

# MEDIAN ER63 – PRINTEMPS 2014

---

Aucun document autorisé - Calculatrice autorisée  
Dictionnaires numériques interdits

---

## 1. Exercice 1 - 4 points

Un véhicule parcourt un cycle de conduite caractérisé par les éléments suivants :

- Distance : 72 km.
- Puissance maximale à la roue sur le cycle : 38 kW
- Puissance moyenne de traction à la roue sur le cycle : 9,5 kW
- Temps pour un cycle : 52 minutes

### 1.1 Véhicule équipé d'un moteur à combustion interne

Le moteur à combustion interne à un rendement global (moteur + transmission) de 23%. Le carburant utilisé est du GPL ( $555 \text{ kg/m}^3$  ;  $45.8 \text{ MJ/kg}$ )

1.1.1. Donner l'énergie volumique du GPL en kWh/litre

1.1.2. Quelle est la consommation en litres de GPL pour 100 km de carburant ?

### 1.2 Véhicule électrique à batteries

1.2.1. Chaîne de traction électrique.

On remplace le moteur thermique et sa transmission par un moteur électrique associé à un réducteur : rendement global en traction 83 %. Il n'y a pas de phase de freinage récupératif (on utilise des freins mécaniques classiques). Déterminer l'énergie totale fournie par la batterie pour 100 km

On utilise des cellules au lithium avec les caractéristiques suivantes

- tension nominale : 3.6 V
- capacité d'une cellule : 55 Ah
- énergie spécifique: 160 Wh/kg
- densité d'énergie : 220 Wh/litre
- puissance spécifique : 350 W/kg
- coût : 900 €/kWh

1.2.2. Déterminer le poids, le volume et le coût de la batterie pour satisfaire une autonomie de 100 km.

1.2.3. La batterie déterminée précédemment remplit-elle les contraintes de puissances ? Refaire le dimensionnement si nécessaire. Détaillez les calculs.

1.2.4. Déterminer le nombre de cellule du pack batterie (une seule branche en série)

## 2. Exercice 2 - 7 points

Etude d'un système KERS (Kinetic Energy Recovery System) de Formule 1.

Ce système est constitué d'une chaîne de traction électrique (batterie, convertisseur de puissance et machine électrique) associée en parallèle à un moteur thermique. Il récupère

l'énergie cinétique du véhicule au freinage pour la stocker dans un accumulateur Li-Ion. Le pilote peut utiliser cette énergie disponible pour faire fonctionner la machine électrique en traction déclenchant un afflux supplémentaire de puissance lors des accélérations.

- Le règlement limite la quantité d'énergie délivrée par le moteur lors des phases d'accélération à 400 kJ par tour. La puissance mécanique au niveau du moteur électrique est limitée à 60 kW.
- Le rendement de la chaîne de traction est de 85 %. Le rendement faradique de la batterie est de 90% (rendement à prendre en considération lors de la recharge).
- Batterie Li-Ion : 40 cellules en série ; 3,6 V ; 15Ah

2.1 Pendant combien de temps par tour le pilote pourra utiliser son KERS à pleine puissance ?

2.2 Quelle quantité d'énergie est fournie par la batterie sur un tour à pleine puissance en Wh ?

2.3 Quelle est l'énergie totale qui est disponible dans la batterie ?

2.4 Quelle quantité d'énergie mécanique est nécessaire pour recharger totalement la batterie ?

2.5 Calculer la variation du DoD par tour en % ? Quel avantage cela procure-t-il ?

2.6 Calculer le courant que doit délivrer la batterie en traction.

On souhaite remplacer le pack de batterie Li-Ion par un pack de supercondensateurs. On dispose des cellules suivantes :

- Capacité cellule :  $C_{sc} = 1200 \text{ F}$
- Tension max cellule : 2.5 V
- Tension min cellule : 1.25 V
- Résistance série : supposée nulle
- La tension d'utilisation maximale du module de supercondensateurs est de 110 V.
- Le module de supercondensateurs est constitué de cellules en série et de plusieurs branches en parallèle.
- Formule générale de calcul de l'énergie d'un condensateur sur toute sa plage de tension :

$$E \text{ (Joules)} = \frac{1}{2} CV^2$$

2.7 Déterminer le nombre de cellules de supercondensateurs à utiliser et leur configuration (série + branches en parallèle) pour fournir l'énergie nécessaire lors de la phase d'accélération.

2.8 Quelle est l'énergie maximale disponible dans le module de supercondensateurs ?

### 3. Exercice 3 - 4 points

On considère le profil de courant suivant représentatif d'une décharge puis d'une charge d'un supercondensateur de 5000 F - 2,5 V.

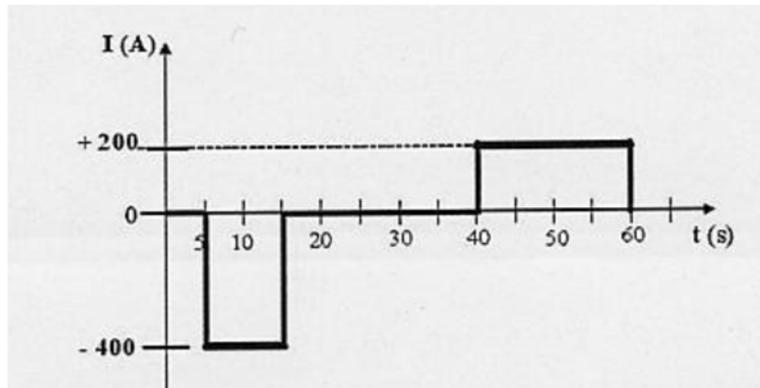


Figure 1 : profil de courant du supercondensateur.

Le supercondensateur est modélisé dans cette approche par une capacité C en série avec une résistance interne  $R_s = 0,5 \text{ m}\Omega$ .

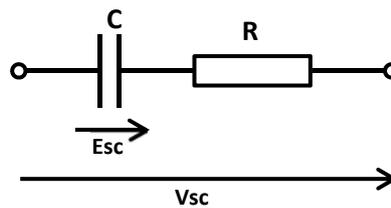


Figure 2 : modèle du supercondensateur

La loi de variation de la tension aux bornes du supercondensateur  $V_{SC}$  parcouru par un courant constant I est donnée par la formule suivante :

$$V_{SC}(t) = V_{SC\_Init} + I \left( \frac{t}{C} + R \right)$$

- 3.1 Représenter sur un graphique sur votre copie la variation de tension aux bornes du supercondensateur au cours du cycle en fonction du temps. On supposera le composant initialement chargé à 2,3 V.
- 3.2 Représenter également l'allure de la variation d'énergie en Joules aux bornes du supercondensateur en fonction du temps. Détailler les calculs.

#### 4. Questions de cours - 5 points

- 4.1 Quel est selon vous aujourd'hui le plus gros marché des accumulateurs et de quel type sont-ils ?
- 4.2 Quelle est la raison majeure qui fait que les accumulateurs à base Lithium ont aujourd'hui les meilleures performances ?
- 4.3 Faites un bilan comparatif entre un réservoir rempli de 50 litres de gasoil ( $832 \text{ kg/m}^3$  ;  $42,6 \text{ MJ/kg}$ ) avec son équivalent énergétique en batterie Li-Ion (reprendre les valeurs de l'exercice 1).
- 4.4 Quelles sont les fonctionnalités principales d'un BMS dans un pack batterie Li-Ion de véhicule électrique ?