

MEDIAN SM 59 – 2012

1. Questions de cours (5 points)

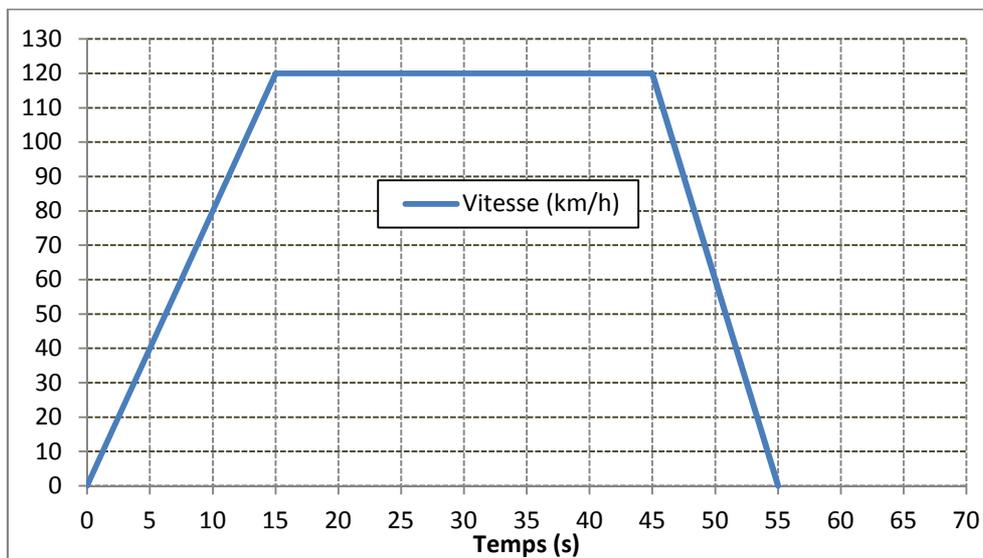
- 1.1 Dans le cas d'un véhicule hybride (moteur thermique + batterie et moteur électrique), comment est utilisée la batterie ? Quel est le principal avantage et le principal inconvénient de ce type de fonctionnement ?
- 1.2 Quelle est la raison majeure qui fait que les accumulateurs à base Lithium ont aujourd'hui les meilleures performances ?
- 1.3 Quels sont le (ou les) éléments de sécurités nécessaires pour pouvoir utiliser des accumulateurs Lithium en toute sécurité. Quels sont les risques que l'on peut rencontrer ?

2. Exercice 1 (6 points)

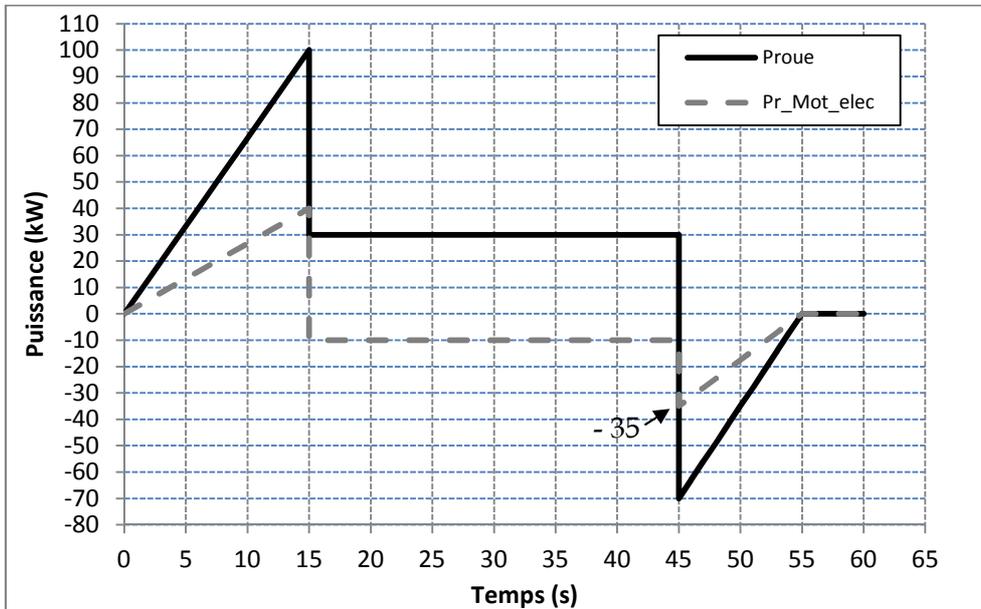
L'objectif de l'étude consiste en un dimensionnement d'une chaîne de traction hybride pour automobile. On propose d'associer au moteur thermique **essence (SP 95)** dans un premier temps un moteur électrique asynchrone alimenté par un pack de batteries Ni-Mh. Dans un second temps on étudiera une hybridation par supercondensateurs.

L'architecture est de type hybride parallèle. Le moteur électrique est placé sur l'essieu de roue après la transmission du moteur thermique. Le moteur électrique est utilisé en complément de puissance lors des phases d'accélération et récupère 50 % de l'énergie cinétique lors des phases de freinage. A vitesse constante, seul le moteur thermique est utilisé et une partie de sa puissance est utilisée pour recharger l'élément de stockage.

On donne le cycle de référence suivant donnant la vitesse du véhicule en fonction du temps.



On donne aussi le cycle de puissance à la roue en fonction du temps présentant l'apport de puissance de chaque élément **à la roue**.



2.1 Questions générales

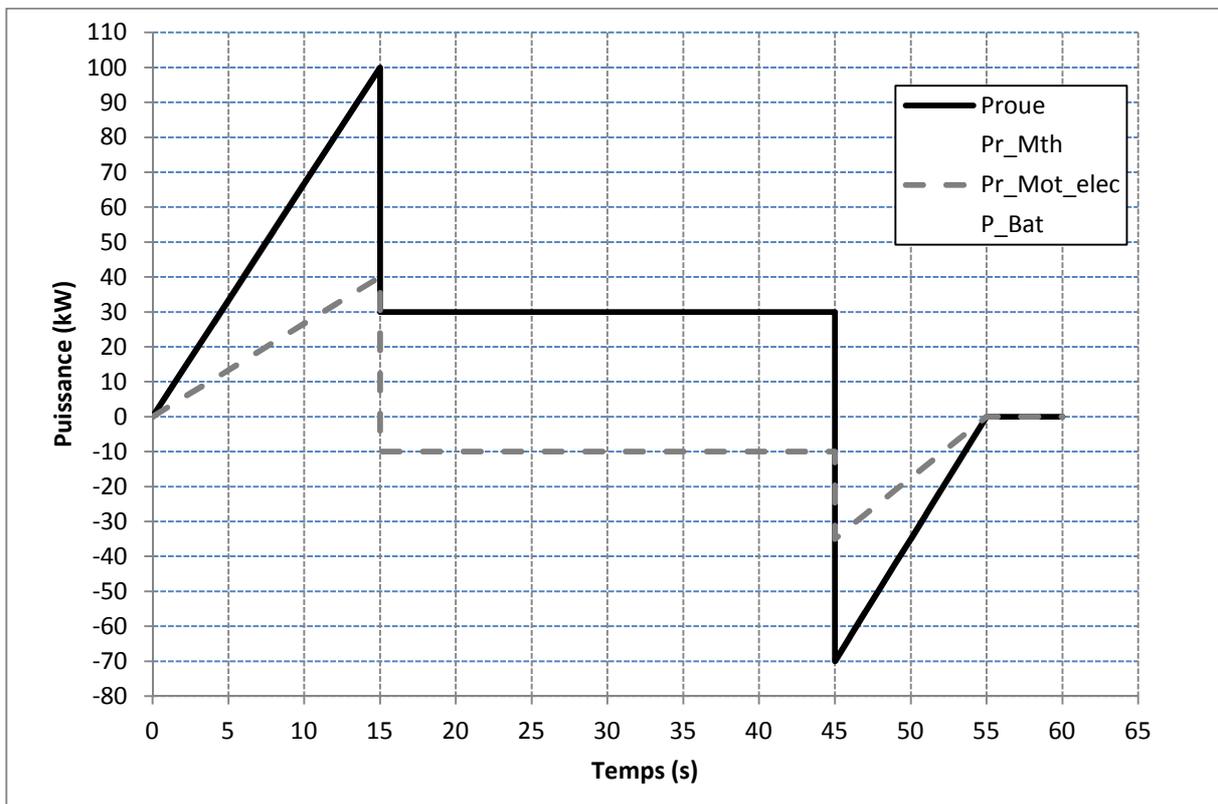
2.1.1. Quelle est la distance parcourue par le véhicule ?

2.1.2. Quelle est la vitesse moyenne du véhicule ?

2.1.3. Quel est l'intérêt d'utiliser ce type d'architecture hybride pour une voiture ?

2.1.4. Comment pourrait-on encore diminuer la consommation de carburant de ce véhicule en conservant le même profil de vitesse et de puissance à la roue ?

2.1.5. Tracer sur le graphique ci-dessous l'allure de la puissance fournie par le moteur thermique au niveau de la roue (P_{R_Mth})



2.2 Hybridation par batteries Li-Ion

Données

- Moteur thermique
 - Rendement du moteur : 23 %
 - Rendement de la transmission du moteur thermique jusqu'à la roue : 87 %
- Chaîne de traction électrique
 - Batterie
 - rendement la batterie : 100 % (charge et décharge)
 - Tension nominale : 3,4 V
 - Tension maximale : 3,6 V
 - Énergie spécifique : 90 Wh/kg
 - Densité d'énergie : 145 Wh/l
 - Puissance spécifique max : 1 500 W/kg
 - Variation tolérée du Soc sur le cycle : 20 %
 - Rendement du moteur électrique et du convertisseur associé : 88 %
 - La tension du bus continu est imposée par la batterie.

2.2.1. Compléter ci-dessous le schéma de principe **détaillé** de la chaîne de traction hybride en faisant apparaître les différents équipements et les points de rendement.



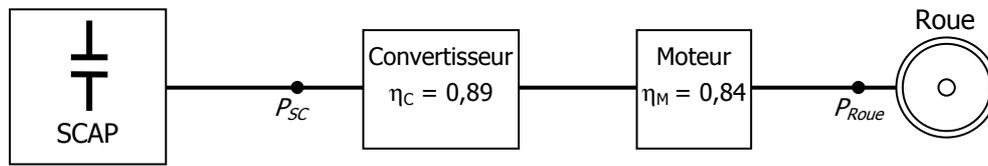
2.2.2. Quelle est l'économie de carburant réalisée (en litres pour 100 km) en comparant l'architecture hybride par rapport à l'utilisation d'un véhicule essence conventionnel sur le même cycle ? Remarque : on considère que le poids du véhicule ne change pas.

2.2.3. Tracer sur le graphique de la question 2.1.5 l'allure de la puissance aux bornes de la batterie.

2.2.4. Déterminer la masse, le volume de batteries et le nombre de cellules à utiliser (attention à la puissance maximale admissible par la batterie).

3. Exercice 2 (9 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 :



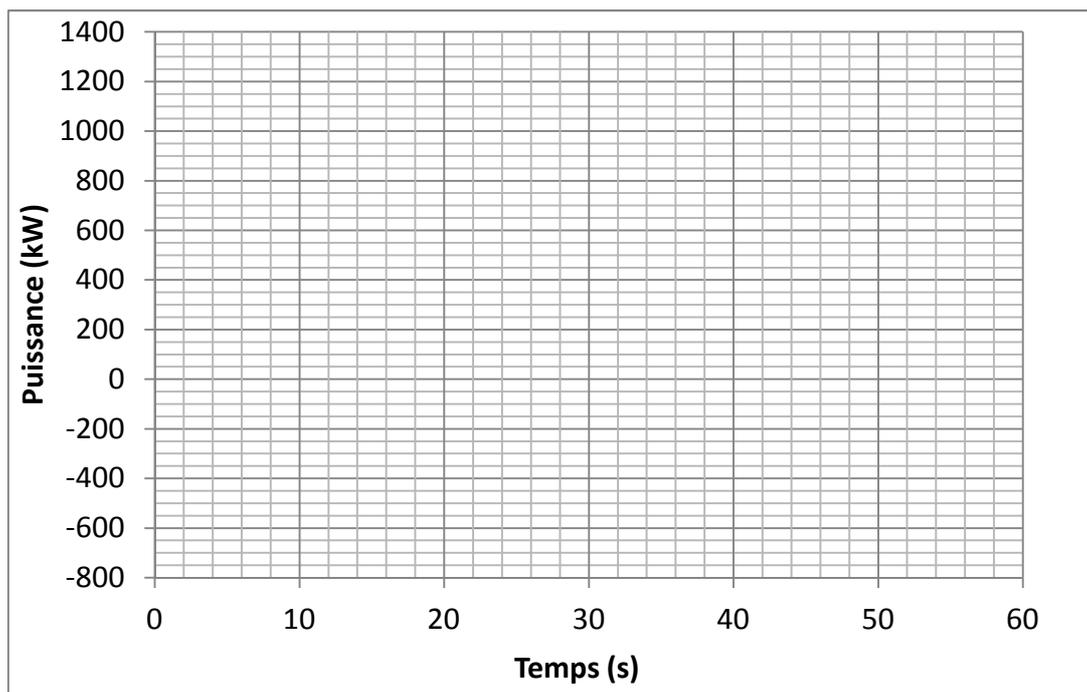
On considère le profil de puissance P_{Roue} simplifié suivant établi sur un tronçon entre deux stations.

- Phase 1 - segment [AB] : progression linéaire de la puissance de traction de 0 à 837 kW en 20 s ;
- Phase 2 - segment [CD] : freinage pendant 20 s, progression linéaire de la puissance de freinage de 477 à 80 kW.
- Phase 3 - segment [EF] : progression linéaire de la puissance de traction de 120 à 312 kW en 8 s ;
- Phase 4 - segment [GH] : freinage pendant 12 s, progression linéaire de la puissance de freinage de 277 à 0 kW.

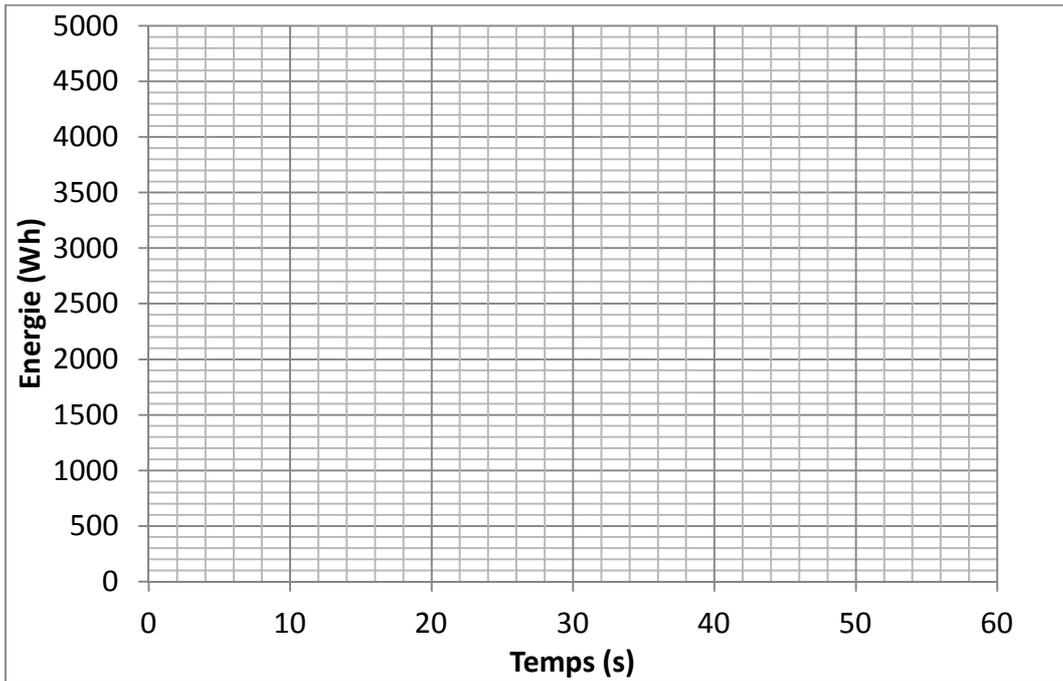
Le pack de supercondensateurs utilisé a les caractéristiques suivantes :

- 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 : 250 A

3.1 Représenter sur le graphique ci-dessous l'évolution temporelle de la puissance transmise par les roues. Représenter sur le même graphique avec une couleur différente la puissance au niveau du pack de supercondensateurs. Détailler les calculs pour chaque phase.

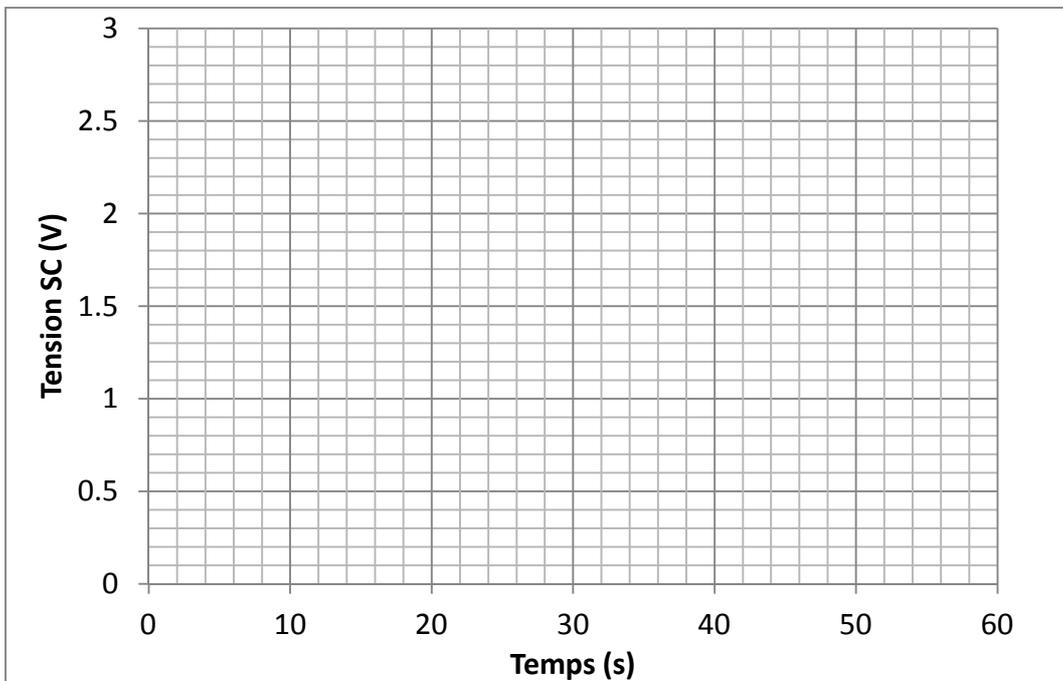


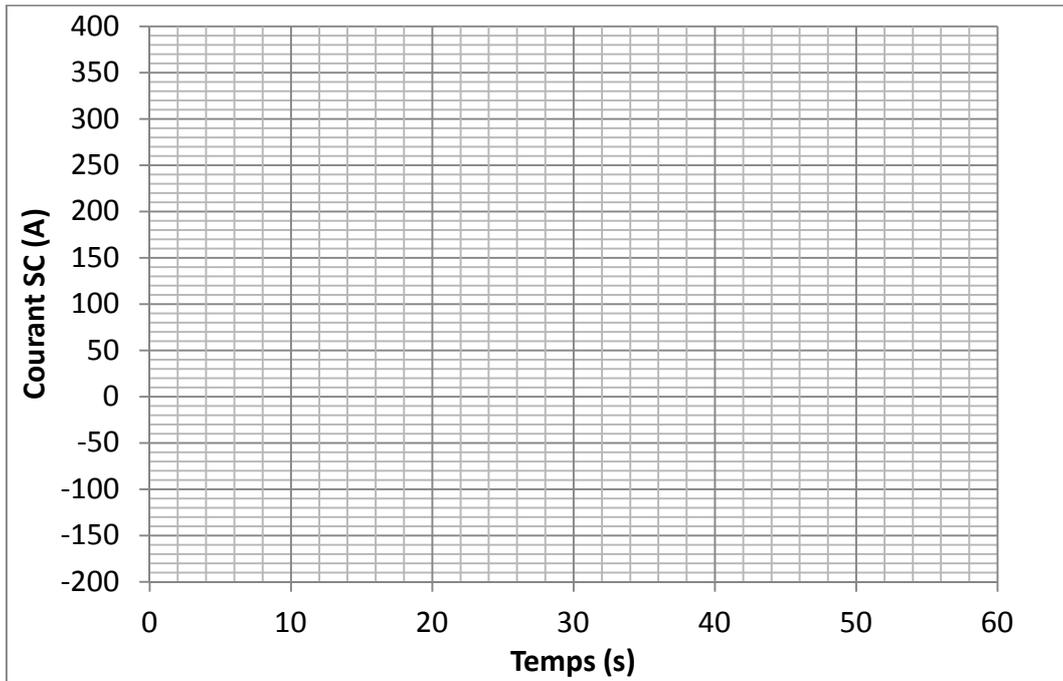
3.2 Représenter sur le graphique ci-dessous la variation d'énergie aux bornes du pack de supercondensateurs en Wh. Détailler les calculs pour chaque phase.



3.3 Calculer le nombre total de supercondensateurs à embarquer N_c , la capacité équivalente C_{eq} , le nombre de cellules en série N_s et le nombre de branches en parallèle N_p .

3.4 Tracer sur les graphiques suivant 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 ?





3.5 Que devrait-on faire en station pour pouvoir réaliser un autre cycle ?