FINAL SM59 – PRINTEMPS 2011

1. Questions de cours (6 points)

Répondre en quelques lignes

1.1 Quel est selon vous aujourd'hui le plus gros marché des accumulateurs et de quel type sont-ils ?

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 ?

1.4 Quel serait selon vous le moyen de production d'hydrogène destiné à alimenter des piles à combustibles pour les automobiles du parc français qui offrirait le meilleur compromis entre quantité produite et bilan environnemental ? Besoin H_2 voiture : 1kg pour 100 km, 31 millions de voitures en France, 12 000 km/an en moyenne). Comparez par rapport aux autres procédés utilisant de l'hydrogène. Essayez de donner quelques éléments chiffrés.

2. Exercice 1 (4 points)

Soit un volant d'inertie de type cylindre creux ayant les paramètres suivants :

- Rayon intérieur r_i = 30 cm
- Rayon extérieur r_e = 35 cm
- Hauteur h = 10 cm
- Matériau : Kevlar
- Vitesse de rotation : entre 15 000 et 30 000 tr/min
- Moment d'inertie cylindre creux : $J = \frac{1}{2}M\left(r_i^2 + r_e^2\right)$

2.1 Calculer la masse du volant.

2.2 Déterminer l'énergie maximale utilisable.

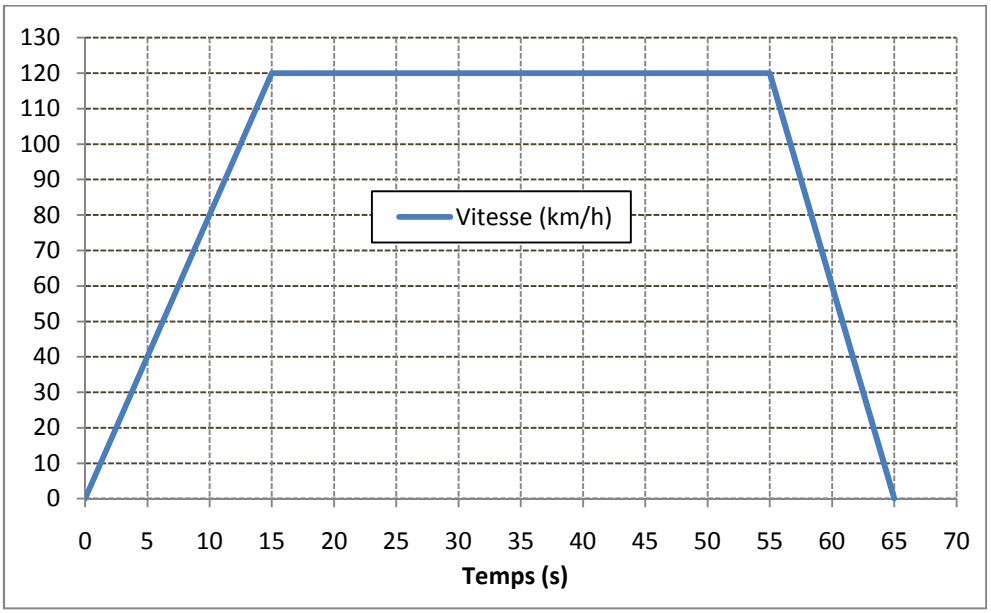
2.3 Tracer l'allure de la caractéristique liant le temps de décharge à la puissance fournie pour une plage allant de 10 minutes à 3 heures. Justifiez vos calculs pour quelques points.

3. Exercice 2 (10 points)

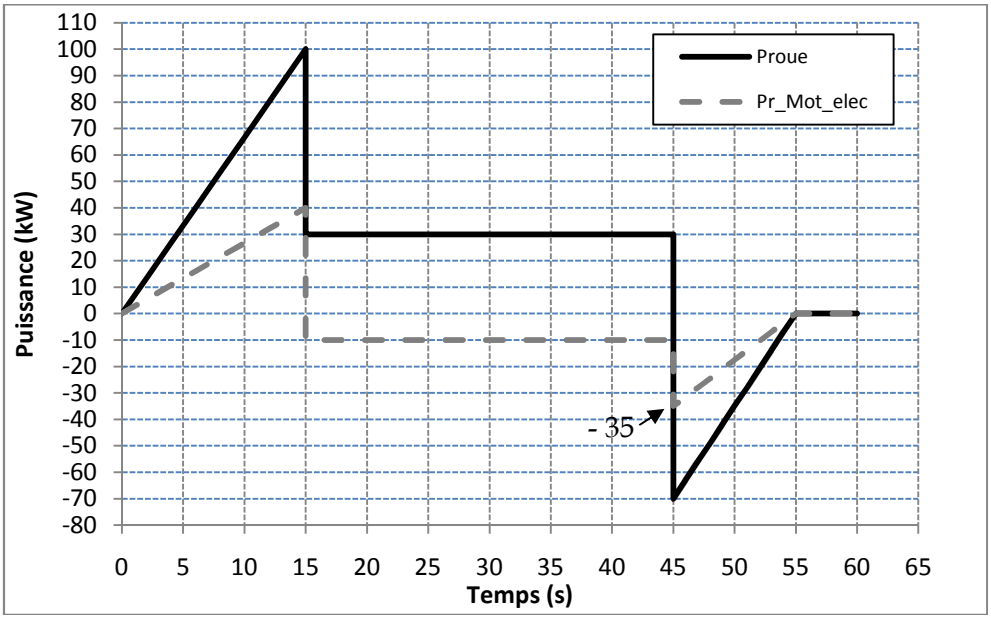
L'objectif de l'étude consiste en un dimensionnement d'une chaîne de traction hybride pour automobile. On propose d'associer au moteur thermique **essence (SP 95)** dans un premier temps un moteur électrique asynchrone alimenté par un pack de batteries Ni-Mh. Dans un second temps on étudiera une hybridation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



3.1 Questions générales

3.1.1. Quelle est la distance parcourue par le véhicule ?

3.1.2. Quelle est la vitesse moyenne du véhicule ?

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

3.1.4. 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 ?

3.1.5. Tracer sur le document réponse l'allure de la puissance fournie par le moteur thermique au niveau de la roue (P_{R_Mth})

3.2 Hybridation par batteries Ni-Mh

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 : 1,2 V
    - Tension maximale : 1,35 V
    - Énergie spécifique : 60 Wh/kg
    - Densité d'énergie : 115 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.

3.2.1. Compléter sur le document réponse le schéma de principe **détaillé** de la chaîne de traction hybride en faisant apparaître les différents équipements et les points de rendement.

3.2.2. 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.

3.2.3. Tracer sur le document réponse l'allure de la puissance aux bornes de la batterie.

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

3.3 Hybridation par supercondensateurs

On souhaite remplacer la batterie par un pack de supercondensateurs associé au convertisseur de puissance adéquat (même cycle de puissance). La tension continue du bus continu doit rester constante. Il faut donc ajouter un convertisseur de puissance pour les supercondensateurs

Données :

- Rendement convertisseur Scap : 92 %
- Cellules supercondensateurs à disposition
  - Capacité cellule : C_{sc} = 650 F
  - Tension max cellule : U_n = 2.7 V
  - Tension min cellule : 1.35 V
  - Résistance série : R_s = 0.6 mΩ
  - La tension d'utilisation maximale du module de supercondensateurs est de 351 V.
  - Le module de supercondensateurs est constitué de cellules en série et de plusieurs branches en parallèle.

3.3.1. Quel type de convertisseur de puissance faut-il associer au pack de supercondensateurs ?

3.3.2. Proposez le nouveau schéma détaillé du système (document réponse)

On néglige les pertes dans la résistance interne des supercondensateurs. Le pack est entièrement chargé au début du cycle.

3.3.3. Déterminer le nombre de cellules de supercondensateurs à utiliser et leur configuration (série + branches en parallèle) pour alimenter le véhicule lors de la phase d'accélération. Quelle est l'énergie maximale disponible dans le module ?

3.3.4. Quelle est la résistance équivalente du module de supercondensateurs ?

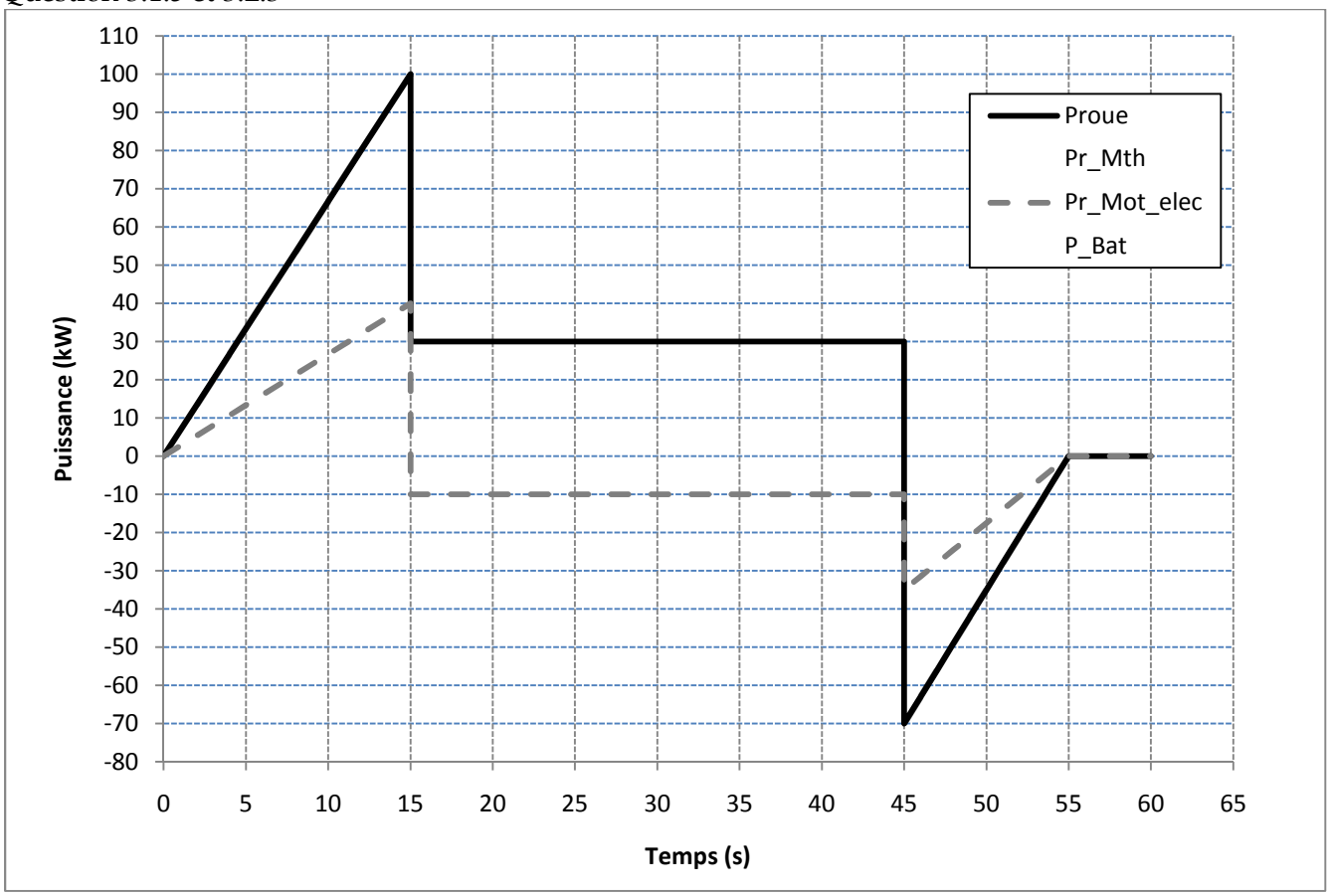
3.3.5. Tracer sur le document réponse l'allure de la variation de tension aux bornes du pack de supercondensateurs sur tout le cycle. Justifiez vos calculs et indiquez les points remarquables (module chargé au maxi au départ sans prise en compte de la résistance interne des cellules).

3.4 Conclure en comparant les 2 solutions (batterie / supercondensateurs) en terme de masse, volume et « complexité » d'utilisation.

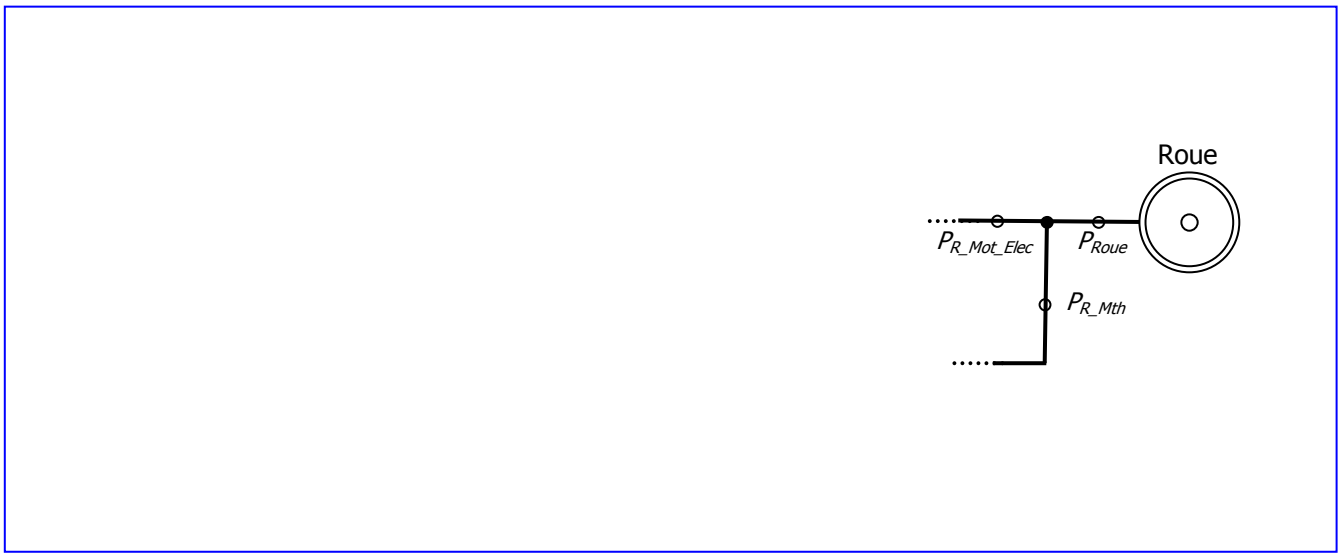
FINAL SM59 – P11 - DOCUMENT REPONSE

NOM : **PRENOM :**

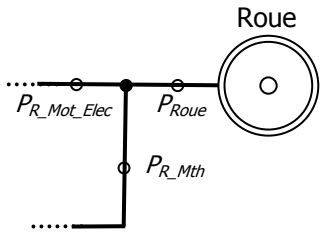
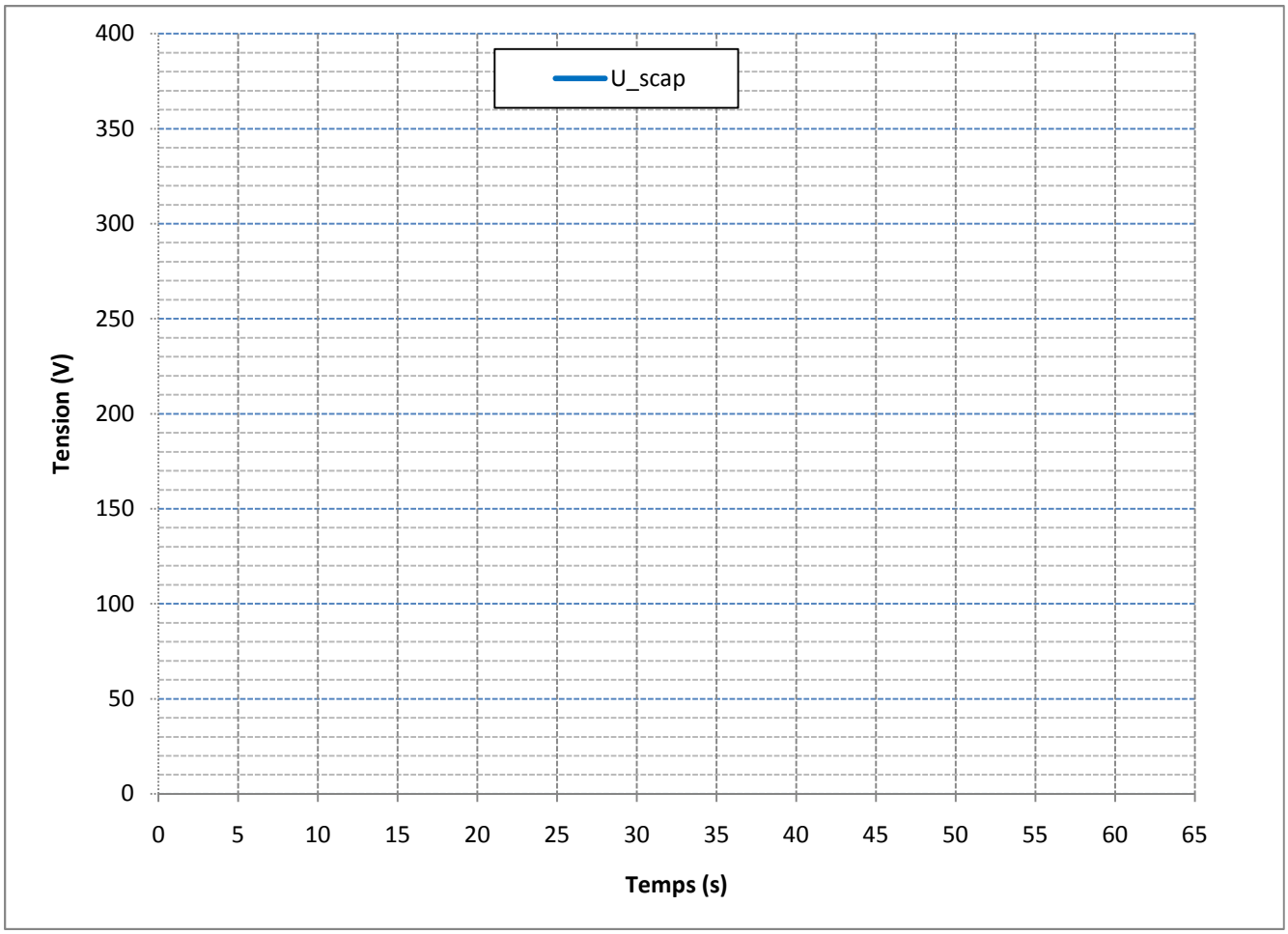
Question 3.1.5 et 3.2.3



Question 3.2.1



Question 3.3.2



Question 3.3.5