



14.4 EXERCICE D'ÉNERGIE BIOLOGIQUE COMBUSTION

Exercice 14.4.a : Consommation énergétique d'une voiture

Les voitures sont aujourd'hui une source importante de consommation énergétique mondiale. Qui plus est, elles consomment presque exclusivement des carburants fossiles (Rappel : Dans un moteur à combustion d'une voiture classique, l'air et le carburant représentent respectivement le comburant et le combustible). Dans la discussion suivante, les hypothèses suivantes sont formulées : Un usager utilise sa voiture 5 fois par semaine pour aller au travail. Le trajet aller est de 7,7 km* et la consommation de carburant est de 0,72 L. (en réalité, si le rendement du moteur essence de la voiture était de 100%, l'usager consommerait seulement 0,26 L de carburant pour le trajet). On formule l'hypothèse ici que le carburant est de type SP95-E10, soit composé de 90% d'essence et 10% d'éthanol.

- Volume du réservoir de la voiture : 50 L (une compacte ou sous-compacte)
- Rendement d'un moteur à diesel : 42%
- PCI de l'éthanol : 29,7 MJ/kg
- Masse volumique de l'éthanol : 789 kg/m³
- PCI de l'essence : 47,3 MJ/kg (pour de l'essence avec indice d'octane de 91 à 95)
- Masse volumique de l'essence : 790 kg/m³ (valeur typique, non constante pour tout type)
- Vitesse moyenne de la voiture sur le trajet : 50 km/h
- Vitesse moyenne du vélo sur le trajet : 20 km/h (un vélo électrique peut rouler à 30-35 km/h)
- Prix du carburant : 1,73 \$/L (valeur typique qui peut varier)
- Coût de l'usage de la voiture : 0,53 \$/km
- Prix du vélo : 350\$
- Nombre de semaine de travail dans une année : 46

QUESTIONS

Question 1 : En moyenne et ne considérant que les trajets imputables au travail, après combien de semaines l'usager devrait-il retourner à la station-service pour faire le plein (arrondir à l'entier le plus près)?

Question 2 : Quelle est la valeur de la consommation moyenne affichée par le tableau de bord de la voiture (en L/100km, avec une décimale)?

Question 3 : Quelle est l'énergie consommée (en kWh, sans décimale) par le moteur quotidiennement et chaque semaine?

Question 4a : Quelle est le rendement du moteur à essence (en %, sans décimale)?

Question 4b : Si la voiture avait un moteur diesel, quelle serait la consommation de carburant (en L, avec une décimale) ?

Question 5 : Si l'usager en question décidait d'opter pour un transport tel que le vélo, avec une vitesse moyenne de 20km/h, quelle serait la perte de temps sur une journée ? (En min, sans décimale)

Question 6 : En ne considérant uniquement que les économies liées à l'entretien de la voiture et au prix du carburant, quels sont les gains d'argent par semaine ? En combien d'année l'usager pourra-t-il investir dans un poêle à granulés d'une valeur de 2000 \$?

* En 2016, les travailleurs parcouraient une distance médiane de 7,7 km pour se rendre de leur domicile à leur lieu habituel de travail (www150.statcan.gc.ca). Plus de détails sur les [trajets pour aller au travail](#) des canadiens.

** Ce coût est une valeur moyenne qui comporte TOUTES les dépenses associées à l'usage du véhicule incluant sa dépréciation. C'est ce qui est remboursé à l'ÉTS pour l'usage de la voiture personnelle quelle qu'elle soit).

REPONSES

Question 1 : En moyenne et ne considérant que les trajets imputables au travail, après combien de semaines l'utilisateur devrait-il retourner à la station-service pour faire le plein (arrondir à l'entier le plus près)?

L'utilisateur utilise sa voiture 2 fois par jour soit 10 fois par semaine au total. En multipliant le nombre de jours d'utilisation par la consommation d'un trajet on obtient la consommation hebdomadaire. Il suffit maintenant de diviser le volume du réservoir par cette valeur.

$$Autonomie_{essence} = \frac{V_{reservoir}}{2 * 5 * Conso_{trajet}} = \frac{50}{2 * 5 * 0,72} = 6,944 \text{ semaines soit } 7 \text{ semaines}$$

Cette valeur est théorique puisque le conducteur ira faire le plein AVANT de tomber en panne. Et il faut considérer TOUTES les autres sorties effectuées par l'automobiliste.

Question 2 : Quelle est la valeur de la consommation moyenne affichée par le tableau de bord de la voiture (en L/100km, avec une décimale)?

La voiture consomme 0,72 L pour 7,7 km. Avec un produit en croix (ou simple règle de trois) on retrouve la consommation au L/100km :

$$Conso_{affiché} = \frac{100 * Conso_{trajet}}{distance_{trajet}} = \frac{100 * 0,72}{7,7} = 9,35 \text{ donc } 9,4 \frac{L}{100km}$$

Cette consommation est typique de l'Amérique du Nord. En construisant des voitures axées sur l'économie (faible empreinte, haut coût d'usage, taxe à la cylindrée, taxe à la masse, taxe à la puissance, etc.) et non sur d'autres attributs (dont la puissance), on pourrait facilement abaisser cette consommation typique par un facteur 2 voire 3.

Question 3 : Quelle est l'énergie consommée (en kWh, sans décimale) par le moteur quotidiennement et chaque semaine ?

Pour obtenir l'énergie de consommation il faut multiplier la consommation massique par le PCI. Attention ici le carburant est composé d'essence et d'éthanol, il est donc important de prendre en compte la pondération. Puisque la consommation réelle est donnée, il n'est pas requis de savoir le rendement du moteur à essence.

Il faut également tenir compte du facteur 2 pour la consommation journalière (trajet aller et retour), diviser par 3,6 pour la conversion des MJ en kWh et diviser les densités par 1000 pour convertir les m³ en L.

$$E_{conso} = 2 * Conso_{trajet} * \left(\%_{essence} * \frac{\rho_{essence}}{1000} * PCI_{essence} + \%_{ethanol} * \frac{\rho_{ethanol}}{1000} * PCI_{ethanol} \right) * \frac{1}{3,6}$$

$$E_{conso} = 2 * 0,72 * \left(0,9 * \frac{790}{1000} * 47,3 + 0,1 * \frac{789}{1000} * 29,7 \right) * \frac{1}{3,6} = 14,39 \text{ donc } 14 \frac{kWh}{j} = 14,39 * 5 \frac{kWh}{sem}$$

$$= 71,95 \text{ donc } 72 \frac{kWh}{sem}$$

On peut facilement penser que cette énergie pourrait être doublée puisque la voiture ne sert pas uniquement à aller au travail et revenir.

Question 4a : Quelle est le rendement du moteur à essence (en %, sans décimale)?

Le rendement correspond au ratio de la consommation utile (soit celle pour un rendement de 100%) sur la consommation réelle :

$$n_{essence} = \frac{Conso_{trajet_{100}}}{Conso_{trajet}} = \frac{0,26}{0,72} = 36\%$$

Il est difficile de faire mieux avec un moteur à combustion.

Question 4b : Si la voiture avait un moteur diesel, quelle serait la consommation de carburant (en L, avec une décimale)?

En connaissant la valeur de consommation pour un rendement de 100%, on peut obtenir la consommation pour n'importe quel rendement :

$$Conso_{diesel} = \frac{Conso_{trajet_{100}}}{n_{diesel}} = \frac{0,26}{0,42} = 0,6 L$$

A priori, choisir le diesel est mieux. Mais pour l'environnement, le diesel comporte d'autres inconvénients.

Question 5 : Si l'utilisateur en question décidait d'opter pour un transport tel que le vélo, avec une vitesse moyenne de 20km/h, quelle serait la perte de temps sur une journée ? (en min, sans décimale)

$$\begin{cases} t_{voiture} = \frac{d_{trajet}}{v_{voiture}} * 60 = 9,2 \text{ min} \\ t_{velo} = \frac{d_{trajet}}{v_{velo}} * 60 = 23,1 \text{ min} \end{cases}$$

Il faut donc, en valeur médiane, 13,86 ou 15 minutes de plus pour aller au travail et 15 minutes pour en revenir à vélo. Si les gens prennent 30 minutes pour aller faire une séance de GYM le midi et qu'ils se douchent pour ne pas em...leurs collègues en pm, ils se retrouvent à perdre davantage de temps en voiture qu'en vélo. S'ils doivent se garer, ils doivent peut-être marcher quelques minutes pour arriver au boulot ce qui réduit la part de l'avantage temporel aussi.

$$Temps_{supplémentaire} = (t_{velo} - t_{voiture}) * 2 = 30 \text{ min}$$

Certes, ces 30 minutes ne sont pas le seul résultat à considérer. Parcourir 7,7 km en hiver avec 2 enfants dans une poussette et devoir faire quelques arrêts pour courses/garderie/école sont des facteurs à considérer.

Question 6 : En considérant le coût d'opération moyen d'une voiture au Québec au début du 21^e siècle, quels sont les économies d'argent par semaine ? En combien d'année l'utilisateur pourra-t-il investir dans un poêle à granulés d'une valeur de 2000 \$?

Ici les économies sont nettes. Habituellement, pour obtenir les économies, on soustrait le coût de la nouvelle solution (ici le vélo) de la solution originale à remplacer (ici la voiture). Mais ici, il n'y a pas d'OPEX associée au vélo. Note, le coût d'utilisation inclus l'essence.

$$\begin{aligned} Economies &= (d_{trajet} * Cout_{utilisation}) * 2 * 5 \\ Economies &= (7,7 * 0,53) * 2 * 5 = 40,81 \$ \text{ ou } 41\$ \end{aligned}$$

Pour calculer ces économies, il est aussi possible de rechercher le coût de l'entretien du véhicule qui est légèrement inférieur à 0,1\$/km.

Pour le calcul de la PRI bien penser à prendre en compte l'investissement du poêle ET du vélo. Ne pas oublier que le nombre de semaines travaillées est de 46.

$$PRI = \frac{(Cout_{poele} + Cout_{velo})}{Economies * 46} = \frac{2000 + 350}{40,81 * 46} = 1,25$$

Le vélo seul se paie en un peu plus de deux mois. Donc, même si vous laissez votre bagnole à la maison seulement d'avril à novembre, c'est « payant » de voyager à vélo.

L'objectif de cet exercice consiste à estimer les ordres de grandeur des consommations de carburant afin de prendre conscience l'immense impact de celles-ci multipliées par des milliards de véhicules particuliers. On aurait pu aussi vous demander d'estimer les émissions de 7 milliards de bagnoles qui parcourraient 15,4 km par jour de semaine.