

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE Spécialité BIOTECHNOLOGIES (STL BIOTECHNOLOGIES)

- Session 2013 -

Épreuve de *PHYSIQUE CHIMIE*

Ce sujet sera traité par les candidats se présentant pour la première fois aux épreuves terminales du baccalauréat.

Durée de l'épreuve : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte **15** pages.

Le document réponse est à rendre avec la copie.

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée

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

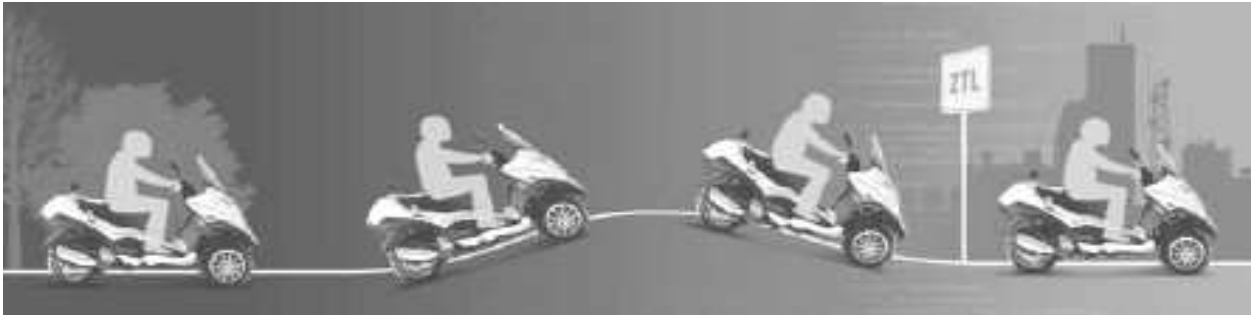
Partie IV : communication et ondes électromagnétiques

I. TRANSFERTS ET CONVERSIONS ENERGETIQUES

1. Fonctionnement général

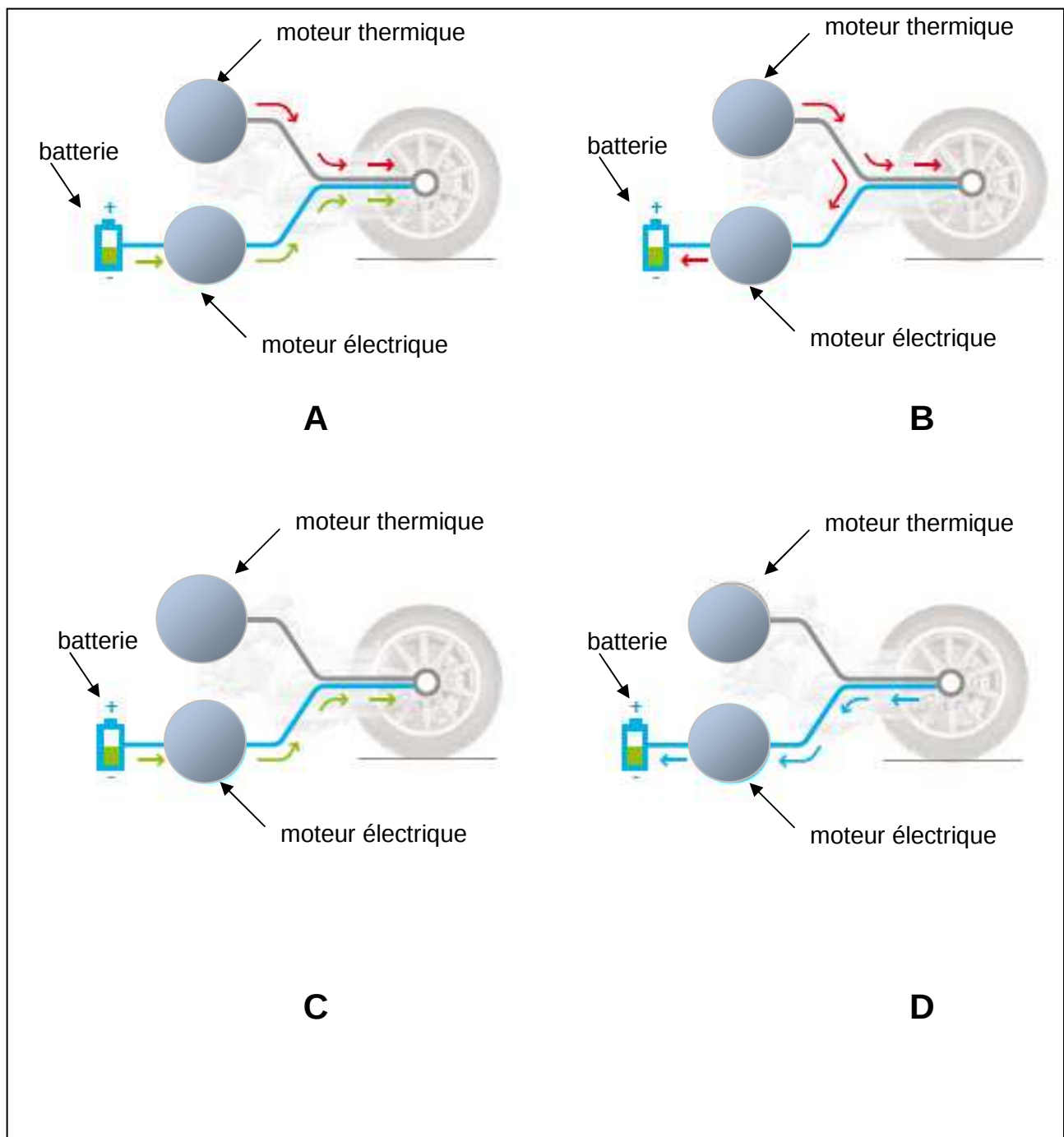
Document 1 (D'après www.piaggiomp3.com)

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

« HYBRID CHARGE » 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.	« HYBRID POWER » 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.	« FREINAGE ET DECELERATION » 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	« MODE ELECTRIC » Le moteur thermique est éteint. Le moteur électrique fournit sa puissance à la roue arrière et transforme le mp3 hybride en véhicule "zéro émission".
			
sur route horizontale	en côte	en descente	en ville

Document 2

Une schématisation des 4 situations précédentes



D'après 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.
- 1.2. Dans le « mode électrique » que signifie la formulation « zéro émission » ?

2. Fonctionnement en mode thermique seul

Document 3

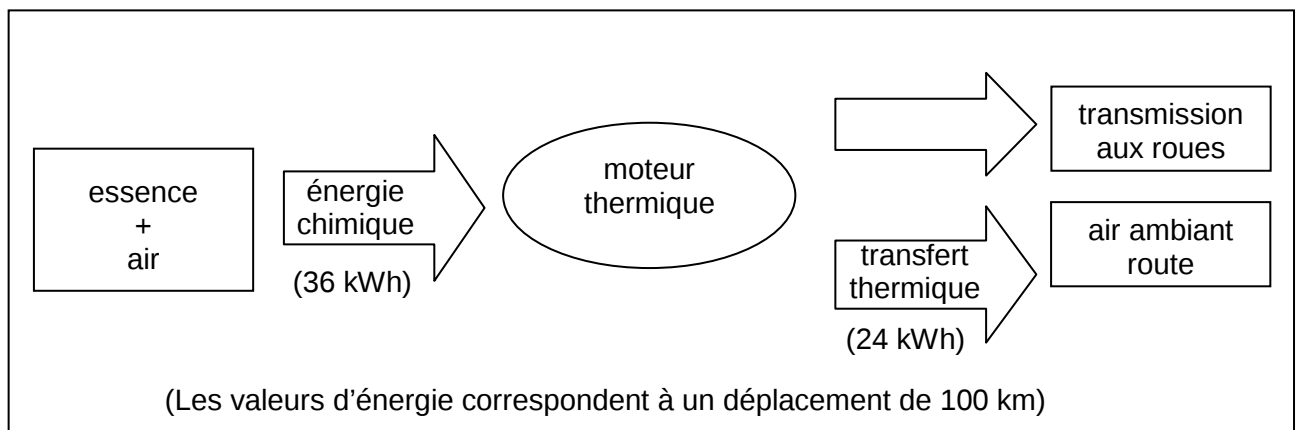
Caractéristiques de différentes sources d'énergie pour véhicules

	Essence	Diesel	Electricité
Energie massique en Wh / kg	11 900	11 800	30 – 200
Energie 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	Electricité
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 η 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 (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 ?

2.2.2. En utilisant le document 4, déterminer la valeur du rendement η du scooter fonctionnant en mode thermique. Montrer que le résultat est 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 ?

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

3. Fonctionnement en mode hybride

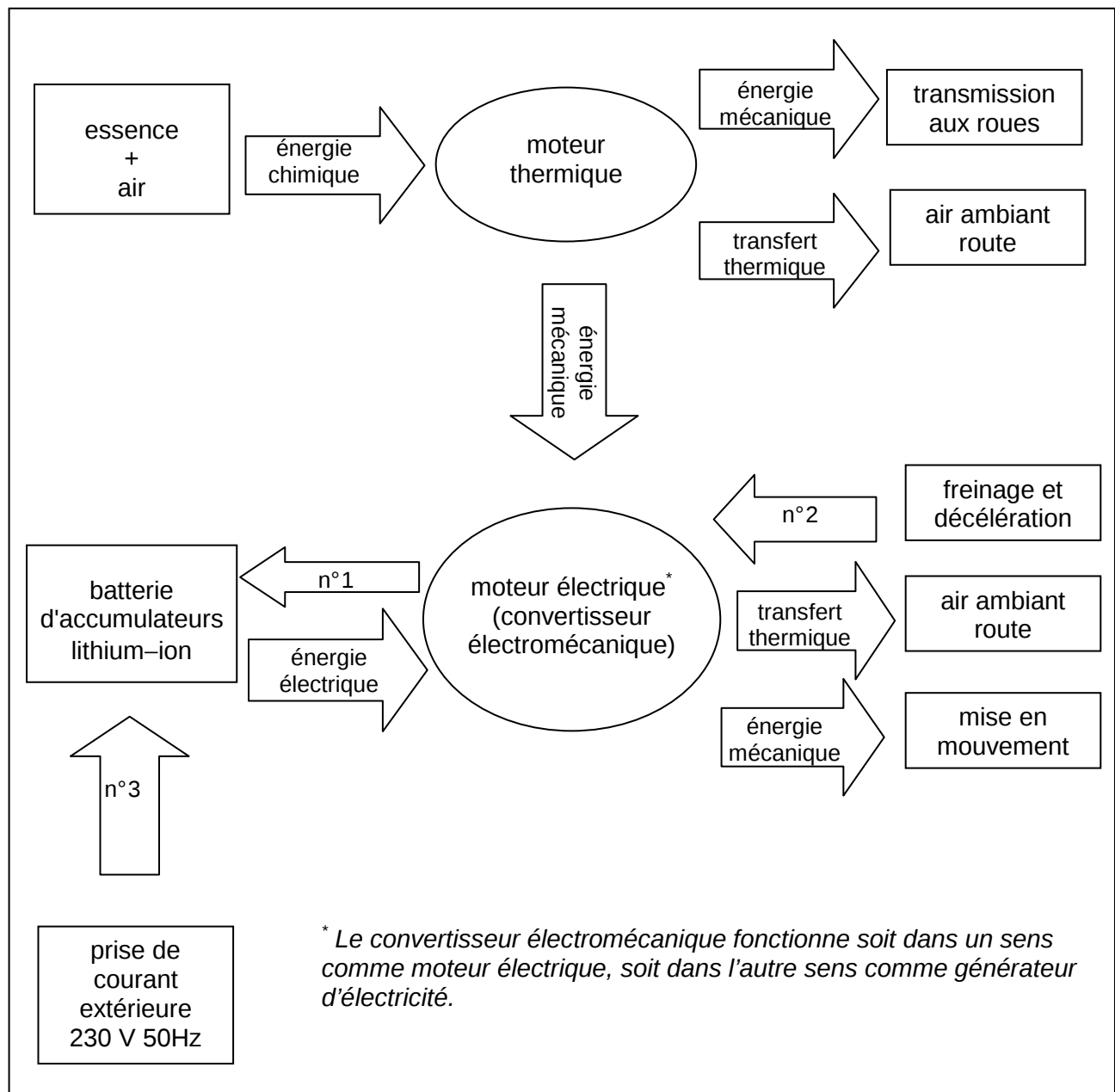
Document 6

Extrait de la fiche technique du scooter « piaggio » MP3 hybrid 125 cm^3

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.
- 3.2. Qu'indique la flèche n° 3 du document 7 ?
- 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 au 100 km.
Comparer cette autonomie avec celle calculée en 2.3. et conclure.

4. Rendement du moteur électrique

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

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

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 η du moteur.

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

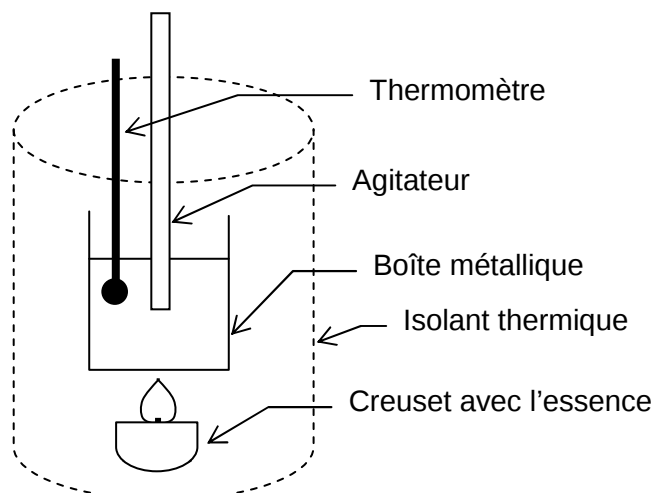
D'après : <http://www.fr.piaggio.com/fr>

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_2 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 $m_e = 1,5 \text{ g}$ 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



Extrait de la fiche de données de sécurités 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
PLOMB 95/E10

SUPERCARBURANT SANS

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.
- 1.2. Le manipulateur doit-il effectuer le prélèvement d'essence sous une hotte aspirante ? Justifier.
- 1.3. De quels équipements de protection individuels le manipulateur doit-il disposer pour effectuer son prélèvement afin d'assurer sa protection ?

2. Pouvoir calorifique de l'essence

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

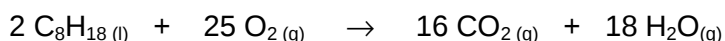
Le creuset contient initialement $m_e = 1,5$ g d'essence.

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 $c_{\text{eau}} = 4,18.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

On rappelle que la variation d'énergie interne d'un corps de masse m passant d'une température initiale θ_i à une température finale θ_f est donnée par la relation : $\Delta U = m.c.(\theta_f - \theta_i)$ 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 ΔU_{eau} .
- 2.2. Montrer à partir du résultat précédent que la valeur expérimentale du pouvoir calorifique de l'essence est de 36 MJ.kg^{-1} soit $10.10^3 \text{ Wh.kg}^{-1}$.

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

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

3. Rejet de dioxyde de carbone

D'après le constructeur, en mode Hybrid, le scooter consomme en moyenne $1,7\text{ L} / 100\text{ km}$.

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 .
- 3.2.** Montrer que la quantité d'essence correspondante est $n_e = 11,4\text{ mol}$.
- 3.3.** En déduire la quantité de dioxyde de carbone produite, noté n_{CO_2} , pour un trajet de 100 km .
- 3.4.** Montrer que la masse de dioxyde de carbone m_{CO_2} produite pour un trajet de 100 km est de $4,0\text{ kg}$.
- 3.5.** La valeur trouvée est-elle compatible avec celle fournie par le constructeur dans le document 8 ?

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 kWh.

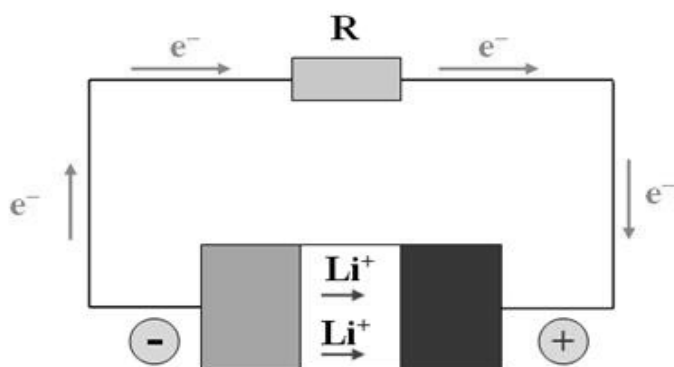
Un accumulateur Li-ion se comporte comme :

- 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).

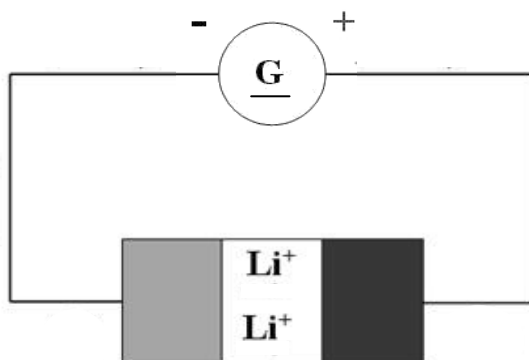
Il est constitué de deux électrodes séparées par un électrolyte dans lequel les ions lithium Li^+ se déplacent. L'une des électrodes est en graphite, l'autre électrode est en oxyde de cobalt CoO_2 . (Co est le symbole de l'élément cobalt).

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 ?
- 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.

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 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	Energie massique en Wh.kg^{-1}	Energie volumique en 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 ?

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.

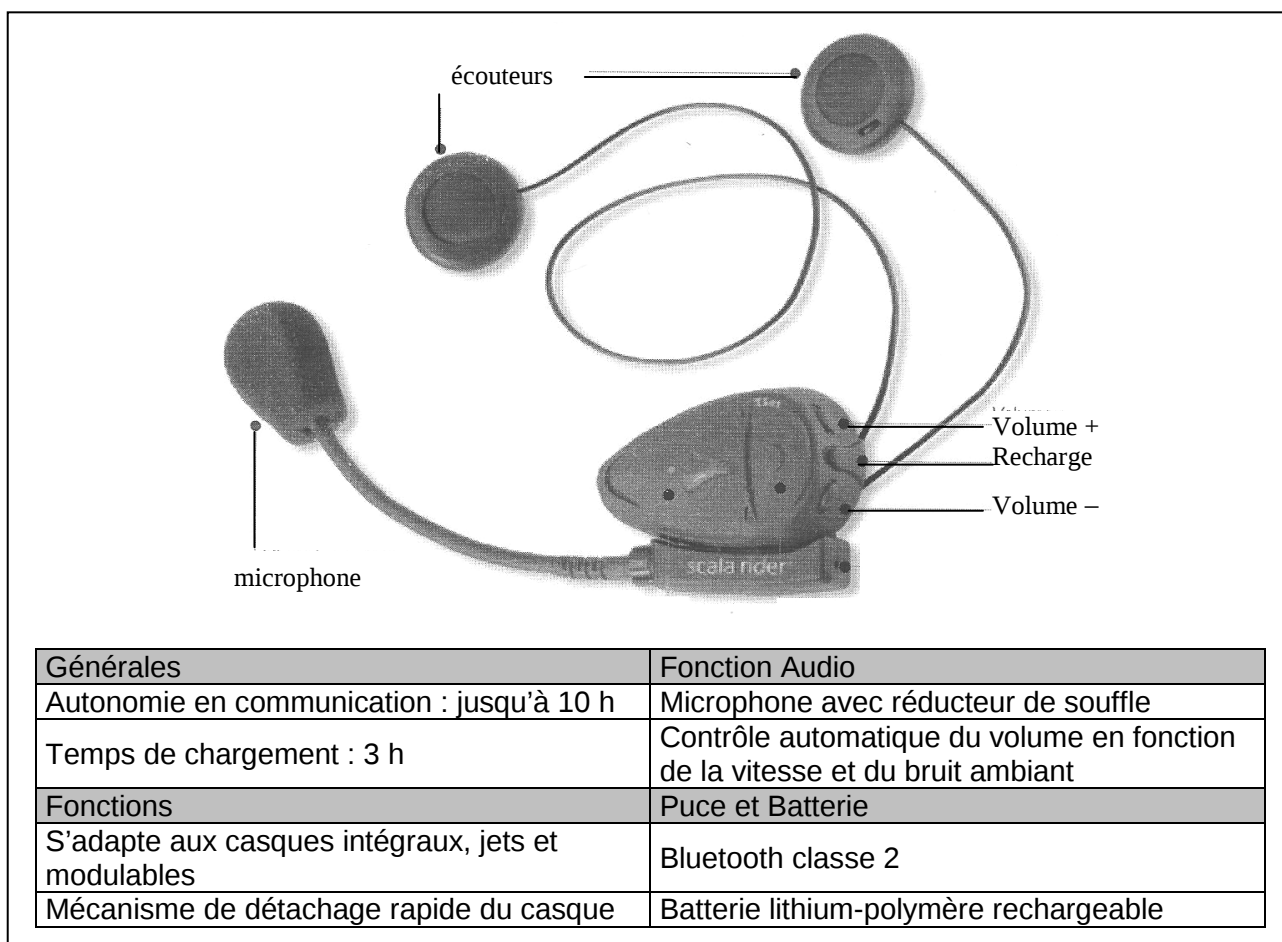
On rappelle que la batterie d'un scooter, composée de 10 accumulateurs Lithium-ion, peut stocker au maximum une énergie égale à 4 kWh.

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



Document 14

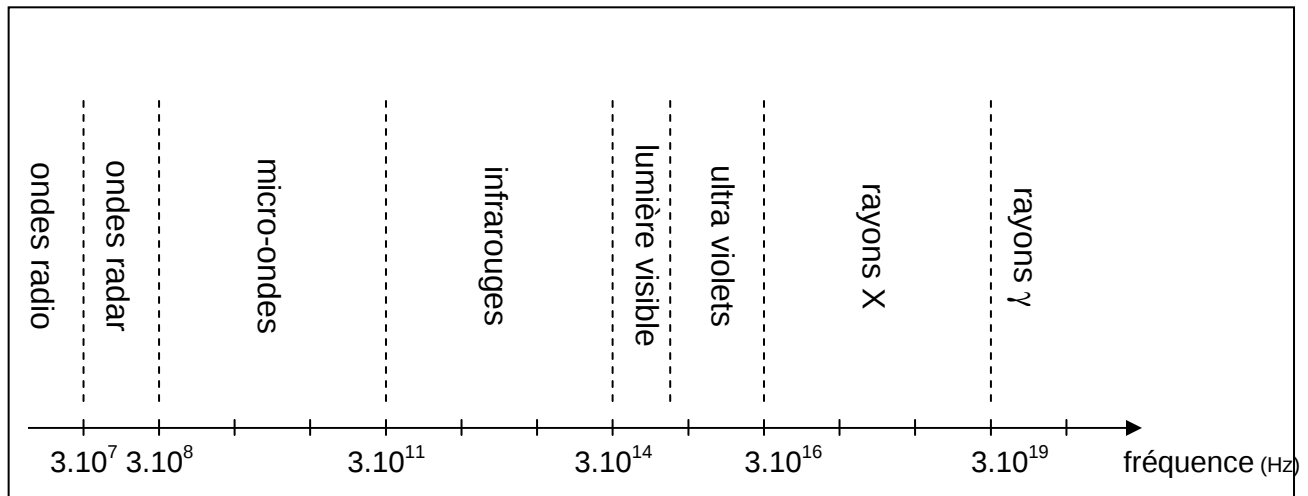
Descriptif de la technologie bluetooth

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.
2. Repérer dans le document 15, le type d'onde électromagnétique utilisée dans la technologie bluetooth.
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. »
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 ?
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 ?

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 électric
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

