

# MEDIAN ER63 – 2013

---

Documents de cours autorisés  
Calculatrice autorisée  
Dictionnaires numériques interdits

---

## 1. Exercice 1 (12 points)

### Cycle de référence

On définit le cycle de référence suivant représentant l'évolution de la puissance aux roues motrices d'un véhicule au cours du temps :

- Phase 1 : progression linéaire de la puissance de traction de 0 à 90 kW en 10 s ;
- Phase 2 : freinage pendant 5 s, progression linéaire de la puissance de freinage de 75 à 0 kW ;
- Phase 3 : véhicule à l'arrêt pendant 22 s ;
- Phase 4 : progression linéaire de la puissance de traction de 0 à 30 kW en 5 s ;
- Phase 5 : vitesse stabilisée pendant 5 s à 12 kW ;
- Phase 6 : freinage pendant 3 s, progression linéaire de la puissance de freinage de 20 à 0 kW.

La distance parcourue pendant le cycle est de 700 m.

- 1.1 Quelle est la vitesse moyenne du véhicule sur le cycle ?
- 1.2 Représentez sur un graphique l'évolution temporelle de la puissance transmise par les roues.
- 1.3 Quelle est la quantité d'énergie transmise par les pneumatiques pour chaque phase ?
- 1.4 Quelle est la quantité d'énergie transmise par les roues pour les phases de traction ?
- 1.5 Quelle est la quantité d'énergie transmise par les roues pour les phases de freinage ?
- 1.6 Représentez sur un graphique l'évolution temporelle de l'énergie transmise par les roues.
- 1.7 Cas d'un véhicule électrique alimenté par batteries

### Hypothèses :

- Le rendement de la chaîne de traction est de 95 % ;
- Le rendement du moteur électrique et de son électronique de puissance est de 80 % ;
- Les batteries utilisées ont les caractéristiques suivantes : 90 Wh/kg, 90 Wh/l et 420 W/kg
- Le freinage est assuré à 70 % par le moteur électrique.

- 1.7.1. Faire un schéma de principe détaillé de la chaîne de traction en faisant apparaître les différents équipements et les points de rendement.
- 1.7.2. Représentez sur un graphique l'évolution de la puissance électrique de la batterie. Donnez les valeurs de la puissance au début et à la fin de chaque phase.
- 1.7.3. Quelle est la quantité d'énergie chimique transitant par les batteries sur le cycle ?
- 1.7.4. Quel poids et quel volume de batterie faudrait-il en supposant que l'on répète le même cycle sur 100 km ?

## 1.8 Cas d'un véhicule à moteur thermique

### Hypothèses :

- Le rendement de la chaîne de traction est de 91 %
- Le rendement moyen du moteur thermique est de 28 %
- On utilise comme carburant du GPL
- La consommation de carburant du moteur thermique est nulle dans les phases de freinage
- On néglige l'effet du frein moteur au niveau du moteur thermique
- Le moteur consomme 4 litres de carburant par heure lorsque le véhicule est à l'arrêt.

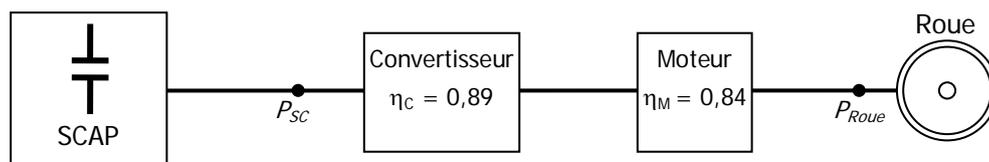
1.8.1. Représentez sur un graphique l'évolution de la puissance mécanique délivrée par le moteur thermique.

1.8.2. Quelle est la quantité d'énergie chimique en litres consommée par le moteur thermique pour réaliser ce cycle ?

1.8.3. Quelle est la consommation moyenne en litres pour 100 km et l'énergie totale utilisée ?

## 2. Exercice 2 (8 points)

On souhaite réaliser le dimensionnement énergétique d'un pack de supercondensateurs pour la traction électrique d'un tramway autonome. Le schéma de principe simplifié est le suivant :



On considère le profil de puissance *Proue* simplifié suivant établi sur un tronçon entre deux stations.

- Phase 1 – segment [AB] : progression linéaire de la puissance de traction de 0 à 930 kW en 20 s ;
- Phase 2 – segment [CD] : vitesse stabilisée pendant 3 s à 97 kW ;
- Phase 3 – segment [EF] : vitesse stabilisée pendant 12 s à 136 kW ;
- Phase 4 – segment [GH] : freinage pendant 25 s, progression linéaire de la puissance de freinage de 530 à 0 kW.

Le pack de supercondensateurs utilisé a les caractéristiques suivantes :

- Capacité d'une cellule : 5000 F
- Tension maximale d'une cellule : 2,5 V
- Variation de tension de cellule tolérée : 30 % de la tension maximale
- Tension maximale du pack : 460 V
- Courant maximal par cellule : 300 A
- On néglige la résistance interne.

2.1 Le pack de supercondensateurs est chargé au maximum au début du cycle. Représenter sur un graphique la variation d'énergie aux bornes du pack de supercondensateurs en Wh. Détailler les calculs pour chaque phase.

2.2 Calculer le nombre total de supercondensateurs à embarquer, la capacité équivalente  $C_{eq}$ , le nombre de cellules en série et le nombre de branches en parallèle.

2.3 Tracer sur un graphique les allures de la variation de tension et de courant aux bornes d'une cellule du pack de supercondensateurs. Donner les valeurs précises aux points A, B, D, F, G, H. Est-ce que les conditions décrites dans le cahier des charges sont respectées ? Que préconisez-vous ?