

# BTS AVA 2011

Pour répondre aux différentes contraintes en terme de disponibilité des ressources énergétiques d'origine fossile et pour contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, de multiples solutions sont envisagées : les biocarburants, la pile à combustible, les véhicules hybrides sont autant de thèmes abordés dans ce sujet.

Les parties A, B et C sont indépendantes.

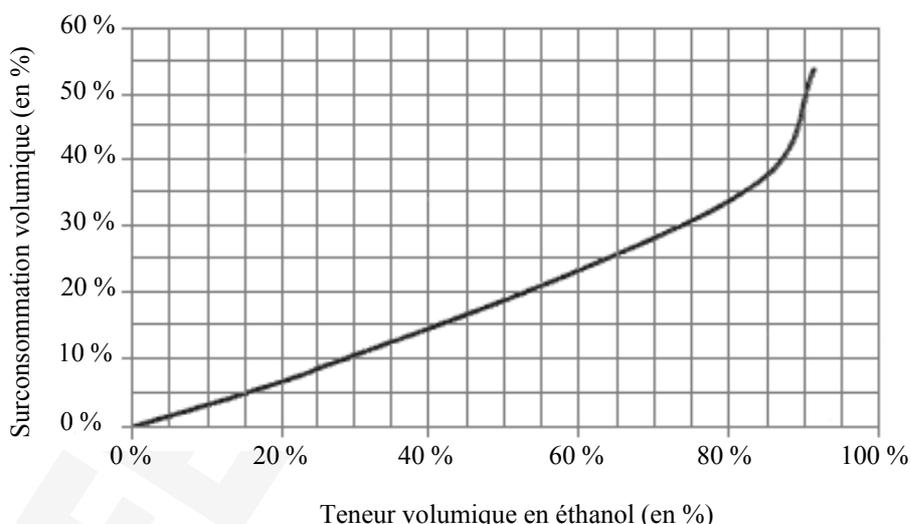
## Partie A : Le superéthanol E85

L'éthanol est un biocarburant issu de cultures végétales (betteraves, canne à sucre, céréales...) qui constitue une alternative possible à l'essence traditionnelle.

L'utilisation de l'éthanol pur comme carburant pose un certain nombre de difficultés, notamment de démarrage à froid. C'est pourquoi, en Europe, on le trouve mélangé à de l'essence. Cependant, l'utilisation de ce type de carburant dans un véhicule « flex-fuel » (véhicule qui peut utiliser 2 ou 3 types de carburant) entraîne une surconsommation par rapport au fonctionnement à l'essence pure.

**1<sup>o</sup> question** : On donne, sur le document 1 (ci-dessous), le graphique donnant la surconsommation du moteur en fonction du pourcentage volumique d'éthanol dans le carburant.

**Document 1** : Surconsommation d'un véhicule « flex-fuel » (par rapport à un fonctionnement à l'essence pure) en fonction de la teneur volumique en éthanol.



Source : Conférence CNAM « Contraintes et mise au point des véhicules flex-fuel »

a) Le superéthanol (E85) est constitué, en volume, de 85 % d'éthanol et de 15 % d'essence.

Justifier, à l'aide du document précédent, qu'il ne serait pas judicieux de dépasser la valeur de 85 %.

b) Déterminer graphiquement le pourcentage de surconsommation lié à l'utilisation du biocarburant E85.

c) Un constructeur indique une consommation moyenne de 6,80 L aux 100 km pour un véhicule « flex-fuel » fonctionnant à l'essence. En déduire sa consommation moyenne pour un fonctionnement au carburant E85.

**2<sup>o</sup> question** : L'essence est principalement constituée d'octane de formule brute  $C_8H_{18}$ . On donne l'équation de la réaction de combustion complète de l'octane :



L'éthanol a pour formule brute  $C_2H_6O$ .

- Ecrire l'équation de la combustion complète de 2 moles d'éthanol.
- En déduire que la combustion d'une mole d'octane rejette davantage de dioxyde de carbone que celle d'une mole d'éthanol.
- On donne sur le document 2 (ci-dessous) les masses de dioxyde de carbone rejeté lors de la combustion d'un litre d'essence et d'éthanol ainsi que les pourcentages volumiques des combustibles présents dans le carburant E85.

**Document 2 :**

Combustible	Essence	Ethanol
Rejet de $CO_2$ en gramme par litre consommé	2310	1520
Pourcentage volumique dans le superéthanol (E85)	15 %	85 %

Calculer la masse de dioxyde de carbone rejeté par litre de carburant E85 consommé.

**3° question :** On s'intéresse à présent aux répercussions écologiques de l'utilisation du superéthanol (E85) et de l'essence.

- Calculer la masse de dioxyde de carbone rejetée pour 100 km parcourus par un véhicule utilisant de l'essence. Donner cette masse en kg.
- Calculer la masse de dioxyde de carbone rejetée pour 100 km parcourus par un véhicule utilisant du carburant E85. Donner cette masse en kg.
- En déduire la différence de rejet de dioxyde de carbone pour 100 kilomètres parcourus.
- Pour un parc automobile de 20 millions de véhicules parcourant en moyenne 20000 km par an chacun, calculer la masse de dioxyde de carbone qui ne sera pas rejetée dans l'atmosphère pendant un an si on utilise le carburant E85. Donner cette masse en millions de tonnes.

### Partie B : La pile à combustible

La pile à combustible est un générateur intéressant dans la mesure où elle ne rejette que de l'eau.

Il s'agit de produire de l'énergie électrique en réalisant la réaction de synthèse de l'eau suivant l'équation chimique :  $2 H_2 + O_2 \longrightarrow 2 H_2O$

Dans cette partie, on étudie un véhicule muni d'une telle pile alimentant un moteur électrique.

**1° question :** Le dihydrogène est stocké sous forme gazeuse dans un réservoir en matériau composite et sera assimilé à un gaz parfait.

*On donne* la constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Ce gaz est stocké dans un réservoir de volume  $V = 0,150 \text{ m}^3$  (150 L) à la température ambiante  $\theta = 20^\circ \text{C}$ . La pression du gaz dans le réservoir vaut alors  $P = 410 \text{ bar}$ .

- Montrer que la quantité de matière de dihydrogène contenu dans le réservoir est  $n = 2,53 \times 10^3 \text{ mol}$ .

*Donnée :* température absolue :  $T = \theta + 273$ .

- Sachant que la masse molaire moléculaire du dihydrogène est  $M = 2,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , en déduire la masse de dihydrogène contenu dans le réservoir. Donner cette masse en kg.

c) La réaction de synthèse de l'eau libère une énergie de 120 MJ par kg de dihydrogène consommé. Calculer l'énergie électrique totale susceptible d'être produite par la pile après utilisation totale du dihydrogène contenu dans le réservoir.

**2° question :** On souhaite évaluer l'autonomie du véhicule lors d'un trajet à la vitesse constante  $v = 110 \text{ km.h}^{-1}$ . L'énergie dépensée pour faire avancer le véhicule vient alors simplement compenser l'énergie perdue par frottements. La valeur de la force de frottement correspondante est  $f_f = 400 \text{ N}$ .

a) Montrer que la puissance développée par le moteur au cours de ce trajet est  $P_u = 12,2 \text{ kW}$ .

b) A cette vitesse, on considère que l'ensemble « pile, moteur, transmission » a un rendement de 35 %. En utilisant le résultat de la question 1° c), calculer l'énergie mécanique utile  $W_u$  dont on peut disposer avec ce véhicule.

c) En déduire la durée maximale du trajet effectué à  $110 \text{ km.h}^{-1}$ . Donner le résultat en heures.

d) Montrer que 530 km est une valeur approchée de la distance maximale parcourue par le véhicule à cette vitesse. On utilisera cette valeur pour la question suivante.

**3° question :** On s'intéresse à l'utilisation de la pile à combustible pour un parc automobile de vingt millions de véhicules parcourant en moyenne 20000 km par an chacun.

a) Calculer puis donner en millions de  $\text{m}^3$  le volume de dihydrogène nécessaire en une année au fonctionnement de l'ensemble des véhicules de ce parc roulant à la vitesse moyenne précédente. Ce volume sera calculé pour une pression de 410 bar.

b) Donner le nom de la technique industrielle la plus courante de production du dihydrogène.

c) Quel inconvénient majeur présente la production massive de ce gaz ?

## Partie C : Les véhicules hybrides

L'hybridation d'un véhicule vise entre autre l'assistance électrique à la propulsion.

Le recours au moteur électrique en complément du moteur thermique permet d'augmenter le rendement global du véhicule et donc permet des économies de carburant et la limitation des rejets de gaz à effet de serre.

**1° question :** Le moteur utilisé par le véhicule est un moteur synchrone triphasé. Au cours d'un essai sur banc de ce moteur seul, on relève le couple utile et la fréquence de rotation.

La mesure du couple est effectuée avec un couplemètre numérique :

Calibre 1000 N.m

Précision : 0,5 % du calibre

La valeur lue sur le couplemètre au cours de l'essai est : 338,4 N.m.

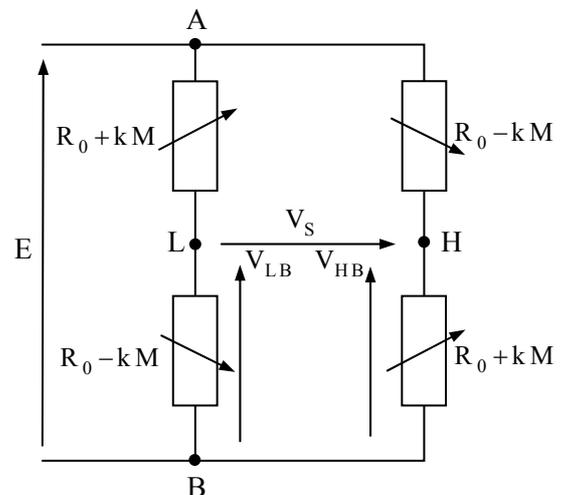
a) Calculer l'incertitude absolue qui entache cette mesure.

b) En déduire l'incertitude relative.

**2° question :** Le couplemètre mesure le moment du couple par l'intermédiaire d'un pont de jauges placé sur un axe de torsion. Le schéma équivalent au pont de jauges est représenté sur le **document 3** (ci-contre).

La résistance de deux des jauges d'extensométrie qui composent le pont augmente avec le moment  $M$  du couple appliqué sur l'axe de torsion et suit la relation :  $R = R_0 + kM$ .

La résistance des deux autres jauges diminue avec  $M$  en suivant la relation :  $R = R_0 - kM$ .



**Document 3**

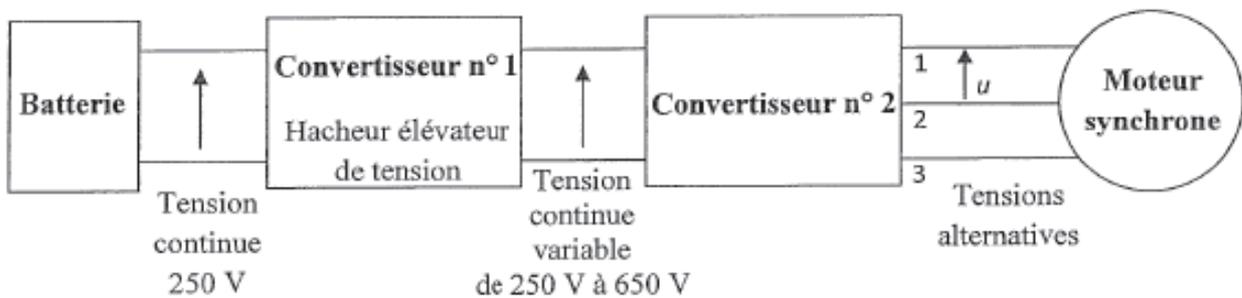
- a) Donner les expressions des tensions  $V_{LB}$  et  $V_{HB}$  en fonction de  $R_0$ ,  $k$ ,  $E$  et  $M$ .
- b) Montrer que la tension  $V_S$  est nulle quand le moment du couple  $M$  appliqué sur l'axe de torsion est nul.
- c) Déterminer l'expression de  $V_S$  en fonction de  $R_0$ ,  $k$ ,  $E$  et  $M$ .

**3° question** : On cherche à déterminer le rendement du moteur électrique du véhicule hybride.

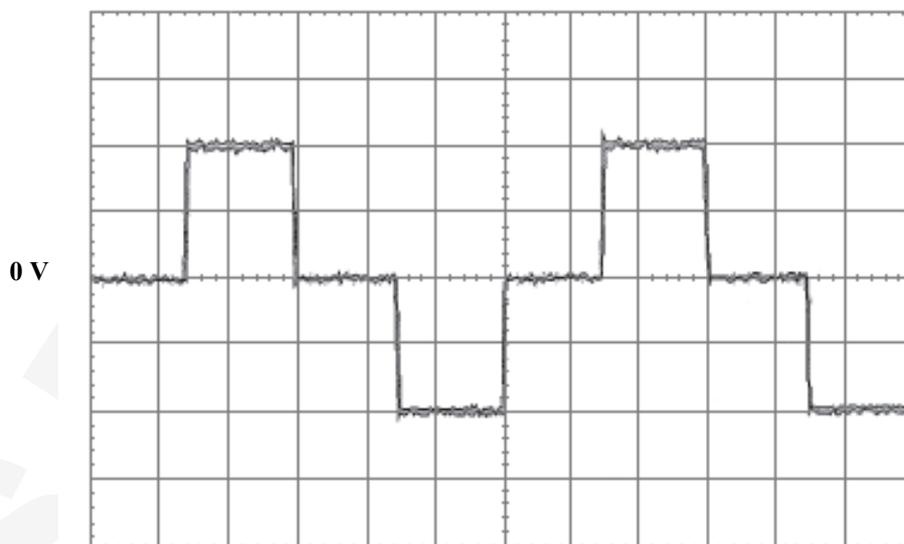
- a) La fréquence de rotation mesurée est  $n = 700 \text{ tr / min}$  .. Calculer la puissance utile développée par le moteur au cours de cet essai.
- b) La puissance électrique délivrée par l'alimentation vaut alors  $26,7 \text{ kW}$ . En déduire le rendement de ce moteur pour ce fonctionnement.

**4° question** : Le moteur synchrone est alimenté par la batterie du véhicule via une chaîne de conversion d'énergie électrique représentée sur le **document 4** (ci-dessous).

**Document 4**



L'oscillogramme de la tension  $u$  est présenté en annexe sur le **document 5** (ci-dessous). Il a été obtenu par l'intermédiaire d'une sonde atténuatrice de tension de calibre  $1/20$ .



**Document 5** : Attention ! Cet oscilloscope de terrain affiche 12 divisions horizontales !

Base de temps :  $0,5 \text{ ms / div}$ .

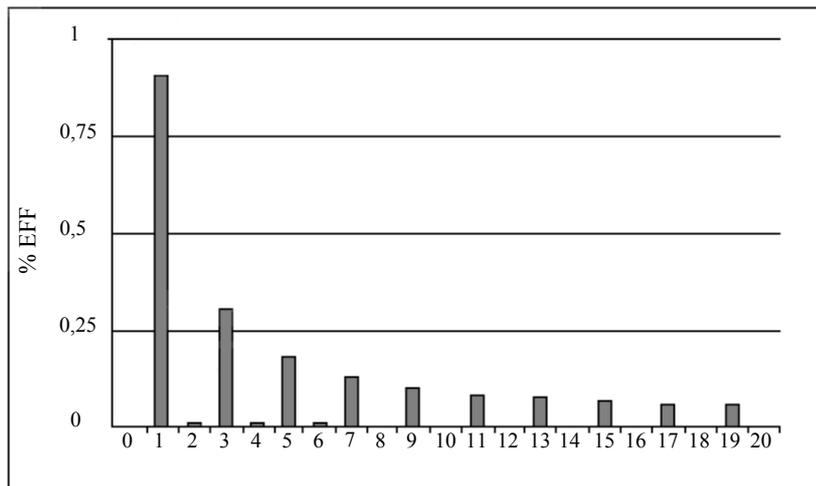
Calibre :  $10 \text{ V / div}$ .

- a) Comment appelle-t-on le convertisseur n°2 ? Préciser sa fonction.

- b) Déterminer, à l'aide du graphique :
- la valeur maximale de la tension  $u$  ;
  - la période de la tension  $u$ . En déduire sa fréquence.
- c) Quelle est la fréquence  $f_1$  du fondamental de la tension  $u$  ?

**5° question** : On a relevé à l'aide d'un système de mesure de qualité d'énergie le spectre d'amplitude de la tension  $u$  donné en annexe sur le **document 6** (ci-après).

**Document 6** :



La notice de l'appareil indique : « Les harmoniques sont représentés sous forme d'un pourcentage de la valeur efficace mesurée (% EFF) ».

- a) L'harmonique de rang zéro correspond à la valeur moyenne du signal. A l'aide de la courbe représentée sur le document 5, justifiez que cette valeur moyenne est nulle.
- b) La valeur efficace de la tension  $u$  mesurée par l'appareil est 140,9 V. Le pourcentage relevé pour l'harmonique 3 est égal à 30 %. Déterminer la valeur efficace, la valeur maximale et la fréquence de l'harmonique 3.
- c) Que peut-on dire des harmoniques de rangs pairs ?