

## Corrigé du BTS AVA 2014

### Partie 1 : Dimensionnement de l'accumulateur

#### 1. Détermination de l'énergie à stocker

Le véhicule se déplace en ligne droite, sur une route horizontale et à une vitesse constante de 110 km/h.

*Données :*

✦ Intensité de la force de résistance au roulement :  $F_R = 65 \text{ N}$

✦ Intensité de la force de frottement aérodynamique :  $F_A = \frac{1}{2} \times S \times C_x \times \rho \times V^2$

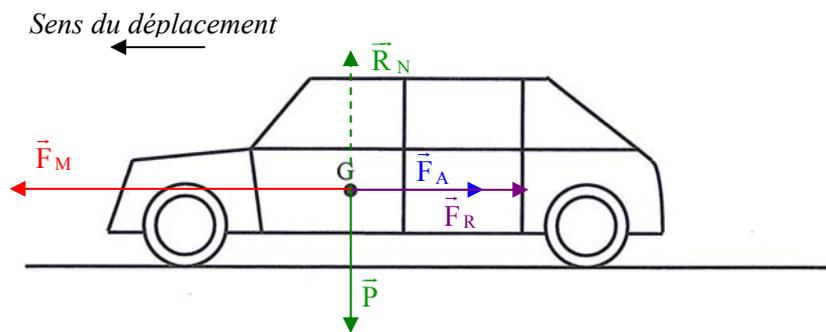
avec : Vitesse du véhicule  $V$  en m/s

Surface frontale  $\times$  Coefficient aérodynamique :  $S \times C_x = 0,675 \text{ m}^2$

Masse volumique de l'air à  $20^\circ\text{C}$  :  $\rho = 1,21 \text{ kg/m}^3$ .

**1.1.** La force de résistance au roulement et la force de frottement aérodynamique s'opposent au déplacement du véhicule ; elles sont en sens contraire de la vitesse du véhicule.

**1.2.** Sur le schéma ci-dessous, on représente, ramenées au centre de gravité  $G$  et sans souci d'échelle, toutes les forces s'exerçant sur le véhicule :



*Légende :*  $\vec{F}_A$  : force de frottement aérodynamique

$\vec{F}_R$  : résistance au roulement exercée par le sol

$\vec{F}_M$  : force motrice

$\vec{P}$  : poids du véhicule ;  $\vec{R}_N$  : composante normale (perpendiculaire au sol) de l'action du sol.

Le poids est compensé par la composante normale de la réaction du sol sur le véhicule :  $\vec{R}_N + \vec{P} = \vec{0}$  lorsque le véhicule se déplace en ligne droite, sur une route horizontale.

**1.3.** L'intensité de la force de frottement aérodynamique est : A.N. :  $F_A \cong 381 \text{ N}$

**1.4.** Les deux forces de frottement sont de même sens de sorte que les intensités peuvent être additionnées pour déterminer l'intensité de la résultante des forces de frottement exercée sur le véhicule :

Calculer  $F_F = F_R + F_A$

A.N. :  $F_F \cong 446 \text{ N}$

**1.5.** Le poids est compensé par la composante normale de la réaction du sol sur le véhicule :  $\vec{R}_N + \vec{P} = \vec{0}$  lorsque le véhicule se déplace en ligne droite, sur une route horizontale.

Dans ce cas, les seules forces à considérer sont la force motrice et la résultante des forces de frottement.

La résultante des forces de frottement est compensée entièrement par la force motrice si le véhicule se déplace à vitesse constante ; on a donc :  $F_M = F_F$  A.N. :  $F_M \cong 446 \text{ N}$

1.6. La puissance motrice du véhicule se déplaçant à vitesse constante s'écrit :

$P_M = F_M \times V$  A.N.  $P_M \cong 13,6 \text{ kW}$

1.7. Le véhicule a une autonomie  $A_u$  de 110 km ce qui correspond à une durée de trajet égale à  $\Delta t = 1 \text{ h}$ .

On a donc :  $E_{\min} = P_M \times \Delta t$  A.N.  $E_{\min} \cong 13,6 \text{ kWh}$

1.8. Dans la réalité, l'énergie stockée doit être plus grande que  $E_{\min}$  car l'accumulateur ne se décharge pas de façon constante au cours du temps ; pour maintenir la vitesse sur un certain laps de temps, il faut que la décharge de l'accumulateur se fasse dans les mêmes conditions sur ce laps de temps.

Pour des raisons pratiques, l'autonomie du véhicule doit être légèrement supérieure à celle annoncée par le constructeur car les bornes de recharge ne se trouvent pas exactement à la distance de 110 km !

Un accumulateur se décharge légèrement en dehors de son utilisation.

D'autre part, il est préférable de ne pas décharger totalement un accumulateur.

## 2. Étude de l'accumulateur

### 2.1 Étude électrique

2.1.1 L'accumulateur est constitué de  $N$  éléments en série, la tension aux bornes de chaque élément est de 3,75 V.

On a donc :  $N = \frac{U_{ac}}{3,75 \text{ V}}$  soit :  $N = 88$

2.1.2 L'énergie stockable  $E_{\text{stockable}}$  s'écrit :

$E_{\text{stockable}} = Q \times U_{ac}$  avec :  $Q = 50 \text{ Ah}$  A.N. :  $E_{\text{stockable}} \cong 16,5 \text{ kWh}$

Pour comparer les deux énergies ( $E_{\text{stockable}}$  et  $E_{\min}$ ), on peut calculer l'écart relatif entre ces deux valeurs :

$$\alpha = \frac{|E_{\text{stockable}} - E_{\min}|}{E_{\min}} \cong 21 \%$$

Cet écart relatif est assez important.

### 2.2 Étude chimique

2.2.1. L'accumulateur étudié est à technologie Lithium-Ion car le lithium reste à l'état ionique grâce à l'utilisation de graphite et à l'utilisation de dioxyde de manganèse à l'électrode positive.

*Avantages :*

Cette technologie offre la plus forte énergie spécifique (énergie / masse) et la plus grande densité d'énergie (énergie / volume). Un accumulateur de voiture doit être le moins encombrant possible et le moins lourd possible.

Ce type d'accumulateur peut fonctionner longtemps ce qui améliore la longévité du système.

**Les accumulateurs Lithium-Ion possèdent une grande énergie spécifique ; ce qui assure une autonomie correcte du véhicule.**

Ils ont aussi une faible autodécharge, ne nécessitent pas de maintenance et ne présentent aucun effet mémoire.

2.2.2. Pour une charge complète de l'accumulateur, calculer :

- la quantité d'électricité stockée  $Q$  s'écrit (en coulombs) :  $Q = 50 \text{ A} \times 3600 \text{ s}$  ;

$$Q = 1,8 \times 10^5 \text{ C}$$

- la quantité de matière d'électrons échangés est désignée par  $n$  :  $n = \frac{Q}{96500 \text{ C}}$

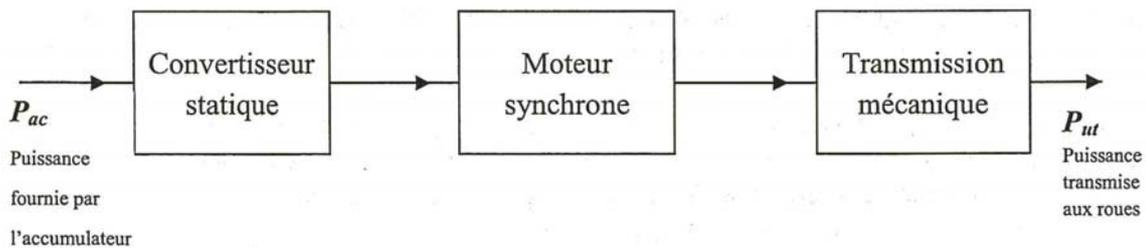
$$n \cong 1,87 \text{ mol}$$

la quantité de matière (en mole) de  $\text{Li}_2\text{MnO}_2$  consommé à l'anode est aussi égale à  $n$ , compte tenu du bilan de la réaction qui se produit à cette électrode.

2.2.3. La masse de  $\text{Li}_2\text{MnO}_2$  consommé s'écrit :  $m = n \times M_{\text{Li}_2\text{MnO}_2}$  A.N. :  $m \cong 188 \text{ g}$

## Partie 2 : De l'accumulateur aux roues

### 3. Étude de la chaîne de conversion



3.1. Le convertisseur statique permet de commander le moteur (la vitesse, par exemple) en adaptant la source de puissance délivrée par l'accumulateur (régime continu) en source de puissance alternative (moteur synchrone). Le moteur commande l'ensemble des roues par l'intermédiaire d'une boîte à vitesses.

3.2. L'accumulateur se recharge lors d'une phase de décélération.

3.2.1. La chaîne de conversion est réversible.

3.2.2. Lors de la décélération, l'énergie cinétique est convertie en chaleur, le plus souvent, dans un véhicule thermique.

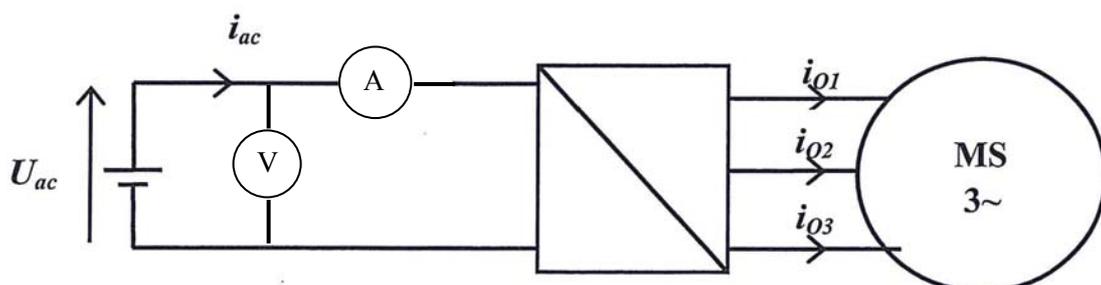
Lors de la décélération, l'énergie cinétique est convertie en énergie électrique dans un véhicule électrique.

Le rendement énergétique global est meilleur dans un véhicule électrique.

### 4. Étude des grandeurs électriques en sortie du convertisseur statique.

4.1. La conversion continu / alternatif est réalisée par un onduleur.

4.2. Pour mesurer, à l'entrée du convertisseur statique, les valeurs moyennes de l'intensité du courant et de la tension, il faut disposer de multimètres numériques (sur V pour mesurer la tension et sur A pour mesurer l'intensité) et en position DC ou  $\overline{\quad}$  pour obtenir les valeurs moyennes.



4.3. A l'aide des signaux acquis en voie 1 et en voie 2, on détermine :

4.3.1. La fréquence  $f$  de la tension en sortie du convertisseur :  $f = \frac{1}{T}$  avec :  $T = 8 \text{ div} \times 1 \text{ ms} / \text{div} = 8 \times 10^{-3} \text{ s}$ .

On a donc :  $f = 125 \text{ Hz}$

4.3.2. La valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension entre deux phases en sortie du convertisseur est nulle puisque cette tension est alternative et symétrique.

4.3.3. La valeur maximale  $I_{\text{max}}$  de l'intensité en ligne correspond à 3,6 divisions :

$$I_{\text{max}} = 3,6 \text{ div} \times 2 \text{ V} \times 10 \text{ A/V}.$$

On a donc :  $I_{\text{max}} = 72 \text{ A}$  puis :  $I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$  puisque l'intensité est sinusoïdale ; soit :  $I_{\text{eff}} \cong 51 \text{ A}$

4.4. Cette valeur efficace de l'intensité du courant est grande et impose une section importante des fils électriques.

4.4.1. Le spectre d'amplitude indique une fréquence du fondamental égale à 125 Hz.

4.4.2. Le spectre indique qu'il n'y a aucune composante continue. Tous les harmoniques correspondent à des signaux sinusoïdaux qui ont des valeurs moyennes nulles.

### 5. Étude du refroidissement du convertisseur statique

Lorsque le convertisseur statique fonctionne à la puissance maximale, on mesure à l'entrée une puissance  $P_{\text{entrée}} = 63,2 \text{ kW}$  et à la sortie  $P_{\text{sortie}} = 61,3 \text{ kW}$ .

5.1. Le rendement en puissance  $\eta$  du convertisseur s'écrit :  $\eta = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}$  A.N. :  $\eta \cong 97 \%$

5.2. La puissance perdue  $P$  correspond à la différence entre les deux puissances :  $P = P_{\text{entrée}} - P_{\text{sortie}}$

Elle est dissipée sous forme thermique et s'écrit en fonction des données du texte :  $P = D_m \times c (\theta_S - \theta_E)$

On en déduit :  $D_m = \frac{P_{\text{entrée}} - P_{\text{sortie}}}{c (\theta_S - \theta_E)}$   $D_m \cong 23 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$  ou  $1,36 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$