

SESSION 2016

---

**CAPLP  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP**

**Section : GÉNIE MÉCANIQUE**

**Option : MAINTENANCE DES VÉHICULES, MACHINES AGRICOLES,  
ENGINS DE CHANTIER**

**ANALYSE D'UN PROBLÈME TECHNIQUE**

Durée : 4 heures

---

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.**

**Tournez la page S.V.P.**

## **Conseils pour l'épreuve**

### **Documents composants l'épreuve :**

- un dossier technique (9 pages) ;
- un dossier travail demandé (7 pages) ;
- un dossier, documents réponses (4 pages), sur lequel sera traité la totalité des réponses aux questions posées, ce dossier sera rendu dans son intégralité, même si certaines feuilles sont restées vierges.

### **Problème de maintenance posé :**

Le sujet porte sur une problématique de service après-vente d'un véhicule hybride TOYOTA PRIUS.

Le conducteur se plaint d'un manque de puissance. Quand il accélère en côte en particulier, le véhicule n'a pas les performances qu'il devrait.

### **Conseils aux candidats :**

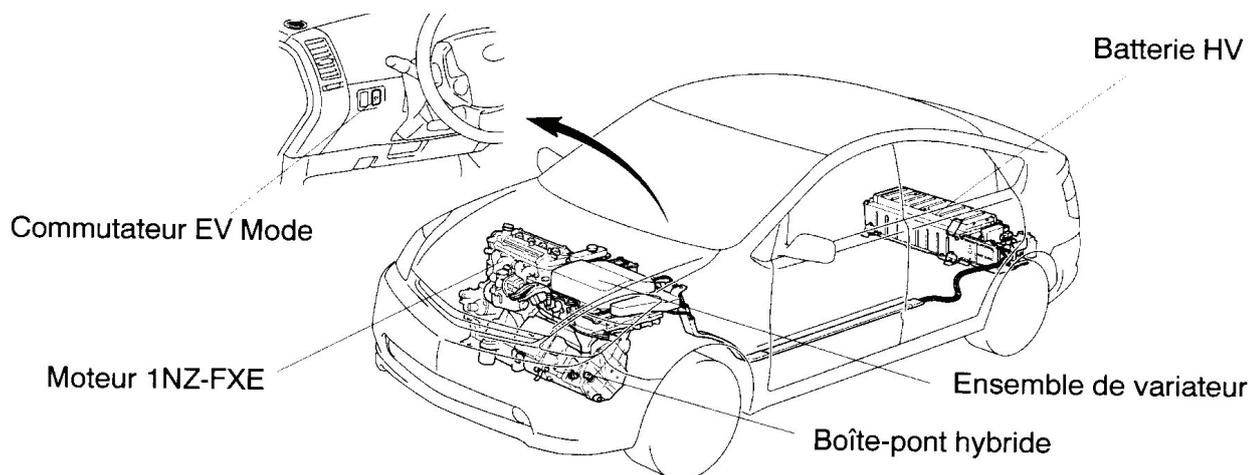
Il est conseillé aux candidats de consacrer 30 minutes à la lecture du dossier technique et ensuite de répondre aux questions du dossier de travail demandé en se reportant au dossier technique chaque fois que cela est nécessaire.

## Dossier technique : système de propulsion hybride du véhicule Toyota Prius

Motivés par les performances, animés par la recherche d'économie de carburant et inspirés par leur avance dans le domaine environnemental, les ingénieurs de Toyota ont apporté une authentique alternative aux véhicules à moteurs thermiques : il s'agit du système de propulsion hybride (TSH) série-parallèle du véhicule Prius (seconde génération). Pour répondre au problème posé, ce véhicule combine deux types de motorisation : l'une thermique (moteur à essence), l'autre électrique.



- En utilisation urbaine, la propulsion électrique (à fort couple) est utilisée pour le démarrage, les basses vitesses et les manœuvres. La pollution atmosphérique est alors nulle.
- Sur route, le moteur thermique (à rendement optimisé) entre en action, assisté du moteur électrique.
- Lors des descentes, des ralentissements et des freinages, le moteur thermique est coupé, l'énergie du véhicule est récupérée et stockée dans une batterie compacte.



### Caractéristiques :

- Surface frontale :  $S=2,273 \text{ m}^2$  (aire du maître couple) ;
- Coefficient de pénétration dans l'air :  $C_x = 0,26$  ;
- Masse du véhicule :  $m = 1405 \text{ kg}$  ;
- Coefficient de résistance au roulement :  $f = 0,023$  ;
- Diamètre moyen de roulement :  $D_{\text{roue}} = 600 \text{ mm}$ .

<b>MOTEUR 1.5 VVT-i HYBRID SYNERGY DRIVE</b>	
Type de moteur	1NZ-FXE
Construction du moteur	n = 4 cylindres en ligne
Distribution	DOHC, 16 soupapes, VVT-i
Cylindrée	V = 1497 cm <sup>3</sup>
Alésage x course (mm)	75,0 x 84,7
Rapport volumétrique de compression $\epsilon_c$	Variable
Rapport volumétrique de détente $\epsilon_d$	13 : 1
Puissance max. moteur à combustion interne	57 kW à 5000 tr.min <sup>-1</sup>
Puissance max. moteur électrique MG2	50 kW de 1200 à 1540 tr.min <sup>-1</sup> sous 500 Volts
<b>PERFORMANCES</b>	
Vitesse maximale (km.h <sup>-1</sup> )	170
0 – 100 km.h <sup>-1</sup> (s)	10,9
<b>CONSOMMATION NORMALISEE DE CARBURANT (99/100/EWG)</b>	
Conduite urbaine	5,0 L/100 km
Conduite extra urbaine	4,2 L/100 km
Conduite mixte	4,3 L/100 km
Emissions de CO <sub>2</sub>	104 g.km <sup>-1</sup>
Catégorie de rendement énergétique	A
Tests d'émissions	Euro 4
Capacité du réservoir	45 L

Le système hybride utilise :

- deux moteurs générateurs électriques MG1 et MG2 ;
- un moteur thermique Mth.

MG1 :

- Actionné par le moteur Mth il produit de l'électricité pour MG2 ou pour les batteries ;
- Sert à démarrer le moteur Mth.

MG2 :

- Produit la force motrice nécessaire à l'avancement du véhicule ;
- Produit de l'électricité si la pédale d'accélérateur est non enfoncée ou lors d'un freinage.

Mth :

- Fait tourner les générateurs électriques MG1 et MG2 ;
- Complète la force motrice de MG2.

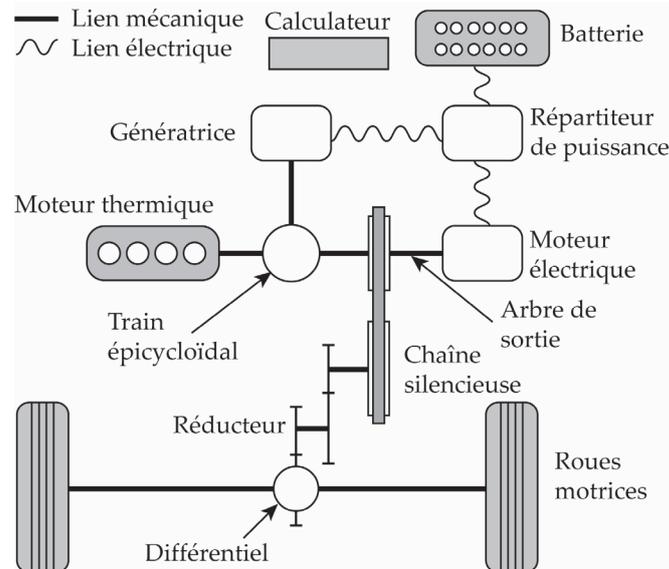
Le système hybride fait usage des deux types de motorisations en fonction des conditions de déplacement du véhicule, il optimise chacune d'elles.

Les trois moteurs sont couplés par l'intermédiaire d'un train épicycloïdal intégré dans le groupe moto-propulseur.

À partir de la position de la pédale d'accélérateur et de la vitesse du véhicule, le calculateur détermine la vitesse de rotation optimale du moteur thermique et la consigne d'ouverture du papillon des gaz. La puissance en sortie du moteur thermique est transmise, grâce au train épicycloïdal, à la chaîne de transmission et à MG2.

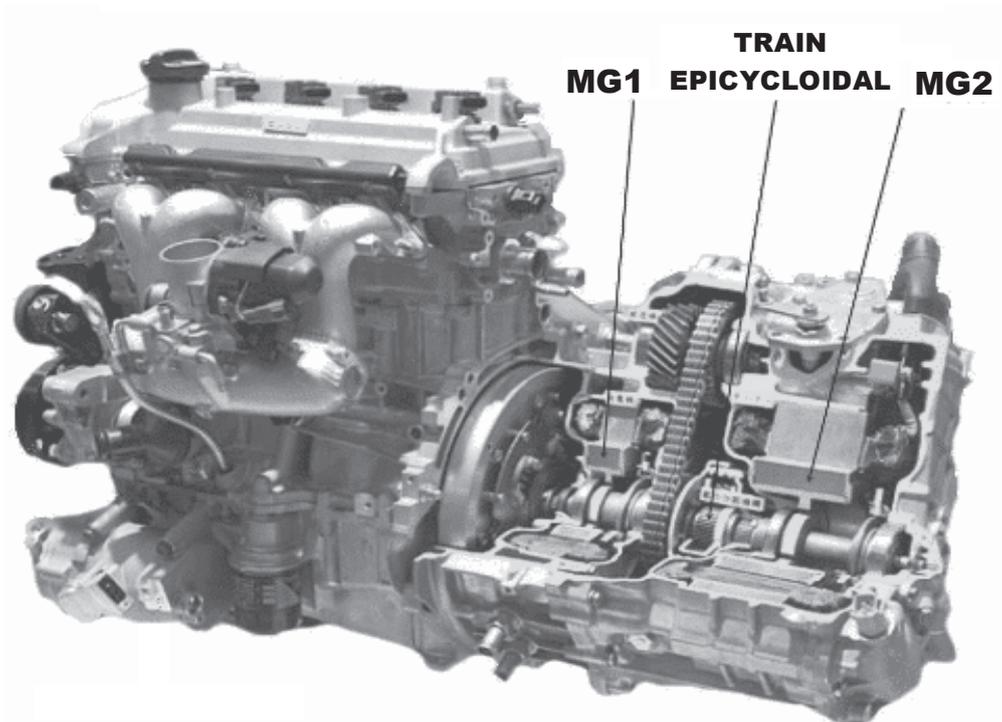
Un asservissement en vitesse de MG1 permet de contrôler la vitesse de rotation du moteur thermique. Un répartiteur de puissance gère les échanges de puissance électrique entre MG1, MG2 et la batterie. MG2 entraîne la chaîne silencieuse, seul ou en complément du moteur thermique. Il récupère également l'énergie cinétique ou potentielle du véhicule lors des phases de ralentissement.

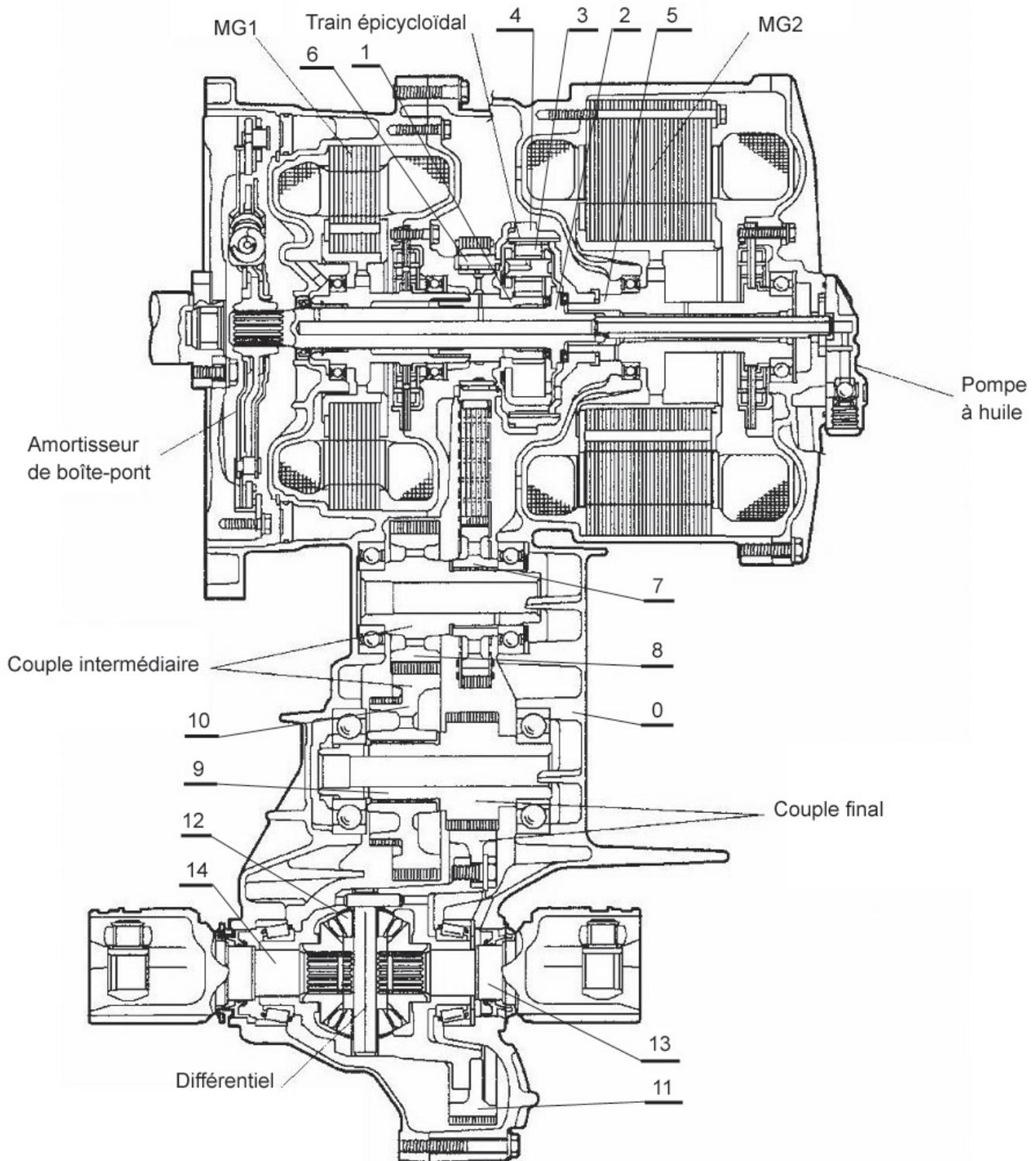
## Schéma synoptique :



La partie opérationnelle de la transmission est composée :

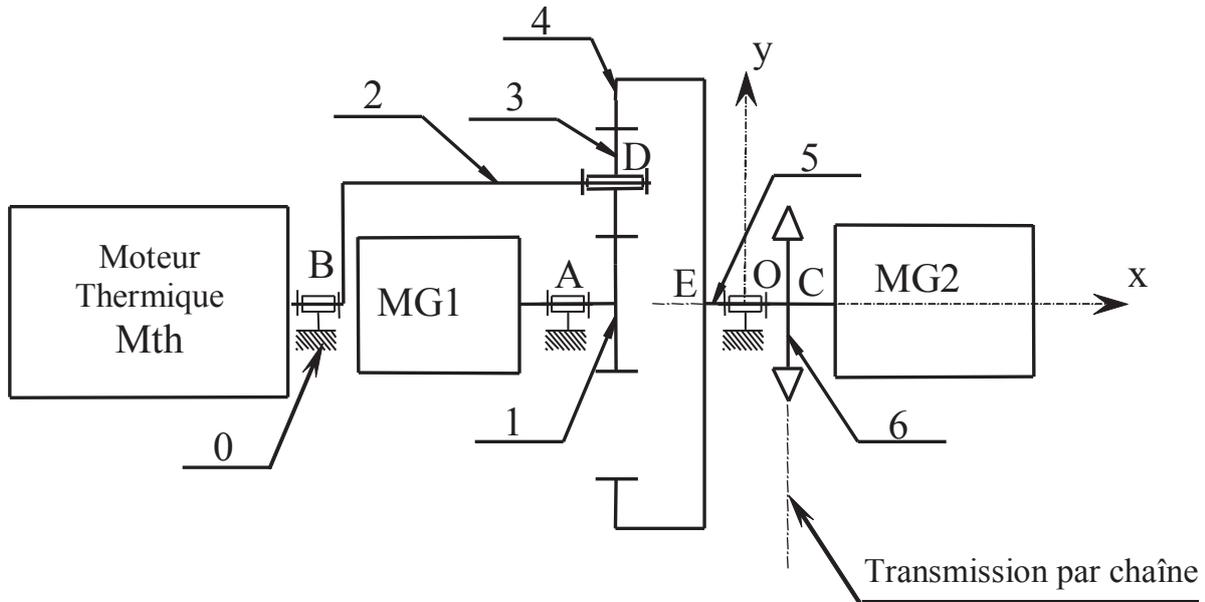
- d'un moteur thermique utilisant un cycle d'Atkinson ;
- d'un générateur de courant MG1 pouvant fonctionner en moteur électrique synchrone triphasé suivant les phases de fonctionnement ;
- d'un moteur électrique synchrone triphasé MG2 pouvant fonctionner en générateur de courant suivant les phases de fonctionnement ;
- d'un train épicycloïdal permettant la répartition de puissance ;
- d'une transmission mécanique finale acheminant l'énergie aux roues ;
- d'un inverseur transformant le courant alternatif triphasé en courant continu et inversement ;
- d'une batterie permettant de stocker l'énergie électrique récupérée.





7	Roue à chaîne ( $Z7 = 35$ )		
6	Roue à chaîne ( $Z6 = 36$ )	14	Sortie roue AV gauche
5	Arbre	13	Sortie roue AV droite
4	Couronne ( $Z4 = 78$ )	12	Satellite
3	Satellite ( $Z3 = 23$ )	11	Roue de différentiel ( $Z11 = 75$ )
2	Porte satellites	10	Roue ( $Z10 = 44$ )
1	Planétaire ( $Z1 = 30$ )	9	Pignon arbré ( $Z9 = 26$ )
0	Carter	8	Pignon arbré ( $Z8 = 30$ )
Repère	Désignation	Repère	Désignation

**Schéma cinématique partiel (couple intermédiaire, couple final et différentiel non représentés) :**

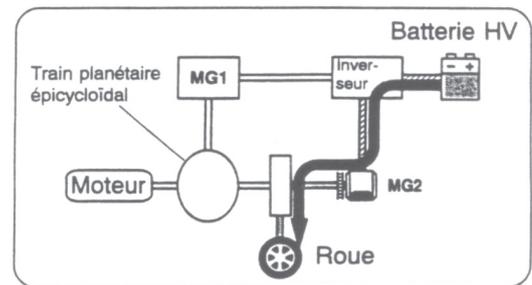


**Différents modes de fonctionnement :**

L'utilisation du train épicycloïdal, du moteur thermique et des deux machines électriques MG1 et MG2 permet d'obtenir un grand nombre de phases de fonctionnement, permettant de s'adapter à différents cas de figures énergétiques :

**Phase de démarrage : tout électrique**

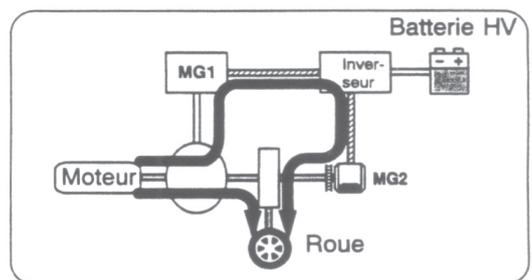
Le moteur électrique entraîne le véhicule en puisant l'énergie électrique dans la batterie. Le moteur thermique est généralement arrêté.



**Phase déplacement normal : hybride**

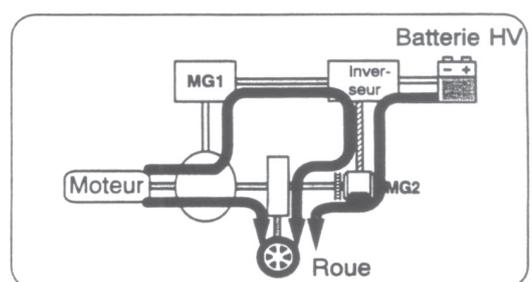
Le moteur thermique entraîne le véhicule. La puissance du moteur thermique en fonctionnement se répartit dans le train épicycloïdal entre :

- la puissance directement transmise aux roues ;
- la puissance transmise à la génératrice qui alimente alors directement le moteur électrique.



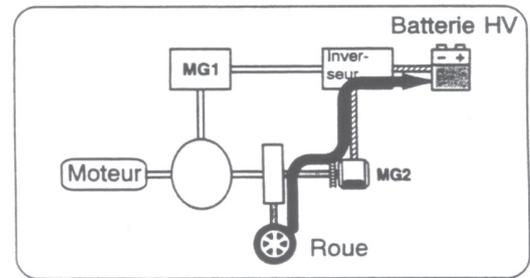
**Phase de forte charge : mode mixte**

Le moteur électrique et le moteur thermique entraînent le véhicule, lors de fortes accélérations. Dans ce mode, le moteur électrique est alimenté non seulement par l'énergie délivrée par la génératrice mais aussi par la batterie.



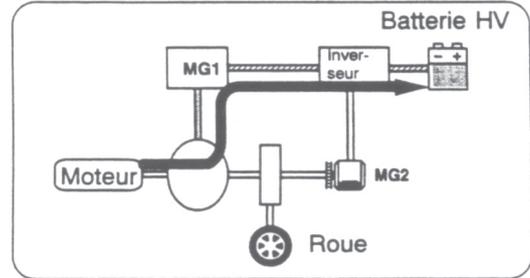
### Phase de décélération ou freinage : récupération d'énergie

Le moteur électrique, entraîné par le véhicule, récupère une partie de l'énergie cinétique et la convertit en énergie électrique qui recharge la batterie.



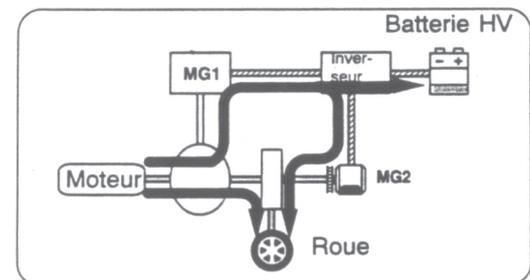
### Phase de recharge à l'arrêt

Le moteur thermique entraine le moteur générateur 1 (MG1) et charge la batterie.

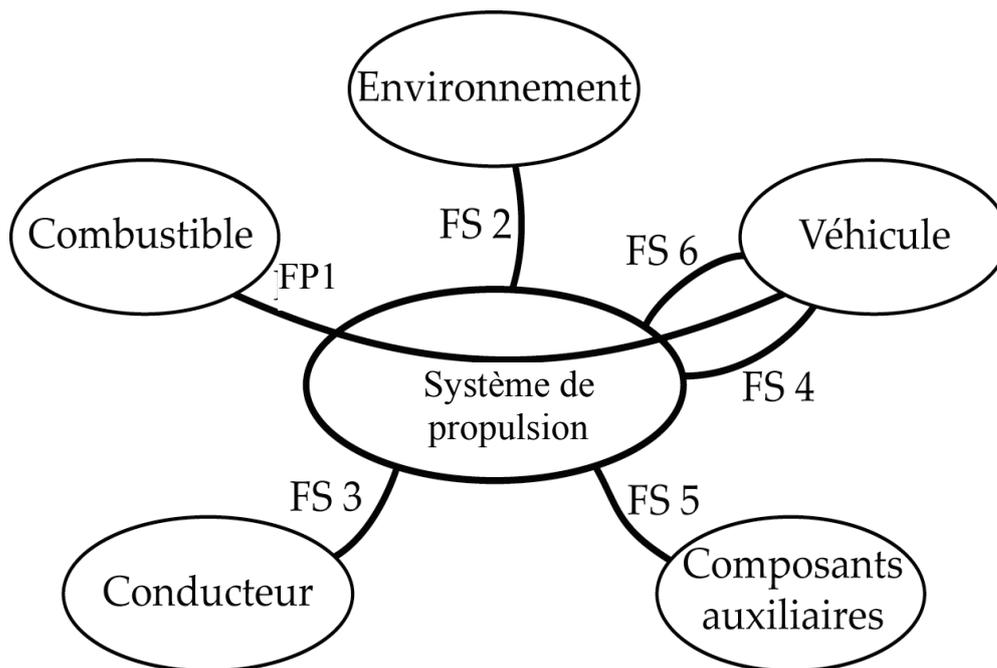


### Phase de recharge en marche

Le moteur thermique fonctionne dans sa zone de meilleur rendement. Une partie de l'énergie est transmise aux roues et l'autre charge la batterie.

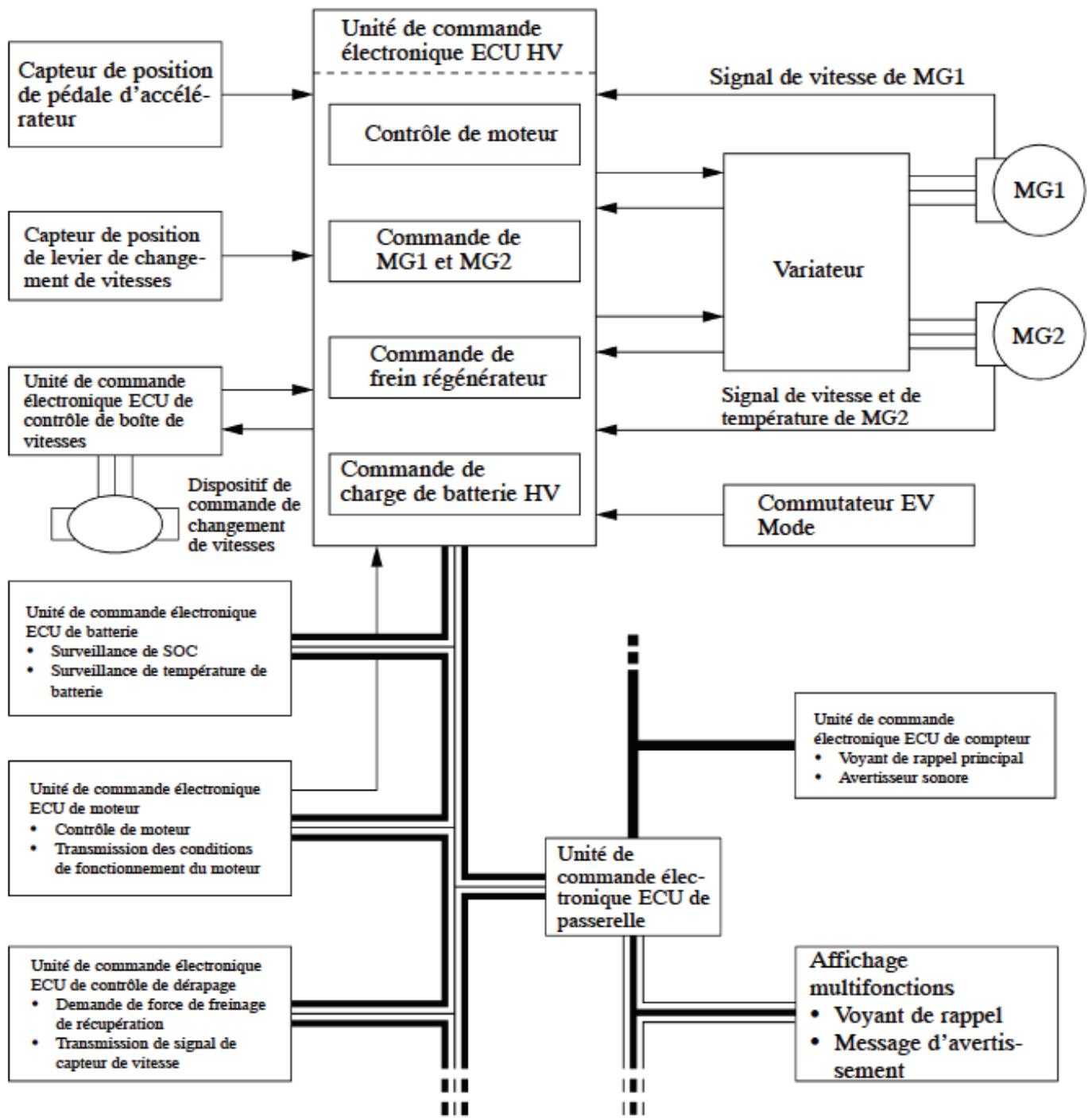


Description fonctionnelle du système de propulsion du véhicule :



Fonctions de service	Critères	Niveaux
<b>FP1</b> : permettre au combustible d'entraîner le véhicule	Réduction de la consommation par rapport aux véhicules traditionnels comparables	40 %
	Consommation en cycle mixte	4,3 l pour 100 km
	Vitesse maximale	170 km/h
	Temps d'accélération de 0 à 100 km/h	10,9 s
	Temps d'accélération de 50 à 80 km/h	4,4 s
	Puissance maximale du système hybride	110 kW à 85 km/h
<b>FS2</b> : respecter l'environnement	Réduction des émissions nocives de CO <sub>2</sub>	40 % en dessous des normes européennes
<b>FS3</b> : être commandé par le conducteur	Positions du sélecteur Enfoncements des Pédales	PM/MA/MAR Accélérateur/frein
<b>FS4</b> : s'adapter à la vitesse du véhicule	Vitesse de passage du mode tout électrique au mode hybride (démarrage du moteur thermique)	50 km/h
<b>FS5</b> : alimenter en énergie les composants auxiliaires	Puissance maximale absorbée par les « consommateurs » d'énergie (climatisation, direction assistée, confort, ...)	4 kW maxi
<b>FS6</b> : récupérer l'énergie cinétique du véhicule en freinage	Pourcentage de l'énergie cinétique récupérable	70 %

Schéma du système :



## Rôle des principaux organes :

Organe	Description générale
Unité de commande ECU HV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle MG1, MG2 et le moteur en fonction du couple demandé, du contrôle de freinage par récupération et l'état de charge (SOC) de la batterie HV. Ces facteurs sont déterminés par le rapport de vitesse engagé, le pourcentage d'enfoncement de la pédale d'accélérateur et de la vitesse du véhicule.</li> <li>- L'unité de commande électronique ECU HV surveille l'état de charge SOC de la batterie HV et la température de la batterie HV, de MG1 et MG2, afin d'assurer un contrôle optimal de ces éléments.</li> <li>- Lorsque le rapport engagé est en position "N", l'unité de commande électronique ECU HV effectue une commande de coupure afin d'arrêter électriquement MG1 et MG2.</li> <li>- La commande d'assistance en côte empêche le véhicule d'opérer un léger recul lorsque les freins sont libérés pendant un démarrage dans une pente à forte inclinaison.</li> <li>- Si les roues motrices tournent sans traction, l'unité de commande électronique ECU HV exécute la commande de traction motorisée qui assure une restriction de la rotation de MG2, afin de protéger le train planétaire épicycloïdal et d'empêcher MG1 de produire une quantité excessive d'électricité.</li> <li>- Afin de protéger le circuit de la haute tension et d'assurer la fiabilité de la coupure de circuit, l'unité de commande électronique ECU HV effectue la commande SMR par l'intermédiaire des 3 relais afin de raccorder et de couper le circuit à haute tension.</li> </ul>
Unité de commande électronique ECU MOTEUR	<p>L'unité de commande électronique ECU de moteur reçoit les données relatives au régime moteur cible et la force motrice demandés qui ont transmises par l'unité de commande électronique ECU HV et commande le système ETCS-i, le volume d'injection d'essence, le réglage de l'avance à l'allumage et le système VVT-i.</p>
Commande de variateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformément aux signaux fournis par l'unité de commande électronique ECU HV, le variateur convertit le courant continu provenant de la batterie HV en courant alternatif pour le MG1 et le MG2 ou vice versa. En outre, le variateur fournit le courant alternatif provenant de l'alimentation MG1 au courant alternatif de MG2.</li> <li>- L'unité de commande électronique ECU HV transmet le signal au transistor d'alimentation interne au variateur à des fins de commutation de phase U, V, W de MG1, MG2 de manière à exciter MG1 et MG2.</li> <li>- L'unité de commande électronique ECU HV provoque l'arrêt si un signal de surchauffe, de surintensité ou un signal de tension erronée provenant du variateur est reçu.</li> </ul>

## Dossier travail demandé

### **Situation de maintenance :**

Le conducteur se plaint d'un manque de puissance et d'une surconsommation.  
Quand il accélère, en côte en particulier, le véhicule ne donne pas ce qu'on attend de lui.  
En revanche, le véhicule atteint sa vitesse maximale.

Pour répondre à cette situation de maintenance, trois étapes décomposées en huit parties sont nécessaires. Pour cela, il est nécessaire :

- de connaître le système :
  1. Analyse fonctionnelle du système
  2. Étude théorique du moteur thermique de la Prius
  3. Étude de la transmission
  
- de raisonner sur des éléments en rapport avec le cas de dysfonctionnement :
  4. Vitesse des différents moteurs
  5. Étude de quelques cas de fonctionnement
  6. Étude des performances maximales
  7. Contrôle des performances de consommation
  
- de proposer une action de maintenance :
  8. Diagnostic

# 1. Analyse fonctionnelle du système

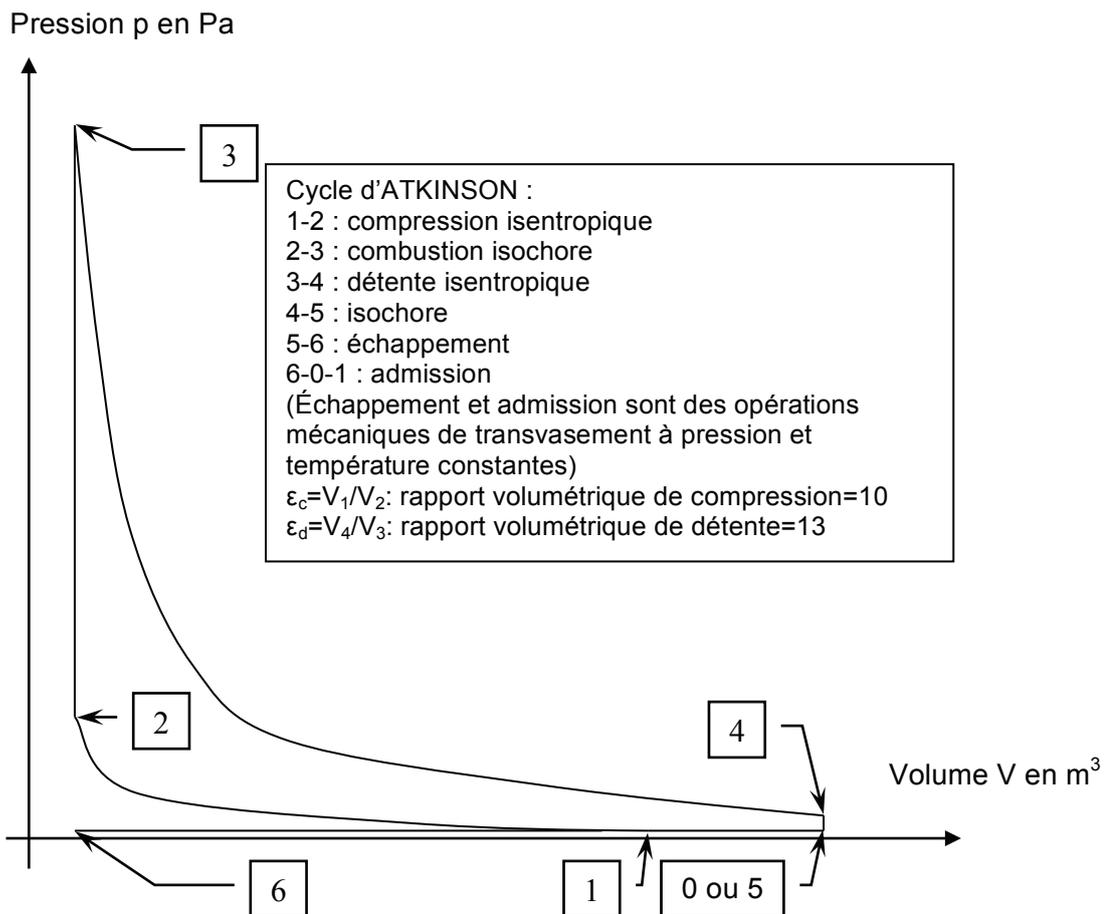
A partir du dossier technique page 3/9, compléter le diagramme FAST partiel du document réponse page 1/4 correspondant à la fonction FP1 en précisant les solutions constructives.

## 2. Étude théorique du moteur thermique de la Prius

Dans le principe proposé par Atkinson en 1884, puis adapté par l'ingénieur danois Ralph Miller, la course de détente plus longue que celle de l'admission est obtenue d'une manière relativement simple en fermant la soupape d'admission bien après le PMB ; la phase de compression ne commence que lorsque le piston a déjà parcouru une partie importante de sa remontée. C'est la solution que Toyota a retenue pour la motorisation théorique de la Prius.

Données :

Modélisation du cycle d'Atkinson avec points caractéristiques



## 2.1. Vérification des caractéristiques géométriques du moteur thermique

- 2.1.1. Calculer la valeur de la cylindrée unitaire  $V_u$  (utiliser le  $\varnothing$  du piston et la course).
- 2.1.2. Le rapport volumétrique de détente étant  $\varepsilon_d = 13$ , calculer la valeur du volume mort  $V_3$  (volume de la chambre de combustion).

## 2.2. Etude thermodynamique théorique du moteur thermique pour un rapport volumétrique de compression $\varepsilon_c = 10$

Pour toute l'étude on considèrera que les gaz frais, le mélange air-essence et les gaz brûlés sont comme un gaz parfait de caractéristiques :

- Constante massique :  $r = 287 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Exposant isentropique :  $\gamma = 1,4$
- Capacités thermiques massiques :  $c_p = 1004,5 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $C_v = 717,5 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

On rappelle, ci-dessous, les lois de transformation en vase clos pour les gaz parfaits

### - Transformation isochore

Travail :  $w_{12} = 0$

Quantité de chaleur :  $Q_{12} = mC_v.(T_2 - T_1)$

### - Transformation adiabatique réversible ou isentropique

$$p.v^\gamma = cte \quad T.v^{\gamma-1} = cte \quad p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} . T = cte$$

Travail :  $W_{12} = mC_v.(T_2 - T_1)$

Quantité de chaleur :  $q_{12} = 0$

- 2.2.1. Sachant que  $p_1=1 \text{ bar}$  et  $T_1=25^\circ\text{C}$ , calculer les valeurs de  $p_2$  et  $T_2$ .

Pour la suite, quels que soient les résultats trouvés, on prendra les valeurs suivantes :

Etat	Pression en bar	Volume en $\text{cm}^3$	Température en K
1	1	312	298
2	25,1	31,2	748
3	154	31,2	4581
4	4,2	405	1642
5	1	405	298

La masse  $m$  de gaz évoluant de 1 à 4 est  $m = 0,365.10^{-3} \text{ kg}$ .

- 2.2.2. Faire le bilan mécanique du cycle  $W_{\text{cycle}}$ .
- 2.2.3. Calculer la valeur de  $Q_{23}$  quantité de chaleur apportée par la combustion.
- 2.2.4. Calculer le rendement thermodynamique du cycle d'Atkinson  $\eta_{\text{thAt}}$ .

Rappel : le rendement thermodynamique d'un cycle de Beau de Rochas est :  $\eta_{thBdR} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$

2.2.5. Calculer la valeur du rendement thermodynamique du cycle de Beau de Rochas qui fonctionnerait avec un rapport volumétrique de compression  $\varepsilon = 10$ .

2.2.6. Conclure sur l'intérêt thermodynamique du cycle d'Atkinson.

### 3. Étude de la transmission

3.1. Etude fonctionnelle

(A faire dans le dossier réponses page 2/4 en se référant au dossier technique page 4/9)

Sur le dessin d'ensemble, colorier :

- en rouge les pièces 7 et 8 ;
- en vert les pièces 9 et 10 ;
- en bleu la pièce 11.

Compléter le schéma cinématique, en utilisant le même code couleur que ci-dessus

3.2. Calculer le rapport  $\omega_{11}/\omega_6$ .

3.3. Etude du train épicycloïdal

Pour chacun des organes suivant : moteur thermique, MG1, MG2, indiquer à quoi ils sont reliés : planétaire, porte satellites, couronne.

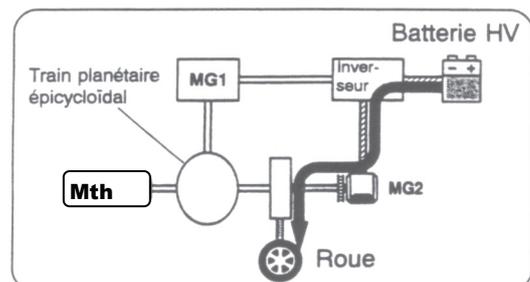
Déterminer la relation entre  $\omega_{1/0}$ ,  $\omega_{2/0}$  et  $\omega_{4/0}$ .

### 4. Vitesse des différents moteurs

On donne :  $\omega_{11} = \omega_{Roue}$ ,  $\omega_6 = \omega_{MG2}$ ,  $\frac{\omega_{11}}{\omega_6} = 0,243$  et  $\frac{\omega_{MG2} - \omega_{Mth}}{\omega_{MG1} - \omega_{Mth}} = -0,385$ .

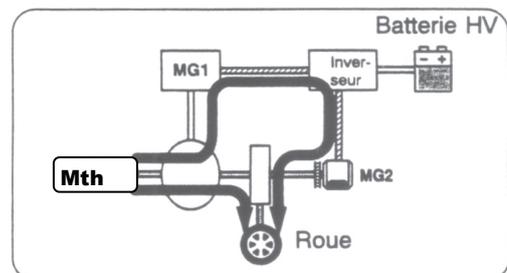
4.1. Le système est dans la phase de fonctionnement donnée par le schéma ci-contre. Le moteur thermique est à l'arrêt. Le véhicule roule à  $v = 10 \text{ km.h}^{-1}$ .

Calculer, en exprimant les résultats en rad/s,  $\omega_{Roue}$ ,  $\omega_{MG2}$  et  $\omega_{MG1}$ .



4.2. Le système est dans la phase de fonctionnement donnée par le schéma ci-contre. Le véhicule roule à  $90 \text{ km.h}^{-1}$  sur route horizontale. Le moteur thermique tourne à  $2500 \text{ tr.min}^{-1}$ .

Calculer, en exprimant les résultats en rad/s,  $\omega_{Roue}$ ,  $\omega_{Mth}$ ,  $\omega_{MG2}$  et  $\omega_{MG1}$ .



## 5. Étude de quelques cas de fonctionnement

Le conducteur monte dans son véhicule dont la batterie HV est correctement chargée et réalise le parcours 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 décrit dans le dossier réponses page 3/4.

5.1. Pour chaque mode de conduite on demande de remplir les cases non grisées avec :

Pour le moteur thermique Mth :

- **M** s'il est moteur ;
- **0** s'il n'est pas sollicité.

Pour les « moteurs-générateurs » MG1, MG2 :

- **M** s'il est moteur ;
- **G** s'il est générateur ;
- **0** s'il n'est pas sollicité.

5.2. Entourer la ligne du tableau qui correspond au cas de la problématique, manque de performances en accélération.

5.3. Compléter alors le schéma synoptique du dossier réponses page 3/4 pour cette problématique.

## 6. Étude des performances maximales

**Objectif :** Vérifier que le moteur thermique seul permet d'atteindre la vitesse maximale. On considère que le véhicule se déplace sur route horizontale sans vent, avec les conditions atmosphériques : pression 1 bar, température 25°C, masse volumique de l'air  $\rho = 1,169 \text{ kg.m}^{-3}$ . À partir des données du véhicule page 1/9 du dossier technique :

6.1. Calculer la valeur de la force de résistance au roulement :  $F_{roul} = m \cdot g \cdot f$ .

On prendra  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

6.2. Calculer la force de résistance aérodynamique à  $170 \text{ km.h}^{-1}$  :  $F_{aéro} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$ .

6.3. Calculer la valeur de la résistance totale à l'avancement.

En déduire la puissance nécessaire à l'avancement du véhicule.

6.4. Le moteur thermique seul suffit-il à entraîner le véhicule à la vitesse maximale ?

6.5. Le conducteur se plaint uniquement d'un manque de performances en reprises et pas en vitesse de pointe. Que peut-on déduire sur le fonctionnement du moteur thermique vis à vis du problème sur le véhicule ?

## 7. Contrôle des performances de consommation

Le graphe du dossier réponses page 4/4 donne les limites de fonctionnement (traits interrompus gras) du moteur thermique dans le plan couple/vitesse. Il précise également sa consommation spécifique  $C_{sp}$  (en  $\text{g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ).

La stratégie de fonctionnement du véhicule consiste à utiliser le moteur thermique, le plus souvent possible, à son régime de meilleur rendement ( $C_{sp}$  mini).

Un essai routier est réalisé :

- à  $100 \text{ km/h}$ , on note un régime moteur de  $3500 \text{ tr/mn}$  ;
- à  $40 \text{ km/h}$ , on note un régime moteur de  $2000 \text{ tr/mn}$  en permanence.

Le rendement global du moteur (rapport entre le travail effectif disponible au vilebrequin et l'énergie thermique apportée) peut être donné par la formule :  $\eta_{gl} = \frac{3600}{C_{sp} P_{ci}}$  où  $P_{ci}$  représente le pouvoir calorifique inférieur du carburant utilisé  $P_{ci} = 44000 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

Pour cette partie, on négligera les pertes dans la transmission.

7.1. Relever sur le graphe du dossier réponses 4/4 la valeur de  $C_{sp}$  (consommation spécifique) minimale et en déduire la valeur du rendement global  $\eta_{gl}$  maxi. Indiquer et colorier sur le graphe la zone de rendement maxi. Donner sur feuille de copie les valeurs extrêmes du couple et de la vitesse de rotation correspondantes à cette zone.

**Cas 1 : Le véhicule se déplace sur le plat à la vitesse constante de 100 km.h<sup>-1</sup>**

7.2. En utilisant la même méthode que la question 6, calculer la puissance  $P_{100}$  nécessaire à l'avancement.

Pour la suite, on prendra  $P_{100} = 16 \text{ kW}$ .

7.3. Tracer sur le graphe du document réponses 4/4, la courbe d'isopuissance  $P_{100}=16 \text{ kW}$ . On pourra s'aider d'un tableau tel que le suivant à recopier sur feuille de copie.

N (tr.min <sup>-1</sup> )	1250	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
$\omega$ (rad.s <sup>-1</sup> )									
C (N.m) pour $P_{100} = 16 \text{ kW}$									

7.4. À quel régime doit tourner le moteur thermique pour que son rendement global soit maximal? Calculer pour ce régime, la consommation en litre/heure puis litre/100km.

7.5. Lors d'un essai routier, on constate qu'à cette vitesse, le moteur tourne à 3500 tr.min<sup>-1</sup>. Quelle est sa consommation spécifique ? Évaluer sa consommation réelle en L au 100 km sachant que la masse volumique du carburant est  $\rho_{carb} = 0,72 \text{ kg.dm}^{-3}$ .

**Cas 2 : Le véhicule se déplace sur le plat à la vitesse constante de 40 km.h<sup>-1</sup>**

À cette vitesse la puissance nécessaire à l'avancement est de  $P_{40} = 4 \text{ kW}$ . La stratégie de fonctionnement du véhicule sur 1 heure est équivalente à :

- 15 mn de fonctionnement en mode mixte où le moteur thermique tourne avec une  $C_{sp} = 260 \text{ g.kW}^{-1}\text{h}^{-1}$  en fournissant 16 kW. 4 kW sont utilisés pour faire avancer le véhicule, et 16 kW servent à recharger la batterie HV.
- 45 mn de fonctionnement en mode tout électrique en utilisant l'énergie stockée dans la batterie précédemment.

7.6. Pour le fonctionnement décrit ci-dessus, calculer la consommation de carburant pour une heure et en déduire la consommation en L au 100 km.

Lors de l'essai routier le moteur tourne en permanence à 2000 tr.min<sup>-1</sup>, la consommation mesurée est de 6,25 l/100km

7.7. La stratégie de fonctionnement énoncée en début de paragraphe 7 est-elle respectée sur ces deux cas de véhicule en dysfonctionnement ? la réponse sera développée.

## 8. Diagnostic

Rappel de la situation de maintenance :

- le conducteur se plaint d'un manque de puissance. Quand il accélère, en côte en particulier, le véhicule ne donne pas ce qu'on attend de lui ;
- une surconsommation est constatée
- le véhicule atteint sa vitesse maximale ;

A partir des documents pages 8/9 et 9/9 du dossier technique :

8.1. Citer quels éléments peuvent être mis en cause et demandent à être testés.

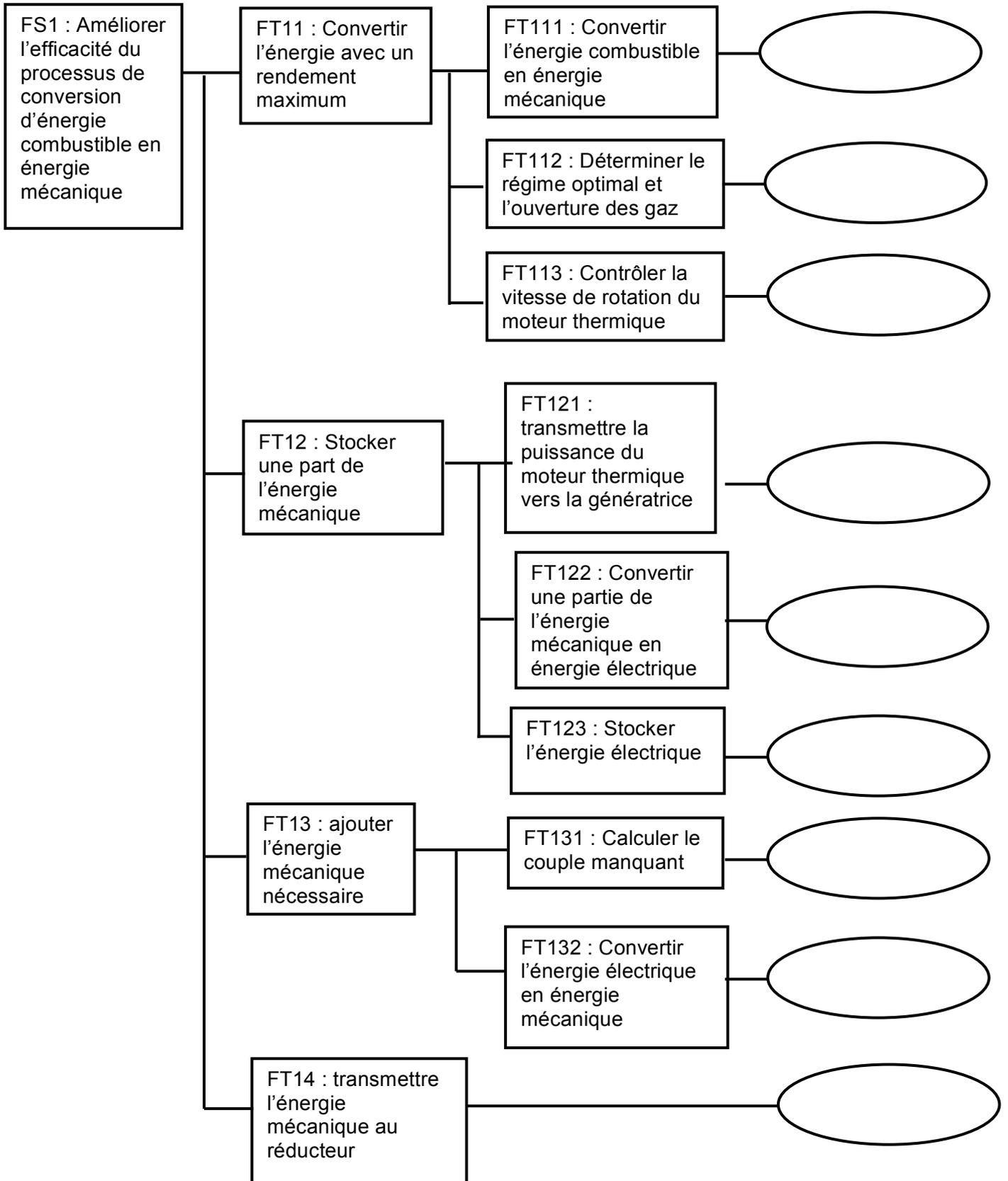
8.2. On se propose de contrôler l'unité de commande électronique ECU MOTEUR.

Quelle(s) différence(s) y a-t-il entre une information transmise par "Signal électrique" et "CAN" ?

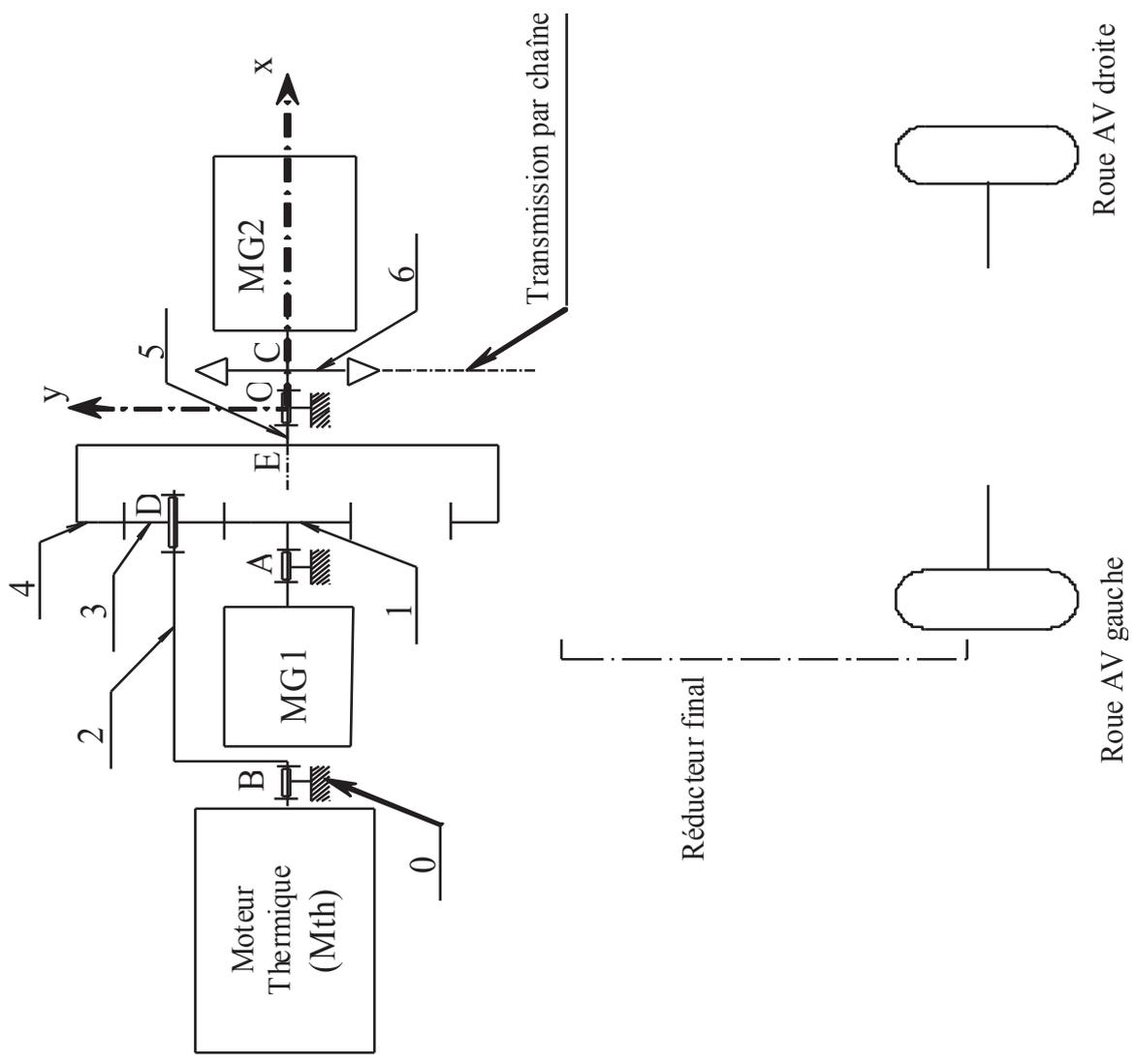
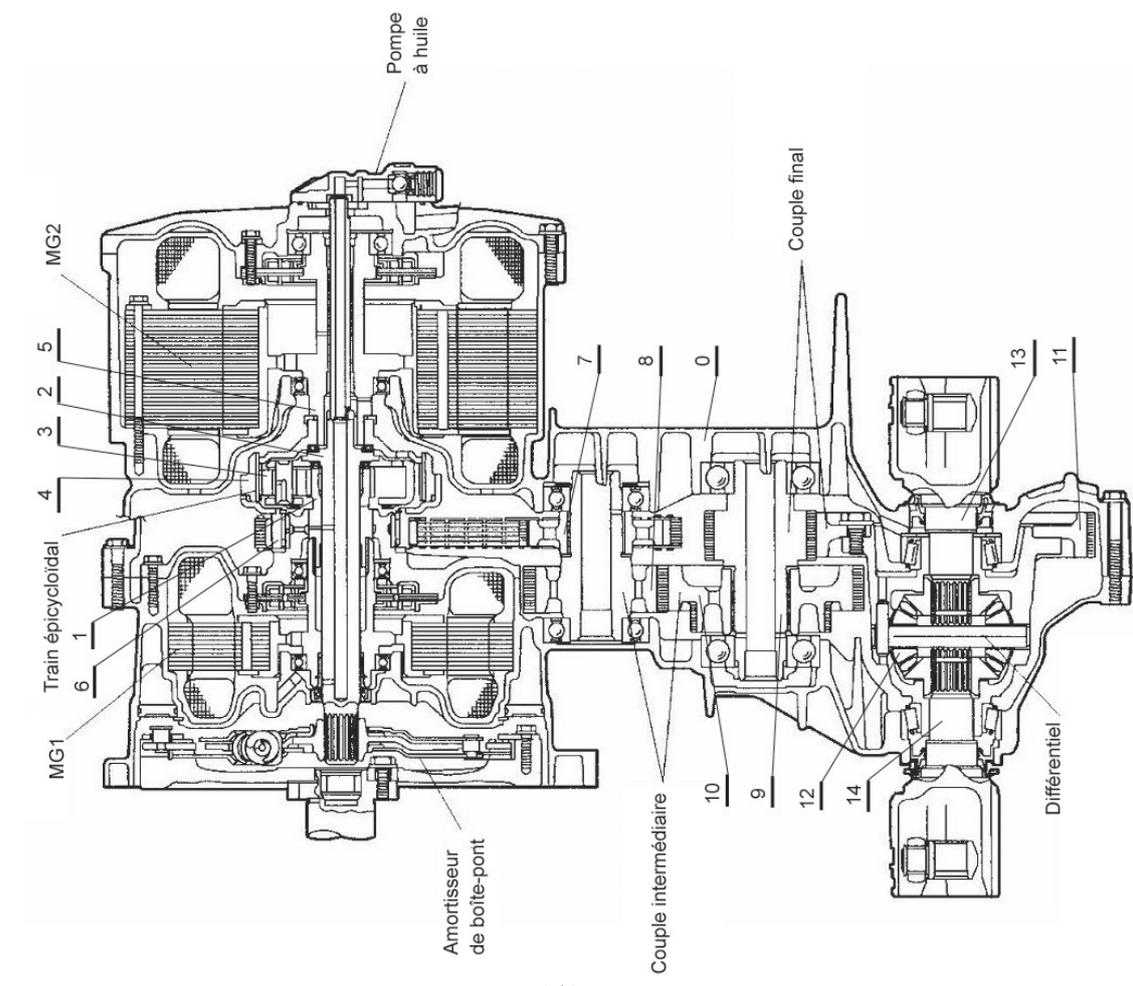
Expliquer brièvement à quoi correspondent les initiales "CAN", indiquer le protocole de contrôle électrique de ce type de réseau et quels sont les outils de mesure à utiliser.



## Analyse fonctionnelle du système



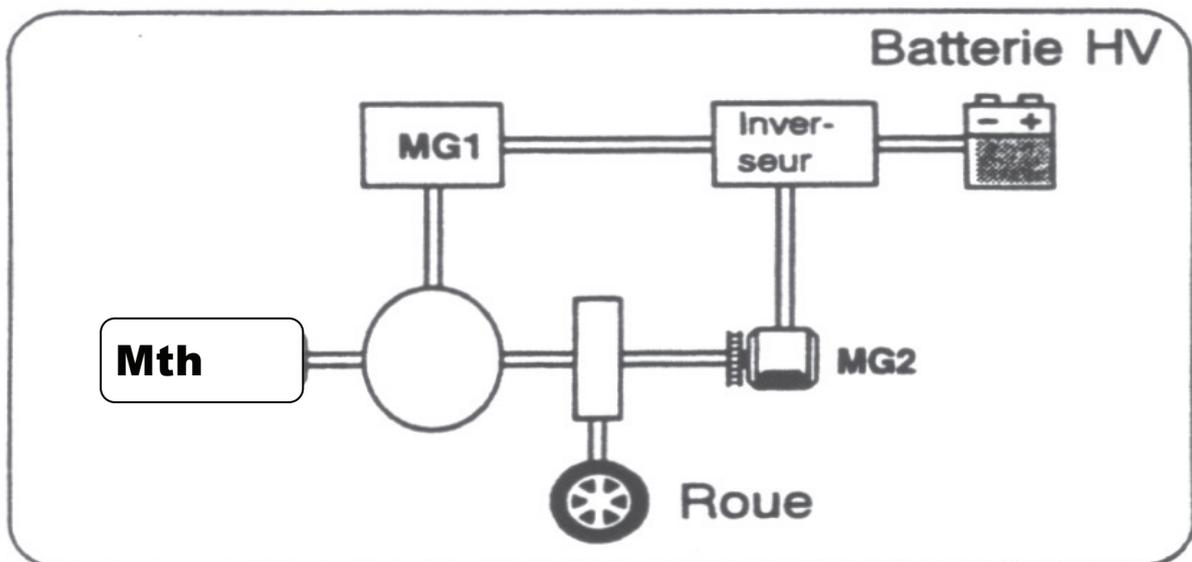
# Étude de la transmission





## Étude de quelques cas de fonctionnement

Mode de conduite	Mth	MG1	MG2
1 - Conduite très souple en ville à faible vitesse			
2 - Accélération importante (montée)			
3 - Décélération moyenne (descente)			
4 - Freinage important			
5 - Véhicule arrêté à un stop avec recharge de la batterie			
6 - Conduite rapide sur route avec recharge de la batterie HV			



# Contrôle des performances de consommation

