

# BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2013

Série STI2D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

<b>PHYSIQUE-CHIMIE</b>
------------------------

Durée : 3 heures  
Coefficient : 4

**SUJET TRAITÉ EXCLUSIVEMENT PAR  
LES CANDIDATS SE PRÉSENTANT POUR LA PREMIÈRE FOIS  
AUX ÉPREUVES TERMINALES DU BACCALAURÉAT**

**(LES REDOUBLANTS COMPOSENT SUR UN AUTRE SUJET)**

## ***CALCULATRICE AUTORISÉE***

*L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.*

**Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.**

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

**La page 14/14 où figure le document réponse est à rendre avec la copie.**

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

# **REFLEXIONS AUTOUR DE LA MOTORISATION DES VOITURES**

## **Présentation générale**

Les véhicules à motorisation électrique sont, sans doute, une alternative aux véhicules équipés d'un moteur thermique, entre autres, pour des raisons de respect de l'environnement. Les ressources pétrolières qui s'épuisent, la pollution galopante et le nombre d'automobilistes sans cesse croissant, notamment dans les pays émergents, imposent à court terme un changement profond des habitudes et le développement d'énergies alternatives.

Ce sujet comporte trois parties qui peuvent être traitées de manière indépendante.

**PARTIE A : ENERGIE MECANIQUE DES VEHICULES**

**PARTIE B : RESERVOIRS ET CONVERSIONS D'ENERGIE**

**PARTIE C : ETUDE D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE**

## PARTIE A : ENERGIE MECANIQUE DES VEHICULES

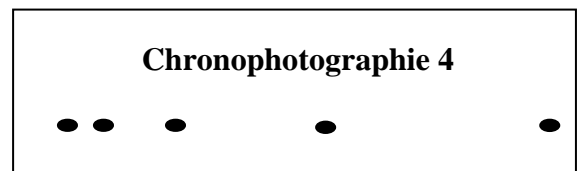
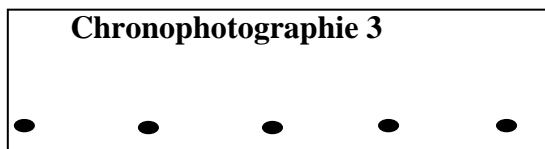
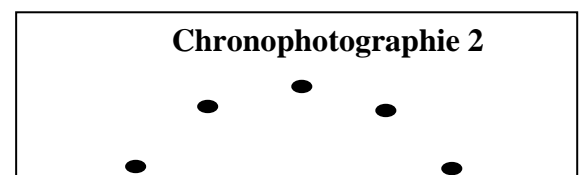
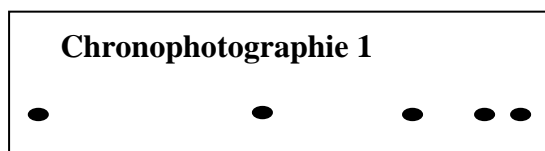
### A-1 ÉTUDE MECANIQUE DU MOUVEMENT

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.

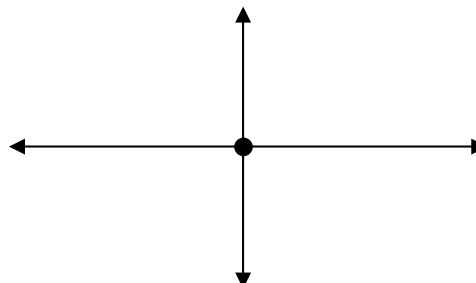
#### A-1-1 Caractéristique du mouvement

- 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.



- 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.

Sens du mouvement 



- c) Que peut-on dire de la résultante des forces pour le mouvement étudié ?

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

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

## **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 :

la vitesse est constante  $v = 100 \text{ km.h}^{-1}$ .

$C = 0,330$  ;  $\rho = 1,20 \text{ kg.m}^{-3}$  et  $S = 1,80 \text{ m}^2$ .

### **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**.
- 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.

- 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.

- d) Le rendement de la voiture « thermique » est estimé à 20 %.

Quelle énergie chimique doit fournir le carburant pour parcourir les 100 km ?

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 ?

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

### **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 ( $100 \text{ km.h}^{-1}$ ) et une même distance parcourue (100 km) est de 39,5 MJ.

- a) Calculer l'énergie électrique nécessaire.
- 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 ».
- 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.

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

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  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ , 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.

Calculer le rendement du panneau solaire.

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

On pourra utiliser la relation :  $1 \text{ W.h} = 3600 \text{ J}$ .

## **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  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .

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 :  $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g.mol}^{-1}$ .

a) Réécrire sur votre copie l'équation de la réaction de combustion du mélange d'hydrocarbure dans le dioxygène  $\text{O}_2$  et la compléter.



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

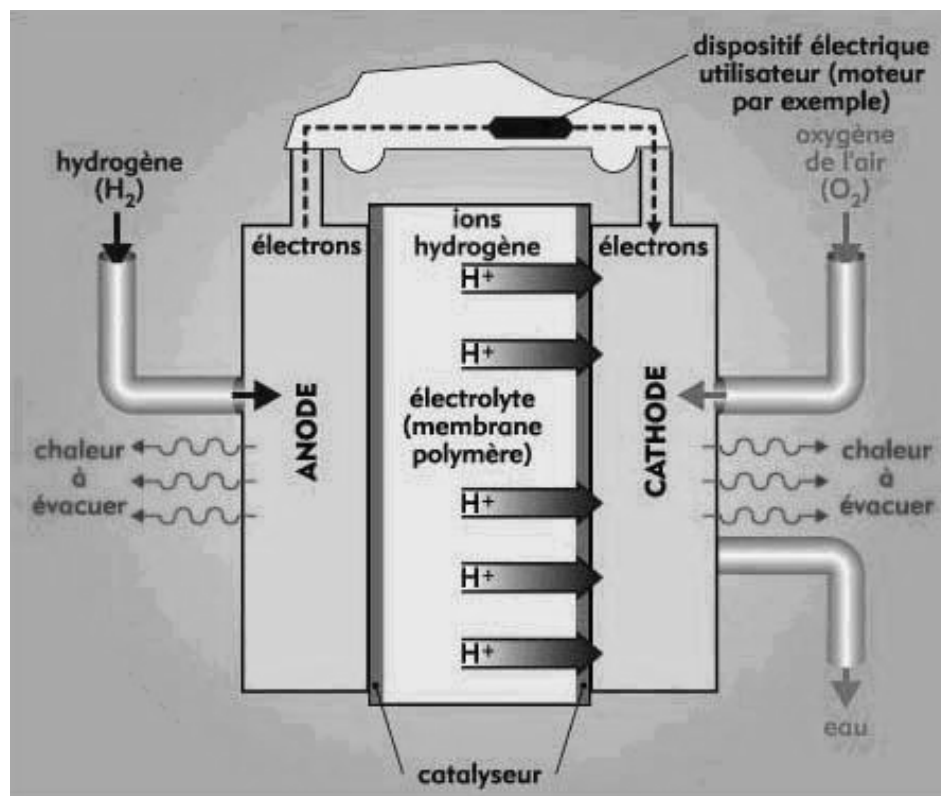
c) Quelle quantité de matière d'heptane, notée  $n_{\text{H}}$  (exprimée en mol) est consommée par km ?

- d) Montrer que la quantité  $n_{\text{CO}_2}$  de  $\text{CO}_2$  produite par le véhicule par km parcouru vaut environ 2,5 mol.
- e) Les normes actuelles préconisent que les véhicules ne doivent pas produire plus de 140 g de  $\text{CO}_2$  par km parcouru. Ce véhicule est-il 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.



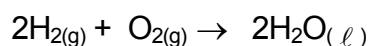
On utilise cette pile comme source d'énergie d'un moteur électrique d'une voiture.

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.

**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 ?

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

- Proposer une solution pour limiter le volume de dihydrogène dans le réservoir.
- Citer un problème auquel est confrontée la technologie des piles à hydrogène.



## **PARTIE C : ETUDE D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE**

### **C-1 ETUDE 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.

- a) Indiquer un avantage énergétique du système « thermosiphon » par rapport au système à circulation forcée.
- b) Quelle contrainte peut engendrer le système à « thermosiphon » dans une habitation ?

### **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)

### **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  $3,00$  m<sup>2</sup> 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  $\theta_1$  à  $\theta_2$  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 :  $\rho = 1000$  kg.m<sup>-3</sup>.

- 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.

- 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  $1000 \text{ W.m}^{-2}$

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

- d) En déduire le rendement  $\eta$  de l'installation.

### **C-5 FLUIDE CALOPORTEUR**

Pour apporter l'énergie  $E = 3,14 \cdot 10^7 \text{ J}$  nécessaire au chauffage de l'eau pendant  $\Delta t = 5,00 \text{ h}$ , 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  $500 \text{ kg}$ .

Données : fluide caloporteur : eau

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

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

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

## ANNEXES

### Annexe 1 :

Un véhicule se déplaçant dans un fluide (air) est soumis à une force de frottement fluide dont l'intensité exprimée en Newton (N) est :

$$f = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C$$

$\rho$  : masse volumique du fluide (kg/m<sup>3</sup>)

S : surface de référence ou surface frontale (m<sup>2</sup>)

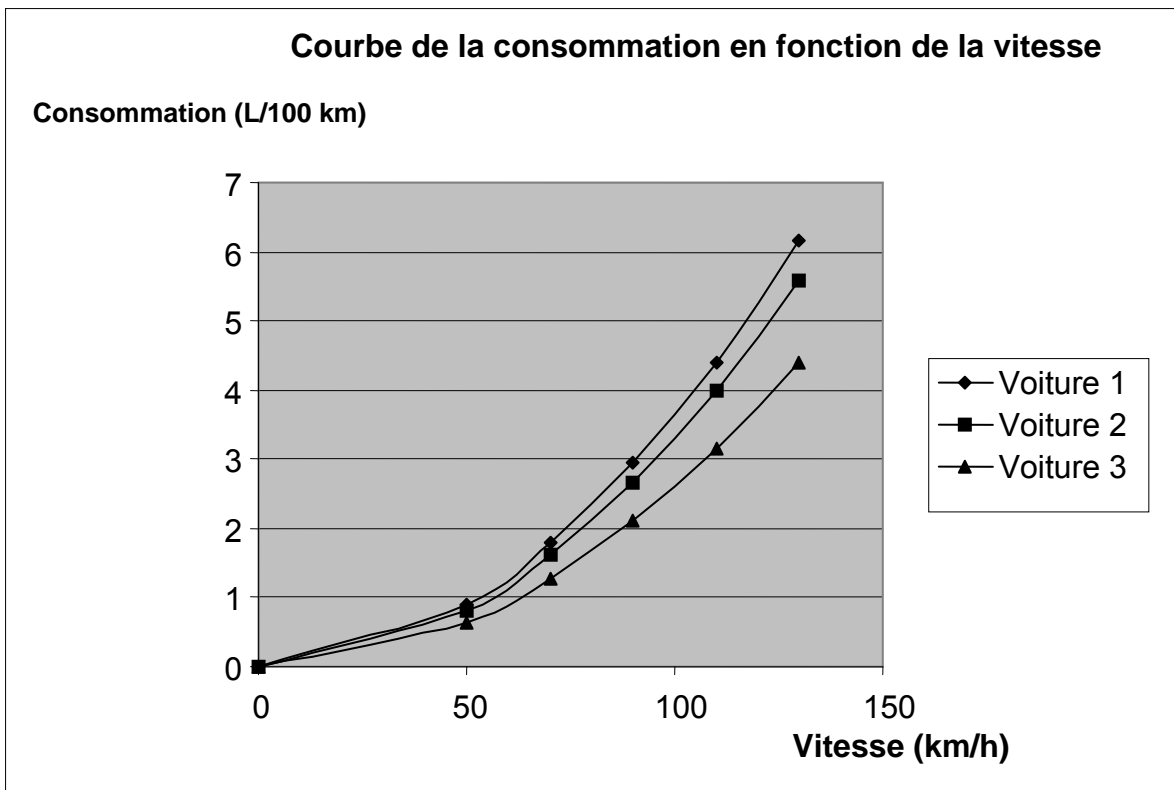
C : coefficient aérodynamique ou coefficient de traînée (sans unité)

V : vitesse de déplacement (m/s)

Les consommations de gazole en **L / 100 km** pour 3 voitures en fonction de différentes vitesses réglées sont données dans le tableau suivant. Les trois voitures ont la même surface frontale (S = 2,70 m<sup>2</sup>) et évoluent dans l'air.

Surface frontale	S = 2,70 m <sup>2</sup>	50 km/h	70 km/h	90 km/h	110 km/h	130 km/h
Voiture 1	C = 0,42	<b>0,91</b>	<b>1,79</b>	<b>2,95</b>	<b>4,41</b>	<b>6,15</b>
Voiture 2	C = 0,38	<b>0,82</b>	<b>1,62</b>	<b>2,67</b>	<b>3,99</b>	<b>5,57</b>
Voiture 3	C = 0,30	<b>0,65</b>	<b>1,28</b>	<b>2,11</b>	<b>3,15</b>	<b>4,40</b>

Source : wikipedia



## **Annexe 2 :**

Les batteries d'une voiture électrique stockent l'énergie nécessaire au fonctionnement du moteur, comme le réservoir d'une voiture thermique stocke l'essence ou le gazole. La différence est qu'il est très simple de stocker de l'essence puisqu'il suffit d'un « bidon ». Ce n'est pas le cas de l'électricité. Les batteries stockent l'énergie grâce à leurs matériaux, capables de fournir par réaction chimique un courant. Le problème est qu'aujourd'hui la performance des batteries reste limitée, à moins d'augmenter dramatiquement leurs masses et leurs coûts. Aujourd'hui un pack de batterie lithium-ion, en moyenne, garantit une autonomie d'environ 150 km pour une masse d'environ 100 kg et un coût pouvant aller jusqu'à 15000 euros.

Une autre différence a son importance : le temps à la « pompe ». En effet, un plein de carburant se fait en quelques minutes alors que la recharge des batteries d'une voiture électrique prend plusieurs heures. Ce temps peut être toutefois fortement diminué par les bornes de rechargement offrant une tension plus élevée.

L'avenir des voitures électriques est donc indissociable des performances des batteries au lithium. Il est intéressant de souligner que l'intérêt de la propulsion électrique est de diminuer la pollution urbaine, de diminuer notre dépendance vis-à-vis du pétrole et de diminuer les rejets de gaz carboniques.

## **Annexe 3 :**

Le fonctionnement d'une pile dihydrogène-dioxygène est particulièrement propre puisqu'il ne produit que de l'eau et consomme uniquement des gaz. Mais jusqu'en 2010, la fabrication de ces piles est très coûteuse, notamment à cause de la quantité non négligeable de platine nécessaire et au coût des membranes échangeuses d'ions.

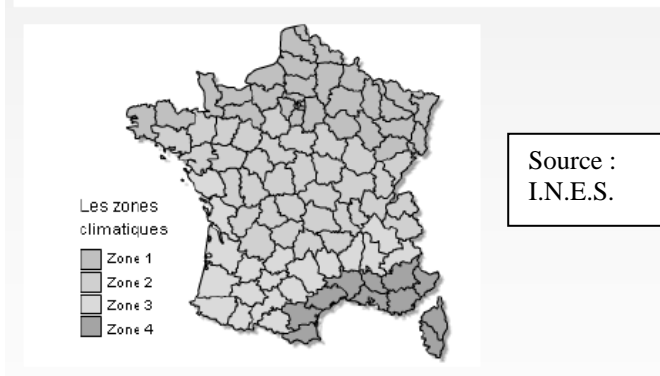
Une des difficultés majeures réside dans la synthèse et l'approvisionnement en dihydrogène. Sur Terre, l'hydrogène n'existe en grande quantité que combiné à l'oxygène ( $H_2O$ , c'est-à-dire l'eau), au soufre (sulfure d'hydrogène,  $H_2S$ ) et au carbone (combustibles fossiles de types gaz naturel ou pétroles). La production de dihydrogène nécessite donc soit d'utiliser des combustibles fossiles, soit de disposer d'énormes quantités d'énergie à faible coût, pour l'obtenir à partir de la décomposition de l'eau, par voie thermique ou électrochimique.

Le dihydrogène peut être comprimé dans des bouteilles à gaz (pression en général de 350 ou 700 bars), ou liquéfié ou combiné chimiquement sous forme de méthanol ou de méthane qui seront ensuite transformés pour libérer du dihydrogène. Les rendements énergétiques cumulés des synthèses du dihydrogène, de compression ou liquéfaction, sont généralement assez faibles. Le dihydrogène n'est donc pas une source d'énergie primaire, c'est un vecteur d'énergie.

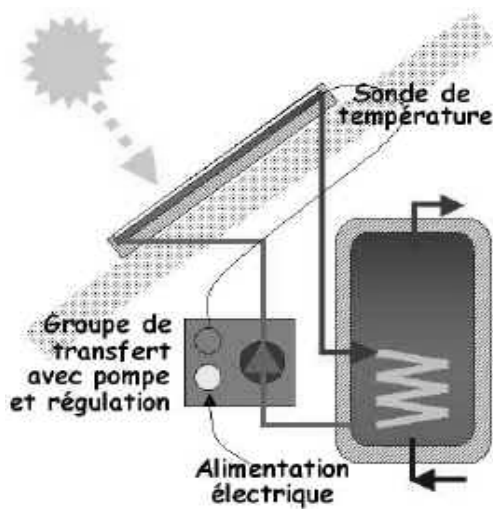
## Annexe 4 :

Nombre d'occupants	1 ou 2
Volume du ballon solaire <sup>1</sup> (en litres)	100 à 150
Surface des panneaux en m <sup>2</sup>	
Zones climatiques	
Zone 1	2 à 3
Zone 2	2 à 3
Zone 3	2 à 2,5
Zone 4	2 à 2,5

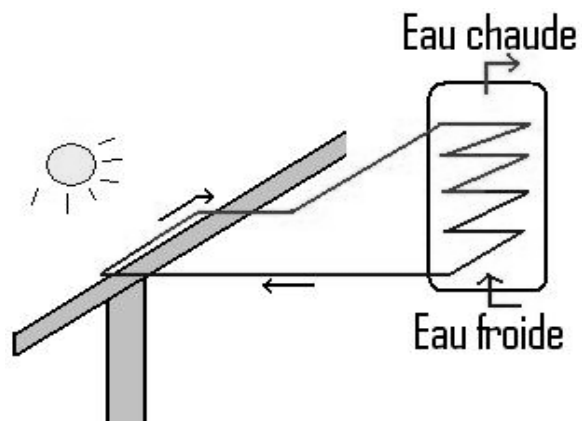
*1 : pour un chauffe-eau solaire sans appoint ;*



### Chauffe-eau à circulation

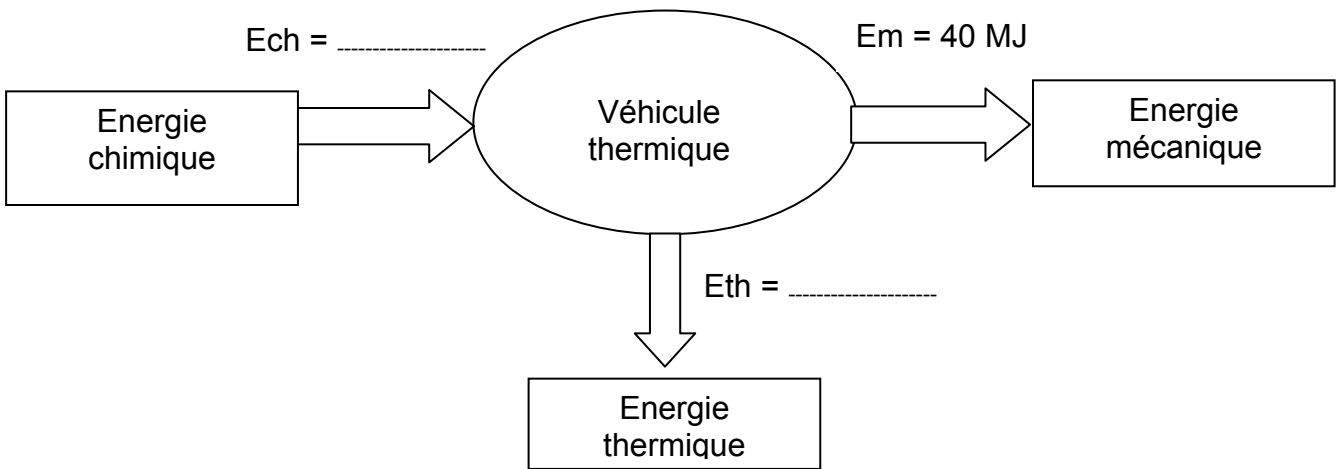


### Chauffe-eau à thermosiphon

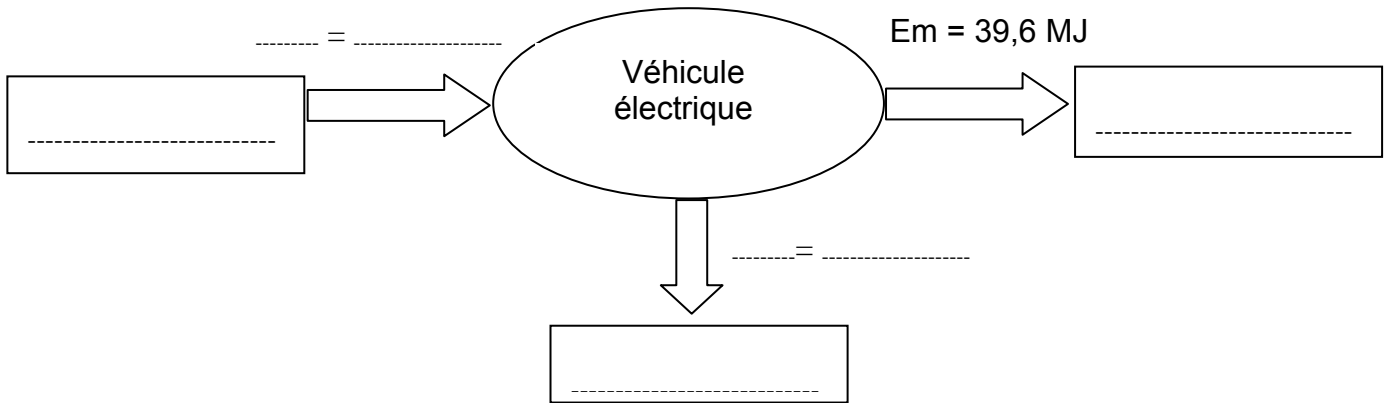


(A RENDRE AVEC LA COPIE)

**DOCUMENT REPONSE 1**



**DOCUMENT REPONSE 2**



**DOCUMENT REPONSE 3**

