

## LE SCOOTER HYBRIDE

Face à un trafic urbain de plus en plus dense, le scooter apparaît comme un moyen de locomotion privilégié, il associe confort, maniabilité et gain de temps. Le scooter permet également les déplacements sur route hors agglomération.

Certains constructeurs ont développé une technologie hybride, combinant un moteur thermique et un moteur électrique. A l'heure actuelle, le moteur électrique apparaît comme un complément du moteur thermique, sa présence permet d'augmenter le rendement global du scooter et diminue donc la quantité de dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère.

L'objet du sujet qui comporte 4 parties indépendantes portera sur l'étude d'un scooter hybride.

**Partie I : transferts et conversions énergétiques**

**Partie II : transformation chimique et transfert thermique**

**Partie III : transformation chimique et transfert électrique**

**Partie IV : communication et ondes électromagnétiques**

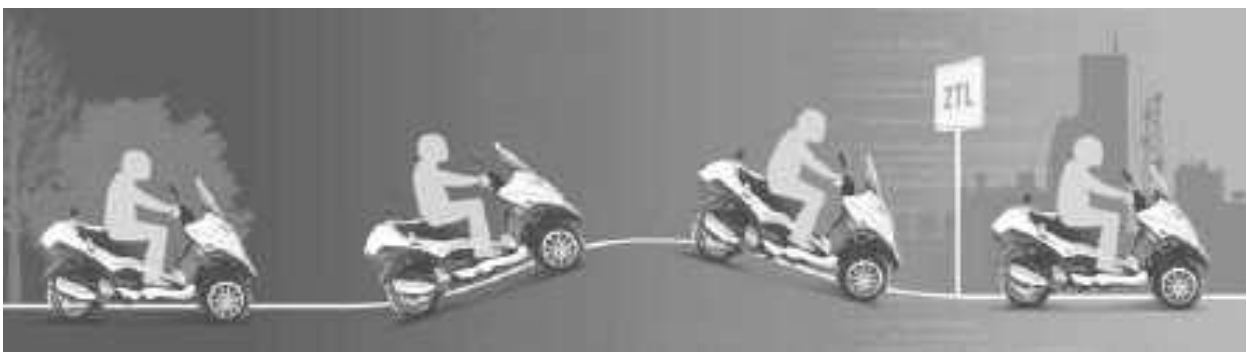
### I. TRANSFERTS ET CONVERSIONS ENERGETIQUES

#### 1. Fonctionnement général

**Document 1** (D'après [www.piaggiomp3.com](http://www.piaggiomp3.com))

Un scooter de la marque « piaggio » dans 4 situations différentes.

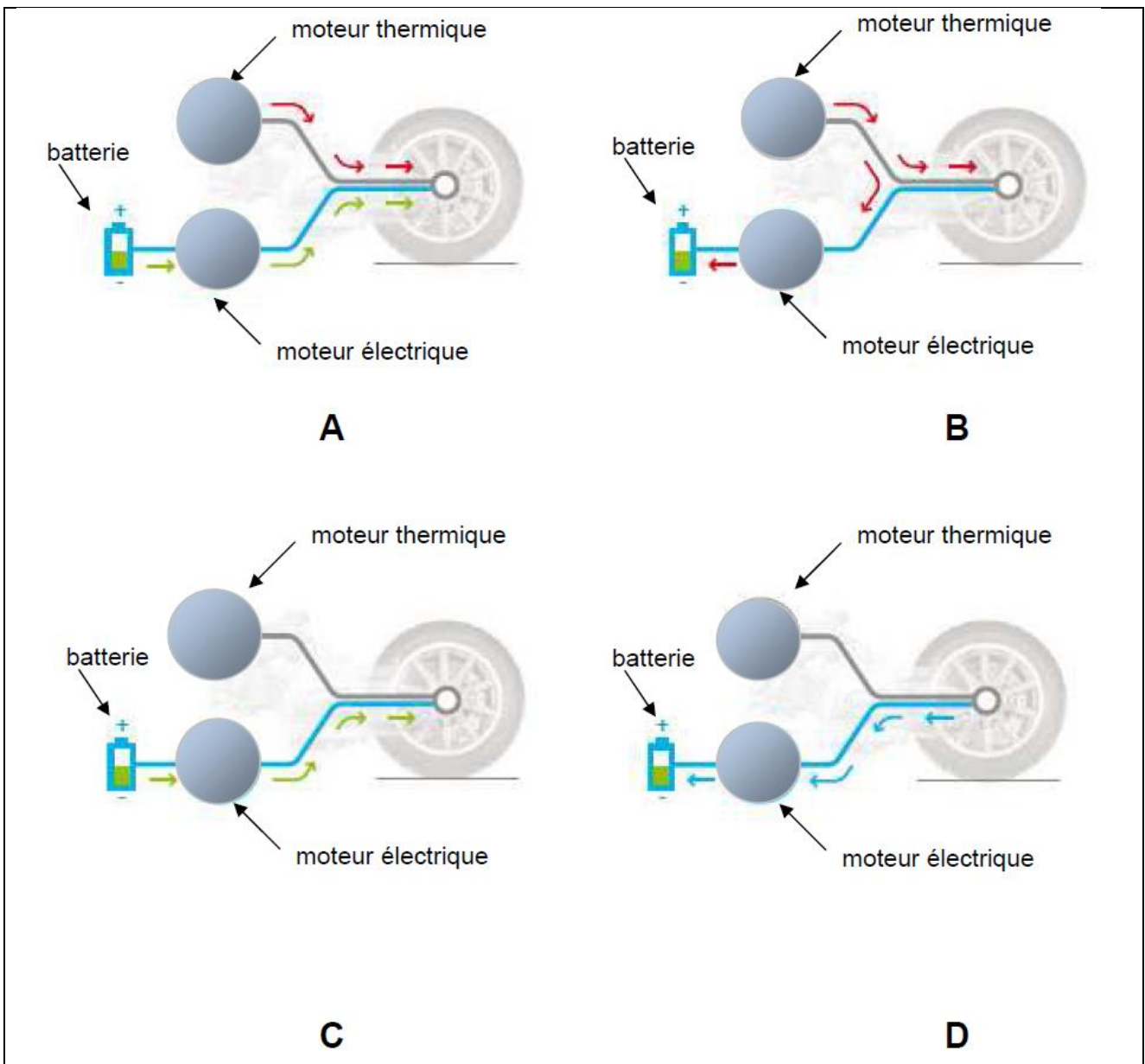
<p><b>« HYBRID CHARGE »</b> Le moteur thermique fournit de l'énergie à la fois à la roue et au moteur électrique. Ce dernier fonctionne comme un générateur et recharge les batteries.</p>	<p><b>« HYBRID POWER »</b> Le moteur électrique, associé au moteur thermique, fournit puissance et couple supplémentaires grâce à l'énergie stockée dans les batteries. Les émissions et la consommation sont réduites, les performances améliorées.</p>	<p><b>« FREINAGE ET DECELERATION »</b> Le moteur électrique fonctionne comme un générateur et récupère l'énergie cinétique traditionnellement perdue sur les autres véhicules et la transforme pour recharger les batteries</p>	<p><b>« MODE ELECTRIC »</b> Le moteur thermique est éteint. Le moteur électrique fournit sa puissance à la roue arrière et transforme le mp3 hybride en véhicule "zéro émission".</p>
--	--	---	---



sur route horizontale \_\_\_\_\_ en côte \_\_\_\_\_ en descente \_\_\_\_\_ en ville

Document 2

Une schématisation des 4 situations précédentes



D'après [www.piaggiomp3.com](http://www.piaggiomp3.com)

- 1.1. Remplir le tableau de l'annexe 1 à rendre avec la copie avec les lettres A, B, C ou D correspondant à chacune des situations proposées.

D'après le document 1 :

Dans le cas A, les 2 moteurs fonctionnent ensemble : correspond à l'« hybrid power »

Dans le cas B, le moteur thermique fournit de l'énergie à la fois à la roue et au moteur électrique : correspond à l'« hybrid charge »

Dans le cas C, seul le moteur électrique fonctionne : correspond au « mode electric »

Dans le cas D, on recharge la batterie : correspond à la phase « freinage et décélération »

Situation	Hybrid charge	Hybrid power	Freinage et décélération	Mode electric
Schéma correspondant	B	A	D	C

1.2. Dans le « mode electric » que signifie la formulation « zéro émission » ?

On est dans le cas où le moteur thermique est éteint, il n'y a donc plus d'émission de gaz polluants par le scooter.

## 2. Fonctionnement en mode thermique seul

### Document 3

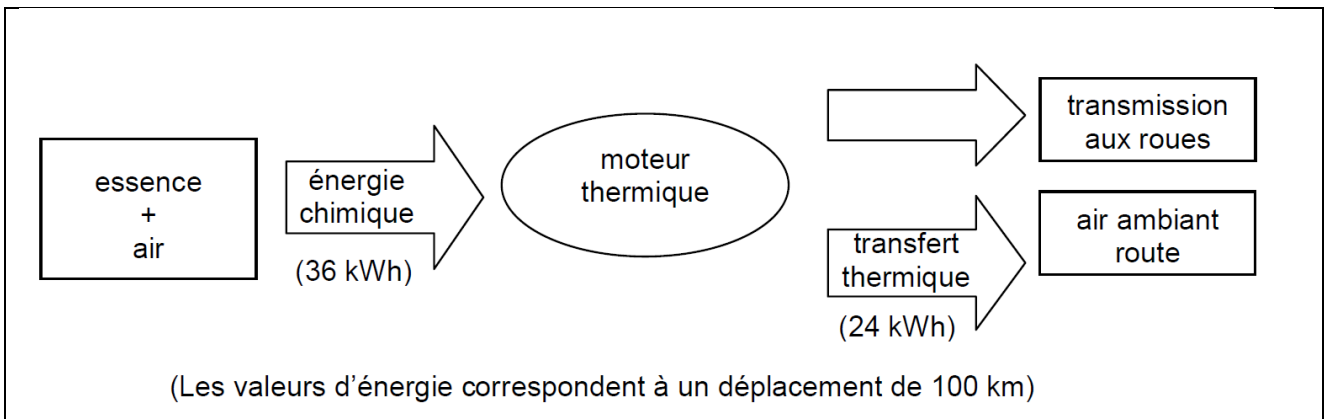
Caractéristiques de différentes sources d'énergie pour véhicules

	Essence	Diesel	Electricité
Énergie massique en Wh / kg	11 900	11 800	30 - 200
Énergie volumique en Wh / litre	9 060	8 970	70 - 300
Durée de « remplissage »	5 min	5 min	4 - 6 h
Rendement en énergie du réservoir à la roue	30 - 35 %	40 - 42 %	80 - 85 %

D'après Mission « Véhicule 2030 » Rapport J. SYROTA – 28 septembre 2008

### Document 4

Chaîne énergétique simplifiée du scooter à moteur thermique



### Document 5

Comparaison des différents modes de stockage de l'énergie – cas d'un « réservoir » de 10 litres

	Essence	Électricité
Autonomie fournie	~ 250 km	~ 25 à 33 km

Données : 1 Wh = 3600 J

masse volumique de l'essence  $\rho_e = 0,760 \text{ kg.L}^{-1}$

1 MJ =  $10^6$  J

le rendement  $\eta$  est défini par le rapport de l'énergie utile sur l'énergie reçue

- 2.1. L'énergie volumique de l'essence est de  $32,6 \text{ MJ.L}^{-1}$ . Calculer l'énergie volumique  $E_v$  de l'essence en watt heure par litre ( $\text{Wh.L}^{-1}$ ).

D'après les données,  $1\text{Wh} = 3\,600 \text{ J}$  donc  $1\text{Wh.L}^{-1} = 3\,600 \text{ J.L}^{-1}$

$$E_v = \frac{32,6 \cdot 10^6 \times 1}{3600} = 9,06 \cdot 10^3 \text{ Wh.L}^{-1}$$

- 2.2. Le document 4 représente la chaîne énergétique simplifiée du scooter à moteur thermique.

2.2.1. A quel type d'énergie correspond la flèche vide du document 4 ?

Il s'agit de l'énergie fournie par le moteur thermique aux roues, donc une énergie mécanique.

2.2.2. En utilisant le document 4, déterminer la valeur du rendement  $\eta$  du scooter fonctionnant en mode thermique. Montrer que le résultat est en accord avec le document 3.

D'après le document 4, sur les 36 kW.h fournis par le moteur, 24 kW.h sont perdus. Donc seul  $36 - 24 = 12$  kW.h sont réellement utilisés.

On a donc :  $\eta = \frac{12}{36} = 0,33$  soit 33 %.

D'après le document 3, ce rendement est compris entre 30 et 35 %. Le résultat est donc en accord avec le document 3.

2.2.3. Le rendement du scooter dépend de la pression des pneumatiques.

Relié à l'un des pneumatiques, le manomètre utilisé affiche une pression P de 2,2 bars. Sachant qu'à l'air libre il indique 0 bar, la pression mesurée est-elle relative ou absolue ?

Comme à l'air libre (donc à la pression atmosphérique) le manomètre indique 0 bar, on peut dire qu'il indique une pression relative.

2.3. Le scooter a un réservoir qui peut contenir 12 litres d'essence. A partir du document 5, déterminer l'autonomie du scooter.

D'après le document 5, un réservoir de 10 L d'essence correspond à une autonomie d'environ 250 km.

Donc un réservoir de 12 L correspond à une autonomie de  $\frac{12 \times 250}{10} = 300$  km

### 3. Fonctionnement en mode hybride

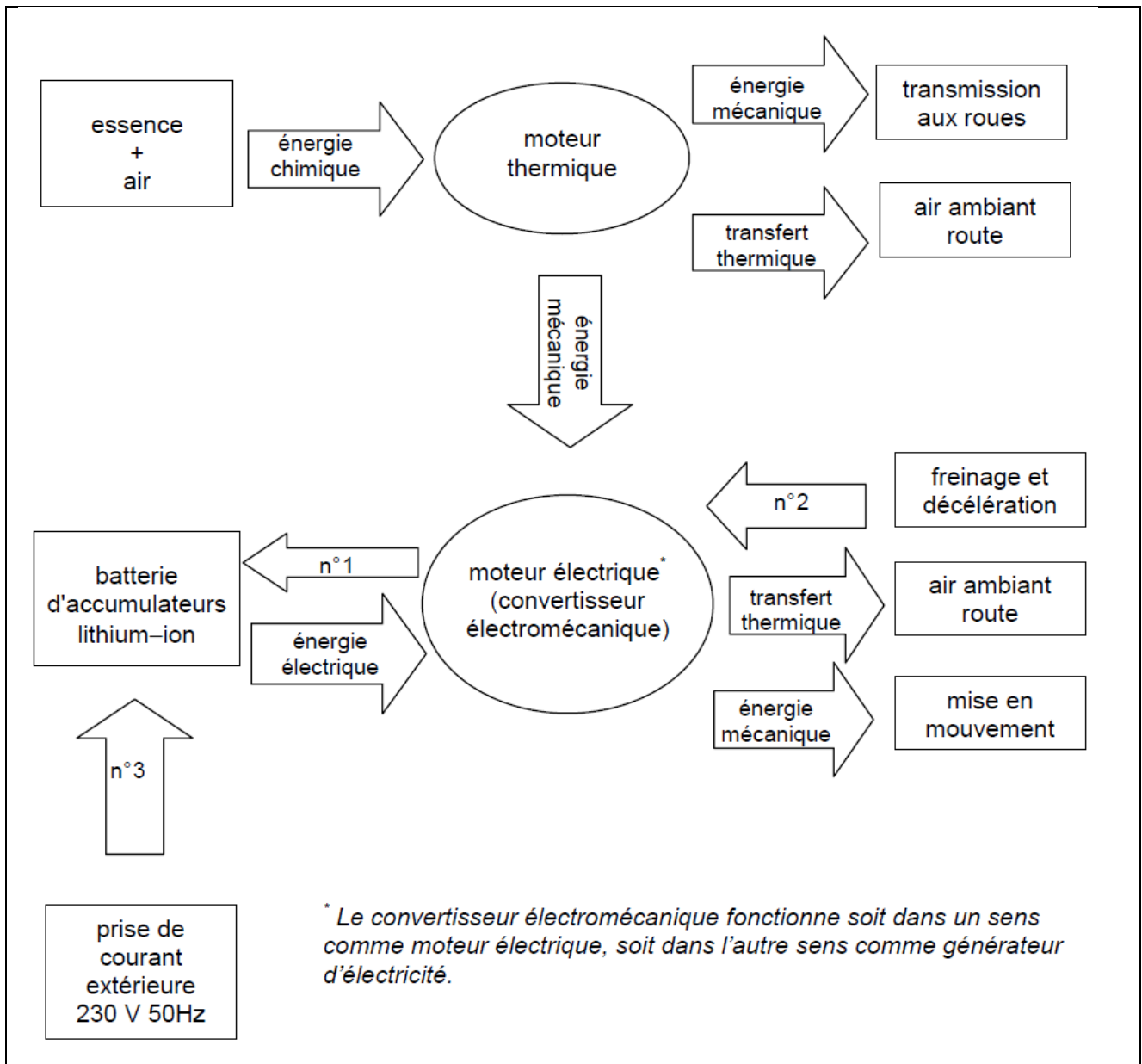
#### Document 6

Extrait de la fiche technique du scooter « piaggio » MP3 hybrid 125 cm<sup>3</sup>

Recharge de la batterie .....	Au freinage et à la décélération, ou branchée sur le réseau électrique (module de charge de la batterie intégrée au système de contrôle électronique)
Contenance du réservoir à carburant .....	12 litres
Consommation (cycle 2/3 hybride – 1/3 électrique) ....	1,7 L / 100 km

#### Document 7

Chaîne énergétique simplifiée du scooter hybride



Le scooter dispose d'une motorisation qui associe un moteur thermique et un moteur électrique montés en parallèle, ce qui permet d'augmenter son autonomie.

3.1. Identifier, sans justifier, les différents transferts d'énergies correspondant aux flèches n° 1 et n° 2 du document 7.

La flèche n° 1 correspond à de l'énergie électrique, la flèche n° 2 à de l'énergie mécanique.

3.2. Qu'indique la flèche n° 3 du document 7 ?

La flèche n° 3 correspond à la charge de la batterie à l'aide d'une prise de courant extérieure.

3.3. Le scooter a un réservoir qui peut contenir 12 litres d'essence.

Déterminer l'autonomie du scooter hybride si on adopte un cycle 2/3 hybride - 1/3 électrique avec une consommation de 1,7 L aux 100 km.

Avec 1,7 L d'essence, le scooter peut parcourir 100 km.

Donc avec 12 L d'essence, le scooter peut parcourir  $\frac{12 \times 100}{1,7} = 706 \text{ km}$

Comparer cette autonomie avec celle calculée en 2.3. et conclure.

À la question 2.3. on avait trouvé une autonomie de 300 km en considérant que l'on n'utilisait que le moteur thermique. Avec un cycle 2/3 hybride - 1/3 électrique, l'autonomie est multipliée par  $\frac{706}{300} = 2,3 !$

#### 4. Rendement du moteur électrique

La puissance électrique absorbée par ce moteur est donnée par la relation :

$P_{\text{élec}} = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos(\varphi)$  où  $\cos(\varphi)$  est appelé facteur de puissance

La puissance mécanique maximale du moteur électrique est  $P_{\text{méca}} = 2,6 \cdot 10^3 \text{ W}$ .

Dans ce cas, pour une tension  $U = 54 \text{ V}$ , l'intensité du courant est  $I = 34 \text{ A}$  et  $\cos(\varphi) = 0,95$ .

4.1. A partir de ces données, déterminer le rendement  $\eta$  du moteur.

$P_{\text{élec}} = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos(\varphi) = \sqrt{3} \times 54 \times 34 \times 0,95 = 3021 \text{ W}$  soit  $3,0 \cdot 10^3 \text{ W}$

Donc  $\eta = \frac{2,6 \cdot 10^3}{3,0 \cdot 10^3} = 0,87$  soit 87 %

4.2. En déduire un intérêt du moteur électrique par rapport au moteur thermique.

Pour le moteur thermique, on avait trouvé 33 %, le moteur électrique a donc un meilleur rendement que le moteur thermique.

## II. TRANSFORMATION CHIMIQUE ET TRANSFERT THERMIQUE

### Document 8

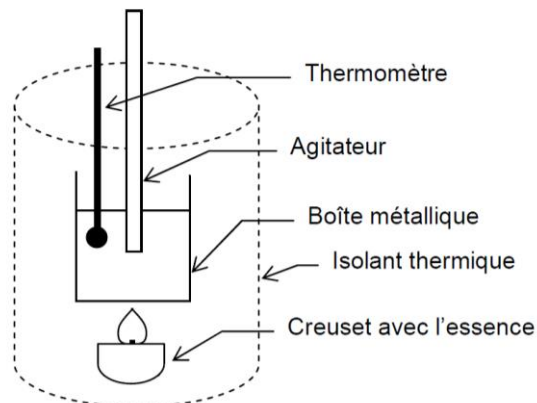
L'association des deux moteurs ne se contente pas d'améliorer les performances, elle réduit également la consommation de carburant et les émissions de  $\text{CO}_2$ . Le Piaggio MP3 Hybrid consomme seulement 1,7 L / 100 km contre une moyenne de 3,8 L / 100 km pour les scooters classiques. Les émissions de  $\text{CO}_2$  suivent la même tendance. Elles atteignent seulement 40 g/km contre 90 g/km pour les autres scooters en moyenne. (Les données du MP3 Hybrid sont calculées sur la base d'une utilisation 2/3 hybride et 1/3 électrique).

D'après : <http://www.fr.piaggio.com/fr>

Le but de cette partie est de vérifier expérimentalement la valeur de l'énergie massique (ou pouvoir calorifique) de l'essence donnée dans le **document 3**, ainsi que la masse de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> rejetée par km parcouru par un scooter.

Le manipulateur effectuera l'expérience schématisée dans le **document 9** ci-dessous avec un échantillon d'essence de masse  $m_e = 1,5$  g placé dans un creuset.

On considère que l'énergie libérée par la combustion de l'essence est égale à la variation d'énergie interne de l'eau (énergie reçue par l'eau).



Document 9

Document 10

Extrait de la fiche de données de sécurité du supercarburant sans plomb 95/E10

FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ (extraits de la fiche fournie par TOTAL)  
conformément au Règlement (CE) No. 1907/2006

FDS n° : A01169

SUPERCARBURANT SANS PLOMB 95/E10

1. IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/DU MÉLANGE ET DE LA SOCIÉTÉ/L'ENTREPRISE

Identificateur de produit

Nom du produit

SUPERCARBURANT SANS PLOMB 95/E10

Substance pure/mélange

Mélange

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Éléments d'étiquetage



Mention d'avertissement

DANGER



### Mentions de danger (extrait)

H224 - Liquide et vapeurs extrêmement inflammables

H350 - Peut provoquer le cancer

H340 - Peut induire des anomalies génétiques

H361fd - Susceptible de nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité

H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires

### Conseils de prudence (extrait)

P261 - Éviter de respirer les poussières/fumées/gaz/brouillards/vapeurs/aérosols

P280 - Porter des gants de protection et un équipement de protection des yeux/du visage

P301 + P310 - EN CAS D'INGESTION: appeler immédiatement un CENTRE ANTIPOISON ou un médecin

P403 + P233 - Stocker dans un endroit bien ventilé. Maintenir le récipient fermé de manière étanche.

### 3. COMPOSITION / INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS (extraits)

#### Mélange

#### Nature chimique

Mélange additivé constitué d'hydrocarbures, paraffiniques, naphténiques, aromatiques, oléfiniques, avec principalement des hydrocarbures de C4 à C12 et des composés oxygénés.

### 1. Essence et précaution

L'essence utilisée par le moteur thermique du scooter est un mélange d'hydrocarbures, commercialisée sous la dénomination supercarburant sans plomb 95/E10.

Par souci de simplification, dans la suite de l'exercice on considérera qu'elle est uniquement constituée d'octane de formule brute  $C_8H_{18}$ .

Répondre aux trois questions suivantes à partir du document 10 :

- 1.1. Justifier que le choix d'assimiler l'essence à de l'octane est compatible avec les données fournies dans la rubrique « 3. COMPOSITION / INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS » de la fiche de données de sécurité.

Dans le document 10, on peut lire que l'essence est « constitué principalement d'hydrocarbures de C4 à C12 »

L'octane correspond bien à cette définition, avec un nombre moyen d'atomes de carbone par rapport aux constituants de l'essence.

- 1.2. Le manipulateur doit-il effectuer le prélèvement d'essence sous une hotte aspirante ? Justifier.

Oui, car on peut lire dans le document 10 : « Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires »

- 1.3. De quels équipements de protection individuels le manipulateur doit-il disposer pour effectuer son prélèvement afin d'assurer sa protection ?

Les conseils de prudence indiquent : « Porter des gants de protection et un équipement de protection des yeux/du visage »

## 2. Pouvoir calorifique de l'essence

On considère l'expérience du **document 9** effectuée dans les conditions optimales de sécurité.

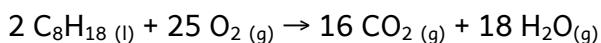
Le creuset contient initialement  $m_e = 1,5$  g d'essence.

L'énergie libérée lors de sa combustion permet de chauffer une masse d'eau  $m_{\text{eau}} = 300$  g placée dans une boîte métallique.

La température initiale de l'eau est  $\theta_i = 20$  °C.

Une fois que toute l'essence a brûlé, la température finale de l'eau est  $\theta_f = 63$  °C.

Dans l'expérience ci-dessus, on considère que la transformation chimique entre l'essence et le dioxygène de l'air est une combustion complète. Elle est modélisée par l'équation chimique :



Données :

Capacité thermique massique de l'eau  $c_{\text{eau}} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

On rappelle que la variation d'énergie interne d'un corps de masse  $m$  passant d'une température initiale  $\theta_i$  à une température finale  $\theta_f$  est donnée par la relation :

$\Delta U = m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i)$  où  $c$  représente la capacité thermique massique de ce corps.

- 2.1. Déterminer la variation d'énergie interne de l'eau (énergie reçue par l'eau) notée  $\Delta U_{\text{eau}}$ .

$$\Delta U_{\text{eau}} = m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i) = 0,300 \times 4,18 \cdot 10^3 \times (63 - 20) = 53,9 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- 2.2. Montrer à partir du résultat précédent que la valeur expérimentale du pouvoir calorifique de l'essence est de  $36 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  soit  $10 \cdot 10^3 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

On suppose que l'énergie libérée par la combustion de l'essence est égale à la variation d'énergie interne de l'eau.

On a donc :  $\Delta U_{\text{eau}} = \Delta U_{\text{essence}}$  : il s'agit de l'énergie libérée par la combustion d'une masse  $m_e = 1,5$  g d'essence.

$$\text{Donc : } PC_{\text{essence}} = \frac{\Delta U_{\text{eau}}}{m_e} = \frac{53,9 \cdot 10^3}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 36 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ soit } 36 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

- 2.3. D'après le **document 3**, le pouvoir calorifique de l'essence vaut  $11\,900 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Proposer une explication à l'écart constaté avec la valeur expérimentale.

Toute l'énergie libérée par la combustion de l'essence ne sert pas à élever la température de l'eau : il y a des pertes (chauffage de l'air, et de la coupelle par exemple.)

### 3. Rejet de dioxyde de carbone

D'après le constructeur, en mode Hybrid, le scooter consomme en moyenne 1,7 L / 100 km.

Données :

- masse volumique de l'essence  $\rho_e = 0,760 \text{ kg.L}^{-1}$ .
- masse molaire de l'essence  $M_e = 114 \text{ g.mol}^{-1}$
- masse molaire du dioxyde de carbone  $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g.mol}^{-1}$

3.1. Déterminer la masse d'essence moyenne consommée, notée  $m_e$ , pour effectuer 100 km.

Pour effectuer 100 km, il faut un volume  $V_e = 1,7 \text{ L}$  d'essence.

La masse volumique de l'essence est  $\rho_e = 0,760 \text{ kg.L}^{-1}$ .

Donc  $m_e = V_e \times \rho_e = 1,7 \times 0,760 = 1,3 \text{ kg}$

3.2. Montrer que la quantité d'essence correspondante est  $n_e = 11,4 \text{ mol}$ .

$$n_e = \frac{m_e}{M_e} = \frac{1,3}{0,114} = 11,4 \text{ mol}$$

3.3. En déduire la quantité de dioxyde de carbone produite, noté  $n_{\text{CO}_2}$ , pour un trajet de 100 km.

D'après l'équation de la réaction, 2 moles d'octane libèrent 16 moles de dioxyde de carbone. Donc  $n_{\text{CO}_2} = 8 \times n_e = 91,2 \text{ mol}$ .

3.4. Montrer que la masse de dioxyde de carbone  $m_{\text{CO}_2}$  produite pour un trajet de 100 km est de 4,0 kg.

$$m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2} = 91,2 \times 44 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ g soit } 4,0 \text{ kg.}$$

3.5. La valeur trouvée est-elle compatible avec celle fournie par le constructeur dans le document 8 ?

Le document 8 indique que le scooter rejette 40 g de dioxyde de carbone par kilomètre, ce qui fait bien 4,0 kg pour un parcours de 10 km. La valeur trouvée est donc bien compatible avec la valeur fournie par le constructeur.

### III. TRANSFORMATION CHIMIQUE ET TRANSFERT ELECTRIQUE

La batterie d'un scooter est composée de 10 accumulateurs Lithium-ion (noté Li-ion) montés en série. Elle sert à stocker l'énergie nécessaire au fonctionnement du moteur électrique.

La batterie peut stocker au maximum une énergie égale à 4 kW.h.

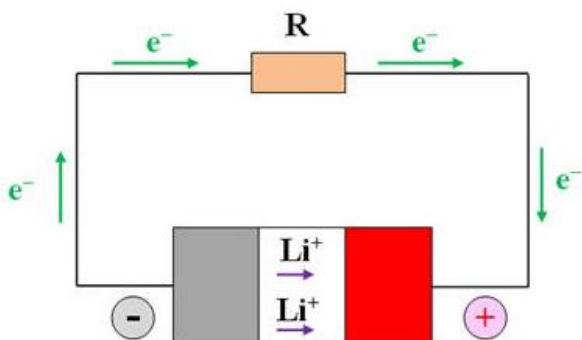
Un accumulateur Li-ion se comporte comme :

- un générateur électrochimique de courant continu lorsqu'il fournit de l'énergie à un récepteur noté R,
- un récepteur électrochimique lorsqu'il est rechargé par un générateur noté G (voir document 11).

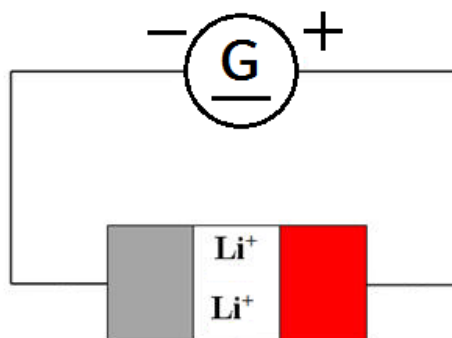
Il est constitué de deux électrodes séparées par un électrolyte dans lequel les ions lithium  $\text{Li}^+$  se déplacent. L'une des électrodes est en graphite, l'autre électrode est en oxyde de cobalt  $\text{CoO}_2$ . (Co est le symbole de l'élément cobalt).

#### Document 11

Utilisation de l'accumulateur en générateur



Utilisation de l'accumulateur en récepteur



D'après <http://scphysiques2010.voila.net>

#### 1. Fonctionnement en générateur d'un accumulateur lithium-ion

Les réactions aux électrodes sont modélisées de façon simplifiée par les équations chimiques ci-après :

Sur l'électrode en graphite :  $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$

Sur l'électrode en oxyde de cobalt :  $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{CoLiO}_2$

1.1. D'après le document 11, quels sont les porteurs de charge responsables du passage du courant dans les différentes parties du circuit ?

Dans les fils, les porteurs de charges sont les électrons, dans l'accumulateur, ce sont les ions lithium  $\text{Li}^+$ .

1.2. D'après le document 11 et les équations aux électrodes, l'électrode en graphite est-elle l'électrode positive ou l'électrode négative de l'accumulateur ? Justifier.

D'après l'équation à l'électrode de graphite, il s'agit de l'électrode d'où partent les électrons et les ions lithium.

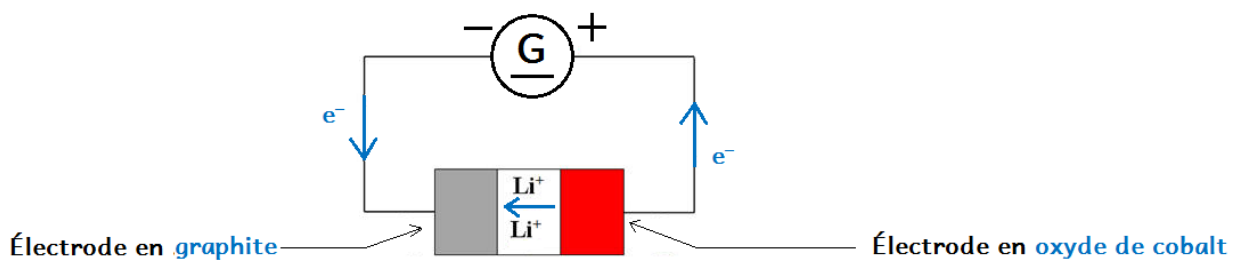
D'après le document 11, il s'agit de l'électrode négative de l'accumulateur.

## 2. Fonctionnement en récepteur d'un accumulateur lithium-ion

Le processus charge-décharge de l'accumulateur Li-ion est réversible.

Compléter l'annexe 2 à rendre avec la copie en précisant :

- 2.1. Le sens de circulation des électrons dans le circuit à l'extérieur du générateur.
- 2.2. Le sens de déplacement des ions  $\text{Li}^+$  dans l'électrolyte.
- 2.3. L'électrode en graphite.
- 2.4. L'électrode en oxyde de cobalt.



## 3. La batterie lithium-ion d'un point de vue énergétique

### Document 12

Caractéristiques de différents types d'accumulateurs

Type d'accumulateur	Énergie massique en $\text{Wh.kg}^{-1}$	Énergie volumique en $\text{Wh.L}^{-1}$	Tension à vide d'un accumulateur en V	Durée de vie (nombre de recharges)
Plomb – acide	30 – 50	75 – 120	2,25	400 – 800
Li – Po *	100 – 130	220 – 330	3,7	200 – 300
Li – ion	90 – 180	220 – 400	3,6	500 – 1000

\* Batterie lithium – polymère

D'après les données de l'ADEME (agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et de Panasonic-technologie Li-ion.

Donnée : 1 Wh = 3600 J

- 3.1. A partir des données énergétiques du **document 12**, expliquer pourquoi on utilise principalement des accumulateurs Li-Po et Li-ion dans les appareils portables ?

Ce sont les accumulateurs qui ont la plus grande densité d'énergie (tant volumique que massique) : donc, pour une même quantité d'énergie stockée, ils sont moins lourds et moins volumineux qu'un accumulateur au plomb.

- 3.2. La batterie Lithium-ion d'un scooter hybride a une masse de 26 kg.

Vérifier que l'énergie massique d'un accumulateur Li-ion correspond aux données du **document 12**.

On rappelle que la batterie d'un scooter, composée de 10 accumulateurs Lithium-ion, peut stocker au maximum une énergie égale à 4 kWh.

Un accumulateur de la batterie peut donc stocker une énergie de 0,4 kW.h (400 Wh) et pèse 2,6 kg.

Ce qui donne une énergie massique de  $\frac{400}{2,6} = 153 \text{ Wh.kg}^{-1}$

Ceci correspond aux données du **document 12** qui nous indique de la valeur est comprise entre 90 et 180 Wh.kg<sup>-1</sup>.

#### IV. COMMUNICATION ET ONDES ELECTROMAGNETIQUES

Le pilote du scooter possède un casque équipé d'un système de communication bluetooth avec son passager.

##### Document 13

Extrait de la notice du kit de communication du pilote du scooter



Générales	Fonction Audio
Autonomie en communication : jusqu'à 10 h	Microphone avec réducteur de souffle
Temps de chargement : 3 h	Contrôle automatique du volume en fonction de la vitesse et du bruit ambiant
Fonctions	Puce et Batterie
S'adapte aux casques intégraux, jets et modulables	Bluetooth classe 2
Mécanisme de détachage rapide du casque	Batterie lithium – polymère rechargeable

#### Document 14

##### Descriptif de la technologie bluetooth

Bluetooth est une technologie réseau personnel de communication sans fil, mise au point par Ericsson en 1994. Elle permet à des appareils de communiquer entre eux sur de faibles distances. Le système bluetooth utilise des ondes électromagnétiques de fréquence 2,4 GHz.

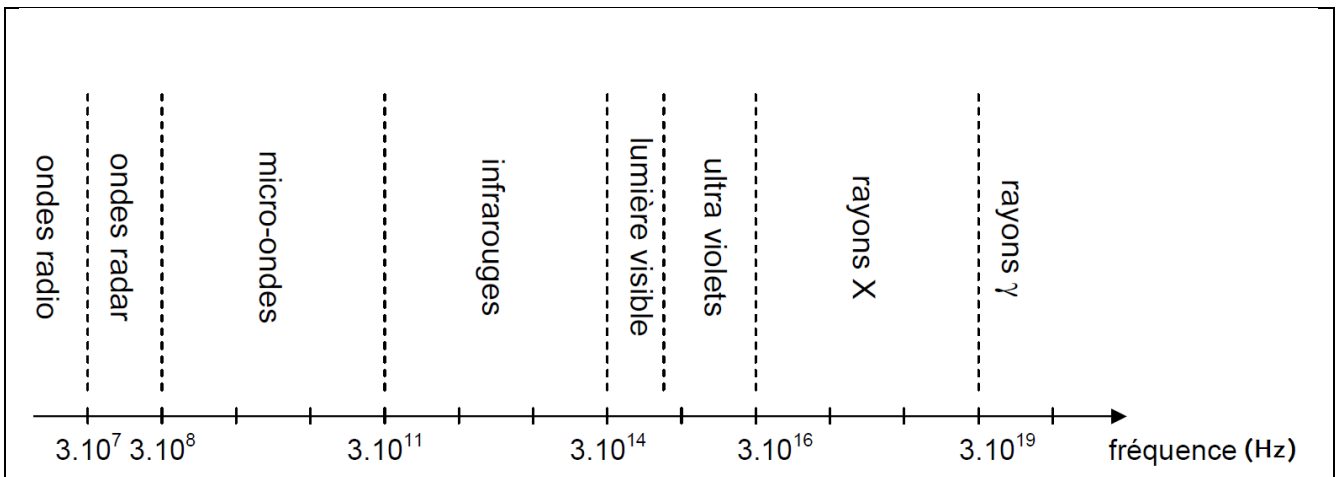
Les appareils communiquant par bluetooth ne nécessitent pas de ligne de vue directe pour communiquer, contrairement à ceux qui utilisent une liaison infrarouge.

La portée des appareils bluetooth dépend essentiellement de la puissance de l'émission. Il existe 3 classes d'appareils bluetooth :

Classe	Puissance	portée
1	100 mW	100 m
2	2,5 mW	10 à 20 m
3	1 mW	Quelques mètres

#### Document 15

##### Spectre des ondes électromagnétiques



Donnée : célérité des ondes électromagnétiques dans l'air :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

1. Décrire succinctement la structure d'une onde électromagnétique.

Une onde électromagnétique est composée d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui se propagent à la vitesse de la lumière. Ces deux champs :

- sont perpendiculaires l'un à l'autre ainsi qu'à la direction de propagation de l'onde.
- sont périodiques (dans l'espace et le temps)
- ont la même fréquence et la même longueur d'onde

2. Repérer dans le **document 15**, le type d'onde électromagnétique utilisée dans la technologie Bluetooth.

La technologie Bluetooth utilise une onde de 2,4 GHz soit  $2,4 \cdot 10^9 \text{ Hz}$  : ce sont des micro-ondes.

3. Justifier un intérêt du choix de la technologie Bluetooth dans la communication entre le pilote et son passager en commentant la phrase du **document 14** : « Les appareils communiquant par Bluetooth ne nécessitent pas de ligne de vue directe pour communiquer, contrairement à ceux qui utilisent une liaison infrarouge. »

Il n'est pas nécessaire que les deux appareils communiquant soient placés face à face pour que la liaison fonctionne.

4. En utilisant les **documents 13 et 14**, la classe du kit de communication du pilote du scooter vous paraît-elle convenir à l'utilisation qui en est faite ?

D'après le **document 13**, l'appareil utilise une technologie de classe 2. D'après le **document 14**, la portée est alors de 10 à 20 m, ce qui est largement suffisant pour qu'un motard



communiquent avec son passager. (On aurait même pu envisager d'utiliser une technologie de classe 3 !)

5. Le kit intègre une antenne. Il existe plusieurs sortes d'antennes dont l'une est appelée antenne quart d'onde : Cette appellation « quart d'onde » signifie que la longueur  $L$  de l'antenne est égale au quart de la longueur d'onde :  $L = \frac{\lambda}{4}$ .

Quelle doit-être la longueur  $L$  d'une antenne « quart d'onde » dans la technologie Bluetooth ?

Cette longueur vous paraît-elle acceptable ?

La fréquence du signal est  $f = 2,4 \text{ GHz} = 2,4 \cdot 10^9 \text{ Hz}$

$$\text{Donc } \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9} = 0,125 \text{ m}$$

Une antenne « quart d'onde » aurait donc une longueur d'environ 3 cm, ce qui est tout à fait acceptable ici.

ANNEXES (à rendre avec la copie)

Annexe 1 : réponses à la question 1.1. de la partie I.

Situation	Hybrid charge	Hybrid power	Freinage et décélération	Mode électrique
Schéma correspondant				

Annexe 2 : réponses aux questions 2.1. 2.2. 2.3. et 2.4. de la partie III.

Fonctionnement en récepteur de l'accumulateur lithium-ion

