

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

PARTIE A - Déplacements motorisés et enjeux pour la santé

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

A.1.1 Formule brute du dioxyde de soufre

La formule brute du dioxyde de soufre est SO_2 .

A.1.2 Les sources d'émission de dioxyde de soufre peuvent être les chauffages individuels au charbon ou les activités industrielles (usines).

A.1.3 Il existe effectivement un lien entre les émissions de dioxyde de soufre et la santé. En effet, ces émissions de dioxyde de soufre ont provoqué un grand nombre de décès.

A.1.4 D'après le document 1, la date correspondant au pic d'émission du dioxyde de soufre est celle du 13 Décembre 1952. La valeur du taux de mortalité était de 4700 décès et la concentration en dioxyde de soufre était de 0,35 ppm.

A.1.5 D'après les unités, on a la relation :

$$n = \frac{V}{V_m}$$

Le volume étant en L, V_m étant en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$. Le quotient de ces deux grandeurs donne des mol. Donc, il s'agit bien de la quantité de matière n.

A.1.6 Calcul de la quantité de matière de molécules contenues dans un litre d'air.

D'après la relation précédente :

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{1}{24} = 4,2 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

A.1.7 Calcul de la quantité de matière, n, de dioxyde de soufre dans 1,0 L d'air.

D'après la définition de la ppm, 1 ppm signifie que sur un million de moles de molécules constituant l'air, on trouve une mole de molécules du polluant. Donc pour $4,2 \times 10^{-2}$ mole de molécules, on a 1 million de fois moins de molécules du polluant c'est-à-dire $4,2 \times 10^{-8}$ mole de molécules de polluant.

$$n_{\text{polluant}} = \frac{1}{10^6} = \frac{4,2 \times 10^{-2}}{10^6} = 4,2 \times 10^{-8} \text{ mol}$$

A.1.8 Calcul de la masse de dioxyde de soufre contenue dans un litre d'air.

On a la relation :

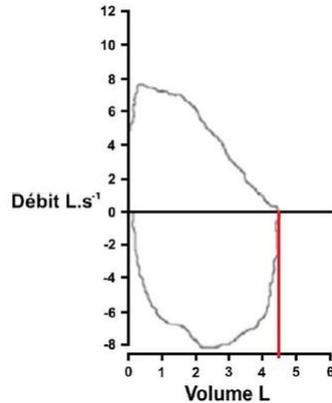
$$n_{\text{SO}_2} = \frac{m_{\text{SO}_2}}{M_{\text{SO}_2}} \quad \text{donc} \quad m_{\text{SO}_2} = n_{\text{SO}_2} \times M_{\text{SO}_2} = 4,2 \times 10^{-8} \times 64 = 2,69 \times 10^{-6} \text{ g} = 2,69 \mu\text{g}$$

Cette masse est bien cohérente avec la relation extraite par madame Durand qui était de 2,8 μg pour 1 ppm.

A.1.9 D'après le graphique du document 1, lorsque la concentration en dioxyde de soufre est inférieure à 0,1 ppm, on peut considérer que les décès ne sont pas dû à la présence de dioxyde de soufre. Donc cela représente une masse dix fois moins importante que celle du calcul précédent, c'est-à-dire 0,28 μg par litre d'air donc pour un mètre cube, la masse sera mille fois plus grande donc 280 μg . On peut donc considérer que le dioxyde de soufre n'est pas dangereux lorsque la concentration est en dessous de 280 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Ce qui est le cas à Paris. On peut considérer qu'il n'y a pas de risque mortel à Paris à cause du dioxyde de soufre.

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

A.2.1 Détermination du volume d'air maximal contenu dans les poumons du patient



D'après le document 3, le volume d'air maximal contenu dans les poumons est de 4,5 L.

A.2.2 Le débit peut être négatif ou positif car, lors de l'utilisation du spiromètre, il y a des phases d'inspiration ou d'expiration pour remplir ou vider les poumons. La circulation d'air dans le spiromètre ne sera donc pas la même lors de ces phases.

A.2.3 Valeur maximale du débit, en valeur absolue, et conversion en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

D'après le document 3, le débit maximal D_V est d'environ $8 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$. Donc $D_V = 8 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

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

On a la relation :

$$D_V = v \times S \quad \text{donc} \quad v = \frac{D_V}{S} = \frac{D_V}{\pi r^2} = \frac{8 \times 10^{-3}}{\pi \times \left(\frac{2,5 \times 10^{-2}}{2}\right)^2} = 16,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

A.3 Radiographie pulmonaire.

A.3.1 E représente le champ électrique et B représente le champ électromagnétique.

A.3.2 La vitesse de déplacement d'une onde électromagnétique dans l'air est de $3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

A.3.3 Détermination de la plage des longueurs d'onde λ correspondantes.

Pour $E_{\min} = 1200 \text{ eV} = 1200 \times 1,6 \times 10^{-19} = 1,92 \times 10^{-16} \text{ J}$

$$E_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\max}} \quad \text{donc} \quad \lambda_{\max} = \frac{hc}{E_{\min}} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1,92 \times 10^{-16}} = 1,03 \times 10^{-9} \text{ m} = 1,03 \text{ nm}$$

Pour $E_{\max} = 120 \text{ keV} = 120 \times 1,6 \times 10^{-16} = 1,92 \times 10^{-14} \text{ J}$

$$E_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} \quad \text{donc} \quad \lambda_{\min} = \frac{hc}{E_{\max}} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1,92 \times 10^{-14}} = 1,03 \times 10^{-11} \text{ m} = 0,0103 \text{ nm}$$

Les longueurs d'onde λ sont comprises entre 0,01 nm et 1 nm.

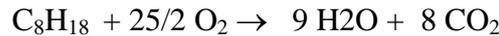
A.3.4 Domaine des radiations correspondant.

D'après le document 5, les radiations appartiennent au domaine des rayons X.

PARTIE B - Enjeux pour l'environnement

B.1. Détermination de la masse de CO₂ émise par la Toyota Yaris non hybride.

B.1.1 Equation chimique de la combustion de l'octane



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

On a la relation :

$$\rho = \frac{m_{\text{octane}}}{V} \quad \text{donc} \quad m_{\text{octane}} = \rho \times V = 700 \times 4,3 \times 10^{-3} = 3,01 \text{ kg}$$

B.1.3 Calcul de la quantité de matière d'octane consommée, notée n_{octane}

On a la relation :

$$n_{\text{octane}} = \frac{m_{\text{octane}}}{M_{\text{octane}}} = \frac{3,01 \times 10^3}{114} = 26,4 \text{ mol}$$

La quantité de matière d'octane consommée, notée n_{octane} , est bien de 26 mol environ.

B.1.4 Calcul de la quantité de matière de CO₂, notée n_{CO_2} , émise pour 100 km puis en déduire la masse correspondante, notée m_{CO_2} .

D'après l'équation bilan de combustion, on la relation :

$$\frac{n_{\text{C}_8\text{H}_{18}}}{1} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{8} \quad \text{donc} \quad n_{\text{CO}_2} = 8n_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 8 \times 26 = 208 \text{ mol}$$

On a la relation :

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \quad \text{donc} \quad m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2} = 208 \times 44 = 9,15 \times 10^3 \text{ g} = 9,15 \text{ kg}$$

B.1.5 La masse émise de dioxyde de carbone pour 100 km est de $9,15 \times 10^3$ g donc, pour 1 km, elle sera de 91,5 g. Cette valeur est du même ordre de grandeur que celle donnée par le constructeur qui est de 110 g/km.

B.2. Détermination de la classe d'émission de CO₂.

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

D'après le document 7, la voiture hybride annonce une émission de 75 g de CO₂ par km donc elle est de classe A. La voiture non hybride annonce une émission de 110 g de CO₂ par km donc elle est de classe B.

B.2.2 Aucune de ces deux voitures ne bénéficient d'une prime pour leur achat car la quantité émise de dioxyde de carbone est supérieure à 60 g/km. D'après le document 8, on peut bénéficier d'une prime si la quantité de dioxyde de carbone émise est inférieure à 60 g/km.

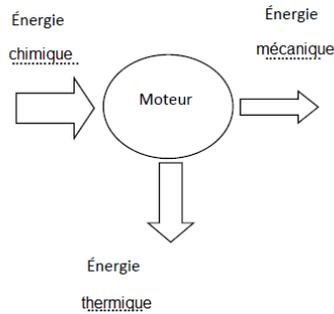
B.2.3 D'après le document 6, le constructeur Toyota pourra continuer à vendre son modèle non hybride en Europe à partir de janvier 2020 s'il ne veut pas payer de pénalités en réduisant la quantité de dioxyde de carbone émise par son véhicule. Cette quantité devra être inférieure à 95 g/km.

B.2.4 les institutions européennes souhaitent réduire les émissions de CO₂ pour limiter l'effet de serre.

PARTIE C - Optimisation d'un véhicule pour limiter les rejets

C.1. Rendement d'un moteur à essence.

C.1.1 Nature des énergies mises en jeu dans la chaîne énergétique.



C.1.2 Calcul de l'énergie absorbée par le moteur, notée $E_{\text{absorbée}}$

D'après les données de l'énoncé, l'énergie de combustion de l'octane est de $5,1 \text{ MJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Donc :

$$E_{\text{absorbée}} = E_{\text{combustion octane}} \times n_{\text{octane}} = 5,1 \times 26 = 132,6 \text{ MJ}$$

C.1.3 Calcul de la valeur du rendement du moteur à essence.

$$\eta = \frac{E_{\text{utile max}}}{E_{\text{absorbée}}} = \frac{40}{132,6} = 0,30 \text{ soit } 30\%$$

C.1.4 En ville, l'utilisation du moteur de la voiture hybride permet de diminuer la consommation de carburant. En effet lors des déplacements urbains la consommation est beaucoup plus importante.

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

C.2.1 Détermination la tension nominale U_{cellule} aux bornes d'une cellule.

D'après le document 9, la tension aux bornes des 120 cellules est de 144 V donc aux bornes d'une cellule, sachant que toutes les cellules sont identiques et qu'elles sont branchées en série, la tension est de :

$$U_{\text{cellule}} = \frac{144}{120} = 1,2 \text{ V}$$

C.2.2. La demi-équation aux électrodes (1) correspond à une oxydation car il s'agit d'une réaction qui cède des électrons.

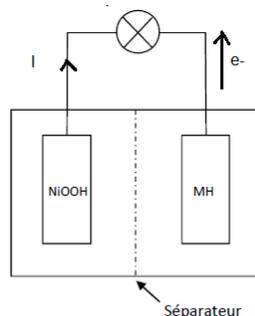
La demi-équation aux électrodes (2) correspond à une réduction car il s'agit d'une réaction qui gagne des électrons.

C.2.3. Couples oxydant-réducteur (à noter sous la forme Ox/Red) mis en jeu dans cette transformation.

Le couple oxydant réducteur correspondant à la demi-équation (1) est : M / MH

Le couple oxydant réducteur correspondant à la demi-équation (2) est : NiOOH / Ni(OH)₂

C.2.4 Schéma du document réponse DR2



C.3 Amélioration de l'aérodynamisme.

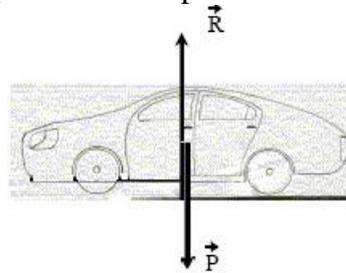
C.3.1 Nature du mouvement du véhicule dans le référentiel lié à la route.

La vitesse est constante et le véhicule roule en ligne droite donc le mouvement est rectiligne uniforme.

C.3.2 Forces verticales qui s'exercent sur le véhicule.

Les deux forces verticales qui s'exercent sur le véhicule sont :

- le poids (force exercée par la Terre sur le véhicule)
- la réaction du sol (force exercée par le sol sur le véhicule)



C.3.3 Ces forces ne modifient pas le mouvement. On peut en déduire que les forces verticales se compensent.

C.3.4 Calcul du coefficient aérodynamique, C_x , du véhicule.

D'après le document 10, les dimensions du véhicule sont :

$$h = 1510 \text{ mm et } l = 1695 \text{ mm}$$

On peut donc calculer la surface de ce rectangle car on assimile le véhicule en vue de face à un rectangle.

$$S = h \times l = 1,510 \times 1,695 = 2,56 \text{ m}^2$$

On a la relation :

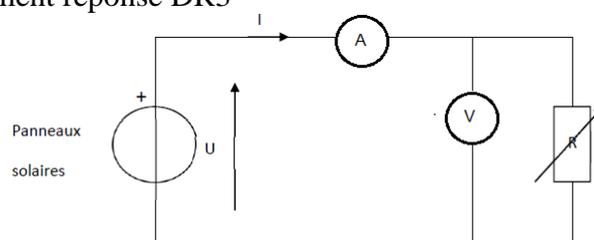
$$F_{aéro} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_x \times v^2 \quad \text{donc} \quad C_x = \frac{2F_{aéro}}{\rho \times S \times v^2} = \frac{2 \times 300}{1,2 \times 2,56 \times \left(\frac{90}{3,6}\right)^2} = 0,31$$

C.3.5 La valeur du coefficient C_x pour ce véhicule est inférieure à celle d'une demi-sphère mais supérieure à un corps semi-profilé. Le profil du véhicule correspond à une situation intermédiaire entre les deux types de profil.

Pour améliorer le coefficient C_x , il faudrait profiler davantage le véhicule.

C.4 Panneaux solaires

C.4.1 Schéma du document réponse DR3



C.4.2 Calcul du rendement maximum des panneaux.

D'après le document 11, la puissance utile maximale est de 230 W pour un éclairement de 580 W.m^{-2} .

On a la relation :

$$\eta = \frac{P_u}{P_r} = \frac{P_u}{E \times S} = \frac{230}{580 \times 2,5} = 0,16 \quad \text{soit} \quad 16\%$$

Cette valeur trouvée est identique à celle fournie par le constructeur.