

Baccalauréat STI2D

Epreuve de physique chimie

Session de juin 2013

Antilles Guyane

10/07/2013

www.udppc.asso.fr

Corrigé



PARTIE A : ENERGIE MECANIQUE DES VEHICULES

A-1 ÉTUDE MECANIQUE DU MOUVEMENT.

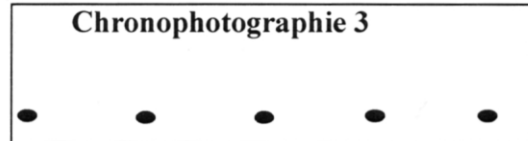
Un véhicule roule à vitesse constante sur une route plane. Il est soumis aux quatre forces suivantes : son poids \vec{P} , la réaction de la route \vec{R}_N , la force motrice \vec{F} , et une force de frottement \vec{f} .

La direction de la force de réaction, notée \vec{R}_N , sera supposée perpendiculaire à la route.

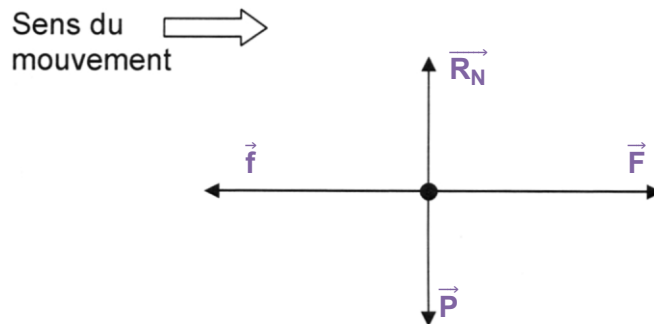
A-1-1 Caractéristique du mouvement

- a) Le véhicule est animé d'un mouvement rectiligne uniforme. Choisir parmi les chronophotographies suivantes celle qui correspond au mouvement étudié (le véhicule est modélisé par un point). Justifier la réponse.

Le mouvement est rectiligne et uniforme, donc la trajectoire est une droite et la vitesse est constante. Il s'agit de la 3^e chronophotographie.



- b) Reproduire le schéma ci-dessous sur votre copie (le point représente toujours le véhicule) et indiquer à quelles forces (présentées précédemment) correspondent les vecteurs.



- c) Que peut-on dire de la résultante des forces pour le mouvement étudié ?
Le mouvement est rectiligne et uniforme, d'après le principe d'inertie, la résultante des forces est donc nulle.

En déduire la relation entre les intensités de la force motrice F et de la force de frottement f .

On peut donc en déduire que $F = f$

A-1-2 Etude de la force de frottement et de son lien avec la consommation

On considérera que la force motrice d'intensité F doit compenser la force de frottement d'intensité f (de type fluide) dont les caractéristiques sont données en **annexe 1 page 11/14**.

- a) Quelles sont les grandeurs du tableau de **l'annexe 1 page 11/14** dont dépendent la force de frottement et donc la consommation ?

$$\text{On a : } f = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C$$

Dans le tableau S reste constante, et le fluide est le même pour toutes les voitures (donc ρ reste constante).

Donc f ne dépend ici que de la vitesse v et du coefficient C

- b) Montrer qu'il est possible de faire l'hypothèse que la consommation est proportionnelle au coefficient de traînée pour une vitesse donnée (dans le tableau de **l'annexe 1 page 11/14**, on prendra par exemple une vitesse de 50 km/h).

On peut le vérifier avec les données en calculant les rapports des consommations et des coefficients de traînée :

$$\frac{0,42}{0,38} = 1,1 = \frac{0,91}{0,82} \qquad \frac{0,38}{0,30} = 1,3 = \frac{0,82}{0,65} \qquad \frac{0,42}{0,30} = 1,4 = \frac{0,91}{0,65}$$

- c) Peut-on faire l'hypothèse d'une proportionnalité entre consommation et vitesse ? Expliquer en analysant les données de **l'annexe 1 page 11/14**.

Non, d'après le graphique représentant la consommation en fonction de la vitesse : les courbes ne sont pas des droites passant par l'origine. La consommation n'est pas proportionnelle à la vitesse.

- d) Par une analyse dimensionnelle, montrer que l'expression de la force de frottement fluide est bien homogène à une force (on rappelle que $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m.s}^{-2}$).

$$\text{On a : } f = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C$$

$$\left[\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C \right] = [\rho] \times [V]^2 \times [S] = \frac{\text{M}}{\text{L}^3} \times \left(\frac{\text{L}}{\text{T}} \right)^2 \times \text{L}^2 = \frac{\text{M L}}{\text{T}^2} \text{ Ce qui est bien homogène à une force.}$$

A-2 ÉTUDE ENERGETIQUE

On se propose de réaliser l'étude énergétique d'un autre véhicule équipé d'une part d'un moteur thermique (gazole) et d'autre part d'un moteur électrique.

Pour ce véhicule :

$$\begin{aligned} \text{la vitesse est constante } v &= 100 \text{ km.h}^{-1}. \\ C &= 0,330 ; \rho = 1,20 \text{ kg m}^{-3} \text{ et } S = 1,80 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

A-2-1 Etude de la voiture à moteur thermique

- a) Calculer la force de frottement fluide f exercée sur le véhicule. On se référera à **l'annexe 1 de la page 11/14**.

$$f = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C = \frac{1}{2} \times 1,20 \times \left(\frac{100}{3,6} \right)^2 \times 1,80 \times 0,330 = 275 \text{ N}$$

- b) A vitesse constante, l'intensité de la force motrice est égale à celle de la force de frottement.

Calculer la puissance motrice P_m du véhicule, la puissance motrice étant le produit de la force motrice par la vitesse dans les unités du système international.

$$P_m = F \times v = 275 \times \left(\frac{100}{3,6} \right) = 7,64 \text{ kW}$$

- c) En toute rigueur, il faut tenir compte de la force de frottement de roulement. La puissance motrice vaut alors $P' = 11,0 \text{ kW}$.

Calculer l'énergie mécanique nécessaire pour parcourir 100 km en 1 heure.

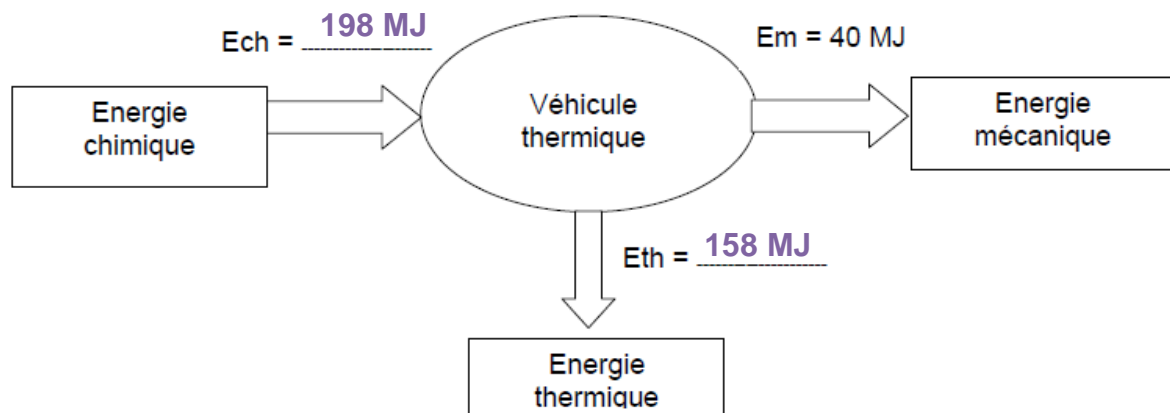
$$E_m = P' \times t = 11,0 \cdot 10^3 \times 3600 = 3,96 \cdot 10^7 \text{ J} = 39,6 \text{ MJ}$$

(soit environ 40 MJ comme cela apparaît dans le document réponse)

- d) Le rendement de la voiture « thermique » est estimé à 20 %. Quelle énergie chimique doit fournir le carburant pour parcourir les 100 km ?

$$\eta = \frac{E_m}{E_{ch}} \quad \text{donc : } E_{ch} = \frac{E_m}{\eta} = \frac{39,6}{0,20} = 198 \text{ J}$$

Compléter les valeurs du **document réponse 1 page 14/14**.



- e) L'énergie chimique disponible dans un litre de gazole vaut 36,0 MJ. Quelle est la consommation du véhicule, en litres, pour 100 km ?

Pour faire 100 km, il faut $E_{ch} = 198 \text{ MJ}$

Un litre de gazole contient 36,0 MJ.

Il faut donc $\frac{198}{36} = 5,5 \text{ L}$ de gazole.

En déduire l'autonomie, en km, pour un volume de gazole de 60 L ?

Le véhicule parcourt 100 km avec 5,5 L de carburant, donc avec 60 L de carburant,

il peut parcourir : $\frac{60 \times 100}{5,5} = 1091 \text{ km}$ soit $1,1 \cdot 10^3 \text{ km}$

A-2-2 Etude de la voiture à moteur électrique

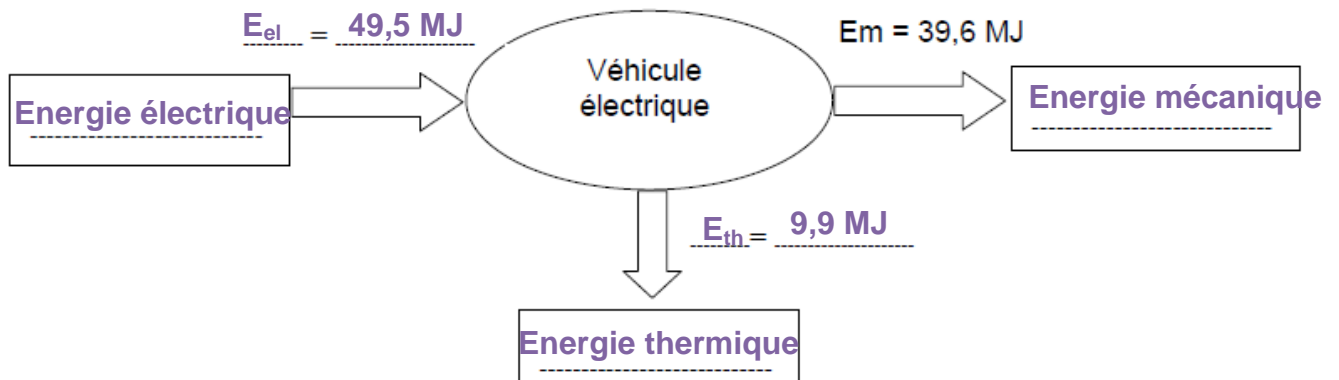
Le rendement de la voiture « électrique » est estimé à 80 %.

L'énergie mécanique nécessaire à la propulsion du véhicule pour une même vitesse (100 km.h⁻¹) et une même distance parcourue (100 km) est de 39,5 MJ.

a) Calculer l'énergie électrique nécessaire.

$$E_{el} = \frac{E_m}{\eta} = \frac{39,6}{0,80} = 49,5 \text{ J}$$

b) Réaliser le bilan d'énergie et compléter le document réponse 2 page 14/14.



PARTIE B : RESERVOIRS ET CONVERSIONS D'ENERGIE

B-1 REFLEXION AUTOUR DES RESERVOIRS

Pour répondre aux questions a), b) et c) vous vous reporterez à l'annexe 2 page 12/14.

a) Citer au moins deux limites actuelles à l'utilisation des batteries pour les véhicules « électriques ».

- La difficulté du stockage de l'électricité
- La performance limitée des batteries actuelles
- Le temps de recharge.

b) La batterie lithium-ion du véhicule électrique étudié dans la partie A-2-2 a une autonomie moyenne de 200 km.

Estimer la masse de la batterie. Justifier votre réponse.

D'après l'annexe 2 :

Aujourd'hui un pack de batterie lithium-ion, en moyenne, garantit une autonomie d'environ 150 km pour une masse d'environ 100 kg.

Si la batterie permet de parcourir 200 km, sa masse est $\frac{200 \times 100}{150} = 133 \text{ kg}$

c) Quelle solution peut être envisagée pour diminuer les temps de charge des batteries électriques ?

D'après l'annexe 2, il faut recharger les batteries avec des tensions de charges plus élevées.

- d) On souhaite installer des panneaux solaires sur le toit du véhicule pour recharger une batterie de 25,0 kW.h.

Avec un éclairement de 1000 W.m^{-2} , un panneau solaire de $0,850 \text{ m}^2$ délivre un courant d'intensité $I = 4,00 \text{ A}$ sous une tension $U = 35,0 \text{ V}$.

Calculer la puissance électrique fournie par ce panneau solaire.

$$P = U \times I = 35,0 \times 4 = 140 \text{ W}$$

Calculer le rendement du panneau solaire.

Calcul de la puissance reçue : $P_{\text{reçue}} = E \times S = 1000 \times 0,85 = 850 \text{ W}$

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{reçue}}} = \frac{140}{850} = 16,5\%$$

Quelle surface de panneaux solaires faut-il, dans ces conditions d'éclairement, pour recharger la batterie en une durée de dix heures ?

On a besoin de $E = 25,0 \text{ kW.h} = 2,50 \cdot 10^4 \text{ W.h}$

Pour cela, il faut k panneaux tels que $E = k \times P \times \Delta t$

$$\text{Donc } k = \frac{E}{P \times \Delta t} = \frac{2,50 \cdot 10^4}{140 \times 10} = 17,85 \text{ panneaux}$$

Ce qui correspond à une surface $S = 17,85 \times 0,850 = 15,2 \text{ m}^2$.

Commenter votre résultat.

Cette surface est trop grande pour pouvoir être installée sur le toit de la voiture : il faut envisager d'autres façons de charger la batterie...

B-2 CONVERSIONS D'ENERGIE

B-2-1 Transfert d'énergie sous forme thermique

Prenons le cas d'un véhicule thermique pour lequel le carburant utilisé est principalement constitué d'heptane, de formule brute C_7H_{16} .

Le véhicule a une consommation moyenne de 5,0 L aux 100 km.

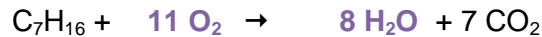
Données :

Masse volumique de l'heptane : $\rho = 0,72 \text{ kg.L}^{-1}$

Masse molaire de l'heptane : $M(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 100 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse molaire du dioxyde de carbone : $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- a) Réécrire sur votre copie l'équation de la réaction de combustion du mélange d'hydrocarbure dans le dioxygène O_2 et la compléter.



- b) Quelle quantité de matière d'heptane, notée n_{H100} (exprimée en mol), est consommée sur une distance de 100 km ?

Pour 100 km, il faut un volume $V = 5,0 \text{ L}$ de carburant.

Soit une masse $m = \rho \times V = 0,72 \times 5 = 3,6 \text{ kg}$

$$n_{\text{H100}} = \frac{m}{M} = \frac{3600}{100} = 36 \text{ mol}$$

- c) Quelle quantité de matière d'heptane, notée n_{H} (exprimée en mol) est consommée par km ?

$$n_{\text{H}} = \frac{n_{\text{H100}}}{100} = 0,36 \text{ mol /km}$$

- d) Montrer que la quantité n_{CO_2} de CO_2 produite par le véhicule par km parcouru vaut environ 2,5 mol.

D'après l'équation de la réaction, 1 mole d'heptane produit 7 moles de CO_2 .

Donc, 0,36 mol d'heptane produit $0,36 \times 7 = 2,52$ moles de CO_2

Soit 2, 5 mol avec 2 chiffres significatifs.

- e) Les normes actuelles préconisent que les véhicules ne doivent pas produire plus de 140 g de CO_2 par km parcouru. Ce véhicule est-il conforme à la norme ?

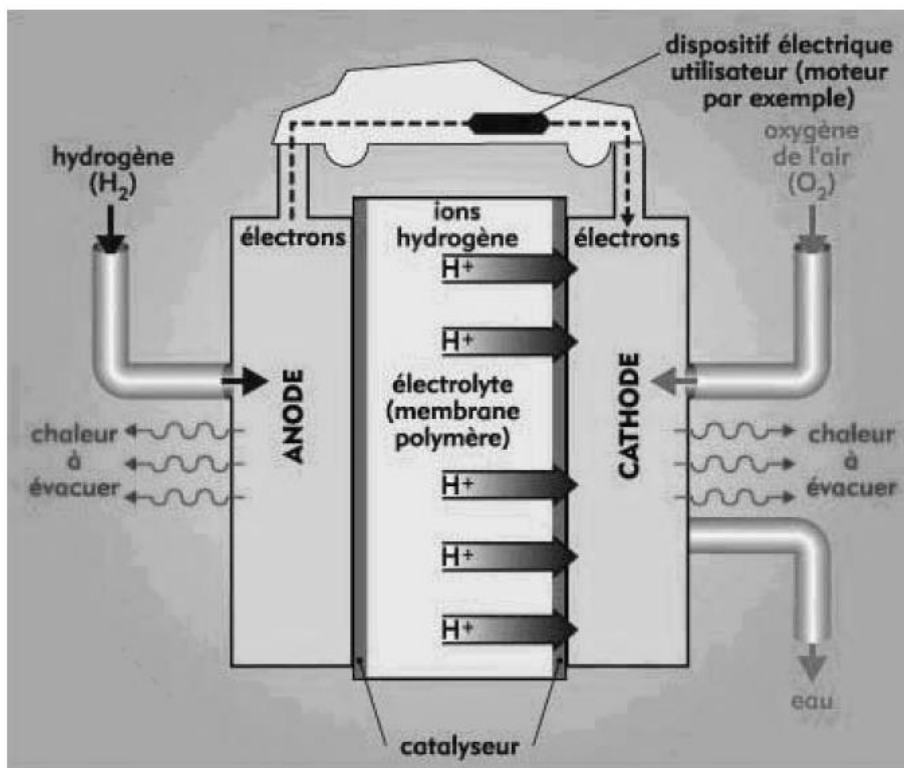
$$m_{\text{CO}_2} = n \times M = 2,5 \times 44 = 111 \text{ g}$$

Le véhicule produit 111 g de CO_2 par kilomètre, il est donc conforme à la norme.

B-2-2 Transfert d'énergie sous forme électrique

Le principe de fonctionnement de la pile à combustible a été inventé en 1839 par W. Grove. Le dispositif est continûment alimenté en combustible, par exemple du dihydrogène dans une pile à hydrogène, et en dioxygène atmosphérique. De façon générale, le fonctionnement électrochimique d'une cellule élémentaire de pile à hydrogène peut être décrit selon le schéma ci-dessous.

Chaque cellule élémentaire est constituée de deux compartiments disjoints alimentés chacun en gaz réactifs dioxygène et dihydrogène. Les deux électrodes sont séparées par l'électrolyte, solution qui laisse circuler les ions. Du platine est inséré dans les deux électrodes poreuses.



On utilise cette pile comme source d'énergie d'un moteur électrique d'une voiture.

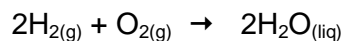
Pour cette pile, les demi-équations des réactions aux électrodes s'écrivent respectivement à l'anode et à la cathode :



- a) Le dihydrogène joue-t-il le rôle de réducteur ou d'oxydant dans la réaction à l'anode ? Justifier la réponse.

H₂ perd des électrons, il est donc réducteur.

- b) Montrer que l'équation de la réaction globale de fonctionnement s'écrit :



- c) Par comparaison au carburant étudié en B-2-1, quel avantage présente cette pile pour l'environnement ?

Il n'y a pas de production de dioxyde de carbone.

- d) A l'aide de l'annexe 3 page 12/14

- Proposer une solution pour limiter le volume de dihydrogène dans le réservoir.

Le dihydrogène est un gaz, on peut le comprimer et le liquéfier pour le transporter.

- Citer un problème auquel est confrontée la technologie des piles à hydrogène.

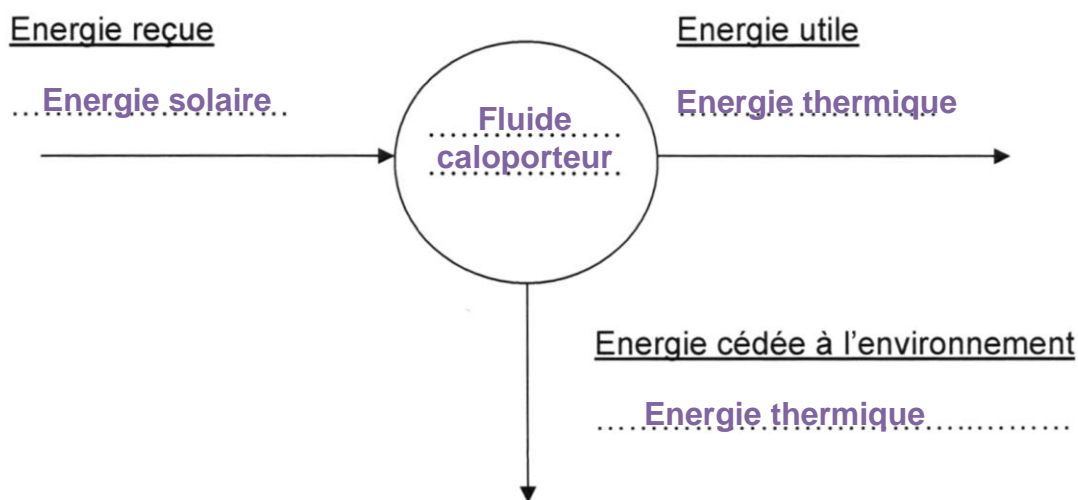
Il faut produire du dihydrogène, le stocker et le transporter, ce qui est couteux en énergie.

PARTIE C: ETUDE D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE

C-1 ÉTUDE ENERGETIQUE

Dans un panneau solaire thermique, un fluide dit «caloporteur» se réchauffe lorsqu'il reçoit de l'énergie lumineuse et restitue cette énergie à l'eau d'un ballon.

Compléter le **document réponse 3 page 14/14** (à rendre avec la copie).



C-2 THERMOSIPHON

Sur l'**annexe 4 page 13/14**, on trouve deux systèmes de chauffe-eau solaire thermique et quelques données concernant les surfaces de panneaux nécessaires.

Dans le système à thermosiphon, le fluide caloporteur se refroidit dans le ballon et va vers le bas par gravité puis monte dans le capteur lorsqu'il se réchauffe.

- Indiquer un avantage énergétique du système « thermosiphon » par rapport au système à circulation forcée.

Ce système ne nécessite pas de pompe électrique pour fonctionner.

- Quelle contrainte peut engendrer le système à « thermosiphon » dans une habitation ?

Il faut que le ballon soit situé au-dessus du capteur.

C-3 SURFACE DE PANNEAUX

On souhaiterait installer un chauffe-eau solaire thermique à circulation forcée. A l'aide de l'annexe 4 page 13/14, indiquer la surface minimale de panneaux à utiliser pour chauffer $V = 150$ L d'eau d'un ballon situé dans une maison en Corse ? (île située au sud-est de la métropole, en zone 4)

La corse est en zone 4, pour un ballon de 150 L, il faut $2,5 \text{ m}^2$ de panneaux solaire.

C-4 RENDEMENT

Le système, suite à des pertes diverses, ne convertit pas toute l'énergie lumineuse en chaleur. On souhaiterait connaître le rendement d'une telle installation pour $3,00 \text{ m}^2$ de panneaux.

Rappel : rendement = puissance reçue par l'eau / puissance lumineuse reçue.

- a) Ce ballon est assimilé à un cylindre de volume $V = 150$ L. L'eau froide arrive à la température $\theta_1 = 15^\circ\text{C}$ et l'eau chaude sanitaire doit sortir à la température $\theta_2 = 65^\circ\text{C}$.

Montrer que l'énergie E nécessaire pour chauffer cette eau de θ_1 à θ_2 est voisine de $3,14 \cdot 10^7$ J.

Données : Il faut $4,18 \cdot 10^3$ J pour augmenter la température de $1,00$ kg d'eau de $1,00^\circ\text{C}$.
Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Il faut $4,18 \cdot 10^3$ J pour augmenter la température de $1,00$ kg d'eau de $1,00^\circ\text{C}$

Donc, pour un volume $V = 150$ L, soit 150 kg d'eau et pour une augmentation de $\theta_2 - \theta_1 = 65 - 15 = 50^\circ\text{C}$, il faut :

$$E = 4,18 \cdot 10^3 \times 150 \times 50 = 3,14 \cdot 10^7 \text{ J}$$

(Ce que l'on retrouve dans la partie C5)

- b) Calculer la puissance minimale P nécessaire pour que la durée de cette opération soit $\Delta t = 5,00$ h. Aucun soutirage d'eau n'a lieu pendant cette durée.

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{3,14 \cdot 10^7}{5 \times 3600} = 1744 \text{ W} = 1,74 \cdot 10^3 \text{ W}$$

- c) Calculer la puissance lumineuse P_R reçue par l'ensemble des panneaux solaires sachant que la puissance lumineuse P_L reçue par unité de surface sur Terre est voisine de $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Rappel : surface totale des panneaux solaires $S = 3,00 \text{ m}^2$.

$$P_R = P_L \times 3 = 3000 \text{ W}$$

- d) En déduire le rendement η de l'installation.

$$\eta = \frac{P}{P_R} = \frac{3,14 \cdot 10^7}{3000} = 0,58 = 58\%$$

C-5 FLUIDE CALOPORTEUR

Pour apporter l'énergie $E = 3,14 \cdot 10^7$ J nécessaire au chauffage de l'eau pendant $\Delta t = 5,00$ h, le fluide caloporteur doit circuler dans le panneau avec un débit volumique Q_v constant en emmagasinant l'énergie E .

- a) Le fluide caloporteur entre dans le capteur solaire à la température $\theta_3 = 60,0^\circ\text{C}$ et ressort à la température $\theta_4 = 75,0^\circ\text{C}$. Montrer que la masse m de fluide caloporteur qui a circulé est voisine de 500 kg.

Données : fluide caloporteur : eau

Il faut $4,18 \cdot 10^3$ J pour augmenter la température de 1,00 kg d'eau de $1,00^\circ\text{C}$.

D'après ce que l'on a vu en C-4-a :

$$m = \frac{3,14 \cdot 10^7}{4,18 \cdot 10^3 \times (75 - 60)} = 501 \text{ kg}$$

- b) En déduire le débit volumique Q_v (en $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) du fluide caloporteur incompressible dans le système.

Donnée : Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$V = \frac{m}{\rho} = 0,501 \text{ m}^3$$

$$Q_v = \frac{V}{\Delta t} = \frac{0,501}{5 \times 3600} = 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$$