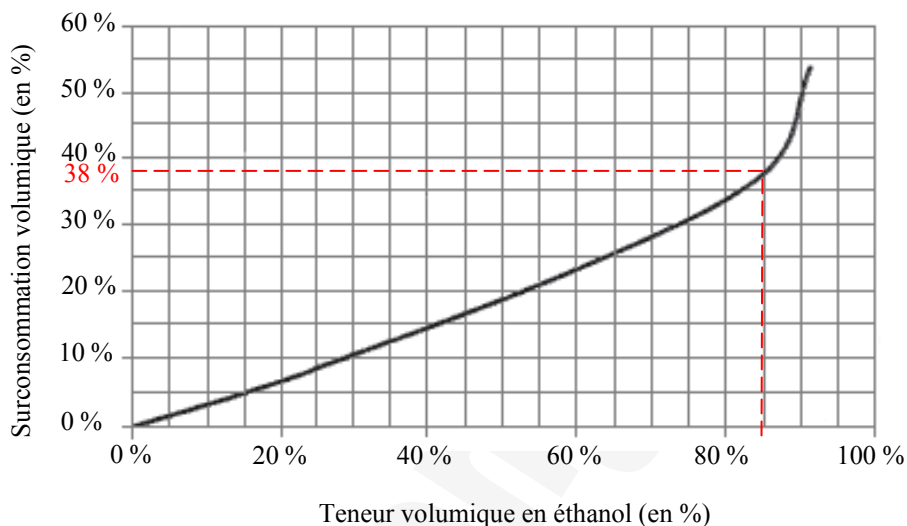


## Corrigé BTS AVA 2011

### Partie A : Le superéthanol E85

#### 1° question :

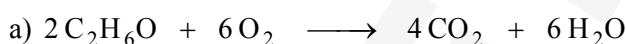
- a) La surconsommation du véhicule s'accroît brutalement à partir d'une teneur volumique de 85 % en éthanol du carburant ; il est donc judicieux de ne pas dépasser cette teneur !
- b) La surconsommation s'établit aux alentours de 38 %.



- c) Compte tenu du document précédent, la consommation moyenne (pour 100 km parcourus) du véhicule

s'écrit : 
$$6,8 \text{ L} \times \frac{138}{100} \cong 9,4 \text{ L}$$

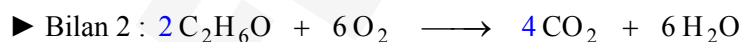
#### 2° question :



b)



La consommation de 2 moles d'octane fournit 16 moles de dioxyde de carbone



La consommation de 2 moles d'éthanol fournit 4 moles de dioxyde de carbone

**Conclusion :** La combustion d'une mole d'octane rejette davantage de dioxyde de carbone que celle d'une mole d'éthanol.

c)

#### Document 2 :

| Combustible   | Essence | Ethanol |
|---|---------|---------|
| Rejet de $\text{CO}_2$ en gramme par litre consommé | 2310    | 1520    |
| Pourcentage volumique dans le superéthanol (E85)    | 15 %    | 85 %    |

Un litre de supercarburant (E85) comporte 0,85 L d'éthanol et 0,15 L d'essence.

◆ La combustion de 0,85 L d'éthanol rejette :  $m_1 = 1520 \text{ g.L}^{-1} \times 0,85 \text{ L}$  soit :  $m_1 \cong 1292 \text{ g}$

◆ La combustion de 0,15 L d'essence rejette :  $m_2 = 2310 \text{ g.L}^{-1} \times 0,15 \text{ L}$  soit :  $m_2 \cong 347 \text{ g}$

**Conclusion** : La masse  $m$  de dioxyde de carbone rejeté par litre de carburant E85 consommé s'établit à la somme de ces deux masses soit :  $m \cong 1639 \text{ g}$

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

a) Pour une consommation moyenne de 6,8 L (pour 100 km parcourus), on a une masse de dioxyde de carbone rejetée égale à :

$$M_{\text{ess}} = 6,8 \text{ L} \times 2310 \text{ g.L}^{-1} \text{ soit : } M_{\text{ess}} \cong 15,7 \text{ kg}$$

b) La consommation moyenne est de 9,4 L (pour 100 km parcourus), on a une masse de dioxyde de carbone rejetée égale à :

$$M_{\text{E85}} = 9,4 \text{ L} \times 1639 \text{ g.L}^{-1} \text{ soit : } M_{\text{E85}} \cong 15,4 \text{ kg}$$

c) La différence de rejet de dioxyde de carbone pour 100 kilomètres parcourus est de l'ordre de 330 g.

d) La masse cherchée est désignée par  $M$  :

$$M \cong 330 \text{ g} \times \frac{20000 \text{ km}}{100 \text{ km}} \times 20 \times 10^6 \text{ soit : } M \cong 1,3 \text{ millions de tonnes}$$

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

**1° question** :

a) La quantité de matière de dihydrogène contenu dans le réservoir se détermine grâce à l'équation d'état du gaz parfait :

$$n = \frac{P V}{R T} \text{ avec : } P = 410 \times 10^5 \text{ Pa ; } V = 150 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ et } T = 293 \text{ K ; on obtient : } n \cong 2,53 \times 10^3 \text{ mol}$$

b) La masse de dihydrogène contenu dans le réservoir est désignée par  $m_{\text{H}_2}$ .

$$\text{On a : } m_{\text{H}_2} = M \times n \quad \text{A.N. : } m_{\text{H}_2} \cong 5,05 \text{ kg}$$

c) L'énergie électrique totale susceptible d'être produite par la pile après utilisation totale du dihydrogène contenu dans le réservoir est désignée par  $W_{\text{pile}}$ . On écrit :

$$W_{\text{pile}} = m_{\text{H}_2} \times 120 \text{ MJ / kg} \quad \text{A.N. : } W_{\text{pile}} \cong 6,06 \times 10^8 \text{ J}$$

**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) La force motrice  $\vec{F}_m$  compense la force de frottement ; on a :  $F_m = f_f = 400 \text{ N}$  (modules des forces)

La puissance développée par le moteur au cours de ce trajet est :  $P_u = F_m \times v$

$$v = 110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \cong 30,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ et } F_m = f_f = 400 \text{ N} ; \text{ A.N.: } P_u \cong 12,2 \text{ kW}$$

b) L'énergie mécanique utile  $W_u$  dont on peut disposer avec ce véhicule ne représente que 35 % de l'énergie susceptible d'être fournie par la pile :  $W_u = \frac{35}{100} W_{\text{pile}}$  A.N.:  $W_u \cong 212 \text{ MJ}$

c) La durée maximale du trajet effectué à  $110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  est désignée par  $\Delta t$  :

$$\Delta t = \frac{W_u}{P_u} \quad \text{A.N.: } \Delta t \cong 1,74 \times 10^4 \text{ s soit } 4 \text{ h } 50 \text{ min}$$

d) La distance maximale parcourue par le véhicule à cette vitesse est désignée par  $D$  :

$$D = v \times \Delta t \quad \text{A.N.: } D \cong 530 \text{ km}$$

### 3° question :

a) Soit  $V_{\text{tot}}$  le volume cherché. Le volume de dihydrogène nécessaire en une année au fonctionnement d'un véhicule est donné par :  $V \times \frac{20000 \text{ km}}{D \text{ (en km)}}$  ( $V$  : volume du réservoir)

Pour l'ensemble des véhicules de ce parc roulant à la vitesse moyenne précédente, il faut multiplier le résultat précédent par 20 millions.

$$V_{\text{tot}} = V \times \frac{20000 \text{ km}}{D \text{ (en km)}} \times 20 \times 10^6 \quad \text{A.N.: } V_{\text{tot}} \cong 113 \text{ millions de m}^3$$

b) Le dihydrogène est produit par électrolyse de l'eau :  $2 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{ O}_2$

c) La production massive de ce gaz consomme beaucoup d'énergie électrique ! De plus, la recombinaison du dihydrogène et du dioxygène (présent dans l'air) peut être explosive !

## Partie C : Les véhicules hybrides

### 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) L'incertitude absolue  $\Delta M$  sur le moment du couple  $M$  est donnée par :

$$\Delta M = \frac{0,5}{100} \times 1000 \text{ N.m} \quad \text{A.N.: } \Delta M \cong 5,0 \text{ N.m}$$

b) L'incertitude relative s'écrit :  $\frac{\Delta M}{M}$  avec :  $M = 338,4 \text{ N.m}$  ; A.N.:  $\frac{\Delta M}{M} \cong 1,5 \%$

**2° question :**

a)

Les jauges placées entre A, L et B constituent un diviseur de tension ; on écrit :

$$V_{LB} = E \times \frac{R_0 - kM}{(R_0 - kM) + (R_0 + kM)} \quad \text{soit :} \quad V_{LB} = E \times \frac{R_0 - kM}{2R_0}$$

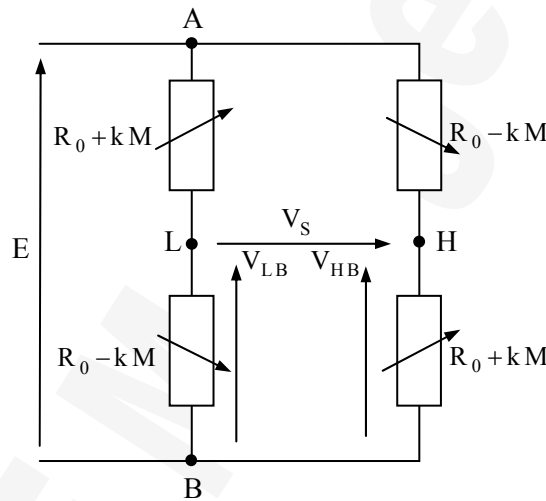
Les jauges placées entre A, H et B constituent un diviseur de tension ; on écrit :

$$V_{HB} = E \times \frac{R_0 + kM}{(R_0 - kM) + (R_0 + kM)} \quad \text{soit :} \quad V_{HB} = E \times \frac{R_0 + kM}{2R_0}$$

b) et c) La tension  $V_S$  s'écrit :  $V_S = V_{HB} - V_{LB}$ , soit, en tenant compte de ce qui précède :

$$V_S = \frac{E}{2R_0} \times [(R_0 + kM) - (R_0 - kM)] \quad \text{puis, après développement et simplification :} \quad V_S = \frac{E k M}{R_0}$$

Si le moment du couple  $M$  appliqué sur l'axe de torsion est nul, la tension  $V_S$  est alors nulle.



**Document 3**

**3° question :**

On cherche à déterminer le rendement du moteur électrique du véhicule hybride.

a) La fréquence de rotation mesurée est  $n = 700 \text{ tr / min} = \frac{700}{60} \text{ tr / s}$ .

La puissance utile  $P_{ut}$  développée par le moteur au cours de cet essai s'écrit :

$$P_{ut} = M \times 2 \pi \underset{\text{en tr / s}}{n} \quad \text{A.N. : } P_{ut} \cong 24,8 \text{ kW}$$

b) La puissance électrique  $P_{el}$  délivrée par l'alimentation vaut alors 26,7 kW.

Le rendement  $\eta$  du moteur s'écrit :  $\eta = \frac{P_{ut}}{P_{el}} \quad \text{A.N. : } \eta \cong 93 \%$

#### 4° question :

a) Le convertisseur n° 2 est un onduleur ; il permet d'alimenter, à partir d'une tension continue, une charge en tension alternative.

b)

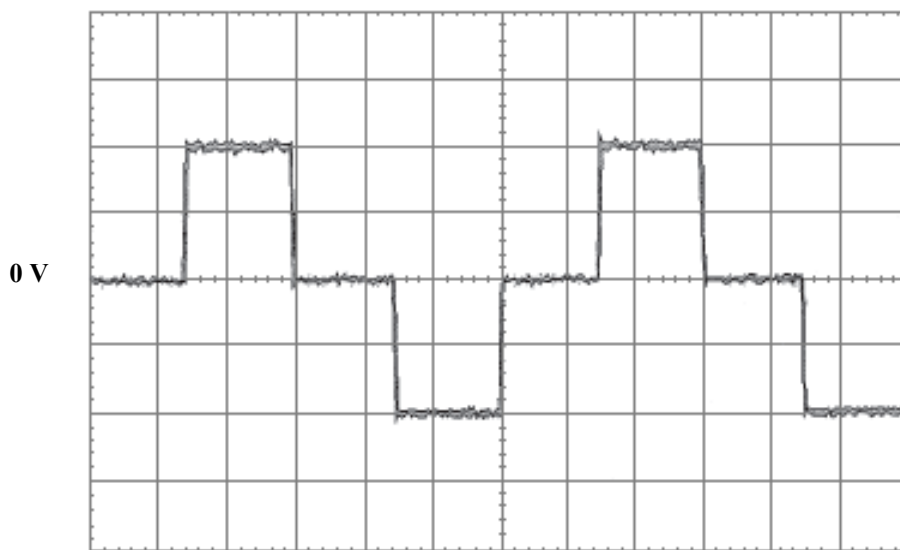
✦ Valeur maximale  $U_{\max}$  de la tension  $u$  :  $U_{\max} = 10 \text{ V} / \text{div.} \times 2 \text{ div.} \times 20$

soit : A.N. :  $U_{\max} \cong 400 \text{ V}$

✦ Valeur de la période  $T$  de  $u$  :  $T = 0,5 \text{ ms} / \text{div.} \times 6 \text{ div.}$  soit : A.N. :  $T \cong 3 \text{ ms}$

✦ On en déduit la fréquence  $f$  de la tension  $u$  :  $f = \frac{1}{T \text{ (en s)}} \cong 333 \text{ Hz}$

c) La tension  $u$  a la fréquence du fondamental ; on a donc :  $f_1 \cong 333 \text{ Hz}$



#### 5° question :

a) La tension  $u$  est alternative et symétrique ; sa valeur moyenne est alors nulle.

b) On pose :  $U_{\text{eff}} \cong 140,9 \text{ V}$

*Remarque* : La valeur efficace de la tension  $u$  mesurée par l'appareil est  $140,9 \text{ V}$ .

La valeur moyenne du carré de  $u$  est représentée par l'aire située au-dessus et en-dessous de l'axe des temps :

$$\langle u^2 \rangle = \frac{U_{\max} \times 1,5 \text{ div.} \times 2}{6 \text{ div.}} ; \text{ on a } U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle u^2 \rangle} ; \text{ on trouve avec } U_{\max} = 400 \text{ V}, U_{\text{eff}} \cong 141 \text{ V}$$

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

La valeur efficace  $U_{3\text{eff}}$  de l'harmonique 3 est donc :  $U_{3\text{eff}} = \frac{30}{100} U_{\text{eff}}$  soit :  $U_{3\text{eff}} \cong 42,3 \text{ V}$

- ◆ L'harmonique de rang 3 est un signal alternatif sinusoïdal ; sa valeur maximale est donnée par :

$$U_{3\max} = U_{3\text{eff}} \times \sqrt{2}$$

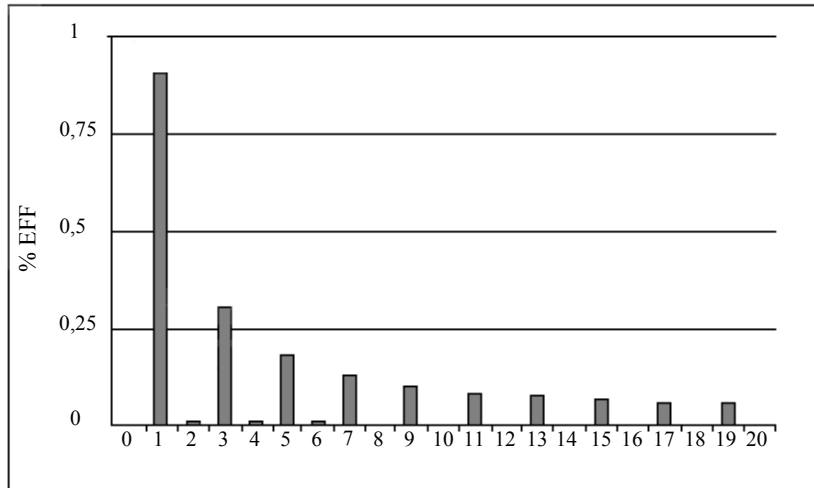
$$U_{3\max} \cong 59,8 \text{ V}$$

- ◆ L'harmonique de rang 3 a une fréquence triple de celle du fondamental :

$$f_3 \cong 1 \text{ kHz}$$

$$f_3 \cong 1 \text{ kHz}$$

**Document 6 :**



- c) Les harmoniques de rangs pairs sont nuls (quasiment nuls).