

EXERCICE 4 (8 points) (physique-chimie)

Limitation de vitesse et climat

En 2020, lors de la convention citoyenne pour le climat, il a été proposé de baisser la vitesse maximale autorisée sur l'autoroute de $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ à $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ afin de réduire les émissions de CO_2 des moteurs thermiques, en partie responsables du réchauffement climatique.



Cet exercice étudie quantitativement les effets que l'on pourrait attendre d'une telle mesure.

Vitesse et énergies

Données :

- Conversion d'énergie : $1 \text{ Wh} = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$
- Conversion de vitesse : $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
- La diminution relative d'une grandeur X dont la valeur passe de X_{initial} à X_{final} est définie par : $\frac{X_{\text{initial}} - X_{\text{final}}}{X_{\text{initial}}}$.

Q1. Montrer que l'énergie cinétique que possède une voiture de masse $m = 1260 \text{ kg}$ lorsqu'elle roule à la vitesse de $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ est voisine de 163 Wh .

Q2. L'énergie cinétique de la même voiture roulant à $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ vaut 228 Wh . Conclure sur l'impact de la diminution de limitation de la vitesse du véhicule sur les dégâts possibles lors d'un accident.

Les frottements de l'air sur la voiture sont des forces de résistance aérodynamique qui peuvent être représentées par une force $\vec{F}$ de même direction que le déplacement du véhicule et de sens opposé à celui-ci.

La valeur F de cette force est proportionnelle au carré de la vitesse du véhicule v . On donne la relation :

$$F = k \times v^2,$$

où k est une constante. Pour la voiture considérée on a : $k = 0,404 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$. Dans cette relation, la force est en Newton et la vitesse en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q3. Montrer que le travail W de la force de frottement de l'air sur la voiture, pour un trajet rectiligne de 100 km parcouru à la vitesse constante de $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, est voisin de -38 MJ .

Le travail de la force de frottement de l'air sur la même voiture roulant à la vitesse constante de $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sur une distance de 100 km vaut -53 MJ .

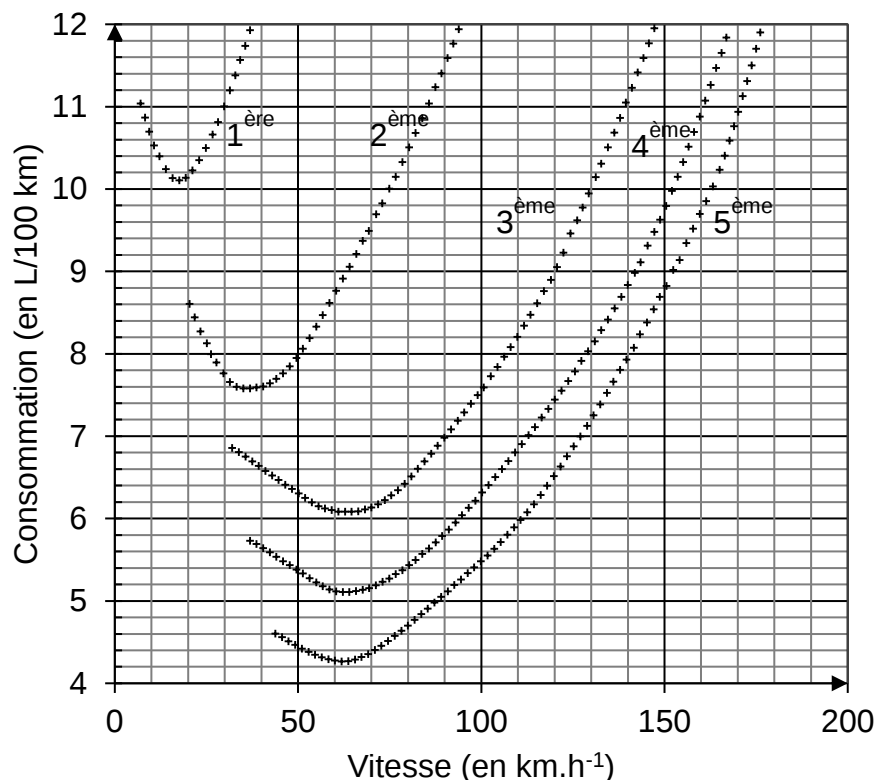
La diminution de la vitesse de $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ à $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ correspond donc à une diminution relative de la vitesse de 15 % environ.

Q4. Montrer que cette diminution de vitesse entraîne une diminution relative d'environ 28% de l'énergie nécessaire pour compenser le travail de la force de frottement de l'air.

Vitesse et émission de CO_2

La consommation d'essence d'une voiture, qui se déplace à vitesse constante, dépend de sa vitesse de déplacement et du rapport de la boîte de vitesse utilisé.

Le document 1 présente la consommation théorique d'un « moteur-exemple » pour cinq rapports différents de la boîte de vitesse.



Document 1 - Consommation de carburant du véhicule en fonction de la vitesse, pour les cinq rapports de la boîte de vitesse (1^{ère} à 5^{ème})

Source : « Transmissions dans l'automobile - Influence sur la consommation du véhicule »

Q5. On utilise le 5^{ème} rapport de la boîte de vitesse. Déterminer, à l'aide du document 1, les volumes de carburant consommés pour un trajet de 100 km parcouru, d'une part à la vitesse constante de $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ et d'autre part, à la vitesse constante de $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

En déduire que le volume de carburant économisé par une baisse de la vitesse de $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ à $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ est de l'ordre de 1,2 L pour un trajet de 100 km.

La diminution relative de consommation d'essence associée à cette diminution de vitesse, est voisine de 17 %.

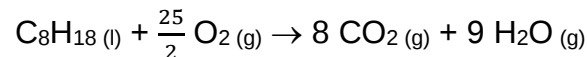
Q6. Comparer cette diminution relative à celle calculée à la question Q4. Commenter l'écart constaté.

Combustion de carburant et émission de CO₂

La combustion du carburant dans le moteur produit du dioxyde de carbone CO₂, qui est le principal gaz à effet de serre issu de l'activité humaine.

On considère que le carburant utilisé est équivalent à de l'octane, de formule C₈H₁₈.

L'équation de sa combustion dans le moteur est :



Q7. Montrer que la quantité de matière d'octane (de masse molaire $M = 114 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) présente dans 1,2 L d'essence de masse volumique $\rho = 750 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, a une valeur de 7,9 mol.

Q8. Établir, à l'aide de l'équation donnée, la relation entre les quantités de matière d'octane consommé, notée $n_{\text{C}_8\text{H}_{18}}$, et de dioxyde de carbone produit, notée n_{CO_2} .

Q9. En déduire que la combustion de 1,2 L d'essence produit un peu plus de 63 mol de CO₂.

Q10. Calculer la masse de CO₂ qu'on évite ainsi de produire, pour 100 km parcourus, en diminuant la vitesse des véhicules de 130 km·h⁻¹ à 110 km·h⁻¹ (on donne la masse molaire du dioxyde de carbone : $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$).

D'après le rapport de l'Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes, 83 milliards de kilomètres ont été parcourus sur les autoroutes par des voitures en 2022.

Q11. Estimer la diminution de masse de CO₂ rejetée dans l'atmosphère, par an en France, correspondant à une baisse de la vitesse maximale sur autoroute de 130 km·h⁻¹ à 110 km·h⁻¹. Pour ce calcul en ordre de grandeur, on admettra que les véhicules roulent tout le temps à la vitesse limite autorisée et qu'ils sont tous identiques à celui étudié.

Q12. À l'aide du document 2 (page suivante), déterminer quel type d'agglomération émet, par an, une masse de CO₂ équivalente à celle déterminée dans la question Q11, sachant qu'en France l'empreinte carbone moyenne annuelle est d'environ 8 tonnes d'équivalent CO₂ par habitant.

Population	Dénomination de l'agglomération
Moins de 2 000 habitants	Village
2 000 à 5 000 habitants	Bourg
5 000 à 20 000 habitants	Petite ville
20 000 à 50 000 habitants	Ville moyenne
50 000 à 200 000 habitants	Grande ville
Plus de 200 000 habitants	Métropole

Document 2 - Limites statistiques proposées par l'[INSEE](#) Source : *wikipedia.org*