

# FINAL SM58 – PRINTEMPS 2013

---

NOM :

PRENOM :

---

Polycopié de cours autorisé  
Calculatrice autorisée  
Dictionnaires numériques interdits

---

## 1. Questions de cours - 5 points

Pour chaque affirmation, cochez la case VRAI ou FAUX.

Bonne réponse : + 0,5 point. Mauvaise réponse : - 0,5 point. Pas de réponse : 0 point.

Question	VRAI	FAUX
Les émissions de CO <sub>2</sub> d'un moteur thermique à combustion interne sont proportionnelles à la consommation de carburant		
Les activités «transport » sont les principales sources d'émission de gaz à effet de serre sur la planète		
L'élément qui limite le développement du véhicule électrique est la limitation de puissance des moteurs électriques		
Les batteries à base de Lithium sont les plus sûres		
Dans le cas d'un véhicule hybride rechargeable, c'est le moteur thermique qui recharge principalement la batterie		
La Volvo V60 hybride est un véhicule hybride série rechargeable		
L'intérêt du véhicule hybride série est de pouvoir faire fonctionner le moteur thermique à son meilleur rendement		
Le rendement du puits à la roue d'un véhicule électrique dépend principalement de la source de production d'électricité		
En prenant en compte les procédés actuels de production d'hydrogène, le bilan CO <sub>2</sub> et rendement d'un véhicule à pile à combustible est très bon		
Prenons une hypothèse de 4 millions de véhicules électriques rechargés par le réseau électrique français. L'impact énergétique de la recharge quotidienne de ces véhicules sera considérable		

## 2. Exercice 1 - 9 points

On propose d'étudier un système KERS (Kinetic Energy Recovery System) utilisé en sport automobile, notamment en Formule 1. Le KERS permet une récupération d'énergie lors des phases de freinage sur un tour, que les pilotes peuvent utiliser par la suite en poussant sur un bouton, déclenchant un afflux supplémentaire de puissance de 80 chevaux pendant 6,67 secondes au maximum par tour. (1 cheval vapeur = 0,7457 kW).

Caractéristiques du véhicule F1 :

- Poids : 650 kg
- Surface frontale : 1 m<sup>2</sup>
- C<sub>x</sub> : 0,9

- Coefficient de roulement : 0,01
- Densité air 1,3 kg/m<sup>3</sup>
- Diamètre roue arrière : 660 mm
- Moteur thermique (MTh) V8 essence, régime maximum : 18000 tr/min
- Boite de vitesse associée au MTh à 7 rapports + marche arrière
- Seules les roues arrière sont motrices

KERS :

- Moteur électrique, Nmax = 45 000 tr/min, relié au vilebrequin MTh via un réducteur mécanique
- Onduleur triphasé
- Batterie Li-Ion : 40 cellules en série ; 3,6 V ; 15Ah

Le véhicule roule à plat et la vitesse du vent est nulle. Les rendements de la chaîne de traction sont supposés parfaits.

2.1 Calculer la quantité d'énergie disponible par tour dans le KERS en kJ?

2.2 Quelle technologie de moteur électrique préconisez-vous pour le KERS ? Justifiez.

2.3 Proposez un schéma propre et détaillé présentant la chaîne de traction complète du véhicule, du réservoir d'essence à la roue avec le KERS complet. De quel type d'architecture hybride s'agit-il ?

2.4 Calculer la puissance demandée à la roue pour une vitesse stabilisée de 340 km/h.

2.5 Le véhicule réalise une accélération constante de 0 à 200 km/h en 5 secondes sans KERS. Calculer l'accélération  $a$  en  $m/s^2$ . Calculer ensuite la puissance demandée au MTh pour cette même accélération.

2.6 On actionne maintenant le système KERS (chargé à 100%) en plus du MTh pour passer de 0 à 200 km/h.

2.6.1. Combien de temps faudra-t-il pour atteindre les 200 km/h ?

2.6.2. Calculer l'énergie restante dans le KERS à la fin de l'accélération en Wh.

2.7 Calculer la quantité d'énergie disponible dans la batterie pleinement chargée ?

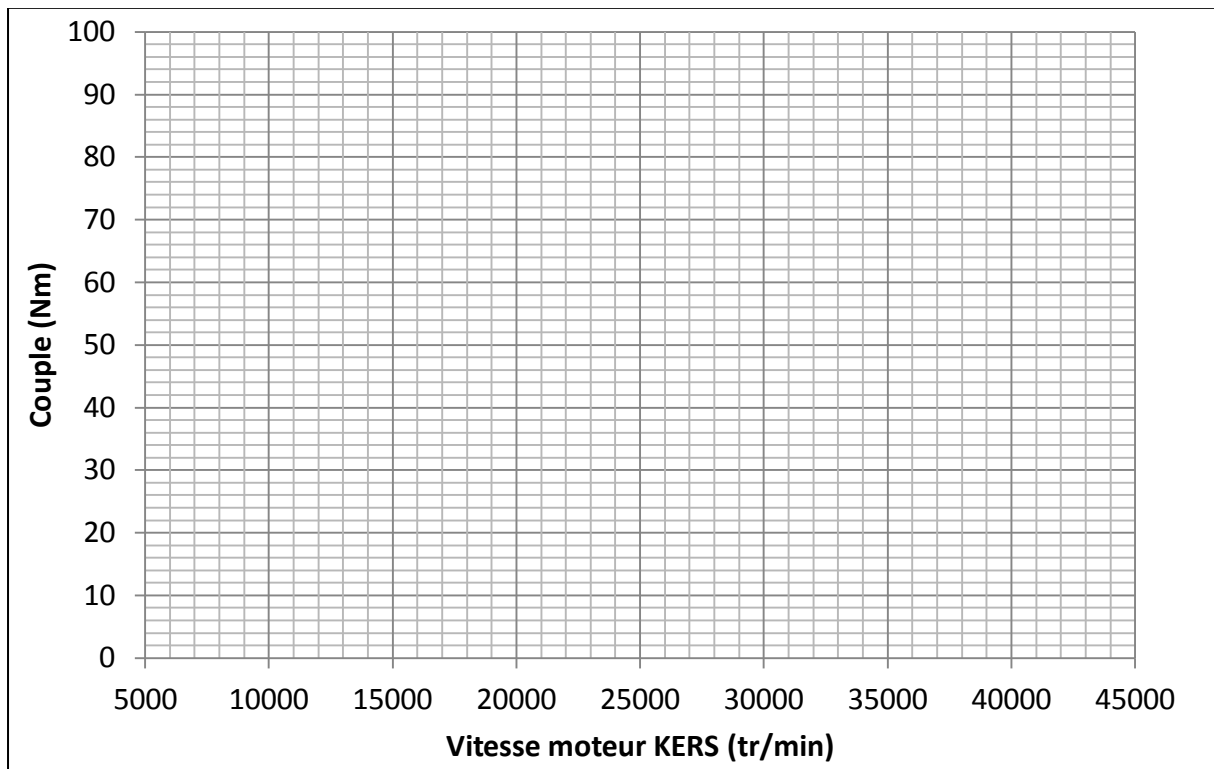
2.8 Calculer la variation du DoD de la batterie par tour en %. Suivant la valeur obtenue, quel avantage cela procure-t-il pour la batterie ?

2.9 Calculer le courant que doit pouvoir délivrer la batterie ?

2.10 Le moteur électrique du KERS fonctionne habituellement entre 8 000 et 40 000 tr/min.

2.10.1. Calculer le rapport de réduction du réducteur entre le moteur thermique et le moteur électrique.

2.10.2. Sachant que le moteur délivre une puissance constante de 80 chevaux, tracer sur le graphique ci-dessous la variation de couple du moteur électrique en fonction de la vitesse de rotation.



### 3. Exercice 2 - 6 points

Etude du véhicule hybride Toyota Prius

La voiture roule à 80 km/h et le conducteur souhaite réaliser un dépassement. En appuyant sur la pédale d'accélérateur, cette demande se traduit par une puissance d'entraînement de 48 kW. L'état de charge de la batterie est satisfaisant. Le point de fonctionnement du moteur thermique (ICE) est fixé à 90 Nm et 3 000 tr/min. La tension de la batterie est constante et fixée à 285 V.

3.1 Quel est le type d'architecture hybride de ce véhicule ? Quel l'élément mécanique essentiel qui lie les machines électriques et le moteur thermique ?

On donne les relations suivantes :

- $N_{MG1} = 3,6.N_{ICE} - 2,6.N_{MG2}$
- $N_{MG2} = 36,748.V_V$
- $C_{MG1} = C_{ICE}/3,6$
- $C_S = 2,6.C_{ICE}/3,6$

Conventions de puissance :

- Puissance positive lorsque  $M_{G1}$  fonctionne en générateur.
- Puissance positive lorsque  $M_{G2}$  fonctionne en moteur
- Puissance positive lorsque la batterie se charge

3.2 Reporter les valeurs de  $V_v$  et  $P_t$  sur le document réponse.

3.3 Calculer et reporter les valeurs de  $N_{MG2}$  et  $C_T$  sur le document réponse.

3.4 Reportez les valeurs de  $C_{ICE}$  et  $N_{ICE}$  sur le document réponse.

3.5 Calculer et reporter sur le document réponse la valeur de  $P_{ICE}$ .

3.6 Calculer et reporter sur le document réponse la valeur de  $P_{BATT}$  et  $I$ .

3.7 Calculer et reporter sur le document réponse les valeurs de  $C_{MG1}$  et  $C_S$ .

3.8 Calculer et reporter sur le document réponse la valeur de  $C_{MG2}$ .

3.9 Calculer et reporter sur le document réponse la valeur de  $N_{MG1}$ .

3.10 Calculer et reporter sur le document réponse les valeurs de  $P_{MG1}$  et  $P_{MG2}$ , I1 et I2.

3.11 Représenter par des flèches le sens de circulation des puissances dans le système sur le document réponse.

3.12 Quel est l'intérêt de limiter ICE à 90 Nm et 3000 tr/min ? Pourra-t-on fonctionner longtemps à ce point de fonctionnement ?

