

Corrigé BTS AVA 2016**Partie 1 : Besoin énergétique pour effectuer un trajet défini (5 points)****1.1.**

• Force de traînée : $F_T = \frac{1}{2} \rho v^2 C_x A$

Calcul numérique (en unités S.I.) : $F_T = \frac{1}{2} \times 1,2 \times \underbrace{\left(\frac{90 \times 10^3}{3600}\right)^2}_{v \text{ en m/s}} \times 0,40 \times 2,1$ soit : $F_T \cong 315 \text{ N}$

• Force de résistance au roulement F_R : $F_R = m g C_R$

Calcul numérique (en unités S.I.) : $F_R = 1,2 \times 10^3 \times 9,8 \times 0,02$ soit : $F_R \cong 235 \text{ N}$

La somme F de la force de traînée F_T et de la force de résistance au roulement F_R est : $F \cong 550 \text{ N}$

1.2. Le travail résistant W de la force F sur le trajet étudié est simple à calculer puisque l'on a un parcours rectiligne décrit, par le véhicule à vitesse constante.

$$W = -F \times L \quad W \cong -55 \text{ MJ}$$

1.3. Le trajet est supposé être horizontal de sorte que le poids du véhicule ne « travaille » pas !

La vitesse du véhicule étant constante, l'énergie E_{mot} fournie par le moteur compense exactement le travail W des forces résistantes ; $E_{\text{mot}} + W = 0$; on a donc : $E_{\text{mot}} \cong 55 \text{ MJ}$

1.4. L'énergie E_D fournie par la combustion complète du diesel s'écrit :

$$E_D = 4,5 \text{ L} \times 36 \text{ MJ.L}^{-1} \quad \text{soit : } E_D \cong 160 \text{ MJ}$$

Le rendement global η_{comb} du véhicule est donc : $\eta_{\text{comb}} = \frac{E_{\text{mot}}}{E_D} \cong 34 \%$

1.5. En volume de carburant consommé, le gain est $V = 0,7 \text{ L}$.

La masse correspondante est m : $m = \rho_{\text{gazole}} \times V \cong 0,6 \text{ kg}$ (avec $\rho_{\text{gazole}} = 850 \text{ kg.m}^{-3} = 850 \text{ g.L}^{-1}$)

Cette masse m de gazole contient une masse de carbone m_C égale à : $m_C = \frac{86,5}{100} \times m$

La quantité n (en mol) de carbone dans m_C donne une quantité n de dioxyde de carbone de sorte que l'on a les

relations suivantes : $n = \frac{m_C}{M_C} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}}$ avec m_{CO_2} représentant la masse de dioxyde de carbone

« économisée » pour un trajet de 100 kilomètres : $m_{\text{CO}_2} = m_C \times \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_C}$ $m_{\text{CO}_2} \cong 1,9 \times 10^3 \text{ g}$

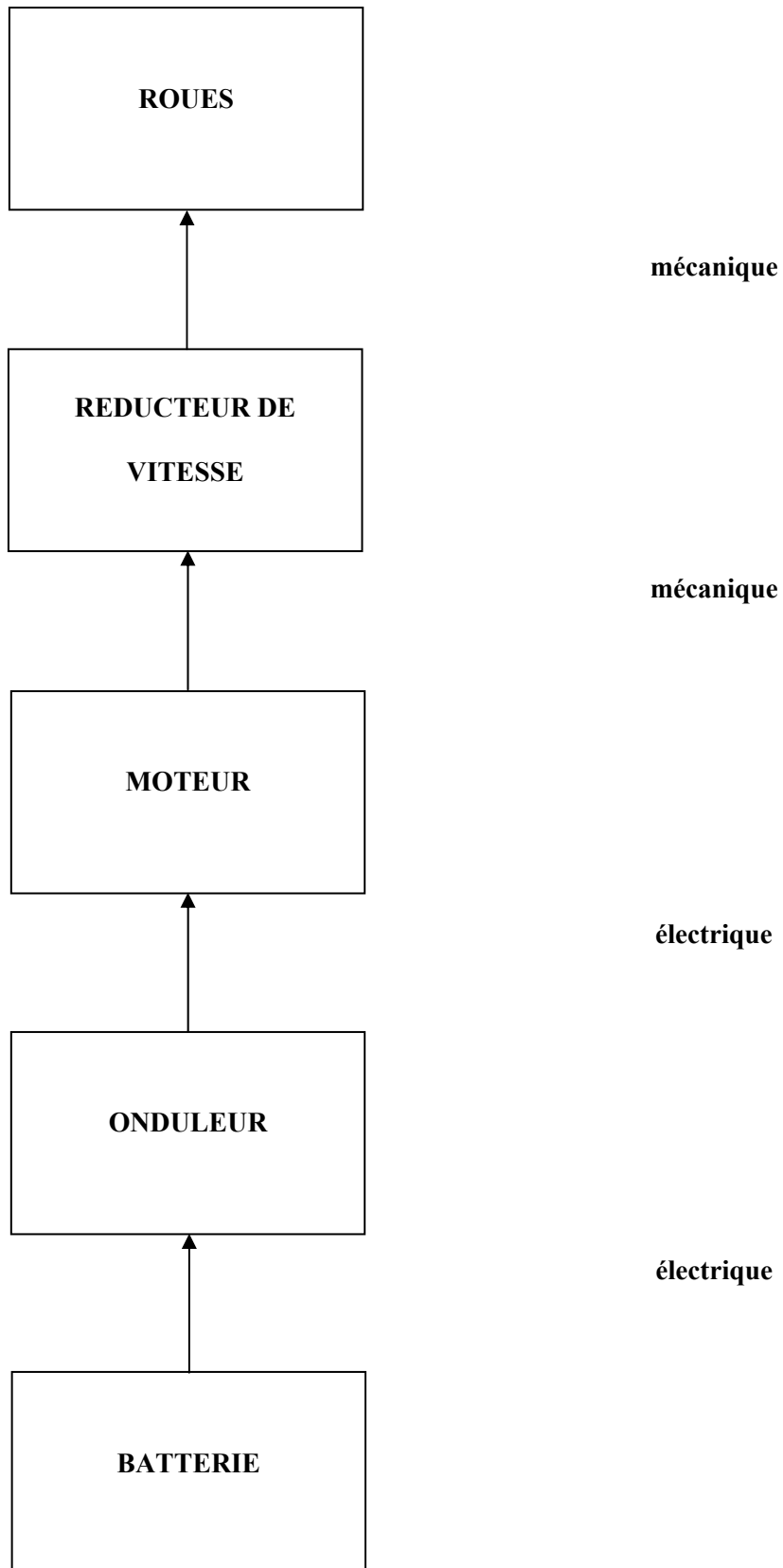
Le gain en émission de dioxyde de carbone est donc de 19 en grammes de CO_2 par kilomètre.

Partie 2 : Étude énergétique de la motorisation électrique du véhicule hybride (7 points)**2.1. Chaînes de conversion d'énergie**

2.1.1. Le chargeur convertit de l'énergie électrique en énergie chimique.

2.1.2. La chaîne énergétique est complétée sur le document réponse.

Document réponse
Chaîne énergétique



2.2. Rendement du moteur synchrone

2.2.1. La vitesse angulaire nominale Ω du moteur s'écrit :

$$\Omega \text{ (en rad/s)} = 2\pi \times n \text{ (en tr/s)} = 2\pi \times \frac{n \text{ (en tr/min)}}{60} \quad \Omega \cong 4,2 \times 10^2 \text{ rad.s}^{-1}$$

2.2.2. La puissance électrique nominale absorbée par le moteur est :

$$P_a = U I \sqrt{3} \cos \varphi \quad P_a \cong 60 \text{ kW}$$

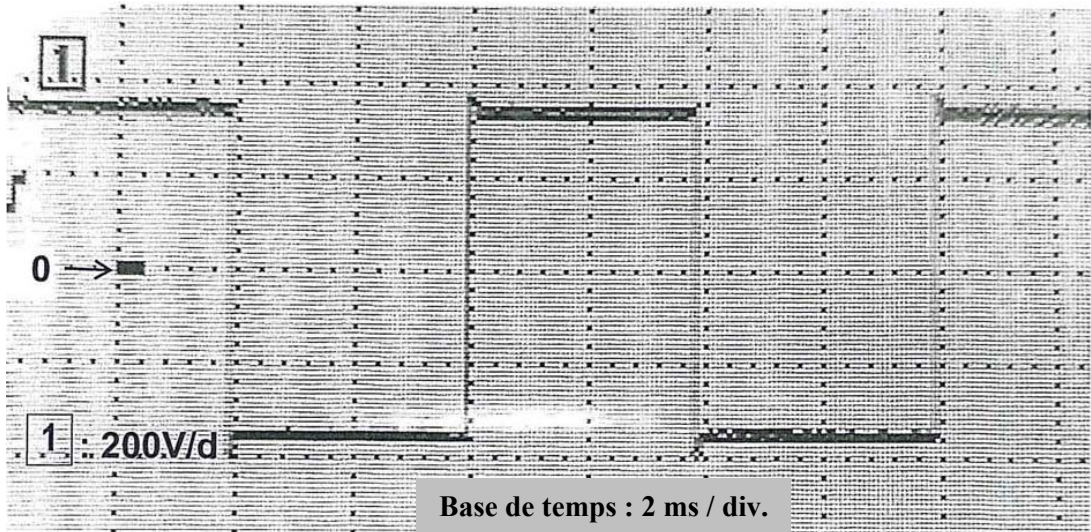
2.2.3. On en déduit le rendement du moteur :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad \eta \cong 94 \%$$

2.3. Le rendement global est désigné par η_{tot} ; il est égal au produit des rendements de chaque « bloc » ; on a

donc : $\eta_{\text{tot}} = \eta \times \frac{85}{100} \times \frac{95}{100} \cong 76 \%$

2.4. Étude de l'onduleur



2.4.1. La valeur maximale de la tension fournie par l'onduleur correspond à 1,8 divisions ; on a 200 V par division soit : $\hat{U} \cong 1,8 \text{ div.} \times 200 \text{ V/div.} \cong 360 \text{ V}$

Remarque : La tension électrique nominale de la batterie est : $U_0 = 360 \text{ V}$.

2.4.2. La tension étant symétrique, la valeur moyenne de cette tension est nulle.

2.4.3. La période T de la tension couvre 4 divisions ; la base de temps permet de calculer T puis f :

$$T = 8 \text{ ms puis : } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \times 10^{-3} \text{ s}} \cong 125 \text{ Hz}$$

2.4.4. La fréquence de l'harmonique de rang 1 est égale à la fréquence du signal résultant de la superposition de tous les harmoniques ; la fréquence de l'harmonique 1 (ce signal est encore appelé « fondamental ») est donc de 125 Hz.

2.4.5. On constate que l'harmonique de rang 0 n'existe pas ce qui exclut tout terme constant dans la décomposition de Fourier du signal ; on constate également que les harmoniques paires sont inexistantes.

On a donc un signal « créneau » symétrique ce qui permet de confirmer l'allure de la tension visualisée sur l'énoncé. Indirectement, le spectre corrobore la réponse à la question 2.4.2..

2.4.5. L'allure du spectre permet-elle de confirmer la réponse à la question 2.4.2 ; ?

2.4.6. Le filtre renforce le signal du fondamental au détriment des autres harmoniques de fréquences plus élevées (3 f, 5 f, etc...). Ce filtre est donc un filtre passe-bas.

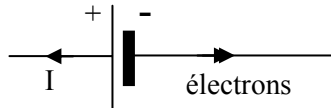
Partie 3 : Étude des batteries (6 points)

3.1. Étude électrochimique de la batterie Li-ion

3.1.1. La réaction sur l'électrode en graphite correspond à une oxydation du lithium (perte d'électrons) ; cette électrode en graphite, par définition, est donc l'anode.

Lorsque la batterie fonctionne en générateur, l'électrode qui libère des électrons est la borne négative.

Schéma :



3.1.2. On désigne par Δt la durée nécessaire pour recharger entièrement la batterie avec une prise domestique délivrant un courant d'intensité $I = 16 \text{ A}$ sous une tension $U = 230 \text{ V}$.

La charge s'effectue à l'aide d'un convertisseur avec un rendement de 85 % de sorte que l'on a la relation

suivante :
$$\frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}} = \frac{85}{100}$$

L'énoncé nous donne : $E_{\text{utile}} = 12 \times 10^3 \text{ Wh}$ (appelée « capacité utile »).

L'énergie fournie par l'intermédiaire de la prise est : $E_{\text{fournie}} \text{ (en Wh)} = I \times U \times \Delta t \text{ (en h)}$; on a donc :

$$\frac{E_{\text{utile}}}{I \times U \times \Delta t \text{ (en h)}} = \frac{85}{100} \text{ soit : } \boxed{\Delta t \text{ (en h)} = \frac{E_{\text{utile}} \times 100}{I \times U \times 85}}$$

on obtient : $\Delta t \text{ (en h)} \cong 3,8 \text{ h}$ (3h et 50 min environ)

Commentaires : La recharge de la batterie est longue et nécessite une installation électrique ad'hoc.

Ces contraintes n'existent pas pour une voiture à moteur thermique compte tenu de l'importance du réseau de pompes à « essence » et de la rapidité de remplissage du réservoir.

3.1.3. L'exploitation du document 3 montre que la batterie Li-ion est, à l'heure actuelle, un bon compromis dans les voitures électriques. Son utilisation est limitée par son coût et les risques d'explosion. Par contre, cette batterie a une énergie massique importante et une durée de vie tout à fait satisfaisante.

L'énergie massique importante permet :

- d'augmenter l'autonomie du véhicule
- de réduire le nombre de cycles de charge pour un kilométrage donné ; la durée de vie s'en trouve améliorée.
- de réduire la masse transportée par le véhicule ce qui améliore légèrement les performances de la voiture en termes de consommation notamment.

Notons, que la puissance de pointe est plus importante que celle de ses « concurrentes ».

3.2. Encombrement des batteries

3.2.1. L'énergie massique est la même pour les deux véhicules de sorte que les masses sont dans le même rapport que les énergies stockées.

L'augmentation de l'énergie stockée est de 10,8 kWh ; la masse m_B s'écrit : $m_B = \frac{10,8 \times 10^3 \text{ Wh}}{200 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}} \cong 54 \text{ kg}$

L'énergie volumique est la même pour les deux véhicules de sorte que les volumes sont dans le même rapport que les énergies stockées.

L'augmentation de l'énergie stockée est de 10,8 kWh ; le volume V_B s'écrit : $V_B = \frac{10,8 \times 10^3 \text{ Wh}}{300 \text{ Wh} \cdot \text{L}^{-1}} \cong 36 \text{ L}$

3.2.2. Le volume V_B correspond à la réduction du coffre ; $\frac{36 \text{ L}}{420 \text{ L}} \cong 9 \%$.

Le pourcentage, en volume, de cette réduction correspond à environ 9 % de la capacité du coffre.

Partie 4 : Synthèse : avantages et inconvénients des véhicules hybrides rechargeables (2 points)

On peut se reporter au site <http://avem.fr/index.php?page=ve&cat=inconvénients> très complet sur la question.