Construction d'une maison passive
(Bac S - Liban - juin 2015)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© *http://b.louchart.free.fr*

1. Isolation et chauffage

1.1. 1ère méthode : $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda.S}$, donc R_{th} s'exprime en $\dfrac{m}{W.m^{-1}.K^{-1} \times m^2}$, c'est-à-dire en $K.W^{-1}$

2ème méthode :

$\Phi = \dfrac{T_i - T_e}{R_{th}} \Rightarrow R_{th} = \dfrac{T_i - T_e}{\Phi}$. Donc R_{th} s'exprime en $\dfrac{K}{W}$, c'est-à-dire en $K.W^{-1}$

1.2. $R_{th} = \dfrac{e}{\lambda.S}$

Pour une surface S donnée, afin d'augmenter l'isolation, c'est-à-dire augmenter la résistance thermique R_{th} , il faut donc :

- accroître l'épaisseur e de la paroi
- utiliser un matériau ayant une conductivité thermique λ plus faible

1.3. D'après le tableau de données, le mur extérieur est constitué de 5 couches : un enduit de plâtre, des briques plâtrières, des panneaux de liège expansé, une brique creuse standard et un enduit sable/chaux.

Or d'après l'énoncé, si une paroi est constituée de plusieurs couches de matériaux d'épaisseur et de conductivité différentes, alors les résistances thermiques de chaque couche s'additionnent.

et pour la couche n° i, $R_{th,\,i} = \dfrac{e_i}{\lambda_i.S}$ *(chaque couche ayant la même surface S)*

La résistance thermique des murs extérieurs est donc :

$$R_m = \frac{e_1}{\lambda_1.S} + \frac{e_2}{\lambda_2.S} + \frac{e_3}{\lambda_3.S} + \frac{e_4}{\lambda_4.S} + \frac{e_5}{\lambda_5.S}$$

$$= \frac{1}{S} \times \left(\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + \frac{e_5}{\lambda_5} \right)$$

$$= \frac{1}{85} \times \left(\frac{1{,}5 \times 10^{-2}}{0{,}50} + \frac{5{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}80} + \frac{6{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}040} + \frac{20 \times 10^{-2}}{0{,}60} + \frac{2{,}5 \times 10^{-2}}{1{,}05} \right)$$

$$= 0{,}023 \text{ K.W}^{-1}$$

1.4. Si on remplaçait les matériaux d'isolation des combles par de la laine de verre d'épaisseur e', la nouvelle résistance thermique serait :

$$R'_{th,\ combles} = \frac{e'}{\lambda_{lv} \times S_{combles}}$$

Pour que cette résistance thermique soit égale à la résistance thermique initiale des combles $R_{th,\ combles}$, il faut que : $R'_{th,\ combles} = R_{th,\ combles}$

donc que : $\dfrac{e'}{\lambda_{lv} \times S_{combles}} = R_{th,\ combles}$

c'est-à-dire que : $e' = R_{th,\ combles} \times \lambda_{lv} \times S_{combles} = 0{,}053 \times 0{,}038 \times 79 = 0{,}16\ m = 16\ cm$

1.5.1. La température intérieure (19°C) étant supérieure à la température de l'air extérieur (4°C) et à celle du sol extérieur (10°C), les flux thermiques à travers les murs extérieurs, les vitres, le sol et les combles ont lieu vers l'extérieur de la maison.

1.5.2.

- Calculons la valeur du transfert thermique à travers les vitres.

  $\Phi = \dfrac{Q_v}{\Delta t} \Rightarrow Q_v = \Phi \times \Delta t$

  Or $\Phi = \dfrac{T_i - T_e}{R_{th}}$

  On obtient donc : $Q_v = \dfrac{T_i - T_e}{R_{th}} \times \Delta t = \dfrac{19-4}{0{,}10} \times (24 \times 60 \times 60) = 1{,}3 \times 10^7\ J = 13\ MJ$

- La température de l'intérieur de la maison est constante. donc la variation d'énergie interne est nulle : $\Delta U = 0\ J$

  $\Delta U = W + Q$
  Or $W = 0\ J$ et $Q = Q_{poêle} - Q_m - Q_v - Q_s - Q_c$

  On obtient : $Q_{poêle} - Q_m - Q_v - Q_s - Q_c = 0$
  soit : $Q_{poêle} = Q_m + Q_v + Q_s + Q_c = 56 + 13 + 37 + 24 = 130\ MJ$

1.6. Déterminons le besoin en chauffage de la maison pour 1 an, en considérant 100 jours de chauffage.
$Q' = 100 \times Q_{poêle} = 100 \times 130 = 13000\ MJ$

1 kW.h = 3,6 MJ, donc $Q' = \dfrac{13000}{3{,}6}\ kW.h = 3{,}6 \times 10^3\ kW.h$

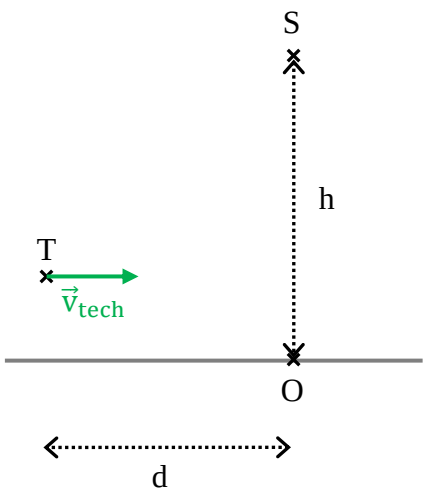
Le besoin en chauffage par m^2 habitable et par an est donc égal à :

$\dfrac{3{,}6 \times 10^3}{68} = 53$ kW.h par m^2 habitable et par an

Cette valeur est supérieure à 15 kW.h par m^2 habitable et par an, donc elle ne peut pas être considérée comme une maison passive.

2. Incident sur un chantier

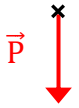
2.1.



2.2.

- système : {sac de sable}
- référentiel : terrestre, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
  $\vec{P}$ son poids
  On néglige l'action de l'air



- D'après la 2ème loi de Newton, dans un référentiel galiléen, $\Sigma \vec{F}_{ext} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$

  Or $\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{P}$

  et $\dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{d(m\vec{v}_S)}{dt} = m\dfrac{d\vec{v}_S}{dt} = m\vec{a}_S$

  car m ne dépend pas de t

  $\Rightarrow \vec{P} = m\vec{a}_S$

  $\Rightarrow m\vec{g} = m\vec{a}_S$

  $\Rightarrow \vec{a}_S = \vec{g}$

- $\vec{a}_S \left| \begin{array}{l} a_x \\ a_y \end{array} \right. = \vec{g} \left| \begin{array}{l} 0 \\ -g \end{array} \right. \Rightarrow \vec{a}_S \left| \begin{array}{l} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{array} \right.$

- $\vec{a}_S = \dfrac{d\vec{v}_S}{dt} \Rightarrow \vec{v}_S \left| \begin{array}{l} v_x = C_1 \\ v_y = -gt + C_2 \end{array} \right.$

  Or $\vec{v}_S$ (t=0 s) $\left| \begin{array}{l} C_1 \\ C_2 \end{array} \right. = \vec{v}_0 \left| \begin{array}{l} 0 \\ 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_1 = 0 \\ C_2 = 0 \end{array} \right.$

Donc $\vec{v}_S(t) \left| \begin{array}{l} v_x = 0 \\ v_y = -gt \end{array} \right.$

- $\vec{v}_S = \dfrac{d\overrightarrow{OS}}{dt} \Rightarrow \overrightarrow{OS} \left| \begin{array}{l} x = C_3 \\ y = -\dfrac{1}{2}gt^2 + C_4 \end{array} \right.$

Or $\overrightarrow{OS}$ (t=0 s) $\left| \begin{array}{l} C_4 \\ C_5 \end{array} \right. = \overrightarrow{OS_0} \left| \begin{array}{l} 0 \\ h \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_3 = 0 \\ C_4 = h \end{array} \right.$

Donc $\overrightarrow{OS}(t) \left| \begin{array}{l} x = 0 \\ y = -\dfrac{1}{2}gt^2 + h \end{array} \right.$

On obtient donc bien : $y_S = -4{,}9\,t^2 + 6{,}2$ (avec y_S en m et t en s)

2.3. La chute est verticale (droite $x = 0$).
Le sac touche le sol en O.

- Déterminons l'instant t_2 où le sac touche le sol.

  $y(t_2) = 0 \Rightarrow -\dfrac{1}{2}g\,t_2^2 + h = 0 \Rightarrow t_2^2 = \dfrac{2h}{g} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\dfrac{2h}{g}} = \sqrt{\dfrac{2 \times 6{,}2}{9{,}8}} = 1{,}1$ s

  On ne retient pas la solution $t_2 = -\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$ car $t_2 > 0$: le sol ne peut pas toucher le sol avant que le câble ait cédé.

- Déterminons la position du technicien à cet instant.
  Le technicien se déplace à vitesse constante ($v_{tech} = 1{,}1$ m.s^{-1}) en direction du point d'impact du sac.
  À $t = 0$ s, il est situé à $d = 2{,}5$ m de O.
  Donc à l'instant $t_2 = 1{,}1$ s , il sera situé à $d' = 2{,}5 - 1{,}1 \times 1{,}1 = 1{,}3$ m.
  Le sac touchant le sol à 1,3 m devant le technicien, celui-ci ne subira pas d'accident corporel.