DEVOIR SURVEILLE N°6 **PHYSIQUE-CHIMIE**

Terminale Générale Scientifique DURÉE DE L'ÉPREUVE : **52 MINUTES (5 points)**

Amérique du nord 2022 Jour 2

Exercice C (au choix)

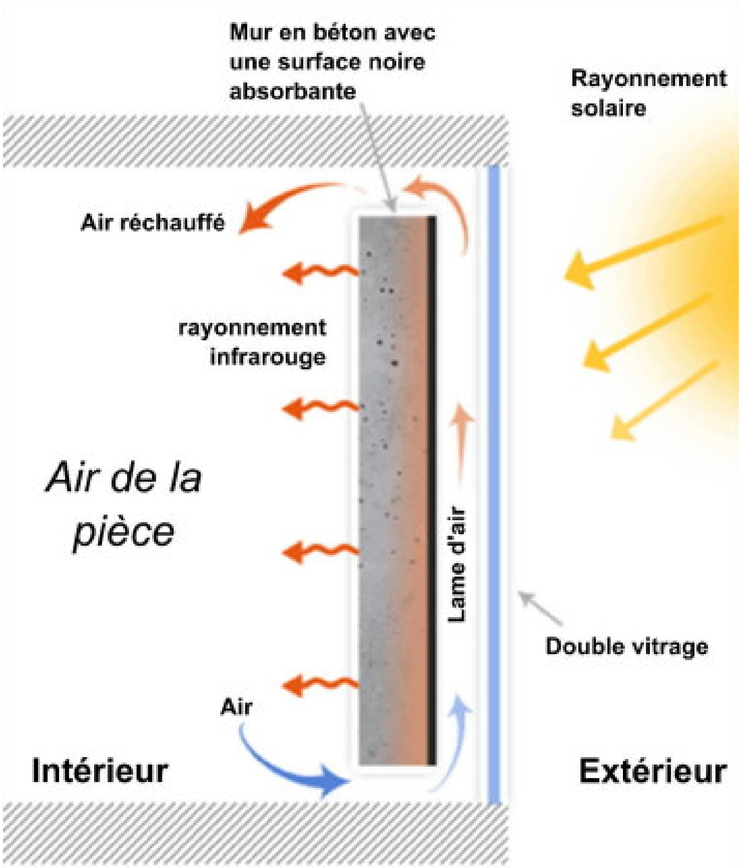
EXERCICE C. CAPTEURS SOLAIRES PASSIFS, LE MUR TROMBE-MICHEL (5 POINTS)

Mots clés : transferts thermiques ; résistance et flux thermiques ; énergie interne.

La volonté d'économiser l'énergie utilisée pour chauffer les bâtiments privés ou publics amène les particuliers, les entreprises ou les pouvoirs publics à opter pour des murs Trombe-Michel, du nom de ses deux inventeurs.

Un mur Trombe-Michel est constitué essentiellement d'un double vitrage extérieur exposé aux rayonnements solaires, derrière lequel se trouve à environ une dizaine de centimètres un épais mur de béton qui s'intègre à la façade sud du bâtiment dont la surface extérieure est peinte en noir mat. En outre, de l'air circule entre le double vitrage et le mur peint en noir.

Principe du mur Trombe-Michel



Source : ecosources.info - Portail des énergies renouvelables et de l'écoconstruction

Les professionnels du bâtiment mettent en avant trois avantages au mur Trombe-Michel : l'amélioration de l'isolation de la façade, le préchauffage de la lame d'air qui circule entre le mur en béton et le double vitrage, la restitution nocturne des apports énergétiques emmagasinés le jour.

Exercice C (au choix)

<u>Données :</u>

	Largeur L (m)	Hauteur H (m)	Épaisseur e (cm)	Conductivité thermique λ ($W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$)	Résistance thermique R ($K \cdot W^{-1}$)
Double vitrage	3,0	2,5	2,4		0,13
Lame d'air	3,0	2,5	9,0	0,0262	0,46
Mur de béton	3,0	2,5	40	1,75	

A. Les trois modes de transfert thermique

A.1. Citer les trois modes de transfert thermique.

A.2. Citer, pour chacun de ces modes de transfert thermique, un exemple mis en œuvre dans un mur Trombe-Michel.

B. Isolation de la façade

La résistance thermique notée R d'une paroi s'exprime en $K \cdot W^{-1}$. Elle est modélisée par l'expression $R = \frac{e}{\lambda \cdot S}$ avec S la surface de la paroi, e son épaisseur et λ la conductivité thermique du matériau.

La résistance thermique d'une paroi constituée de plusieurs couches successives de matériaux différents est la somme des résistances thermiques de chaque couche.

Pour le mur Trombe-Michel, la résistance thermique de l'ensemble {mur + double vitrage} sans lame d'air est notée R_1 et la résistance de l'ensemble {mur + double vitrage + lame d'air} est notée R_2.

On considère que la température extérieure est de 5,0 °C et que la température à l'intérieur de la pièce est de 19 °C.

B.1. Exprimer les flux thermiques Φ_1 *et* Φ_2 correspondant respectivement aux résistances R_1 et R_2, puis calculer leurs valeurs.

B.2. En exploitant les valeurs obtenues, conclure quant à l'efficacité de la lame d'air.

Exercice C (au choix)

C. Chauffage de la pièce

Le mur Trombe-Michel sert à chauffer une pièce qui contient 30 m^3 d'air assimilé à un gaz parfait. Initialement la température de l'air a une valeur de 19,0 °C et atteint finalement la valeur de 23,0 °C.

La variation d'énergie interne d'un gaz parfait, de capacité thermique C, pour une variation de température ΔT est exprimée par la relation : $\Delta U = C \cdot \Delta T$. On donne la valeur de la capacité thermique de l'air contenu dans la pièce : $C = 39{,}2\ kJ \cdot K^{-1}$.

C.1. Calculer la variation de l'énergie interne de l'air contenu dans la pièce.

Le flux d'énergie solaire $F_{solaire}$ reçu par le double vitrage est estimé à 675 W. On estime à 25 % le pourcentage de l'énergie solaire transférée à l'air de la pièce.

C.2. Déterminer la valeur de la durée nécessaire au réchauffement de l'air de la pièce de 19 °C à 23 °C.

D. Flux thermique nocturne

La nuit, le mur en béton restitue de la chaleur à l'air de la pièce en émettant un flux thermique total de l'ordre de 4 000 W.

On considère que le mur en béton est à une température constante T_m de 25 °C et l'air de la pièce à une température constante T de 19 °C.

Le flux thermique de convection Φ_c s'exprime en fonction de la surface S d'échange, de la différence de température $(T_m - T)$ et du coefficient de transfert thermique h dont la valeur est 10 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

D.1. Choisir, en justifiant, parmi les trois expressions suivantes celle qui correspond à l'expression du flux thermique de convection.

$$\Phi_c = \frac{h}{S} \cdot (T_m - T) \qquad \Phi_c = h \cdot S \cdot (T_m - T) \qquad \Phi_c = \frac{h \cdot S}{(T_m - T)}$$

D.2. En conduisant un raisonnement argumenté, déterminer si, la nuit, le mur restitue la chaleur à l'air de la pièce uniquement selon un mode convectif. Commenter.

DEVOIR SURVEILLE N°6 **PHYSIQUE-CHIMIE**

Terminale Générale Scientifique DURÉE DE L'ÉPREUVE : **52 MINUTES (5 points)**

Bac 2021 Asie Spécialité physique-chimie https://labolycee.org

Exercice A : Cave à vin (5 points)

Mots-clés *: premier principe et loi phénoménologique de Newton, intensité sonore, atténuation.*

Déguster un vin à la bonne température est essentiel pour pouvoir en apprécier lessaveurs gustatives et odorantes : un vin trop tiède n'est pas agréable ; un vin tropfroidvoit 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 serviceest de 13° C. Initialement, cette bouteille et son contenu sont à une température voisinede 22° 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 T_{air}demeureconstante et égale à 13 °C.

Cave à vin

Photo Wikipédia

Dans cet exercice, on cherche à déterminer la durée nécessaire pour que la température du vin atteigne lavaleur souhaitée de 13 °C (**partie 1**).

Partie 1 – Evolution de la température - Durée du refroidissement

On s'intéresse à l'évolution de la température Tdu 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 Qle 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'airvers le système.

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

Loi phénoménologique de Newton

Lorsqu'un système incompressible de température Test placé dans un fluide en écoulement à la température

T_a, il s'établit un flux thermique entre le thermostat et le système proportionnel à l'écart de température
($T - T_a$).

On peut alors écrire : $\Phi = -h \times S \times (T - T_a)$

- Sest la surface d'échange entre le système et le thermostat (en m^2) ;
- $h$est le coefficient d'échange convectif (en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$).

Données

- Surface d'échange entre la bouteille et l'air : $S = 4{,}66 \times 10^{-2}$ m^2
- Coefficient d'échange convectif : $h = 10$ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
- Capacité thermique du système {vin + bouteille} : $C = 3{,}25$ $kJ \cdot K^{-1}$
- $(K) = (°C) + 273$

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

1. Exprimer le transfert thermique Qpendant une durée très petite Δten fonction du flux thermiqueΦsupposé 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 ΔTest donnée par la relation $\Delta U = C \times \Delta$($C$est la capacité thermique du système).

2. Exprimer le flux thermique Φ en fonction de la capacité thermique Cdu système supposéincompressible, de sa variation de température ΔTet de la durée Δt.

3. En utilisant la loi phénoménologique de Newton, et en faisant tendre Δtvers 0, vérifier quel'équation différentielle qui régit l'évolution de la température Ts'écrit :

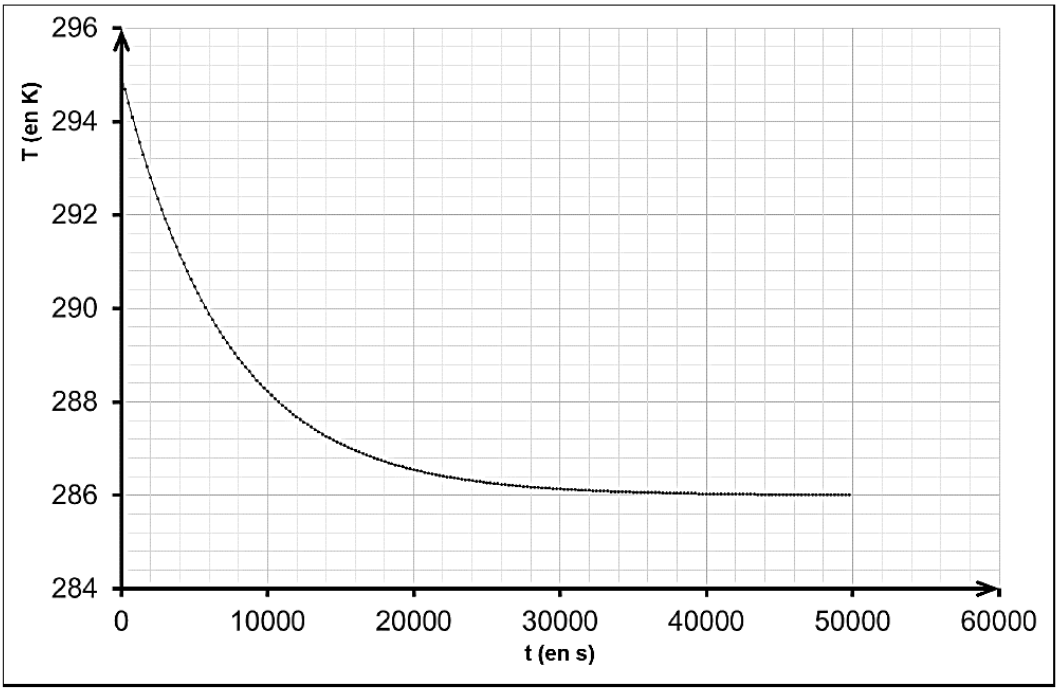
$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau}(T - T_{air})$$

En déduire l'expression et l'unité de τ.

Le modèle d'évolution temporelle de la température du système {vin + bouteille}, solution de l'équationdifférentielle, est le suivant :

$$T(t) = (T_0 - T_{air})e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{air}$$

Cette évolution temporelle de la température (t) est représentée ci-dessous :



4. Retrouver à l'aide des résultats de la modélisation les valeurs de T_0et de T_{air}.

5. Estimer graphiquement au bout de combien de temps le vin pourra être servi à la températuresouhaitée (à 0,5 degré près).

A1 – Transferts thermiques : conduction $\begin{cases}\text{sans transport de matière}\\ \text{milieu matériel}\end{cases}$ béton

A2

11

convection $\begin{cases}\text{transport de matière}\\ \text{milieu matériel}\end{cases}$ Air

rayonnement $\begin{cases}\text{pas de milieu matériel}\\ \text{OEM}\end{cases}$ rayonnement solaire

B1 {mur + double vitrage} $R_1 = R_{mur} + R(\text{double vitrage}) = \frac{e}{\lambda S_{mur}} + R\left(\text{double vitrage}\right)$

111

$R_1 = \frac{0,40}{1,75 \times 3,0 \times 2,5} + 9,13 = 1,6.10^{-2}\ K.W^{-1}$ soit $\Phi_1 = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{19-5}{1,6.10^{-2}} = 8,7.10^{1}\ W$

{mur + double vitrage + lame d'air} $R_2 = \frac{e}{\lambda S_{mur}} + R\left(\text{double vitrage}\right) + \frac{e}{\lambda S_{air}}$

$R_2 = 1,6.10^{-1} + \frac{9,0.10^{-2}}{0,0262 \times 3,0 \times 2,5} = 6,2.10^{-1}\ K.W^{-1}$

soit $\Phi_2 = \frac{T_1 - T_2}{R_2} = \frac{19-5}{6,2.10^{-1}} = 2,3.10^{1}\ W$

B.2. Le Flux Φ (la vitesse de propagation de la chaleur) est + faible avec la lame d'air. Cette lame d'air permet donc de moins propager la chaleur, c'est un bon isolant thermique.

1

C-1- $\Delta U = C.\Delta T = 39,2.10^{3}\ J.K^{-1}.(23,0 - 19,0)\ K = 1,57.10^{5}\ J$

1

C-2- $F_{solaire} = 675\ W$

1 Flux réellement reçu : $\Phi = 675 \times \frac{25}{100} = 169\ W$

or $\Phi = \frac{\Delta U}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta U}{\Phi} = \frac{1,57.10^{5}}{169} = 929\ s = 15\ min\ 29\ s$

D1- Φ_c s'exprime en W

1 Équation aux dimensions $[h S (T_m - T)] = [W.m^{-2}.K^{-1} \times m^2 \times K] = [W]$

donc $\Phi_c = h S (T_m - T)$

D2 - on calcule Φ_c

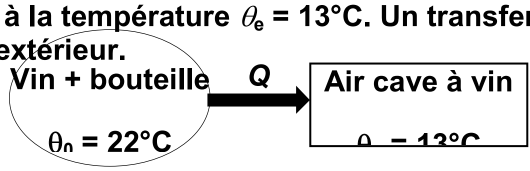
1 $\Phi_c = 10 \times 3,0 \times 2,5 \times (25 - 19) = 450\ W < 4000\ W$

il existe donc un autre mode de restitution de la chaleur à l'air.

Exercice A : Cave à vin (5 points)

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

Le système {vin + bouteille} est à la température initiale θ_0 = 22°C quand il est placé dans la cave à vin dont l'air ventilé est à la température θ_e = 13°C. Un transfert thermique Q à donc lieu du système vers le milieu extérieur.



Le premier principe appliqué au système {vin + bouteille} donne : $\boxed{\Delta U = Q}$ (Q< 0 et W = 0 J).

7. Exprimer le transfert thermique Qpendant une durée très petite Δten fonction du flux thermiqueΦsupposé constant pendant cette durée et de Δt. Rappeler les unités, dans le système international,des grandeurs intervenant dans cette expression.

$\Phi = \dfrac{Q}{\Delta t}$ **donc $\boxed{Q = \Phi \times \Delta t}$ avec Φen W, Q en J et Δt en s.**

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

8. Exprimer le flux thermique Φen fonction de la capacité thermique Cdu système supposéincompressible, de sa variation de température ΔTet de la durée Δt.

On a : $\Delta U = C \times \Delta T = Q$ donc $\boxed{\Phi = \dfrac{C \times \Delta T}{\Delta t}}$

9. En utilisant la loi phénoménologique de Newton, et en faisant tendre Δtvers 0, vérifier quel'équation différentielle qui régit l'évolution de la température Ts'écrit :

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau}(T - T_{air})$$

En déduire l'expression et l'unité de τ.

Loi phénoménologique de Newton : $\Phi = -h \times S \times (T - T_{air})$ et $\Phi = \dfrac{C \times \Delta T}{\Delta t}$

En égalant les deux expressions du flux thermique : $-h \times S \times (T - T_{air}) = \dfrac{C \times \Delta T}{\Delta t}$

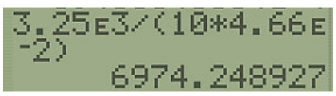
Donc : $\dfrac{\Delta T}{\Delta t} = -\dfrac{h \times S}{C} \times (T - T_{air})$. En faisant tendre Δtvers 0 : $\lim\limits_{\Delta t \to 0}\left(\dfrac{\Delta T}{\Delta t}\right) = \dfrac{dT}{dt}$

donc $\boxed{\dfrac{dT}{dt} = -\dfrac{hS}{C}(T - T_{air})}$

En comparant avec l'expression : $\dfrac{dT}{dt} = -\dfrac{1}{\tau}(T - T_{air})$, il vient : $\dfrac{1}{\tau} = \dfrac{hS}{C}$ soit $\boxed{\tau = \dfrac{C}{hS}}$

L'expression $\dfrac{dT}{dt} = -\dfrac{1}{\tau}(T - T_{air})$ montre que t est homogène à un temps.

<u>Remarque</u> : $\tau = \dfrac{3,25 \times 10^3}{10 \times 4,66 \times 10^{-2}}$ = 7,0×10³ s



Le modèle d'évolution temporelle de la température du système {vin + bouteille}, solution de l'équationdifférentielle, est le suivant :

$$T(t) = (T_0 - T_{air})e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{air}$$

Cette évolution temporelle de la température (t) est représentée ci-dessous :

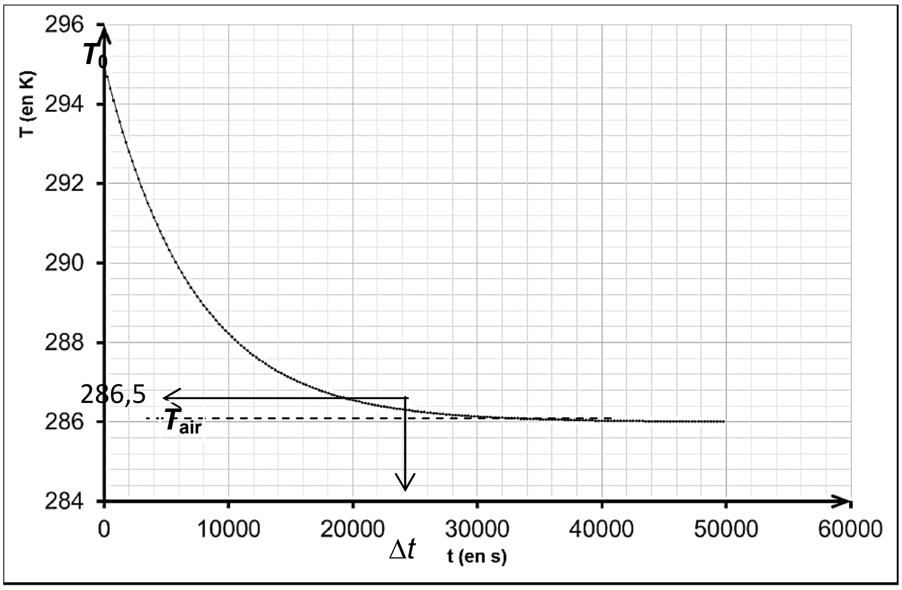
10. Retrouver à l'aide des résultats de la modélisation les valeurs de T_0et de T_{air}.

On a : $\boldsymbol{T(t) = (T_0 - T_{air})e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{air}}$ **donc :** $\boldsymbol{T(0) = (T_0 - T_{air})e^{0} + T_{air} = T_0}$

$$\boldsymbol{T(t \to \infty) = (T_0 - T_{air})e^{-\infty} + T_{air} = T_{air}}$$

Graphiquement : $\boldsymbol{T_0}$ **= 295 K soit**$\boldsymbol{\theta_0}$ **= (295 – 273) °C = 22 °C.**

$\boldsymbol{T_{air}}$ **= 286 K soit** $\boldsymbol{\theta_{air}}$ **= (286 – 273) °C = 13 °C.**



11. Estimer graphiquement au bout de combien de temps le vin pourra être servi à la températuresouhaitée (à 0,5 degré près).

À 0,5 degré près, on a : $\boldsymbol{\Delta\theta}$ **= 0,5 °C soit** $\boldsymbol{\Delta T}$ **= 0,5 K.**

On cherche l'abscisse du point d'intersection entre la droite horizontale à la température 286,5 K et la courbe. Graphiquement : $\boldsymbol{\Delta t \approx}$ **20 000 s = 5,55 h.**

<u>Remarque</u> : cette durée correspond à environ 2,8$\boldsymbol{\tau}$**.**