

Corrigé BTS AVA 2017

Partie 1 : Comparaison énergétique et environnementale de différents carburants.

1.1 Calcul de la masse volumique moyenne du GPL dans le réservoir.

1.1.1 On peut désigner le volume de GPL liquide, dans le réservoir par : $V_R = 80 \text{ L}$.

Le volume occupé par le butane (V_B) et celui occupé par le propane (V_P) liquéfiés, dans le réservoir, sont les mêmes compte tenu des proportions en volume de chaque constituant dans le GPL.

On a donc : $V_B = V_P = \frac{50}{100} \times V_R$ soit : $V_B = V_P = 40 \text{ L}$

1.1.2 La masse volumique du GPL, notée ρ_{GPL} , s'écrit : $\rho_{\text{GPL}} = \frac{m_{\text{GPL}}}{V_R}$ $\rho_{\text{GPL}} = 0,55 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

Cette valeur correspond à celle indiquée dans le tableau comparatif.

Remarque : Il était facile de calculer la masse m_{GPL} de GPL :

$m_{\text{GPL}} = V_B \times \rho_B + V_R \times \rho_R$ ou encore : $m_{\text{GPL}} = V_B (\rho_B + \rho_R)$; on retrouve, effectivement, la valeur indiquée.

1.2 La puissance thermique nécessaire pour vaporiser le GPL

1.2.1 Calculer l'énergie Q nécessaire pour vaporiser le GPL liquéfié contenu dans le réservoir.

1.2.2 En déduire la puissance thermique P que le liquide de refroidissement doit fournir au GPL pour le vaporiser.

Plusieurs méthodes sont possibles....

■ On peut utiliser l'indication de l'énoncé en faisant très attention aux unités ! La relation entre le débit massique (q_m) et le débit volumique (q_v) s'écrit :

$$\rho_{\text{GPL}} = \frac{q_m}{q_v} \text{ avec : } q_v = 0,15 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

L'indication du texte devient : $P = Q \times \frac{q_v \times \rho_{\text{GPL}}}{m}$; notons que m (masse du GPL vaporisé) était, précédemment notée m_{GPL} ! On a donc le calcul suivant :

$P(\text{en kW}) = Q(\text{en kJ}) \times \frac{q_v(\text{en L} \cdot \text{s}^{-1}) \times \rho_{\text{GPL}}(\text{en kg} \cdot \text{L}^{-1})}{m(\text{en kg})}$ $P = 0,51 \text{ kW}$

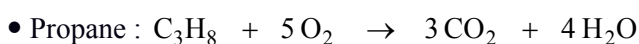
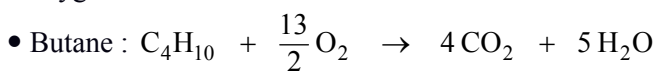
■ On peut ne pas utiliser l'aide fournie et revenir à la définition de la puissance en calculant la durée Δt nécessaire pour évaporer la totalité du volume de GPL contenu dans le réservoir (V_R) : $P = \frac{Q}{\Delta t}$

avec : $q_v = \frac{V_R}{\Delta t}$ avec $q_v = 0,15 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ (là aussi, il faut faire attention aux unités !)

On a donc : $\Delta t = \frac{V_R}{q_v}$ puis : $P = \frac{Q \times q_v}{V_R}$ $P = 0,51 \text{ kW}$

1.3 La combustion du GPL.

1.3.1 Equations des réactions chimiques qui correspondent aux combustions totales du butane et du propane dans le dioxygène :



1.3.2 Calculer les quantités de matière de butane (n_B) et de propane (n_P) dans le réservoir plein.

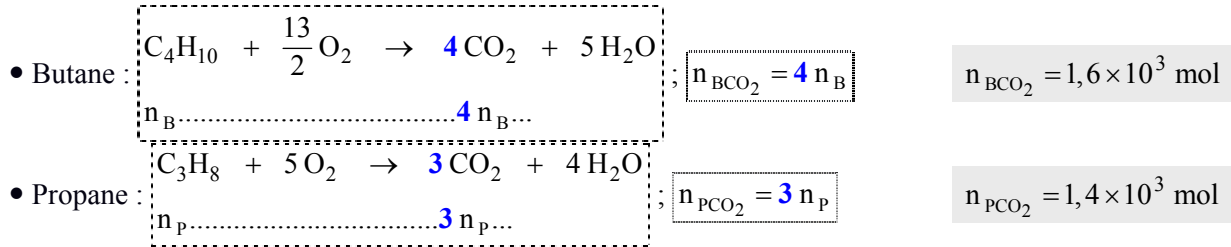
• Butane : $n_B = \frac{m_B}{M(\text{C}_4\text{H}_{10})}$ avec : $m_B = V_B \times \rho_B$; on a donc : $n_B = \frac{V_B \times \rho_B}{M(\text{C}_4\text{H}_{10})}$

• Propane : $n_p = \frac{m_p}{M(C_3H_8)}$ avec : $m_p = V_p \times \rho_p$; on a donc : $n_p = \frac{V_p \times \rho_p}{M(C_3H_8)}$

A.N. : $m_B = 23,4 \text{ kg}$; $m_p = 20,6 \text{ kg}$; $n_B = 4,0 \times 10^2 \text{ mol}$; $n_p = 4,7 \times 10^2 \text{ mol}$

Remarque : La somme des deux masses redonnent bien 44,0 kg !

1.3.3 En déduire les quantités de matière de CO_2 rejetées par la combustion du butane (n_{BCO_2}) et du propane (n_{PCO_2}) contenus dans le réservoir.



La quantité de matière totale de CO_2 émise par la combustion du GPL est, effectivement, proche de $n_{CO_2} = 3000 \text{ mol}$.

1.3.4 La masse de CO_2 totale m_{RCO_2} rejetée par la combustion du GPL contenu dans le réservoir s'écrit :

$m_{RCO_2} = M(CO_2) \times n_{CO_2}$; $m_{RCO_2} = 133 \text{ kg}$

Remarque : Si on prend la quantité donnée par le texte ($n_{CO_2} = 3000 \text{ mol}$), on trouve : 132 kg.

On en déduit la masse m_{CO_2} en kilogramme par litre de combustible brûlé :

$m_{CO_2} = \frac{m_{RCO_2}}{V_R}$; $m_{CO_2} = 1,7 \text{ kg} \cdot L^{-1}$

Cette valeur correspond à celle indiquée dans le tableau comparatif.

1.3.5 Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre ; l'augmentation de sa concentration, dans l'atmosphère terrestre, contribue au réchauffement climatique car ce gaz absorbe le rayonnement infrarouge.

Calcul, pour les trois carburants, du rapport k afin de se reporter à la masse de dioxyde de carbone rejetée par MJ

d'énergie produite : $k = \frac{\text{masse de } CO_2 \text{ rejeté par 1 kg de carburant}}{PCI \text{ (en } MJ \cdot kg^{-1})}$.

- GPL : $k_{GPL} = 6,54 \times 10^{-2} \text{ kg/MJ}$
- Diesel : $k_{diesel} = 7,0 \times 10^{-2} \text{ kg/MJ}$
- Essence : $k_{essence} = 6,51 \times 10^{-2} \text{ kg/MJ}$

Le GPL est-il, semble t-il, un peu plus écologique que le Diesel mais un peu moins écologique que l'essence.

Toutefois, le calcul précédent est simpliste car l'énergie chimique fournie est employée avec un rendement différent selon les moteurs.....

1.4 Comparaison des différentes motorisations

Tableau comparatif

	Essence	Diesel	GPL
Consommation, en L, pour 100 km	6	4	7
Prix de revient pour 15000 km	1215 €	684 €	798 €

Le diesel est plus économique si l'on roule beaucoup ; la combustion du Diesel fournit des particules fines.

La motorisation essence est plus onéreuse ; les rejets sont mieux traités avec un pot catalytique.

La motorisation GPL est économique mais il y a des problèmes de stockage du GPL dans le véhicule (danger et diminution du volume utile).

Partie 2 : Etude du système de régulation de la température

2.1 La montée se fait à vitesse constante.

- Vitesse de la montée : L'échauffement des pièces augmente avec la vitesse du véhicule ce qui sollicite davantage le ventilateur.
- Température extérieure : L'évacuation de l'énergie thermique est moins aisée lorsque la température extérieure augmente ; le ventilateur est plus sollicité.
- Propreté du radiateur : Plus le radiateur est propre et plus l'échange thermique par convection est facilité ce qui sollicite moins le ventilateur.
- Masse transportée par le véhicule : Un véhicule plus chargé exige une énergie mécanique plus importante ce qui, de fait, augmente l'énergie thermique à évacuer ; le ventilateur est plus sollicité.
- Usure des pneumatiques : Avec l'usure des pneumatiques, la résistance au roulement diminue. L'énergie mécanique exigée et donc l'énergie thermique à évacuer sont légèrement plus faibles ; le ventilateur est moins sollicité.
- Chauffage de l'habitacle en fonctionnement : Pour le chauffage de l'habitacle, l'énergie nécessaire est prélevée sur l'énergie thermique à évacuer ; le ventilateur est moins sollicité.

2.2 On souhaite estimer le débit du fluide de refroidissement dans le radiateur.

2.2.1 Evaluation de la capacité thermique massique du liquide de refroidissement

La température moyenne du liquide de refroidissement est prise égale à 80°C (353 K).

La capacité thermique de l'eau, à cette température, est de l'ordre de $4,2\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

La capacité thermique du glycol, à cette température, est de l'ordre de $2,7\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

La masse volumique du mélange étant proche de celle de l'eau, on peut admettre que les proportions en volume des deux constituants correspondent aux proportions en masse de ces constituants ; la capacité thermique moyenne est donc simplement la moyenne des deux valeurs précédentes :

$$C_{pm} = 3,4\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

2.2.2 La quantité d'énergie Q_m cédée par le volume $V=1\text{ L}$ de liquide de refroidissement s'écrit :

$Q_m = V \times \rho \times C_{pm} \times \Delta\theta$ avec : $\Delta\theta = 20^{\circ}\text{C} = 20\text{ K}$; $\rho = 1,04 \times 10^3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (la masse volumique du mélange évolue très peu avec la température) ; $Q_m = 70,7\text{ kJ}$

2.2.3 En supposant que le radiateur doit être en mesure d'évacuer environ 20 % de la puissance du moteur, évaluer le débit nécessaire de la pompe de refroidissement.

Le radiateur doit donc évacuer une puissance de 14 kW (20 % de 70 kW)

Le débit volumique du liquide de refroidissement s'écrit : $q_v = \frac{14\text{ kW}}{Q_m}$ soit : $q_v = 0,20\text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$

Partie 3 : Rendement et pertes d'un moteur « à explosion » à carburateur

Le diagramme de flux d'énergie d'un moteur à essence ancien (équipé d'un carburateur) est présenté sur le document 3 (page 7 sur 9).

Ce type de diagramme peut être utilisé pour mesurer des proportions entre les diverses énergies mises en jeu au cours du fonctionnement normal du moteur.

3.1 L'énergie contenue dans les hydrocarbures est de l'énergie chimique.

3.2 L'énergie libérée par la combustion du mélange air-carburant est sous forme d'énergie thermique.

3.3 Définition du rendement η de ce moteur à essence :

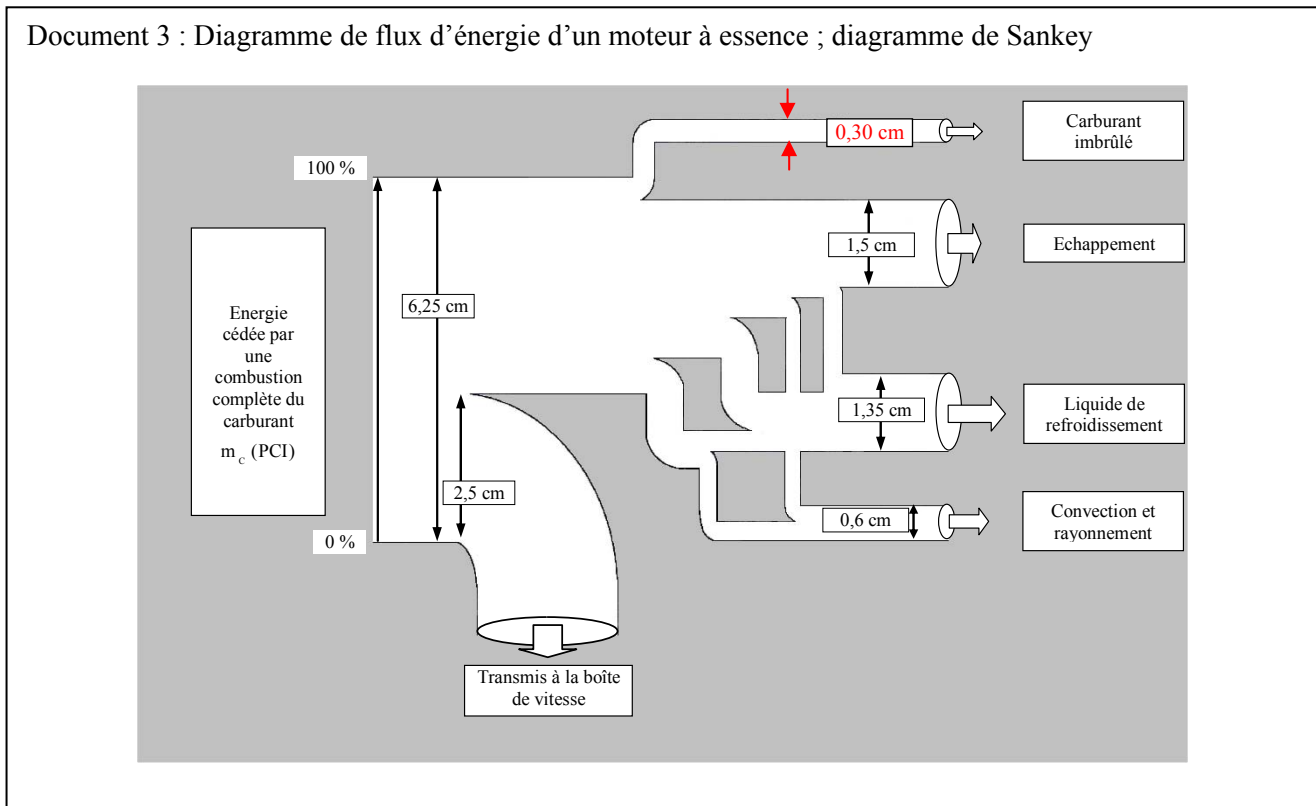
$$\eta = \frac{\text{énergie mécanique transmise à la boîte de vitesse}}{\text{énergie thermique fournie par la combustion du carburant}}$$

L'énergie thermique fournie par le carburant est représentée par un segment de $6,25\text{ cm}$ de longueur.

L'énergie mécanique recueillie est représentée par un segment de longueur $2,5\text{ cm}$.

On peut donc donner une valeur approchée de ce rendement η : $\eta = \frac{2,5 \text{ cm}}{6,25 \text{ cm}}$ soit : $\eta = 40 \%$

3.4 La conservation de l'énergie se traduit par la conservation, sur le diagramme, des longueurs. La longueur relative au carburant imbrûlé est de 0,3 cm.



La proportion est donc proche de 5%.

Remarque : Le pourcentage d'énergie évacuée par le liquide de refroidissement est de l'ordre de 20 % si l'on tient compte du diagramme précédent. On retrouve une valeur proche de celle fournie par l'énoncé.

Partie 4 : Optimiser la combustion grâce à la sonde lambda.

Rôle de la sonde lambda :

4.1 La tension u_M oscille entre 0,1 V et 0,8 V ; l'amplitude crête à crête est donc de 0,7 V.

4.2 La tension étudiée présente trois périodes par seconde ; sa fréquence est de 3 Hz.

4.3 Voir la page suivante

4.4 Le basculement du comparateur à un seuil dépend très fortement des petites perturbations de la tension autour de la valeur de basculement de 0,45 V.

Le montage le plus pertinent est le montage à comparateur à deux seuils puisqu'il permet de « lisser » les irrégularités de la tension u_M .

Document-réponse (à rendre avec la copie)

Tension délivrée par la sonde lambda

