Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2022 Septembre Jour 1 Sciences physiques pour les Sciences de l'ingénieur.e
Durée : 30 min EXERCICE B – Le spa gonflable (10 points)
Correction © https://labolycee.org

Mots-clés : : premier principe de la thermodynamique ; transferts thermiques ; loi de Newton de la thermique.

Dans un premier temps, on s'intéresse à la mise en service du spa. Le spa est rempli avec de l'eau à la température initiale T_i = 17 °C, puis le chauffage est mis en route. On suppose que la masse d'eau dans le spa reste constante.

Q1. Exprimer la capacité thermique C de l'eau du spa en fonction de V_{eau}, ρ_{eau} et c_{eau}.

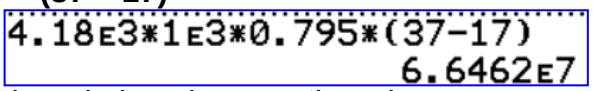
En déduire l'expression puis la valeur de la variation d'énergie interne ΔU de l'eau du spa lorsque sa température varie de T_i à la température T_f = 37 °C.

(1pt) La capacité thermique C est égale à l'énergie qu'il faut fournir à l'eau du spa pour augmenter sa température d'un degré.

Or la capacité thermique massique de l'eau c_{eau} est l'énergie qu'il faut fournir à un kilogramme d'eau pour augmenter sa température d'un degré.

On a $C = c_{eau}.m_{eau}$
$C = c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}$

$\Delta U = C.\Delta T = c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}.(T_f - T_i)$
$\Delta U = 4{,}18\times10^3$ J.K^{-1}.kg^{-1} × $1{,}00\times10^3$ kg.m^{-3} × 0,795 m^3 × (37 – 17)
$\Delta U = 6{,}6\times10^7$ J = 66 MJ



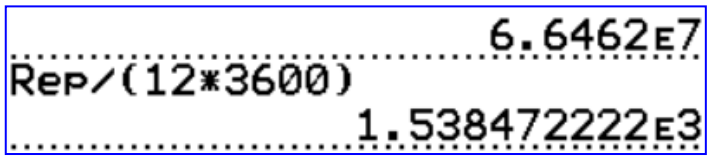
Q2. À l'aide notamment de la figure 2, montrer que la valeur de la puissance thermique moyenne P reçue par l'eau du spa lors de la mise en service est de l'ordre de 1,5 kW.

(1pt) Pour obtenir la hausse de température de 17°C à 37°C, il a fallu chauffer l'eau pendant environ Δt = 12h.

On a $E = P.\Delta t$, ici l'énergie thermique reçue par l'eau est égale à sa variation d'énergie interne ΔU.

$\Delta U = P.\Delta t$ donc $P = \dfrac{\Delta U}{\Delta t}$

$P = \dfrac{6{,}6\times10^7 \text{ J}}{12\times3600 \text{ s}}$ = 1,5×10^3 W = 1,5 kW



Q3. Comparer cette puissance thermique moyenne P reçue par l'eau du spa avec la puissance de chauffage du spa $P_{chauffage}$ et commenter.

(1 pt) La puissance de chauffage indiquée dans les données est
$P_{chauffage} = 2{,}20\times10^3$ W = 2,20 kW.
La puissance de chauffage est supérieure à la puissance thermique reçue par l'eau, en effet l'eau n'est pas parfaitement isolée du milieu extérieur, elle cède une partie de la puissance reçue à ce milieu extérieur.

Dans cette partie, on s'intéresse aux pertes d'énergie thermique du spa lorsque le système de chauffage est éteint.

La paroi du spa est constituée de deux couches de PVC de 4 mm d'épaisseur, séparées par une couche d'air de 24 cm d'épaisseur. On considère une température extérieure moyenne de 9 °C et une température de l'eau moyenne de 37 °C.

Q4. Expliquer qualitativement pourquoi il est, a priori, intéressant, d'un point de vue thermique, que les parois soient remplies d'air.

(1pt) L'eau chaude cède de la chaleur à l'air extérieur par conduction, directement au-dessus de la surface de l'eau et aussi par le biais des parois remplies d'air.
L'air est un bon isolant thermique, il permet de réduire le flux de chaleur à travers les parois.

Q5. Déterminer le sens du transfert thermique dans cette situation. Justifier.
(1pt) Le transfert thermique a lieu du corps chaud (l'eau à 37°C) vers le corps froid (l'air à 9°C).

On considère le spa ouvert, le système de chauffage étant éteint. À l'instant t = 0, la température vaut 37 °C. On modélise le transfert thermique Q entre l'eau du spa et l'air extérieur entre les instants t et $t + \Delta t$ par la loi de Newton : $Q = h.S.(T_{ext} - T(t)).\Delta t$
Avec h le coefficient conducto-convectif surfacique, S l'aire de la surface de l'eau en contact avec l'air, T_{ext} la température de l'air extérieur, $T(t)$ la température de l'eau du spa et Δt la durée d'étude supposée petite devant la durée typique d'évolution de la température du système.

Q6. Établir l'équation différentielle qui caractérise alors l'évolution temporelle du système {eau du spa} et la mettre sous la forme : $\frac{dT}{dt} + \frac{T(t)}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau}$ avec τ le temps caractéristique de l'évolution de la température du système dont on donnera l'expression en fonction de h, S, c_{eau}, ρ_{eau} et V_{eau}.
(2 pts) D'après le premier principe de la thermodynamique $\Delta U = W + Q$.
Le système est immobile et incompressible, il n'échange pas d'énergie sous forme de travail ainsi $W = 0$
$\Delta U = Q$
$c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}.(T_f - T_i) = h.S.(T_{ext} - T(t)).\Delta t$
$c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}.(T(t + \Delta t) - T(t)) = h.S.(T_{ext} - T(t)).\Delta t$
On divise par Δt : $c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}.\frac{T(t+\Delta t) - T(t)}{\Delta t} = h.S.(T_{ext} - T(t))$
Pour $\Delta t \rightarrow 0$ alors $c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}.\frac{dT}{dt} = h.S.(T_{ext} - T(t))$
On divise par $c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}$: $\frac{dT}{dt} = \frac{h.S}{c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}}.(T_{ext} - T(t))$

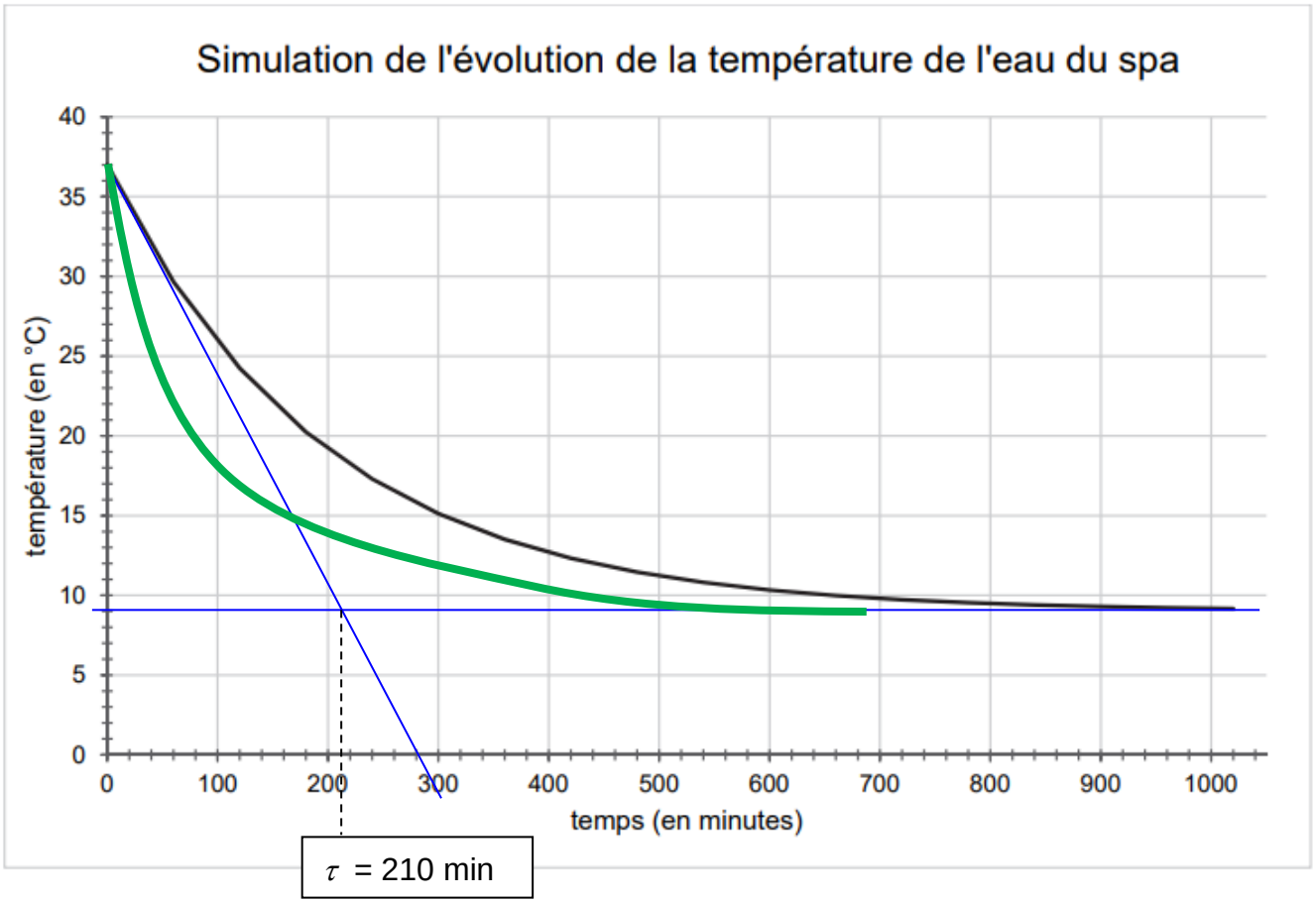
$$\frac{dT}{dt} + \frac{h.S}{c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}}.T(t) = \frac{h.S}{c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}}.T_{ext}$$

En posant $\tau = \frac{c_{eau}.\rho_{eau}.V_{eau}}{h.S}$**, on obtient** $\frac{dT}{dt} + \frac{T(t)}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau}$ **.**

L'évolution de la température peut être modélisée par une équation du type :
$T(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + B$ où A et B sont deux constantes que l'on ne cherchera pas à déterminer.
Une simulation de cette évolution est proposée sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**
Q7. À l'aide de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, déterminer graphiquement la valeur de τ. Commenter.
(1pt) On trace la tangente à la courbe représentative de la température en fonction du temps à la date t = 0 s. Elle coupe l'asymptote horizontale $T = T_{ext}$ à la date $t = \tau$.
Voir construction graphique ci-après.
On lit τ = 210 min.
(0,5pt) On sait que sans chauffage la température de l'eau atteindrait la température de l'air extérieur en une durée égale à 5τ = 5×210 min = 1,05×10^3 min = 17,5 h.
Cette valeur de τ semble réaliste, en effet la différence de température entre l'eau et l'air est très forte ce qui expliquerait ce refroidissement assez rapide.

Dans les mêmes conditions que précédemment, on active les bulles du spa.
Q8. Expliquer qualitativement comment évolue la valeur de τ comparée à la situation précédente.
(0,5 pt) Les bulles vont favoriser le brassage de l'eau. Les transferts thermiques avec l'air extérieur seront plus importants.
L'eau va se refroidir plus vite donc τ diminue.

Q9. Sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, tracer alors l'allure de la courbe d'évolution de la température que l'on obtiendrait dans ce dernier cas.
Voir courbe verte.



Merci de nous signaler la présence d'éventuelles erreurs : labolycee@labolycee.org

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.