



# **Baccalauréat STI2D et STL spécialité SPCL**

Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE

Session de novembre 2013 en  
Nouvelle Calédonie

**19/12/2013**

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE  
SESSION 2013  
Série ST12D  
Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

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

Durée : 3 heures  
Coefficient : 4

**SUJET TRAITÉ EXCLUSIVEMENT PAR LES CANDIDATS AYANT DÉJÀ PRÉSENTÉ LES ÉPREUVES  
TERMINALES DU BACCALAURÉAT LORS D'UNE PRÉCÉDENTE SESSION.**

**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 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.**

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

**La page 7/9 où figure le document réponse est à rendre avec la copie.**

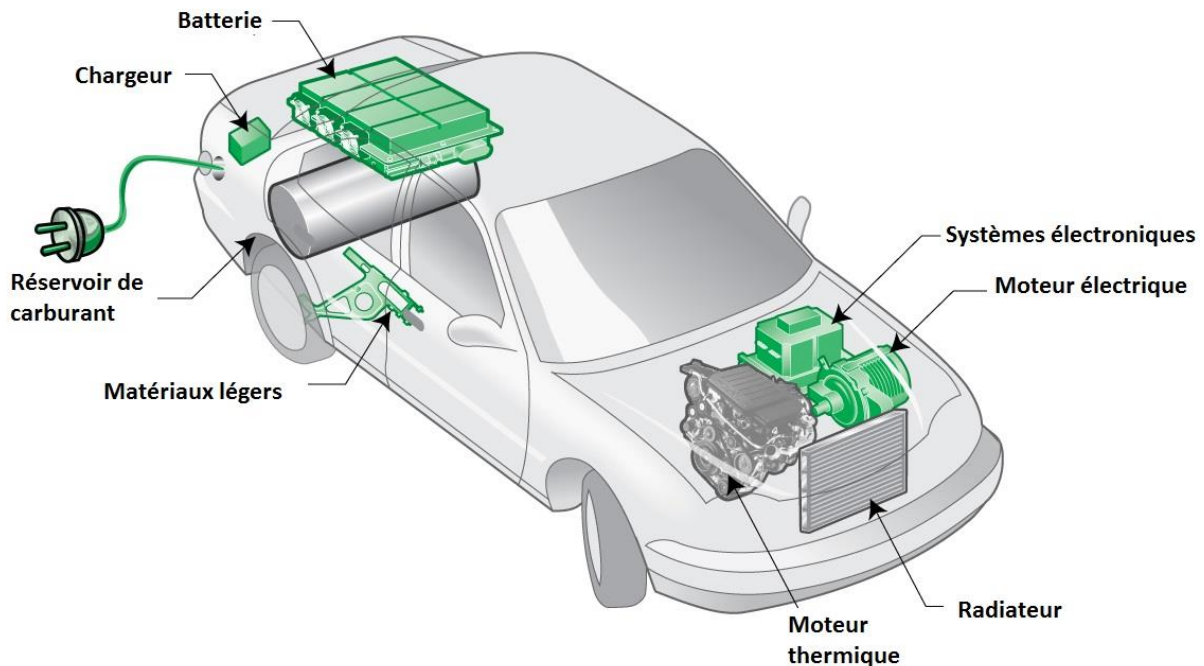
Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

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.

## LUTTE CONTRE L'EMISSION DES GAZ A EFFET DE SERRE : LA VOITURE HYBRIDE

La réflexion visant à réduire l'utilisation d'énergie fossile pour les véhicules légers tend à considérer la technologie Mild-Hybrid comme une bonne solution à court terme. Les autres solutions sont actuellement pénalisées par le coût de fabrication et de recyclage ainsi que par l'autonomie des accumulateurs.



Les deux premières parties du sujet se proposent de mettre en évidence l'intérêt de la technologie hybride par rapport à celle du véhicule purement thermique. La dernière partie traite plus particulièrement de l'utilisation du véhicule hybride en mode tout électrique.

**Le sujet comporte trois parties :**

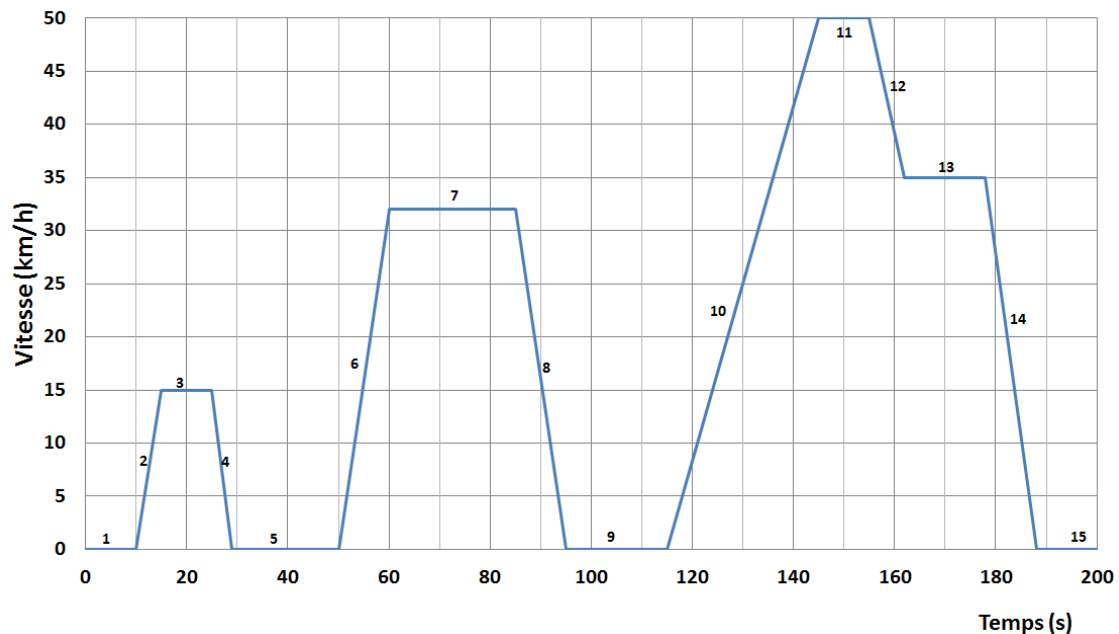
**Partie A Etude du comportement d'un véhicule hybride.**

**Partie B Etude du moteur thermique.**

**Partie C Etude de l'alimentation du moteur électrique d'un véhicule hybride.**

## PARTIE A : ETUDE DU COMPORTEMENT D'UN VEHICULE HYBRIDE.

Le New European Driving Cycle (ou cycle NEDC) est un cycle de conduite automobile conçu pour imiter de façon reproductible les conditions rencontrées sur les routes européennes. Il est principalement utilisé pour la mesure de la consommation et des émissions polluantes des véhicules.



### Cycle urbain élémentaire (195 s)

Source : règlement n° 101 de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe, CEE-ONU.

Dans cette partie on néglige les forces de résistance au roulement et les forces de résistance aérodynamique.

#### **A.1 Etude mécanique :**

Pour les questions A.1.1 et A.1.2, on se limite à l'étude d'une portion du cycle de la phase 5 incluse à la phase 9 incluse.

**A.1.1** Compléter la colonne 2 (type de phase) du tableau récapitulatif du document réponse page 7/9 en précisant s'il s'agit d'une accélération, d'une vitesse stabilisée ou d'une décélération.

**A.1.2** On note  $a$  l'accélération d'un véhicule dont la variation de vitesse est  $\Delta v$  sur la durée  $\Delta t$ .

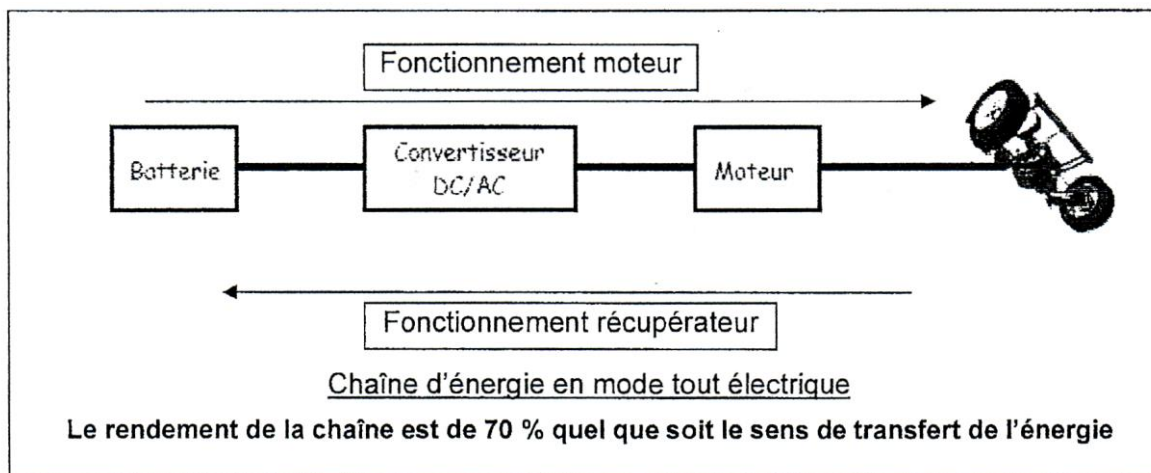
- Donner la relation qui relie  $a$  à  $\Delta v$  et  $\Delta t$ .
- Préciser les unités de la relation précédente.
- Compléter la troisième colonne du tableau récapitulatif du **document réponse page 7/9** en donnant le détail des calculs.

**A.1.3** Expliquer à partir du graphique du cycle urbain élémentaire donné ci-dessus, comment repérer la phase pour laquelle l'accélération du véhicule est la plus importante.

- A.1.4** Pendant la phase 6, on relève la puissance motrice  $P$  en fonction de la vitesse  $v$ . Déterminer à l'aide du graphe de  $P=f(v)$  en **annexe 1 page 8/9**, la puissance motrice délivrée par le moteur en fin de la phase 6.
- A.1.5** Vérifier, en vous servant du tableau des caractéristiques du véhicule donné en **annexe 1 page 8/9**, que le moteur électrique est capable à lui seul de garantir cette force motrice jusqu'à la fin de la phase 6.

## **A.2 Etude de la récupération de l'énergie :**

Lors d'une phase de ralentissement, le moteur électrique fonctionne en génératrice afin de recharger les batteries. La chaîne d'énergie en mode tout électrique est représentée ci-dessous :



- A.2.1** La relation qui permet de calculer l'énergie cinétique est :  $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ .

Calculer la valeur de l'énergie cinétique du véhicule étudié (**voir annexe 1 page 8/9**) dans la **phase 7**.

- A.2.2** En utilisant la chaîne d'énergie en mode tout électrique, calculer l'énergie électrique  $E_E$  qui sera récupérée durant la **phase 8**.
- A.2.3** Quelle relation peut-on utiliser pour calculer l'énergie perdue  $E_p$  durant la **phase 8** ?
- $$E_p = E_c - E_E \quad E_p = E_c / E_E \quad E_p = E_E / E_c \quad E_p = 0,3 \cdot E_c$$
- A.2.4** Calculer les valeurs de  $E_p$  pour le véhicule étudié (**voir annexe 1 page 8/9**) puis pour un véhicule de masse 2000 kg.
- A.2.5** Comment évolue la valeur de l'énergie perdue lorsque la masse du véhicule augmente ? Justifier pourquoi on cherche à avoir un véhicule hybride le plus léger possible.
- A.2.6** Expliquer pourquoi les véhicules hybrides n'ont que peu d'intérêt dans le cas d'une utilisation autoroutière.

## **PARTIE B : ETUDE DU MOTEUR THERMIQUE.**

### **B.1 Le carburant :**

Le moteur dit « fuel-flex » permet de fonctionner avec un carburant contenant un mélange d'essence et d'éthanol en diverses proportions.

L'E85 (15 % d'essence + 85 % d'éthanol) a un pouvoir calorifique de  $24,6 \text{ MJ.L}^{-1}$  contre  $35,5 \text{ MJ.L}^{-1}$  pour l'essence SP95.

*Données :*

*Masse volumique de l'éthanol à 15°C :  $0,793 \text{ kg.L}^{-1}$*

*Masse molaire de l'éthanol :  $46 \text{ g.mol}^{-1}$*

*Masse molaire du dioxyde de carbone :  $44 \text{ g.mol}^{-1}$*

*PCI volumique de l'éthanol :  $22,6 \text{ MJ.L}^{-1}$*

*PCI molaire de l'éthanol :  $1,31 \text{ MJ.mol}^{-1}$*

*PCI : pouvoir calorifique inférieur*

Dans les véhicules thermiques, lors de la transformation, les produits de la combustion sont expulsés principalement sous forme gazeuse. Si à froid un moteur peut condenser les gaz d'échappement, ce changement d'état n'apporte pas d'énergie utile.

- B.1.1** En vous aidant de l'extrait du bulletin officiel de la république française fourni en **annexe 1 page 8/9**, expliquer que l'on ne prenne en compte que le PCI dans l'apport énergétique du véhicule.
- B.1.2** Compléter dans le **document réponse page 7/9** l'équation de la combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène produisant du dioxyde de carbone et de l'eau.
- B.1.3** Donner les détails du calcul qui permet de retrouver la valeur du pouvoir calorifique inférieur volumique (PCI) de l'éthanol exprimé en  $\text{MJ.L}^{-1}$  à l'aide de son pouvoir calorifique inférieur molaire.
- B.1.4** Calculer la masse de  $\text{CO}_2$  libérée pour la combustion d'un litre d'éthanol.
- B.1.5** La combustion d'un litre d'E85 rejette 1,65 kg de  $\text{CO}_2$ . En vous servant de l'étiquetage énergétique de **l'annexe 2 page 9/9**, déterminer la classe énergétique du véhicule dont la consommation moyenne en E85 est de 5,5 L / 100 km.
- B.1.6** Donner une estimation de la consommation moyenne en SP95 du même véhicule.

### **B.2 La chaîne énergétique :**

- B.2.1** Compléter, en justifiant chaque valeur, la chaîne énergétique du moteur thermique dans le **document réponse page 7/9**.
- B.2.2** Quelle différence de principe existe-t-il entre une chaîne énergétique d'un véhicule thermique et celle d'un véhicule hybride ?

## **PARTIE C : ÉTUDE DE L'ALIMENTATION DU MOTEUR ÉLECTRIQUE D'UN VÉHICULE HYBRIDE.**

### **C.1 Étude de la batterie :**

Un cycle NEDC urbain complet représente un déplacement de 11 km et dure 1200 secondes.

L'énergie utile nécessaire au véhicule pour le parcourir est de 3,7 MJ.

Le véhicule doit pouvoir fonctionner en tout électrique pendant ce cycle.

On fait l'hypothèse que la tension aux bornes de la batterie reste constante égale à 42 V.

**C.1.1** Calculer la puissance utile moyenne  $P_U$  sur le cycle NEDC urbain complet.

**C.1.2** La lecture de la chaîne d'énergie en mode tout électrique donnée dans la partie A nous apprend que le rendement de celle-ci est de 70 %, démontrer que la puissance électrique moyenne  $P_{\text{élec}}$  de la batterie est de 4,4 kW.

**C.1.3** Montrer que l'intensité moyenne  $I$  du courant débité par la batterie est de 105 A.

**C.1.4** Calculer alors la valeur de la capacité minimale  $Q_{\text{min}}$  (exprimé en A.h) que doit avoir la batterie.

### **C.2 Discussion sur l'intérêt d'intégrer un panneau photovoltaïque**

Afin d'augmenter l'autonomie du véhicule, le constructeur projette de placer sur le toit un panneau photovoltaïque dont les caractéristiques sont données dans l'**annexe 2 page 9/9**.

**C.2.1** Placer sur le schéma du **document réponse page 7/9**, les appareils de mesure qui permettent de déterminer la puissance fournie par le panneau.

**C.2.2** Donner la valeur de la puissance nominale du panneau  $P_{\text{photo}}$ .

**C.2.3** Comparer  $P_{\text{photo}}$  à  $P_{\text{élec}}$  donnée à la question C.1.2. Le panneau solaire peut-il être la source d'alimentation principale pour le moteur ?

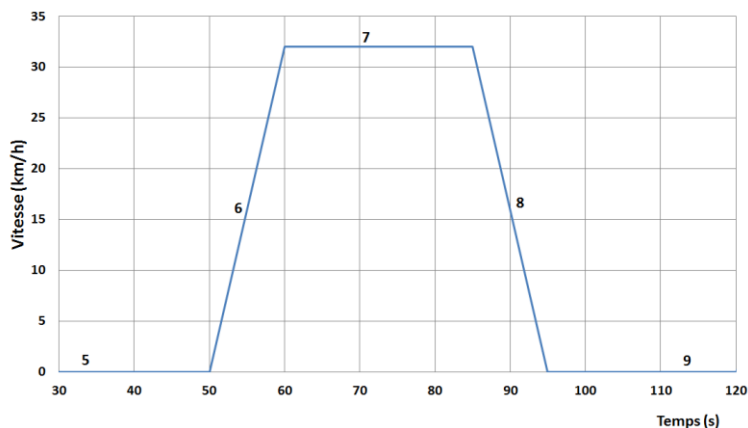
**C.2.4** Montrer que l'énergie récupérée par le panneau photovoltaïque par an est de 150 kW.h lorsque l'énergie de rayonnement solaire annuelle reçue par unité de surface est de  $1250 \text{ kW.h.m}^{-2}$ .

**C.2.5** Sachant que pour parcourir un cycle urbain de 11 km, la batterie doit fournir une énergie de 6 MJ, calculer la distance annuelle que l'on peut parcourir grâce à l'énergie récupérée par le panneau photovoltaïque. On rappelle que 1 kW.h est égal à 3,6 MJ.

**C.2.6** Rédiger pour le constructeur une conclusion argumentée développant au moins deux avantages et deux inconvénients de l'implantation de ce panneau sur le toit du véhicule.

A.1.1  
A1.2.c

# DOCUMENT REPONSE (à rendre avec la copie)

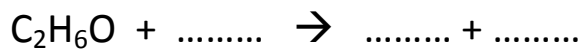


## Cycle urbain élémentaire

Phase n°	Type de Phase	Accélération (m.s <sup>-2</sup> )	Vitesse (km.h <sup>-1</sup> )	Durée de la phase (s)	Temps total (s)
5	Arrêt		0	21	49
6			0-32	12	61
7			32	24	85
8			32-0	11	96
9	Arrêt		0	21	117

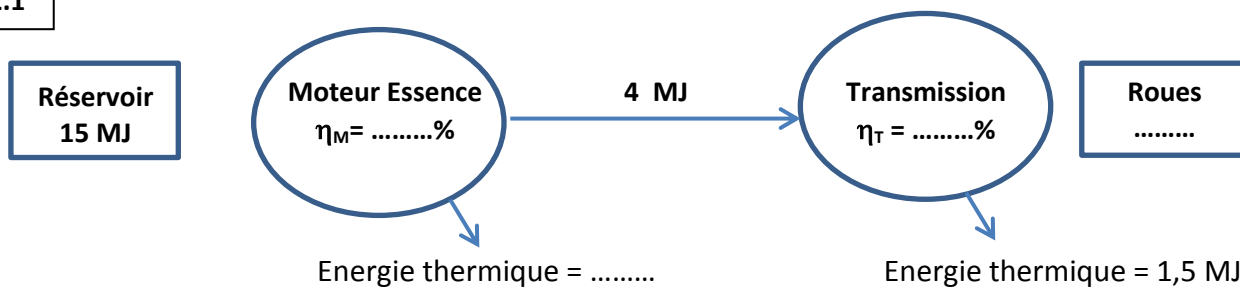
## Tableau récapitulatif

B.1.2



## Equation de la combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène

B.2.1



## Chaîne énergétique du moteur thermique

C.2.1

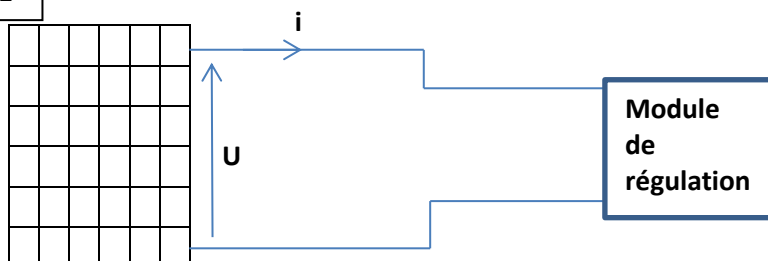





Schéma de câblage pour la mesure de puissance fournie par le panneau

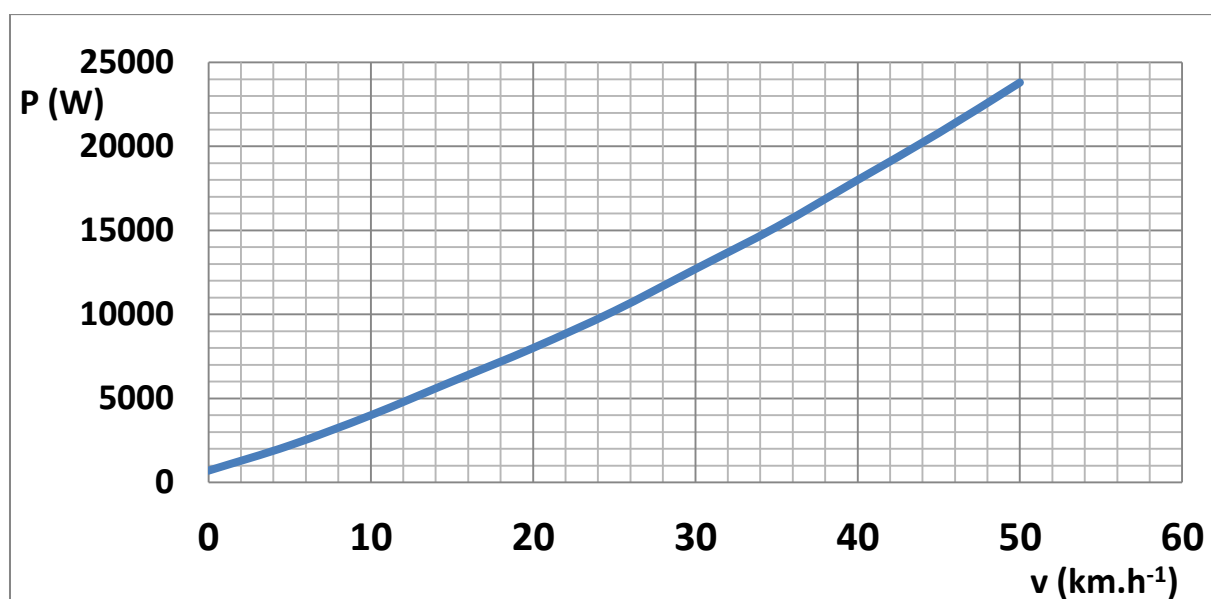
## ANNEXE 1



## Caractéristiques du véhicule

<b>Véhicule</b> 	Type	Mild-hybrid
	Masse totale	1073 kg
<b>Moteur thermique</b> 	Type	1.3 essence
	Puissance max	54 kW
	Couple max (régime)	120 Nm (à 3300 tr/min)
<b>Machine électrique</b> 	Puissance max	15 kW
	Couple max (min)	84 N.m (70 N.m)
<b>batterie</b>	Type	NiMH
	Tension/capacité nominale	42V/36 A.h
	Courant max (min)	500 A (350 A)
	masse	33 kg

## Puissance motrice en fonction de la vitesse pour la phase 6



## Extrait du bulletin officiel de la république française

Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) donne le dégagement maximal théorique de la chaleur lors de la combustion, y compris la chaleur de condensation de la vapeur d'eau produite lors de la combustion.

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) des combustibles exclut de la chaleur dégagée la chaleur de condensation de l'eau supposée restée à l'état de vapeur à l'issue de la combustion.

*Source : bulletin officiel de la république française du 28 septembre 2006*

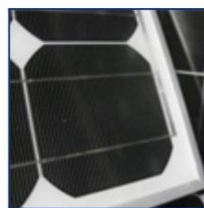
## ANNEXE 2



### Etiquetage énergétique des véhicules



**Panneau Solaire  
Photovoltaïque**



#### **Certifications**

Certifié conforme aux normes  
ISO 9001, IEC 61215 et CE



#### **Garanties**

2 ans : pièces et main d'oeuvre  
10 ans : 90% de la puissance  
20 ans : 80% de la puissance

#### **Qualité de fabrication**

Cadre aluminium anodisé, feuille de  
EVA, verre trempé 3.2mm parfaite-  
ment transparent, film TPT (tedlar,  
polyester, tedlar).

#### Caractéristiques techniques :

<b>Puissance nominale</b>	120 W	<b>Tension max :</b>	1000 V DC
<b>Tolérance</b>	± 3%	<b>Longueur :</b>	1110 mm
<b>Rendement du panneau</b>	13,4 %	<b>Largeur :</b>	808 mm
<b>Type de cellule :</b>	Silicium monocristallin	<b>Épaisseur :</b>	35 mm
<b>Voltage Mpp :</b>	17,5 V	<b>Poids :</b>	10,6 kg
<b>Intensité Mpp :</b>	7,12 V	<b>Diodes anti-retour :</b>	3
<b>Intensité de court-circuit :</b>	7,32 V	<b>Boitier de jonction :</b>	Étanche IP65
<b>Voltage circuit ouvert :</b>	22 V	<b>Température</b>	-40°C +85°C

Valeurs standard : Température : 25°C ; irradiation : 1000 W.m<sup>-2</sup>

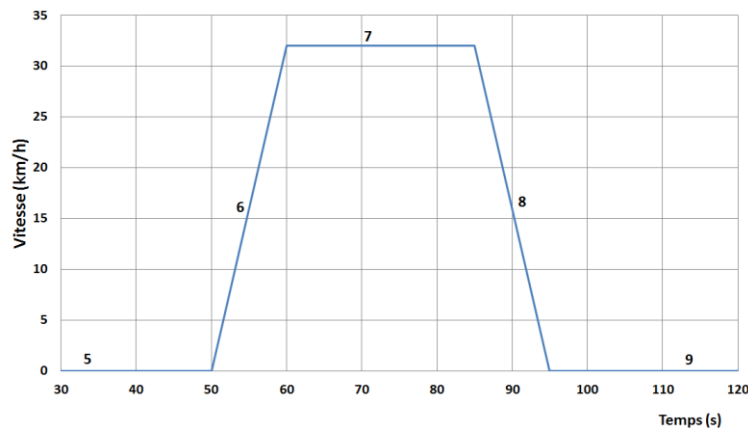
# Proposition de correction :

## Partie A : ETUDE DU COMPORTEMENT D'UN VEHICULE HYBRIDE.

### A.1 Etude mécanique :

Pour les questions A.1.1 et A.1.2, on se limite à l'étude d'une portion du cycle de la phase 5 incluse à la phase 9 incluse.

**A.1.1** Compléter la colonne 2 (type de phase) du tableau récapitulatif du document réponse page 7/9 en précisant s'il s'agit d'une accélération, d'une vitesse stabilisée ou d'une décélération.



Cycle urbain élémentaire

Phase n°	Type de Phase	Accélération (m.s <sup>-2</sup> )	Vitesse (km.h <sup>-1</sup> )	Durée de la phase (s)	Temps total (s)
5	Arrêt		0	21	49
6	Accélération <sup>(1)</sup>		0-32	12	61
7	Vitesse stabilisée <sup>(2)</sup>		32	24	85
8	décélération <sup>(3)</sup>		32-0	11	96
9	Arrêt		0	21	117

<sup>(1)</sup> La vitesse augmente.

<sup>(2)</sup> La vitesse est constante.

<sup>(3)</sup> La vitesse diminue.

**A.1.2** On note **a** l'accélération d'un véhicule dont la variation de vitesse est  $\Delta v$  sur la durée  $\Delta t$ .

a) Donner la relation qui relie **a** à  $\Delta v$  et  $\Delta t$ .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

b) Préciser les unités de la relation précédente.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \begin{array}{l} a \text{ en m.s}^{-2} \\ \Delta v \text{ en m.s}^{-1} \\ \Delta t \text{ en s} \end{array}$$

- c) Compléter la troisième colonne du tableau récapitulatif du **document réponse page 7/9** en donnant le détail des calculs.

Phase n°	Type de Phase	Accélération (m.s <sup>-2</sup> )	Vitesse (km.h <sup>-1</sup> )	Durée de la phase (s)	Temps total (s)
5	Arrêt	0 <sup>(1)</sup>	0	21	49
6	Accélération	0,74 <sup>(2)</sup>	0-32	12	61
7	Vitesse stabilisée	0 <sup>(3)</sup>	32	24	85
8	décélération	- 0,81 <sup>(4)</sup>	32-0	11	96
9	Arrêt	0 <sup>(5)</sup>	0	21	117

<sup>(1)</sup> La voiture est à l'arrêt : son accélération est nulle.

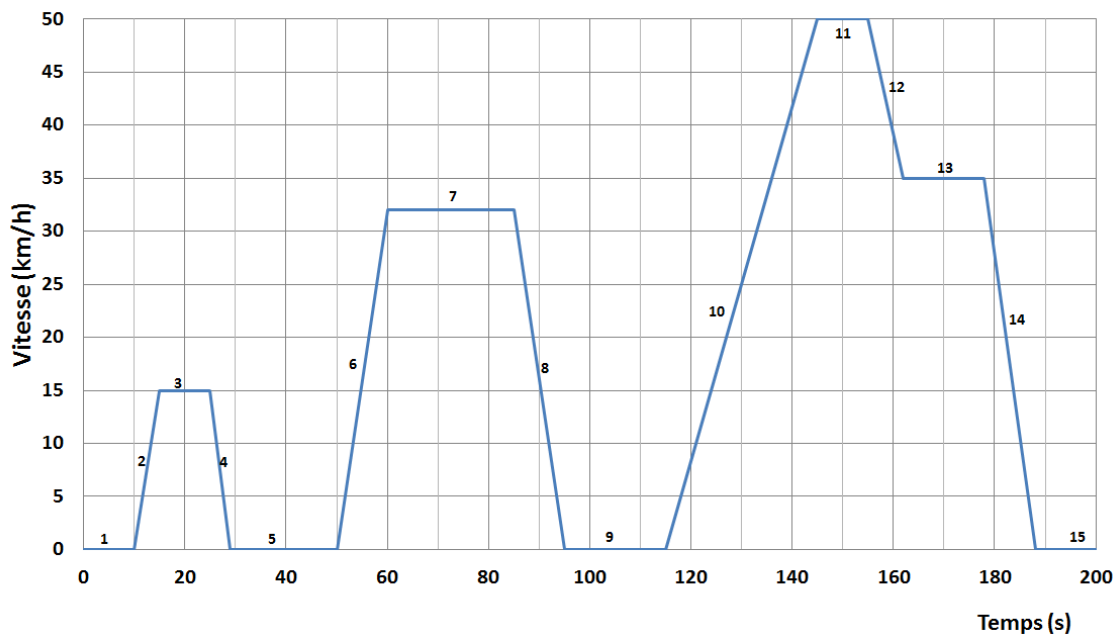
<sup>(2)</sup>  $32 \text{ km.h}^{-1} = \frac{32}{3,6} = 8,89 \text{ m.s}^{-1}$ , donc  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8,89 - 0}{12} = 0,74 \text{ m.s}^{-2}$ .

<sup>(3)</sup> La vitesse de la voiture est constante : son accélération est donc nulle.

<sup>(4)</sup>  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 8,89}{11} = - 0,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

<sup>(5)</sup> La voiture est à l'arrêt : son accélération est nulle.

**A.1.3** Expliquer à partir du graphique du cycle urbain élémentaire donné ci-dessus, comment repérer la phase pour laquelle l'accélération du véhicule est la plus importante.

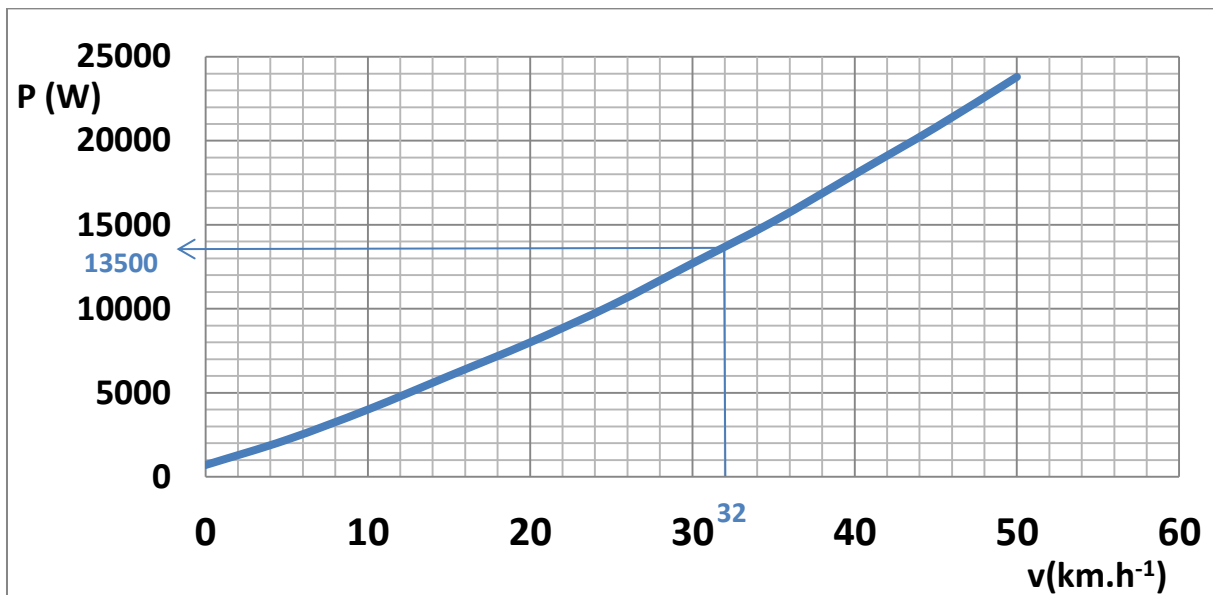


Sur ce graphique, il y a 3 phases d'accélération : (2) , (6) et (10)

L'accélération la plus importante correspond à la phase pour laquelle le coefficient directeur (pente) est le plus grand.

**A.1.4** Pendant la phase 6, on relève la puissance motrice P en fonction de la vitesse v. Déterminer à l'aide du graphe de  $P=f(v)$  en **annexe 1 page 8/9**, la puissance motrice délivrée par le moteur en fin de la phase 6.

En fin de phase 6, la vitesse est de 32 km.h<sup>-1</sup>.



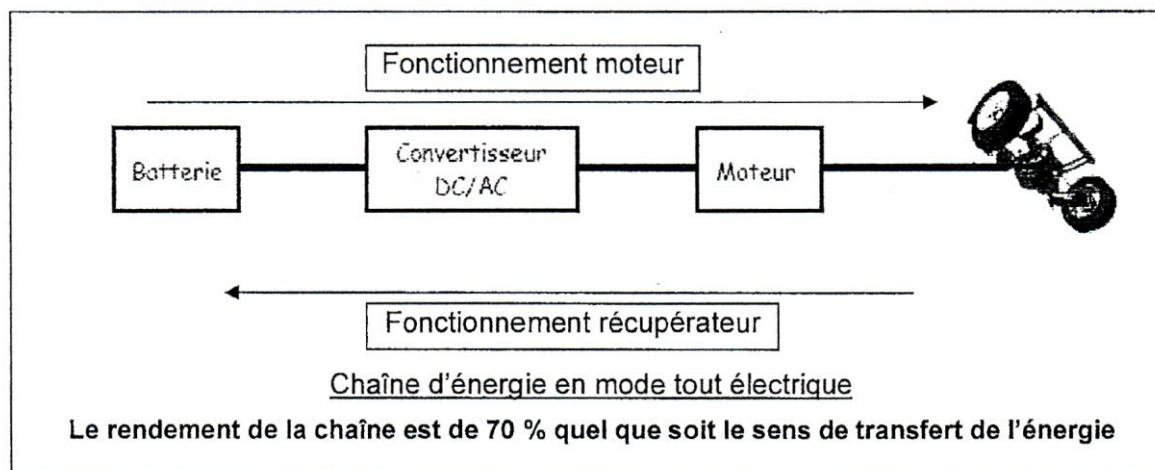
La puissance motrice délivrée par le moteur en fin de la phase 6 est de 13500 W.

**A.1.5** Vérifier, en vous servant du tableau des caractéristiques du véhicule donné en **annexe 1 page 8/9**, que le moteur électrique est capable à lui seul de garantir cette force motrice jusqu'à la fin de la phase 6.

D'après les documents, le moteur peut fournir une puissance maximale de 54 kW soit 54 000 W, Ce qui est bien supérieur à la puissance nécessaire en fin de phase 6.

## A.2 Etude de la récupération de l'énergie :

Lors d'une phase de ralentissement, le moteur électrique fonctionne en génératrice afin de recharger les batteries. La chaîne d'énergie en mode tout électrique est représentée ci-dessous :



**A.2.1** La relation qui permet de calculer l'énergie cinétique est :  $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ .

Calculer la valeur de l'énergie cinétique du véhicule étudié (**voir annexe 1 page 8/9**) dans la **phase 7**.

Dans la phase 7, la vitesse est de 32 km.h<sup>-1</sup> soit  $\frac{32 \times 1000}{3600} = 8,9 \text{ m.s}^{-1}$ .

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 1073 \times 8,9^2 = 42,4 \times 10^3 \text{ J}$$

- A.2.2** En utilisant la chaîne d'énergie en mode tout électrique, calculer l'énergie électrique  $E_E$  qui sera récupérée durant la **phase 8**.

Le rendement de la chaîne étant de 70%, donc on peut donc récupérer une énergie électrique  $E_E = 0,7 \times E_c = 0,7 \times 42,4 \cdot 10^3 = 29,7 \cdot 10^3 \text{ J}$

- A.2.3** Quelle relation peut-on utiliser pour calculer l'énergie perdue  $E_p$  durant la **phase 8** ?

$$E_p = E_c - E_E \quad E_p = E_c / E_E \quad E_p = E_E / E_c \quad E_p = 0,3 \cdot E_c$$

L'énergie perdue se calcule avec  $E_p = E_c - E_E$  ou  $E_p = 0,3 \cdot E_c$

- A.2.4** Calculer les valeurs de  $E_p$  pour le véhicule étudié (voir annexe 1 page 8/9) puis pour un véhicule de masse 2000 kg.

Pour le véhicule étudié :

$$- E_p = E_c - E_E = 42,4 \times 10^3 - 29,7 \cdot 10^3 = 12,7 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Pour un véhicule de 2000 kg :

$$- E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 2000 \times 8,9^2 = 79,0 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$- E_E = 0,7 \times E_c = 0,7 \times 79,0 \cdot 10^3 = 55,3 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$- E_p = E_c - E_E = 79,0 \cdot 10^3 - 55,3 \cdot 10^3 = 23,7 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- A.2.5** Comment évolue la valeur de l'énergie perdue lorsque la masse du véhicule augmente ? Justifier pourquoi on cherche à avoir un véhicule hybride le plus léger possible.

D'après le calcul précédant, l'énergie perdue augmente lorsque la masse du véhicule augmente.

Pour minimiser les pertes d'énergie, il faut donc avoir un véhicule le plus léger possible.

- A.2.6** Expliquer pourquoi les véhicules hybrides n'ont que peu d'intérêt dans le cas d'une utilisation autoroutière.

Sur autoroute, le véhicule roule à une vitesse élevée ( $130 \text{ km.h}^{-1}$ ), l'énergie cinétique est alors élevée, les pertes sont alors maximales. De plus, sur autoroute, seul le moteur thermique fonctionne.

## **PARTIE B : ETUDE DU MOTEUR THERMIQUE.**

### **B.1 Le carburant :**

Le moteur dit « fuel-flex » permet de fonctionner avec un carburant contenant un mélange d'essence et d'éthanol en diverses proportions.

L'E85 (15 % d'essence + 85 % d'éthanol) a un pouvoir calorifique de  $24,6 \text{ MJ.L}^{-1}$  contre  $35,5 \text{ MJ.L}^{-1}$  pour l'essence SP95.

*Données :*

*Masse volumique de l'éthanol à 15°C :  $0,793 \text{ kg.L}^{-1}$*

*Masse molaire de l'éthanol :  $46 \text{ g.mol}^{-1}$*

*Masse molaire du dioxyde de carbone :  $44 \text{ g.mol}^{-1}$*

*PCI volumique de l'éthanol :  $22,6 \text{ MJ.L}^{-1}$*

*PCI molaire de l'éthanol :  $1,31 \text{ MJ.mol}^{-1}$*

*PCI : pouvoir calorifique inférieur*

Dans les véhicules thermiques, lors de la transformation, les produits de la combustion sont expulsés principalement sous forme gazeuse. Si à froid un moteur peut condenser les gaz d'échappement, ce changement d'état n'apporte pas d'énergie utile.

- B.1.1** En vous aidant de l'extrait du bulletin officiel de la république française fourni en **annexe 1 page 8/9**, expliquer que l'on ne prenne en compte que le PCI dans l'apport énergétique du véhicule.

**Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) tient compte de la chaleur de condensation de la vapeur d'eau. Le moteur fonctionnant généralement à chaud, l'eau ne se condense pas : elle reste à l'état de vapeur, on ne prend donc en compte que le PCI.**

- B.1.2** Compléter dans le **document réponse page 7/9** l'équation de la combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène produisant du dioxyde de carbone et de l'eau.



- B.1.3** Donner les détails du calcul qui permet de retrouver la valeur du pouvoir calorifique inférieur volumique (PCI) de l'éthanol exprimé en  $\text{MJ.L}^{-1}$  à l'aide de son pouvoir calorifique inférieur molaire.

**Il faut raisonner sur les unités : on veut passer des  $\text{MJ.mol}^{-1}$  à des  $\text{MJ.L}^{-1}$  : on divise par la masse molaire M et on multiplie par la masse volumique  $\rho$ .**

$$\text{PCI}_{\text{vol}} = \text{PCI}_{\text{mol}} \times \frac{\rho}{M} = 1,31 \times \frac{793}{46} = 22,6 \text{ MJ.L}^{-1}$$

- B.1.4** Calculer la masse de  $\text{CO}_2$  libérée pour la combustion d'un litre d'éthanol.

$$1 \text{ L d'éthanol pèse } 793 \text{ g, donc } 1 \text{ L d'éthanol contient } n = \frac{793}{46} = 17,2 \text{ mol d'éthanol.}$$

**D'après l'équation B.1.2, une mole d'éthanol produit 2 moles de  $\text{CO}_2$ .**

Donc 1L d'éthanol produit  $2 \times 17,2 = 34,4$  mol de  $\text{CO}_2$ .  
La masse de  $\text{CO}_2$  libérée est donc de  $34,4 \times 44 = 1520 \text{ g} = 1,52 \text{ kg}$ .

**B.1.5** La combustion d'un litre d'E85 rejette 1,65 kg de  $\text{CO}_2$ . En vous servant de l'étiquetage énergétique de l'annexe 2 page 9/9, déterminer la classe énergétique du véhicule dont la consommation moyenne en E85 est de 5,5 L / 100 km.

Le véhicule rejette  $5,5 \times 1,65 = 9,075$  kg de  $\text{CO}_2$  pour 100 km

Soit  $\frac{9075}{100} = 90,75$  g/km de  $\text{CO}_2$ ;

D'après le document, il est de classe énergétique A.

**B.1.6** Donner une estimation de la consommation moyenne en SP95 du même véhicule.

Le pouvoir calorifique du E85 étant de  $24,6 \text{ MJ.L}^{-1}$  et la consommation de 5,5 L / 100 km, pour parcourir 100 km, l'énergie nécessaire est de  $5,5 \times 24,6 = 135,3 \text{ MJ}$ .

Avec du SP95, dont le pouvoir calorifique est  $35,5 \text{ MJ.L}^{-1}$ , il suffit de  $\frac{135,3}{35,5} = 3,8 \text{ L}$ .

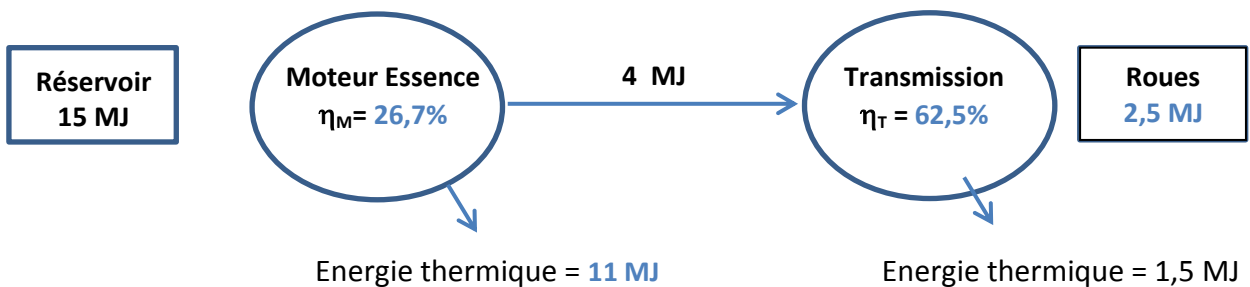
La consommation moyenne serait donc de l'ordre de 3,8 L / 100 km.



## B.2 La chaîne énergétique :

**B.2.1** Compléter, en justifiant chaque valeur, la chaîne énergétique du moteur thermique dans le document réponse page 7/9.

- Pour le moteur essence,  $\eta_M = \frac{4}{15} = 0,267 = 26,7\%$
- L'énergie thermique est alors de  $15 - 4 = 11 \text{ MJ}$
- Pour la transmission, les roues reçoivent  $4 - 1,5 = 2,5 \text{ MJ}$
- $\eta_T = \frac{2,5}{4} = 0,625 = 62,5\%$



**B.2.2** Quelle différence de principe existe-t-il entre une chaîne énergétique d'un véhicule thermique et celle d'un véhicule hybride ?

Celle du moteur hybride est totalement inversable en mode tout électrique.

## PARTIE C : ÉTUDE DE L'ALIMENTATION DU MOTEUR ÉLECTRIQUE D'UN VÉHICULE HYBRIDE.



### C.1 Étude de la batterie :

Un cycle NEDC urbain complet représente un déplacement de 11 km et dure 1200 secondes.  
L'énergie utile nécessaire au véhicule pour le parcourir est de 3,7 MJ.

Le véhicule doit pouvoir fonctionner en tout électrique pendant ce cycle.

On fait l'hypothèse que la tension aux bornes de la batterie reste constante égale à 42 V.

**C.1.1** Calculer la puissance utile moyenne  $P_U$  sur le cycle NEDC urbain complet.

$$P_U = \frac{E}{t} = \frac{3,7 \cdot 10^6}{1200} = 3,08 \cdot 10^3 \text{ W}$$

**C.1.2** La lecture de la chaîne d'énergie en mode tout électrique donnée dans la partie A nous apprend que le rendement de celle-ci est de 70 %, démontrer que la puissance électrique moyenne  $P_{\text{élec}}$  de la batterie est de 4,4 kW.

Le rendement de la chaîne étant de 70%, il faut que la puissance utile  $P_U$  corresponde à 70% de la puissance électrique moyenne  $P_{\text{élec}}$ .

$$\text{Or, } 4,4 \times \frac{70}{100} = 3,08 \text{ kW, ce qui correspond bien au résultat de la question C.1.1.}$$

**C.1.3** Montrer que l'intensité moyenne  $I$  du courant débité par la batterie est de 105 A.

$$P_{\text{élec}} = U \times I \text{ donc } I = \frac{P_{\text{élec}}}{U} = \frac{4400}{42} = 105 \text{ A}$$

**C.1.4** Calculer alors la valeur de la capacité minimale  $Q_{\text{min}}$  (exprimé en A.h) que doit avoir la batterie.

$$\text{La durée d'utilisation est de 1200 s, soit } \frac{1200}{3600} = 0,33 \text{ h.}$$

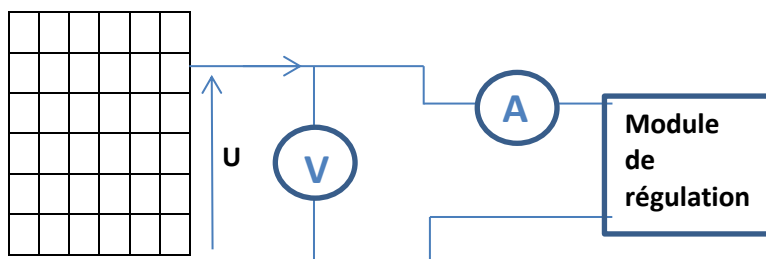
$$Q_{\text{min}} = I \times t = 105 \times 0,33 = 35 \text{ A.h}$$

### C.2 Discussion sur l'intérêt d'intégrer un panneau photovoltaïque

Afin d'augmenter l'autonomie du véhicule, le constructeur projette de placer sur le toit un panneau photovoltaïque dont les caractéristiques sont données dans l'annexe 2 page 9/9.

**C.2.1** Placer sur le schéma du document réponse page 7/9, les appareils de mesure qui permettent de déterminer la puissance fournie par le panneau.

Il faut un voltmètre pour mesure  $U$  et un ampèremètre pour mesurer  $I$  :



**C.2.2** Donner la valeur de la puissance nominale du panneau  $P_{\text{photo}}$ .

D'après le document page 9/9, la puissance nominale est  $P_{\text{photo}} = 120 \text{ W}$ .

**C.2.3** Comparer  $P_{\text{photo}}$  à  $P_{\text{élec}}$  donnée à la question C.1.2. Le panneau solaire peut-il être la source d'alimentation principale pour le moteur ?

$P_{\text{élec}} = 4,4 \text{ kW}$  alors que  $P_{\text{photo}} = 120 \text{ W} : P_{\text{photo}} \ll P_{\text{élec}} :$   
Le panneau ne peut pas suffire à l'alimentation du moteur.

**C.2.4** Montrer que l'énergie récupérée par le panneau photovoltaïque par an est de 150 kW.h lorsque l'énergie de rayonnement solaire annuelle reçue par unité de surface est de  $1250 \text{ kW.h.m}^{-2}$ .

La surface du panneau est  $S = 1,11 \times 0,808 = 0,897 \text{ m}^2$ .

Si le rayonnement est de  $1250 \text{ kW.h.m}^{-2}$  par an, le panneau reçoit une énergie :

$E = 1250 \times 0,897 = 1121 \text{ kW.h}$  en une année.

D'après le document page 9/9, le rendement du panneau est de 13,4%.

Donc l'énergie récupérée par le panneau en un an est de  $1121 \times \frac{13,4}{100} = 150 \text{ kW.h}$

**C.2.5** Sachant que pour parcourir un cycle urbain de 11 km, la batterie doit fournir une énergie de 6 MJ, calculer la distance annuelle que l'on peut parcourir grâce à l'énergie récupérée par le panneau photovoltaïque. On rappelle que 1 kW.h est égal à 3,6 MJ.

Le panneau permet de récupérer  $150 \text{ kW.h} = 150 \times 3,6 = 540 \text{ MJ}$ .

Avec 6 MJ on parcourt 11 km, donc avec 540 MJ, on parcourt  $540 \times \frac{11}{6} = 990 \text{ km}$ .

**C.2.6** Rédiger pour le constructeur une conclusion argumentée développant au moins deux avantages et deux inconvénients de l'implantation de ce panneau sur le toit du véhicule.

L'implantation d'un panneau solaire sur le toit du véhicule permet de récupérer assez d'énergie pour parcourir l'équivalent de 990 km par an. Cela permet d'économiser un peu de carburant, mais cela suppose que l'éclairement soit bien  $1250 \text{ kW.h.m}^{-2}$ , ce qui ne sera pas forcément le cas dans toutes les régions.

Cependant, le panneau solaire seul ne permettra pas de faire fonctionner le véhicule : il n'est pas assez puissant. Il ne peut donc venir qu'en complément. De plus, d'après le document page 9/9, le rendement du panneau solaire va baisser (au bout de 20 ans, il ne donnera plus que 80 % de la puissance initiale).