

SM 58 – FINAL P16

NOM :

PRENOM :

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée - Dictionnaire numérique interdit

1. Etude simplifiée de l'architecture de la Toyota Prius – 15 points

La voiture étudiée est un véhicule hybride parallèle-série aussi appelé hybride à dérivation de puissance.

Données :

- Masse totale de la voiture : 1 300 kg
- Force de résistance (en N) à l'avancement de la voiture sur le plat, avec v sa vitesse (en m/s) :

$$F_{\text{Res}} = 188 + 0,32 v + 0,456 \cdot v^2$$

- La vue générale du groupe motopropulseur et de la transmission du véhicule est donnée en Figure 1. Les rendements de la transmission, des machines électriques et de leurs convertisseurs électroniques seront considérés à 100 %.

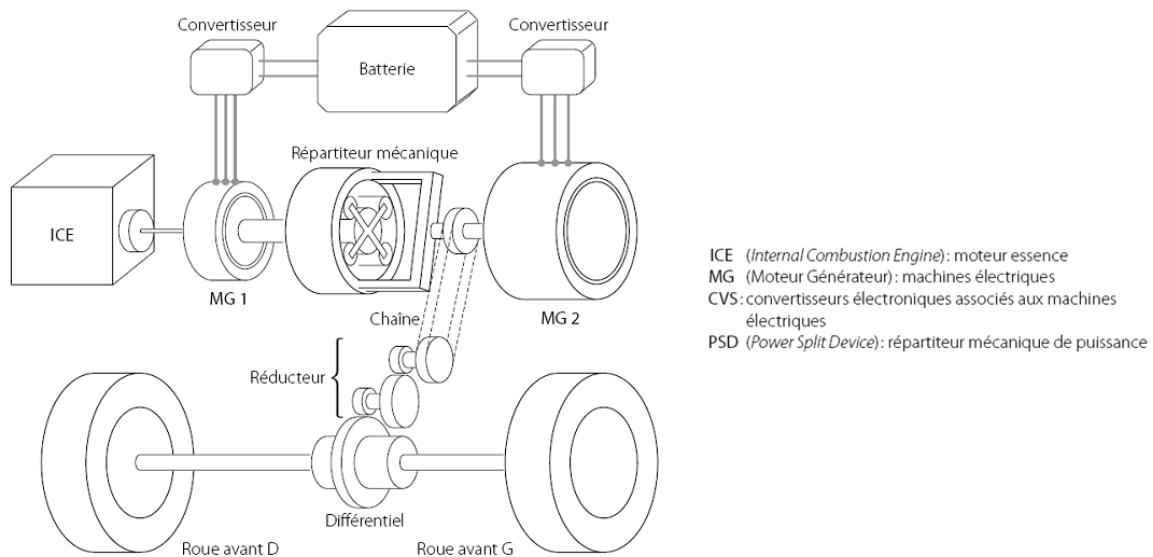


Figure 1: vue générale de la chaîne de traction

- Le véhicule est équipé d'un moteur à essence (ICE) à 4 cylindres et 16 soupapes. Sa cylindrée est de 1497 cm^3 .
 - PCI du supercarburant : $42,7 \text{ MJ/kg}$
 - Densité du supercarburant : $0,75 \text{ kg/litre}$
- La Figure 2 montre les limites de fonctionnement du moteur dans le plan couple/vitesse. Elle précise également la consommation spécifique du moteur (en g/kWh) suivant les zones de fonctionnement.
- Le véhicule est équipé de deux machines synchrones à aimants permanents :
 - MG1 avec une puissance maximale de 18 kW où les puissances positives représentent un fonctionnement en générateur. Son rôle principal est d'assurer le démarrage de l'ICE, puis de contrôler la vitesse de rotation en le chargeant mécaniquement (fonctionnement générateur). Sa plage de vitesse est de -7000 tr/min à $+7000 \text{ tr/min}$.
 - MG2 avec une puissance maximale de 33 kW , où les puissances positives représentent un fonctionnement en moteur. Son rôle principal est d'assister l'ICE en cas de fortes demandes de puissance et d'assurer le freinage récupératif. Sa plage de vitesse est de -2300 tr/min à $+5800 \text{ tr/min}$.

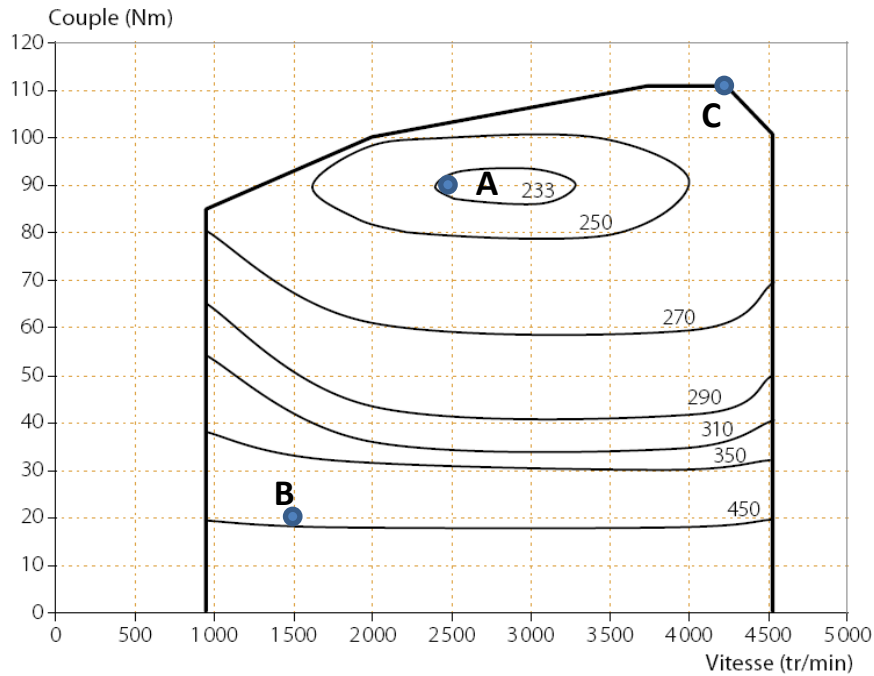


Figure 2 : carte d'isoconsommation de l'ICE

- Les relations qui lient la vitesse du véhicule en km/h avec les vitesses de rotation des moteurs électriques sont données par les équations suivantes et la Figure 3.

$$N_{MG2} = 36,748 \cdot V_V \quad \text{et} \quad N_{MG1} = 3,6 \cdot N_{ICE} - 2,6 \cdot N_{MG2}$$

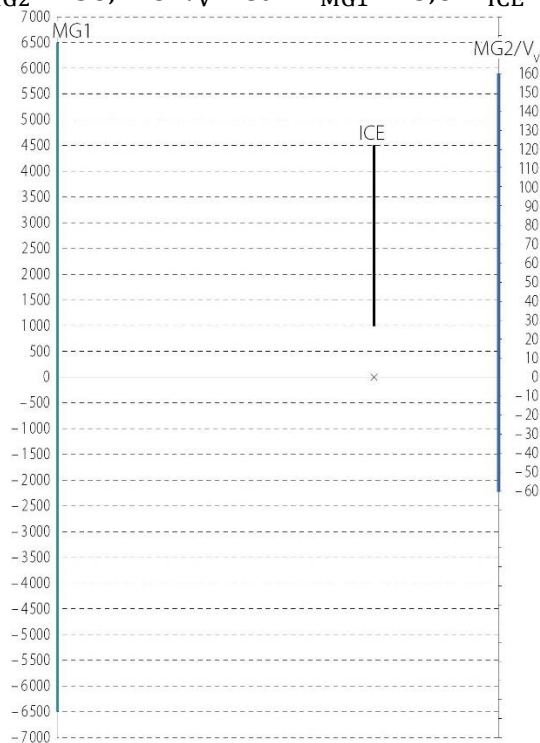


Figure 3 : relations des vitesses entre ICE, MG1 et MG2

- Les couples sont nommés comme suit :
 - C_T couple de transmission,
 - C_S couple qui lie l'ICE directement au réducteur,
 - C_{MG1} couple de MG1,
 - C_{MG2} couple de MG2.
- Les relations mathématiques qui lient les couples sont :

$$C_{MG1} = \frac{1}{3,6} C_{ICE} \quad \text{et} \quad C_S = \frac{2,6}{3,6} C_{ICE}$$

- Le véhicule contient également une batterie de 228 éléments Ni-MH en série, d'une tension totale (considérée constante quelle que soit la puissance) de 285V et d'un courant maximal de décharge de 80A et 50A en charge. Chaque cellule composant la batterie a une capacité unitaire de 6,5Ah.

1.1 Etude du moteur thermique

1.1.1. A partir de la Figure 2, calculer le rendement du moteur thermique (%) aux points A, B et C.



1.1.2. A partir de la Figure 2, représenter sur la Figure 4 l'évolution de la puissance maximale du moteur thermique sur une plage de régimes de 970 à 4500 tr/min.



Figure 4 : courbe de puissance maximale de l'ICE

1.1.3. Connaissant maintenant la puissance maximale du moteur, calculer (ou déterminer approximativement) la vitesse maximale théorique de la voiture et sa consommation à cette vitesse en litre/100km.

1.2 Etude de la batterie

1.2.1. Calculer l'énergie totale disponible de la batterie

1.2.2. Donner les limites de puissance en charge et en décharge de la batterie

1.2.3. En roulant à 50 km/h à vitesse stabilisée, quelle serait l'autonomie du véhicule en km si on utilise 80% de l'énergie totale de la batterie ?

1.2.4. Dans le principe de fonctionnement de ce véhicule hybride, quelles sont les fonctions principales de la batterie ?

1.2.5. Pourquoi Toyota limite l'autonomie en mode tout électrique à seulement 2 ou 3 km à basse vitesse ?

1.3 Cas 1

La voiture roule à une vitesse constante de 80 km/h sur le plat. L'état de charge de la batterie est suffisant, le contrôleur batterie ne demande pas de charge.

1.3.1. Calculez la puissance mécanique à la roue. (Si vous ne la trouvez pas vous pouvez faire la suite de l'étude avec une puissance de 9 300 W.)

1.3.2. En prenant en considération les contraintes de vitesse des moteurs électriques, l'ICE peut-il être arrêté ? Justifier votre réponse par calcul.

1.3.3. Étudier le comportement du système en complétant proprement le document de la Figure 5.

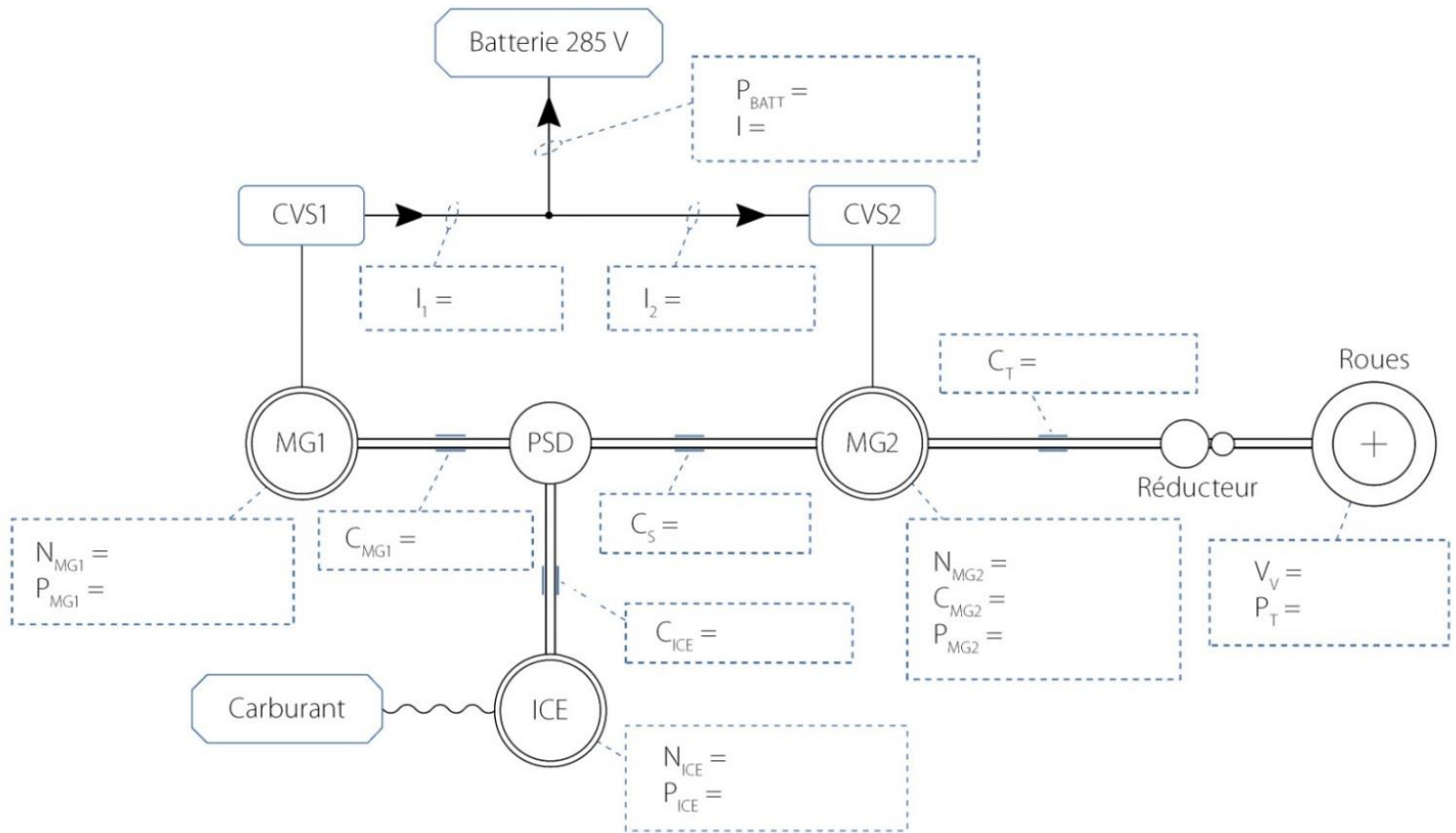


Figure 5 : cas 1

1.4 Cas 2

La voiture roule toujours à 80 km/h, mais la route est en pente montante 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.

1.4.1. On choisira le point de fonctionnement de l'ICE à 90 Nm et 3 000 tr/min. Justifier ce choix.

1.4.2. Étudier le comportement du système en complétant la Figure 6

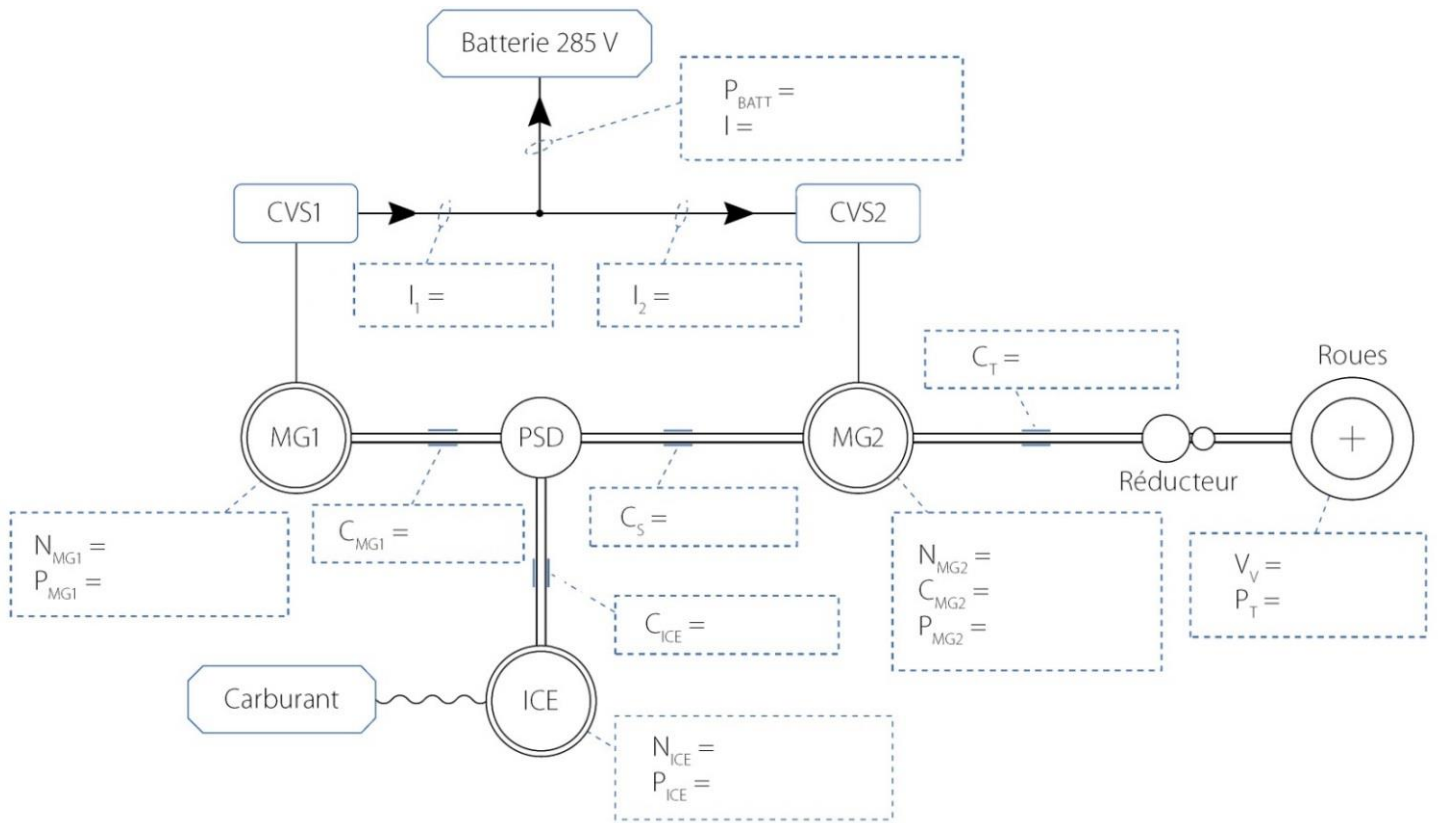


Figure 6 : cas 2

2. Questions de cours – 5 points

Règles du jeu :

- réponse correcte : 0,25 point
- réponse fausse : - 0,125 point
- pas de réponse : 0 point

Questions	OUI	NON
Dans un moteur à allumage commandé, la variation de charge est réalisée à richesse constante.		
Le moteur Stirling est un moteur à combustion interne, à allumage commandé.		
Le gazole est un carburant plus détonant que l'essence.		
L'abréviation anglaise BMEP (brake mean effective pressure) se dit en français PMF (pression moyenne de frottement).		
Le franchissement d'une rampe à vitesse constante implique une augmentation de charge moteur à iso-régime		
La richesse traduit la proportion d'air et de carburant présents dans le mélange combustible.		
Le % de RGE est une valeur indiquée par les normes européennes de Réduction des Gaz d'Echappement.		
Sur un cycle réel, la boucle négative correspond à l'énergie consommée par les échanges gazeux (transport des gaz admission et échappement).		

En utilisation réelle sur véhicule, si un moteur Diesel a une plus faible consommation qu'un moteur à allumage commandé, c'est notamment grâce à son meilleur fonctionnement en faible charge.		
La suralimentation par turbocompresseur n'a aucun effet sur la boucle négative.		
Le cliquetis est un des phénomènes qui limitent les performances d'un moteur Diesel.		
En allumage commandé, le système EGR permet une réduction des NOx.		
Le schéma ci-dessous représente le cycle thermodynamique réel d'un moteur Diesel.		
Une turbo-réacteur d'avion est un moteur thermique.		
Une turbine à vapeur est un moteur thermique à combustion interne.		
Les résistances par frottements d'un véhicule varient avec le carré de la vitesse		
La puissance d'un moteur est égale au produit du couple par la vitesse de rotation		
BMEP signifie Boosted Medium Engine Power		
La PME ne doit pas être comparée entre deux moteurs différents car elle dépend de la cylindrée du moteur.		
La pression dans la chambre est l'objet de gradients plus élevés en Diesel qu'en essence.		