PARTIE A

A.1.1. Surface *S* du panneau S=3,50 m², apport d'énergie par jour et par m²
E_E=4,80 kWh.m^{-2}
Q=*S* x E_E = **<u>16,8 kWh.</u>**

A.1.2. $Q_{eau}=(1-\frac{20}{100})\times Q$ = **<u>13,4 kWh.</u>**

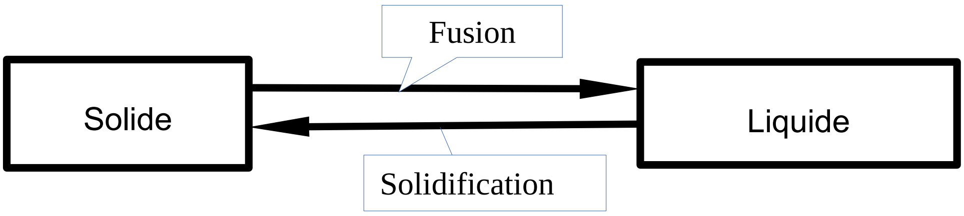
A.1.3. Le ballon contient un volume V = 200L = 0,200 m³ d'eau, de masse $m=\rho\times V$ =200 kg

$Q_{eau}=m\times C_{eau}\times(\theta_f-\theta_i)$ avec θ_i=15,0°C d'où $\theta_f=\theta_i+\frac{Q_{eau}}{m\times C_{eau}}$

On doit exprimer Q_{eau} en J : Q_{eau} = 13,4 x 3,6 x 10^6 = 4,84 x 10^7 J
L'application numérique donne **<u>θ_f=72,9 °C</u>** soit effectivement environ 73°C.

A.1.4 Il s'agit de pertes par conduction à travers la paroi du ballon.

A.2.1



A.2.2 De l'énergie est cédée à l'environnement lors du passage de l'état liquide à l'état solide (solidification)

A.2.3 Les MCP deviennent efficaces à leur température de fusion, qui est aussi leur température de solidification, soit **50°C**.

A.2.4 L'énergie libérée par la solidification est égale à $Q_{MCP}=m_{MCP}\times L_f$ = 9,45 x10^6 J

En kWh : $Q_{MCP}=\frac{9{,}45\times10^{6}}{3{,}6\times10\,sp6}$ =**<u>2,63 kWh</u>**

A.2.5 L'énergie récupérable à partir des MCP représente 2,63/7,7=0,34=34 % des pertes thermiques indiquées à la question A.1.4 . L'utilisation des MCP permettra donc de limiter efficacement la baisse de température de l'eau pendant la nuit.

PARTIE B

B.1. 1
Le débit indiqué dans la notice technique est un débit massique
Q_m = 72,4 kg.h-1 = 72,4/3600 kg.s^{-1} = 2,01 x 10^{-2} kg.s^{-1}

On a $Q_v=\frac{Q_m}{\rho}=\frac{2{,}01\times10^{-2}}{1035}$ =**<u>1,9 x 10 $^{-5}$ m³.s^{-1}</u>** conformément à la valeur indiquée.

B.1.2. Si *S* est la section des tuyaux de diamètres *d*=18,0mm,

$S=\pi\times(\frac{d}{2})^2$ =2,54 x 10^{-4} m² et $Q_v=S\times v\Leftrightarrow v=\frac{Q_v}{S}$ =**<u>7,5 x10^{-2} m.s^{-1}</u>**

B.2.1 (D’après le schéma le fluide circule de M à N en passant à travers la pompe (circulateur). On écrit le théorème de Bernouilli entre M et N :

$$\frac{1}{2}\rho(v_N^2-v_M^2)+(p_N-p_M)+\rho\times g\times(z_N-z_M)=\frac{P_u}{Q_v}$$

Puisque le diamètre des tuyaux est identique sur la totalité du circuit , la vitesse du fluide est la même en M et en N. Le théorème de Bernouilli se simplifie donc en

$$(p_N-p_M)+\rho\times g\times(z_N-z_M)=\frac{P_u}{Q_v}\Leftrightarrow P_u=Q_v\times((p_N-p_M)+\rho\times g\times(z_N-z_M))$$

On nous donne z_N-z_M=8,0 m et p_N-p_M=2,5 bar = 2,5 x 10 ^{5} Pa d’où **$\underline{P_u}$=6,3 W.**

B.2.2 $\eta=\frac{P_u}{P_{électrique}}\Leftrightarrow P_{électrique}=\frac{P_u}{\eta}$ = **6,8 W**

B.2.3. L’énergie électrique consommée annuellement est , en kWh : $E_{électrique}$=$P_{électrique}$ *x t*
avec *P* = 0,0068 kW et *t* = 365,25 x 10 = 3652,5 h de fonctionnement par an.
$E_{électrique}$= 25 kWh .
Le coût annuel est de 25 x 0,14449 = **3,6€** par an, il est donc extrêmement faible.

PARTIE C

C.1 ,1 D’après le tableau du document 1, la solubilité du calcaire diminue fortement quand la température croît (c’est une exception : pour la plupart des solides, au contraire, la solubilité augmente quand la température augmente). C’est pourquoi le calcaire se dépose davantage dans les endroits où l’eau est chauffée, comme le ballon d’eau chaude.

C.1.2. D’après le document sur la dureté de l’eau, 1°f correspond à 10 mg de calcaire dissout donc 25 ° correspond à 25x 10 = 250 mg = 0,25 g= c_m de calcaire dissout.

On a $C=\frac{c_m}{M}$ avec M=M(Ca) + M(C) + 3M(O) = 100,1 g.mol^{-1} donc *C*= 2,50.10^{-3} mol.L^{-1}

C.1.3 La température dans le ballon d’eau chaude peut monter jusqu’à 73°C , or la concentration trouvée est supérieure à la solubilité du calcaire à 50°C. On peut donc prévoir que du calcaire va se déposer dans le ballon.

C.1.4 On suppose dans cette question que la température de l’eau est 50°C, on utilise donc la valeur de la solubilité à 50°C.
Celle-ci est de *s*= 2,0x10^{-3} mol.L^{-1} alors que la concentration de calcaire dans l’eau froide est *C*= 2,50x10^{-3} mol.L$^{-1.}$.
A 50°C du calcaire va donc se déposer jusqu’à ce que la concentration devienne égale à la solubilité.
Il se dépose donc *C-s* = 0,5x10^{-3} mol.L^{-1} par litre d’eau chauffé à 50°C dans le ballon.
Pour une consommation de *V*= 70 m^3=7,0.10^{4}L , cela correspond à une quantité de matière déposée de (*C-s*) x *V* = 35 mol soit une masse *m=n x M* = 3,5 x 10 g =3,5kg

C.2.1 L’émaillage constitue une couche protectrice, il s’agit d’une protection par couverture.
Le couple Zn^{2+}/Zn a un potentiel inférieur à celui du couple Fe^{2+}/Fe, l’anode de zinc constitue donc une protection par anode sacrificielle.

C.2.2 On peut utiliser à la place du zinc un autre métal appartenant à un couple de potentiel rédox inférieur à celui du couple Fe^{2+}/Fe, comme Mg ou Al (*Al ne constituant pas* *ici une alternative réaliste car 1) il se passive 2) les ions Al^{3+} sont nocifs pour la santé, on évitera donc d'en introduire dans une eau qui passe par le circuit d'eau potable. L'utilisation du zinc comme anode sacrificielle dans un ballon d'eau chaude n'est d'ailleurs pas non plus très vraisemblable*)

C.2.3 $Zn = Zn^{2+} + 2e^-$

C.2.4 La charge électrique consommée en 10 ans est de
$q = I \times t$ = 2,50 x 10^{-3} x 10 x365,25 x 24 x 3600 = 7,9 x 10^5 C

Cela représente une quantité de matière d'électrons $n_e = \frac{q}{F}$ =8,2 mol

D'après la demi-équation d'oxydation du zinc une mole de zinc libère deux moles d'électrons en se dissolvant donc la quantité de matière de zinc dissout est

$n_{Zn} = \frac{n_e}{2}$ =4,1 mol.

Cela représente une masse de zinc dissout de $m_{Zn} = n_{Zn} \times M(Zn)$=2,7 x 10^2 g = 0,27 kg .
Cette masse constitue au plus 80 % de la masse initiale de l'électrode, donc celle-ci doit être au moins de 0,27/0,80 **= 0,33 kg**