta U = C \times \Delta\theta$ (où C est la capacité thermique du système).

3. Exprimer le flux thermique Φ en fonction de la capacité thermique C du système supposé incompressible, de sa variation de température $\Delta\theta$ et de la durée Δt .
4. En utilisant la loi phénoménologique de Newton, et en faisant tendre Δt vers 0, montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la température θ s'écrit :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{hS}{C} \times \theta = \frac{hS}{C} \times \theta_{\text{air}}$$

5. Résoudre cette équation différentielle, et montrer que : $\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{\text{air}}) \times e^{-\frac{hS}{C} \times t} + \theta_{\text{air}}$
6. Tracer l'allure de la courbe $\theta = f(t)$.
7. Au bout de quelle durée la bouteille de vin, initialement à une température $\theta_0 = 22^\circ\text{C}$ sera-t-elle à la température $\theta' = 13,5^\circ\text{C}$?