

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2018

Série STI2D
Toutes spécialités

Série STL
Spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE – CHIMIE

DURÉE : 3 HEURES

COEFFICIENT : 4

*L'USAGE DE TOUT MODÈLE DE CALCULATRICE,
AVEC OU SANS MODE EXAMEN, EST AUTORISÉ.*

Ce sujet comporte 15 pages numérotées de la page 1/15 à la page 15/15.

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

La page 15/15 où figurent les documents réponses est à numéroté et à rendre avec la copie, même non complétée.

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 la candidate ou le candidat.

VÉHICULE HYBRIDE, UN BIEN POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT ?



Depuis le 1^{er} juillet 2016, les véhicules immatriculés avant le 1^{er} octobre 1997 ne sont plus autorisés à circuler dans la capitale française en journée ouvrée. Madame Durand, parisienne, souhaite donc changer de véhicule. Elle s'interroge sur les raisons d'une telle mesure et réfléchit à l'achat d'un nouveau modèle moins polluant comme la Toyota *Yaris Hybride*.

Le sujet aborde ces questions et s'organise autour de trois parties indépendantes.

PARTIE A – DÉPLACEMENTS MOTORISÉS ET ENJEUX POUR LA SANTÉ

PARTIE B – ENJEUX POUR L'ENVIRONNEMENT

PARTIE C – OPTIMISATION D'UN VÉHICULE POUR LIMITER LES REJETS

PARTIE A – DÉPLACEMENTS MOTORISÉS ET ENJEUX POUR LA SANTÉ

Données : Masse molaire moléculaire du dioxyde de soufre : $M = 64 \text{ g.mol}^{-1}$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

A.1 Émission de dioxyde de soufre et conséquences sur la santé.

À l'aide du **document n°1** de la **page 5**, répondre aux questions suivantes :

A.1.1 Donner la formule brute du dioxyde de soufre.

A.1.2 Citer deux sources d'émission de dioxyde de soufre.

A.1.3 Indiquer s'il existe un lien entre les émissions de dioxyde de soufre et la santé.

L'unité de la concentration est le **ppm (parties par million)**. Cette unité indique que sur un million de moles de molécules constituant l'air, on trouve une mole de molécules du polluant en question.

A.1.4 Déterminer la date correspondant au pic d'émission du dioxyde de soufre. Estimer la valeur de la mortalité et celle de la concentration en dioxyde de soufre, exprimée en **ppm**, lors du pic.

Madame Durand souhaite vérifier si cette concentration est néfaste pour la santé. Elle doit donc exploiter des données.

Lors de recherches sur Internet, madame Durand extrait la relation suivante : **1,0 ppm** de dioxyde de soufre correspond à **2,8 µg** de dioxyde de soufre par litre d'air.

A.1.5 À l'aide d'une analyse dimensionnelle (ou en raisonnant avec les unités), retrouver la relation, pour un gaz parfait, entre la quantité de matière, n (en mol), le volume V (en L) et le volume molaire, V_m (en L.mol^{-1}). Pour rappel, le volume molaire est le volume d'une mole de gaz dans les conditions de l'expérience.

A.1.6 Dans les conditions de l'expérience ($T = 20 \text{ °C}$ et $P = 1 \text{ bar}$) le volume molaire d'un gaz parfait est $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$. En considérant l'air comme un gaz parfait, montrer que 1,0 L d'air contient $4,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de molécules.

A.1.7 Pour une concentration d'un polluant gazeux quelconque de 1,0 ppm, déterminer la quantité de matière, n , de dioxyde de soufre dans 1,0 L d'air, en appliquant la définition du ppm.

A.1.8 Calculer la masse, m_{SO_2} , de dioxyde de soufre dans 1,0 L d'air et vérifier que cette masse est cohérente avec la relation extraite par madame Durand.

A.1.9 La concentration de dioxyde de soufre en région parisienne est en moyenne de **10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** d'air. Formuler une hypothèse quant à la dangerosité de cette concentration en vous appuyant notamment sur un calcul.

Les pollutions atmosphériques peuvent entraîner des maladies respiratoires comme l'asthme. La Haute Autorité de Santé (HAS) recommande de suivre les patients affectés à l'aide de différents examens médicaux comme la spirométrie. Le personnel médical utilise le spiromètre (voir photographie **document n°2** de la **page 6**) afin de mesurer les volumes échangés lors de la respiration ainsi que les débits (**document n°3** de la **page 6**).

A.2 Examen de la santé respiratoire : la spirométrie.

Les capacités maximales pulmonaires sont testées lors de cet examen.

A.2.1 Déterminer le volume d'air maximal contenu dans les poumons du patient dont il est question dans le **document n°3** de la **page 6**.

A.2.2 Expliquer pourquoi le débit peut être négatif ou positif.

A.2.3 Relever la valeur maximale du débit d'air, en valeur absolue, et la convertir en **$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$** .

Le diamètre du tuyau d'admission d'air du spiromètre est de **2,5 cm**.

A.2.4 En déduire la vitesse maximale de l'air dans le tuyau.

Pour suivre les asthmatiques, les médecins peuvent également prescrire une radiographie pulmonaire. L'appareil émet des ondes électromagnétiques (**document n°4** de la **page 7**) qui sont plus ou moins absorbées par le corps. Cette différence d'absorption permet d'obtenir une image sur une plaque sensible aux rayonnements.

A.3 Radiographie pulmonaire.

A.3.1 La propagation d'une onde électromagnétique se schématise selon le **document n°4** de la **page 7**. Préciser, sur votre copie, ce que représentent **E** et **B**.

A.3.2 Quelle est la vitesse de déplacement d'une onde électromagnétique dans l'air ?

L'énergie des ondes émises est comprise entre **1200 eV** et **120 keV**.

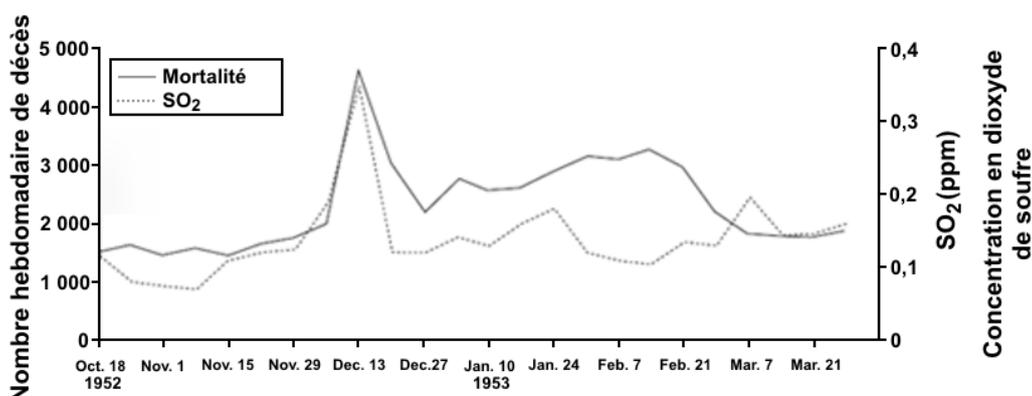
A.3.3 Déterminer la plage des longueurs d'onde λ correspondantes sachant que **E**, l'énergie de l'onde électromagnétique exprimée en joule, vérifie la relation :

$$E = \frac{h \times c}{\lambda}$$

A.3.4 À l'aide du **document n°5** de la **page 7**, indiquer le domaine des radiations correspondant.

La conscience actuelle des effets de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé doit beaucoup à un épisode tragique qui est survenu à Londres entre le 5 et le 9 décembre 1952. Durant ces cinq jours, un épais nuage de fumées sulfureuses provenant des usines et des chauffages individuels au charbon a stagné sur le bassin londonien. Les concentrations de particules en suspension et de dioxyde de soufre (SO₂) ont atteint des niveaux de plusieurs milliers de microgrammes par mètre cube (les concentrations actuelles sont plutôt de l'ordre de la dizaine de µg.m⁻³ à Paris et à Londres), entraînant un excès de mortalité exceptionnel : une analyse récente porte à 12 000 le nombre de décès en excès, observés jusqu'en février 1953.

Nombre de décès et concentrations en dioxyde de soufre lors de l'épisode de smog de l'hiver 1952 à Londres :



Source : ML Bell, 2001

Cette catastrophe sanitaire (d'une ampleur comparable à celle de la canicule de 2003 en France, qui a engendré une surmortalité de 15 000 personnes en France métropolitaine), a entraîné une prise de conscience de l'opinion et des pouvoirs publics qui a conduit à la création de législations spécifiques pour lutter contre la pollution atmosphérique : *Clean Air Act* (1956) au Royaume-Uni, *Air Pollution Control Act* (1955) puis *Clean Air Act* (1963, étendu en 1970) aux États-Unis et, en France, loi du 2 août 1961 relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs.

Ces législations ont permis de réduire considérablement les émissions des sources fixes, en relation avec l'usage de combustibles fossiles (industrie, chauffage résidentiel), et les concentrations de certains polluants, notamment de SO₂. Cependant la pollution de l'air n'a pas disparu. Elle a changé de nature avec le développement d'autres sources, notamment le trafic routier, qui a conduit à une augmentation des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et d'ozone, ainsi qu'à une modification de la nature des particules en suspension. Néanmoins les effets sanitaires de ces expositions courantes sont plus difficiles à mettre en évidence, et ils ont été largement ignorés jusque dans les années 1990, où de nouvelles études épidémiologiques ont permis de montrer que la pollution urbaine actuelle avait toujours un impact substantiel sur la santé.

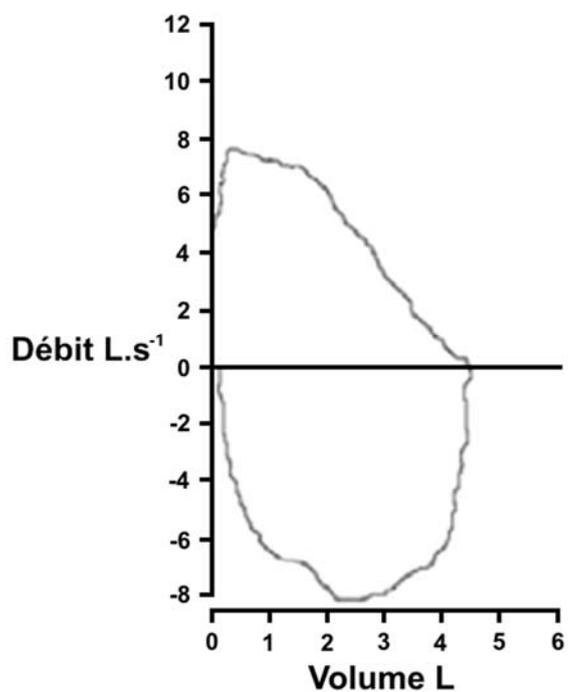
Source : AIRPARIF

Document n°2 – Photographie d'un spiromètre portatif



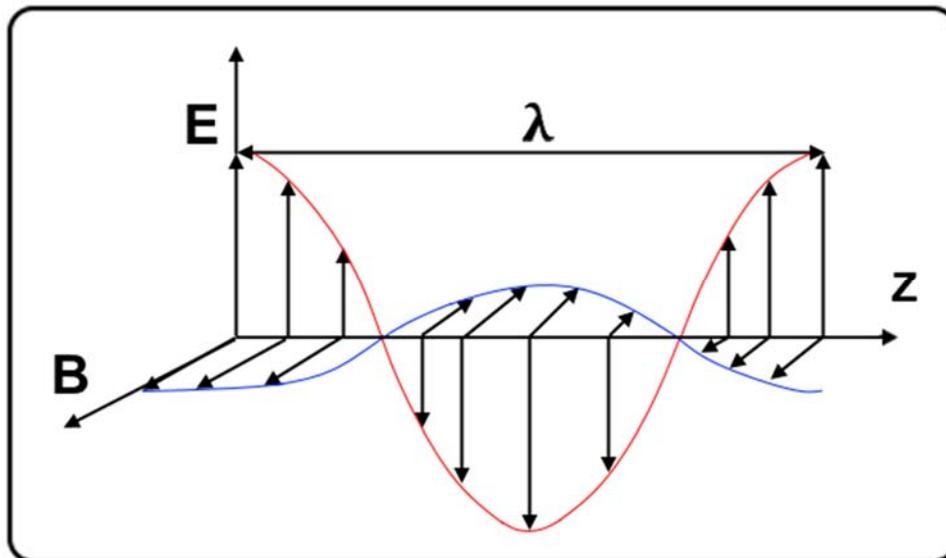
Spiromètre produit par la société Médical International Research

Document n°3 – Courbe débit en fonction du volume dans les poumons d'un patient

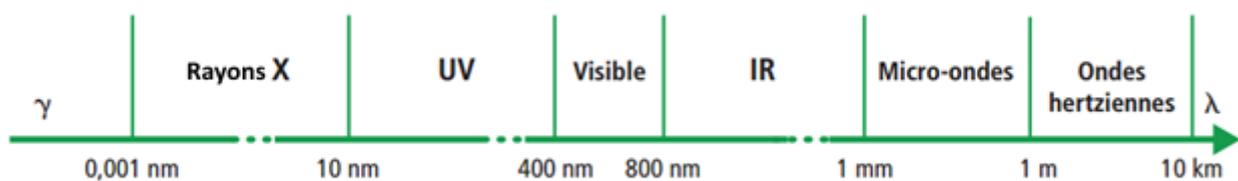


Source : Hôpitaux Universitaires de Genève

Document n°4 – Représentation d'une onde électromagnétique



Document n°5 – Échelle des longueurs d'onde pour les différents domaines



PARTIE B – ENJEUX POUR L'ENVIRONNEMENT

Données : Masse volumique de l'octane : $\rho_{\text{octane}} = 700 \text{ kg.m}^{-3}$

Masse molaire atomique :

❖ $M_{\text{C}} = 12 \text{ g.mol}^{-1}$

❖ $M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

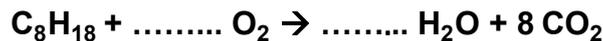
❖ $M_{\text{O}} = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

Madame Durand souhaite comparer les masses (exprimées en g/km) de dioxyde de carbone émises respectivement par la version non hybride et par la version hybride.

B.1 Détermination de la masse de CO_2 émise par la Toyota Yaris non hybride.

Les moteurs à essence consomment un mélange de nombreuses molécules. Nous assimilerons ce mélange à de l'octane de formule C_8H_{18} .

B.1.1 Recopier sur votre copie l'équation chimique de la combustion de l'octane présentée ci-dessous et ajuster les nombres stœchiométriques :



La valeur moyenne de la consommation du véhicule sur route est de **4,3 L** pour **100 km**.

B.1.2 Calculer la masse d'octane brûlée, notée m_{octane} , pour **100 km** parcourus.

B.1.3 En déduire que la quantité de matière d'octane consommée, notée n_{octane} , est de **26 mol** environ.

B.1.4 Déterminer la quantité de matière de CO_2 , notée n_{CO_2} , émise pour **100 km** puis en déduire la masse correspondante, notée m_{CO_2} .

B.1.5 Comparer la masse de CO_2 calculée avec la valeur donnée par le constructeur (**110 g/km**). Commenter.

B.2 Détermination de la classe d'émission de CO_2 .

Le constructeur annonce une émission de **75 g** de CO_2 pour **1,00 km** pour le modèle hybride. À l'aide **des documents n°6 à n°8** des **pages 9 et 10** :

B.2.1 Déterminer la classe énergétique des véhicules hybrides et non hybrides.

B.2.2 Ces véhicules bénéficient-ils d'une prime pour leur achat ? Justifier.

B.2.3 À quelle condition le constructeur Toyota pourra-t-il continuer à vendre son modèle non hybride en Europe à partir de janvier 2020 s'il ne veut pas payer de pénalités ?

B.2.4 Citer une raison pour laquelle les institutions européennes souhaitent réduire les émissions de CO_2 .

ANNEXES PARTIE B

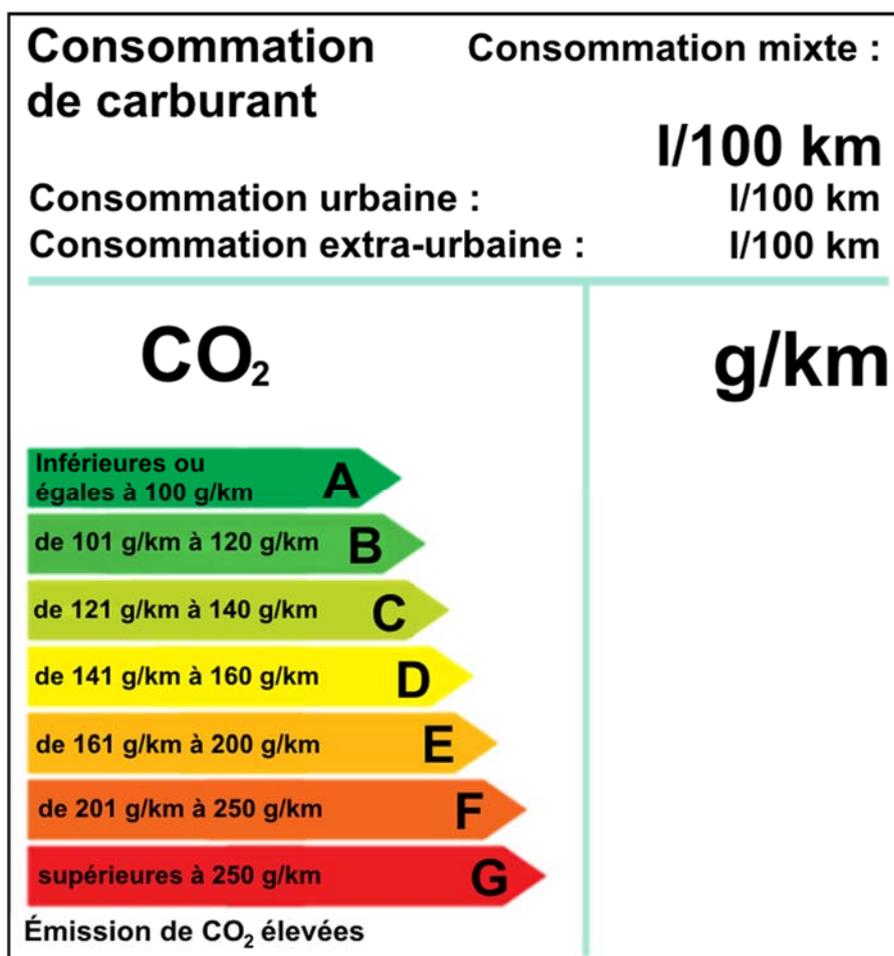
Document n°6 – Limitation de rejet pour 2020

Le Conseil européen a adopté, le 7 mars, un règlement sur la réduction à l'horizon 2020 des émissions de CO₂ des voitures particulières neuves, en particulier pour limiter l'effet de serre. Cette décision fait suite à un accord en première lecture avec le Parlement européen le 25 février dernier.

Aujourd'hui limitées à 160 g/km, les émissions moyennes du parc européen seront réduites à 130 g/km en 2015. Puis, dès le 1er janvier 2020, **l'ensemble des véhicules particuliers neufs vendus dans l'UE devront rejeter, au plus, 95 grammes de CO₂ par kilomètre**, sous peine de pénalités financières imposées aux constructeurs. Cette norme de 95 g/km sera une moyenne imposée à chaque constructeur, pondérée par la masse moyenne de ses véhicules. En effet, la valeur de 95 g de CO₂/km est basée sur la masse moyenne des véhicules vendus en Europe, et l'objectif fixé à chaque constructeur est ajusté en fonction de la masse moyenne de ses véhicules.

D'après : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer

Document n°7 – Classe d'émission de CO₂



Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer

Document n°8 – Bonus / malus écologique pour l'achat d'un véhicule neuf en 2017

Taux de CO₂ par kilomètre	Montant du bonus 2017
De 0 à 20 g/km	6 000 €
De 21 à 60 g/km	1 000 €

Taux de CO₂ par kilomètre	Montant du malus 2017
127 g/km	50 €
128 g/km	53 €
129 g/km	60 €
⋮	⋮
190 g/km	9 973 €
191 g/km	10 000 €

Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer

PARTIE C – OPTIMISATION D’UN VÉHICULE POUR LIMITER LES REJETS

Données : ❖ Énergie molaire de combustion de l’octane :

$$E_{\text{combustion octane}} = 5,1 \text{ MJ.mol}^{-1}$$

❖ $1 \text{ W.h} = 3\,600 \text{ J}$

❖ Résistance aérodynamique : $F_{\text{aéro}} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_x \times v^2$

avec ρ : la masse volumique

$$\rho = 1,2 \text{ kg.m}^{-3} \text{ pour l'air}$$

S : le maître-couple, c'est-à-dire la surface frontale du véhicule

$$S = \text{hauteur} \times \text{largeur}, \text{ exprimée en } \text{m}^2$$

C_x : le coefficient aérodynamique (de traînée) sans unité

v : la vitesse exprimée en m.s^{-1}

Mesures des coefficients de traînée	
Forme	Coefficient de traînée
Sphère → 	0.47
Demi-sphère → 	0.42
Cube → 	1.05
Corps profilé → 	0.04
Semi-corps profilé → 	0.09

C.1 Rendement d’un moteur à essence.

C.1.1 Préciser, sur le **document réponse DR1** de la **page 15**, la nature des énergies mises en jeu dans la chaîne énergétique.

Pour parcourir **100 km** avec la Toyota Yaris 69VVT i, le moteur consomme **26 mol** d’octane.
Pour **100 km** :

C.1.2 Calculer l’énergie absorbée par le moteur, notée $E_{\text{absorbée}}$.

C.1.3 Sachant que l’énergie utile maximale est $E_{\text{utile max}} = 40 \text{ MJ}$, déterminer la valeur du rendement du moteur à essence.

C.1.4 En ville, le rendement du moteur à essence est encore plus faible (environ 10 %), notamment à cause des phases d’accélération et de freinage. Dans un véhicule hybride un moteur électrique seconde le moteur à essence ; justifier l’utilité du moteur électrique en ville.

C.2 Batterie Ni MH de la Toyota Yaris Hybride.

La batterie du véhicule permet notamment d'alimenter les moteurs électriques qui assistent le moteur thermique.

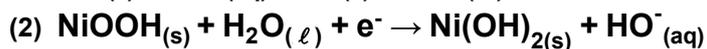
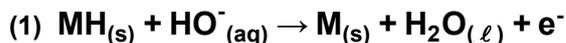
C.2.1 À l'aide du **document n°9** de la **page 14** et en supposant que toutes les cellules constituant la batterie sont branchées en série, déterminer la tension nominale U_{cellule} aux bornes d'une cellule.

L'accumulateur nickel – hydrure métallique, utilise l'hydrure métallique **MH** (composé permettant un stockage de l'hydrogène).

Une électrode est constituée d'hydrure métallique, noté **MH**, et l'autre d'oxyhydroxyde de nickel noté **NiOOH**.

L'électrolyte dans lequel plongent ces deux électrodes est une solution concentrée de potasse (**KOH**).

Les demi-équations aux électrodes lors de la décharge de l'accumulateur sont :



C.2.2 Préciser, parmi les deux demi-équations ci-dessus, celle qui correspond à une réduction et celle qui traduit une oxydation. Justifier.

C.2.3 Quels sont les couples oxydant-réducteur (à noter sous la forme Ox/Red) mis en jeu dans cette transformation ?

C.2.4 Compléter le schéma du **document réponse DR2** de la **page 15** en précisant le sens de déplacement des électrons et le sens conventionnel du courant dans le fil conducteur, lors de la décharge.

C.3 Amélioration de l'aérodynamisme.

Le véhicule circule en ligne droite sur une route horizontale à la vitesse constante de **90 km.h⁻¹**.

C.3.1 Quelle est la nature du mouvement du véhicule dans le référentiel lié à la route ?

C.3.2 Citer les deux forces verticales qui s'exercent sur le véhicule. Vous pourrez vous aider d'un schéma.

C.3.3 Ces forces modifient-elles le mouvement ? Que peut-on en déduire concernant les forces verticales ?

La résistance aérodynamique qui s'exerce sur le véhicule est de **300 N**.

C.3.4 À l'aide du **document n°10** de la **page 14** et **des données** de la **page 11**, calculer le coefficient aérodynamique, C_x , du véhicule. Nous pouvons assimiler le véhicule, vu de face, à un rectangle correspondant à sa hauteur et à sa largeur.

C.3.5 Commenter la valeur obtenue pour le coefficient C_x . Comment améliorer cette valeur ?

C.4 Panneaux solaires

Pour améliorer l'autonomie en mode tout électrique, le constructeur a développé des panneaux solaires posés sur le toit pour ses modèles *Prius III* et *Prius IV*. Pour apprécier l'apport de cette technologie, madame Durand a lu un mémoire de Travaux Personnels Encadrés, rédigé par des élèves travaillant sur l'autonomie de véhicules électriques. Ces élèves ont réalisé une démarche expérimentale pour vérifier les performances des panneaux utilisés et ont obtenu un graphique de la puissance électrique utile en fonction de la tension aux bornes du panneau solaire (**document n°11** de la **page 14**).

C.4.1 Compléter le schéma du **document réponse DR3** de la **page 15** en ajoutant les appareils adéquats pour mesurer l'intensité du courant et la tension aux bornes des panneaux.

Dans les conditions de mesure, la puissance surfacique du rayonnement était de 500 W.m^{-2} . La surface des panneaux photovoltaïques était de $2,5 \text{ m}^2$ et le constructeur indiquait un rendement de 16 %.

C.4.2 À l'aide du **document n°11** de la **page 14**, déterminer le rendement maximum des panneaux et comparer la valeur trouvée à celle fournie par le constructeur.

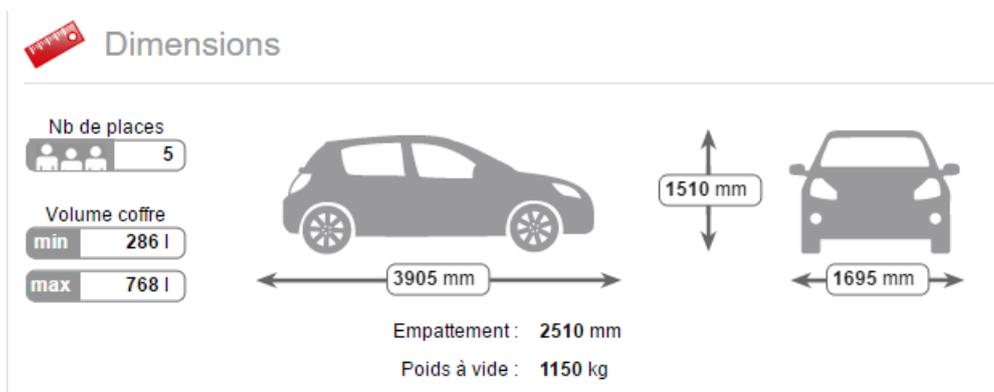
ANNEXES PARTIE C

Document n°9 – Batterie Ni MH

Élément		Spécifications	
Nombre de cellules		120 cellules (6 cellules x 20 modules)	
Tension nominale	V	144	
Capacité de la batterie (3HR)	A.h	6,5	

Source : Toyota Europe

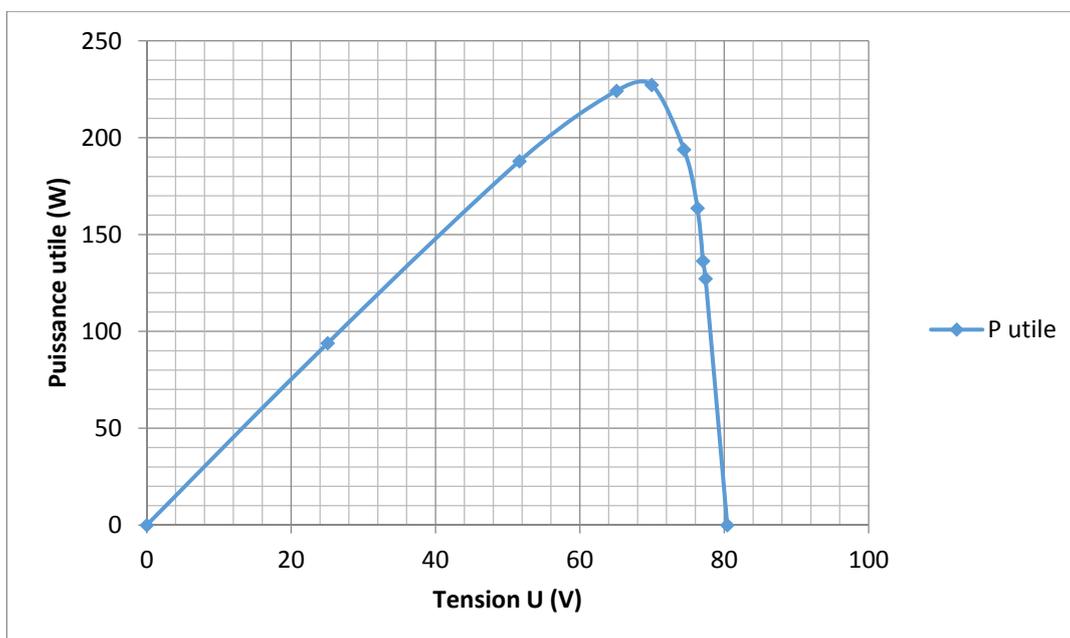
Document n°10 – Dimensions du véhicule



Source : www.lacentrale.fr

Document n°11 – Panneaux solaires

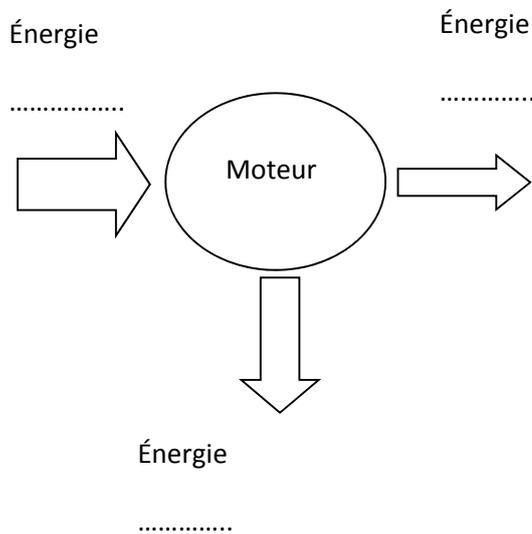
Conditions d'éclairement : 580 W.m^{-2}



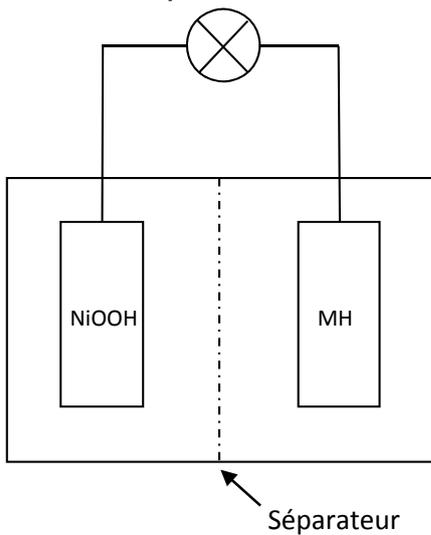
Annexe à numéroté et à remettre avec la copie à la fin de l'épreuve même non complétée

(placer à l'intérieur de la copie pour agrafage)

Document réponse DR1 (question C.1.1) :



Document réponse DR2 (question C.2.4) :



Document réponse DR3 (question C.4.1) :

