Bac S 2016 Polynésie **Correction © http://labolycee.org**

EXERCICE II : SE CHAUFFER AVEC LE NUMÉRIQUE (8 points)

1. Isolation thermique des murs du centre de données

Raisonnement pour un mur de surface S = 1,0 m^2.

1.1. Pour obtenir le label HQE, le mur extérieur doit posséder une résistance thermique Z_{HQE} = 4,00 m^2.K^{-1}.W^{-1}.

La conductivité thermique du béton armé est λ = 2,2 W.K^{-1}.m^{-1}.

On apprend dans le sujet que $Z = \dfrac{e}{\lambda}$ donc $\boldsymbol{e = Z.\lambda}$

e = 4,00×2,2 = **8,8 m**.

Si le mur extérieur était en béton, il devrait avoir une épaisseur de 8,8 m.

1.2. La résistance thermique a pour expression $R_{th} = \dfrac{Z}{S}$ avec $Z = \dfrac{e}{\lambda}$ donc $R_{th} = \dfrac{\frac{e}{\lambda}}{S} = \dfrac{e}{\lambda.S}$.

Si on raisonne pour une surface de 1,0 m^2, alors $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda} = Z$.

Pour une même épaisseur e, la résistance thermique est d'autant plus grande que la conductivité thermique λ est faible.

Comme la laine de verre possède une conductivité thermique de 0,032 W.K^{-1}.m^{-1}, bien plus faible que celle du béton ; elle constitue un très bon isolant thermique.

1.3. Il faut déterminer la résistance thermique de l'ensemble béton + laine de verre + polymère.

Les résistances thermiques de plusieurs matériaux s'additionnent.

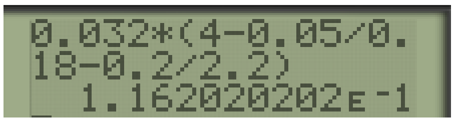
Pour 1 m² de mur, on a $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda} = Z$

$Z = R_{th} = R_{th}(béton) + R_{th}(\text{laine}) + R_{th}(polym)$

$$Z = \frac{e(béton)}{\lambda(béton)} + \frac{e(laine)}{\lambda(laine)} + \frac{e(polym)}{\lambda(polym)}$$

$$\frac{e(laine)}{\lambda(laine)} = Z - \frac{e(poly)}{\lambda(poly)} - \frac{e(béton)}{\lambda(béton)}$$

$$e(laine) = \lambda(laine).\left(Z - \frac{e(polym)}{\lambda(polym)} - \frac{e(béton)}{\lambda(béton)}\right)$$



$e(laine) = 0{,}032 \times \left(4{,}00 - \dfrac{0{,}050}{0{,}18} - \dfrac{0{,}20}{2{,}2}\right)$ = 0,12 m = **12 cm** en ne conservant que deux chiffres significatifs.

2. Bilan thermique du centre de données

2.1. Les ordinateurs cèdent de l'énergie thermique par convection, par conduction et par rayonnement.

2.2. On admet que toute l'énergie électrique est transformée en énergie thermique.

Pour un serveur $Q_{serveur} = P.\Delta t$, pour N serveurs on a $Q_{serveurs} = N.P.\Delta t$

$Q_{serveurs}$ = 20 000 × 480 × 24 ×60 × 60 = 8,3×10^{11} J comme indiqué.

2.3.1. Transfert thermique à travers le sol Q_{sol} ?

$Q_{sol} = \varphi.\Delta t$ avec $\varphi = \dfrac{T_{\text{int}} - T_{ext}}{R_{th}}$ ainsi $Q_{sol} = \left(\dfrac{T_{\text{int}} - T_{ext}}{R_{th}}\right).\Delta t$

Attention on ne raisonne plus sur 1 m^2, on a $R_{th} = \dfrac{Z}{S}$.

$$Q_{sol} = \left(\dfrac{T_{\text{int}} - T_{ext}}{\dfrac{Z}{S}}\right).\Delta t = \left(\dfrac{(T_{\text{int}} - T_{ext}).S}{Z}\right).\Delta t = \left(\dfrac{(T_{\text{int}} - T_{ext}).L.l}{Z}\right).\Delta t$$

$Q_{sol} = \left(\dfrac{(23-11)\times 80\times 50}{4{,}00}\right)\times 24\times 3600$ = 1,0×10^9 J = **1,0 GJ**

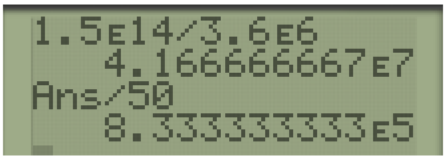
2.3.2. $Q_{\text{totale}} = Q_{\text{sol}} + Q_{\text{murs}} + Q_{\text{toiture}}$

Q_{totale} = 1,0×10^9 + 9,0×10^8 + 6,8×10^8 = 2,6×10^9 J = **2,6 GJ**

2.4. Les serveurs libèrent $Q_{serveurs}$ = 8,3×10^{11} J or le bâtiment est si bien isolé qu'il n'évacue que Q_{totale} = 2,6×10^9 J.
Si rien n'est fait, la température à l'intérieur du bâtiment va augmenter considérablement. Ce qui peut nuire au bon fonctionnement des serveurs.

3. Valorisation de l'énergie produite par les serveurs

3.1. Il faut convertir l'énergie thermique donnée en J en kWh.
1 kWh = 3,6×10^6 J



$Q_{6\text{mois}}(\text{kWh}) = \dfrac{Q_{6mois}(\text{J})}{3{,}6\times 10^6}$

$Q_{6\text{mois}}(\text{kWh}) = \dfrac{1{,}5\times 10^{14}}{3{,}6\times 10^6}$ = 4,2×10^7 kWh

En divisant par l'énergie nécessaire pour chauffer 1 m^2, on obtient une surface S = 8,3×10^5 m^2

Selon Dalkia le centre de données peut chauffer jusqu'à 600 000 m^2 = 6,00000×10^5 m^2 ; cette valeur est réaliste puisque proche de celle calculée.

3.2. Sans perte d'énergie, on a $W + Q_{\text{air}} = Q_{\text{eau}}$.

3.3. On peut déterminer l'énergie thermique reçue par l'eau pour ensuite calculer l'élévation de température qu'elle peut engendrer. Ensuite on déterminera le mode de chauffage adapté.

L'eau reçoit l'énergie $Q_{\text{eau}} = W + Q_{\text{air}}$, il faut convertir W en J.
Q_{eau} = 1,0×10^5 ×3,6×10^6 + 5,2×10^{11} = 8,8×10^{11} J
Calculons le volume d'eau qui circule en 24 h et qui reçoit cette énergie :
Le débit est de D = 2,0×10^2 m^3.h^{-1}, donc en Δt = 24 h on a un volume d'eau $V_{\text{eau}} = D.\Delta t$
V_{eau} = 4,8×10^3 m^3.

Calculons la masse correspondante :
$m_{\text{eau}} = \rho_{\text{eau}}.V_{\text{eau}}$
m_{eau} = 1,0×10^3 ×4,8×10^3 = 4,8×10^6 kg

La capacité calorifique c_{eau} exprimée en J.kg^{-1}.K^{-1} est l'énergie qu'il faut fournir à un kilogramme d'eau pour voir sa température augmenter de 1 K (ou 1°C).
$Q_{\text{eau}} = m_{\text{eau}} \,.\, c_{\text{eau}} \,.\, \Delta\theta$

$$\Delta\theta = \frac{Q_{eau}}{m_{eau}.c_{eau}}$$

$$\theta_f - \theta_i = \frac{Q_{eau}}{m_{eau}.c_{eau}}$$

$$\theta_f = \frac{Q_{eau}}{m_{eau}.c_{eau}} + \theta_i$$

$$\theta_f = \frac{8{,}8 \times 10^{11}}{4{,}8 \times 10^{6} \times 4185} + 10$$

θ_f = 54°C

L'eau sera donc utilisée dans des **radiateurs** car sa température est comprise entre 50°C et 65°C. Elle est trop chaude pour une utilisation dans un plancher chauffant.

Version littérale plus rigoureuse (Objectif Après le bac) :

$Q_{eau} = W + Q_{air}$

$m_{eau}.c_{eau}.(\theta_f - \theta_i) = W + Q_{air}$

En notant D le débit en $m^3.h^{-1}$, on a $m_{eau} = \rho_{eau}.D.\Delta t$

On raisonnera pour une journée soit Δt = 24 h.

$$\theta_f - \theta_i = \frac{W + Q_{air}}{\rho_{eau}.D.\Delta t.c_{eau}}$$

$$\theta_f = \frac{W + Q_{air}}{\rho_{eau}.D.\Delta t.c_{eau}} + \theta_i$$

Il faut convertir W en joules.

$$\theta_f = \frac{1{,}0 \times 10^{5} \times 3{,}6 \times 10^{6} + 5{,}2 \times 10^{11}}{1{,}0 \times 10^{3} \times 2 \times 10^{2} \times 24 \times 4185} + 10$$

θ_f = 54°C

Compétences exigibles ou attendues :

En noir : officiel (Au B.O.)

En bleu : officieux (au vu des sujets de Bac depuis 2013)

- Extraire et exploiter des informations sur des réalisations ou des projets scientifiques répondant à des problématiques énergétiques contemporaines.
- Argumenter sur des solutions permettant de réaliser des économies d'énergie.
- Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.
- *Calculer la résistance thermique d'une paroi constituée d'un ou plusieurs matériaux (la relation étant donnée).*
- *Connaître les trois modes de transferts thermiques.*
- *Connaitre et exploiter la relation liant énergie, puissance et durée : $E = P.\Delta t$ (3ème et 1ère S)*
- Faire un bilan énergétique dans les domaines de l'habitat ou du transport.
- Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.
- Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé : $\Delta U = m_{corps} . c_{corps} . \Delta T$