

SESSION DE 2008

CA/PLP
**CONCOURS INTERNE
ET CONCOURS D'ACCÈS A L'ÉCHELLE DE
RÉMUNÉRATION**

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

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

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE ET/OU D'UN
PROCESSUS TECHNIQUE**

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique 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 document 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 : Hormis l'en-tête détachable, 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.

Sommaire du dossier et présentation de l'épreuve.

Le dossier comprend :

- Un dossier technique décrivant le fonctionnement du système comportant 14 pages
- Un dossier travail comportant 37 pages à compléter et à rendre en totalité en fin d'épreuve. Ce dossier est présenté en 5 parties
 1. Etude du système hybride,
 2. Aspect énergétique,
 3. Boite pont hybride,
 4. Maintenance,
 5. Documents réponses. (pages 22 à 37). Ces documents réponses ont été regroupés en fin du dossier de travail, le candidat s'y reportera autant que nécessaire afin de répondre à l'ensemble du questionnaire.

Barème de notation sur 100 points.

Partie 1 Etude du système hybride,	25 points
Partie 2 : Aspect énergétique,	10 points
Partie 3 : Boite pont hybride,	25 points
Partie 4 : Maintenance,	40 points

Conseils aux candidats.

Afin de traiter l'ensemble des questions, il est conseillé aux candidat de consacrer approximativement, pour chaque partie, le temps suivant :

Lecture du dossier	30 mn.
Partie 1 Etude du système hybride,	90 mn.
Partie 2 : Aspect énergétique,	30 mn.
Partie 3 : Boite pont hybride,	90 mn.
Partie 4 : Maintenance,	120 mn.

Il est vivement conseillé aux candidats de lire attentivement le dossier technique avant de composer

CONCOURS INTERNE du CA/PLP

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

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

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE ET/OU D'UN
PROCESSUS TECHNIQUE**

Session 2008

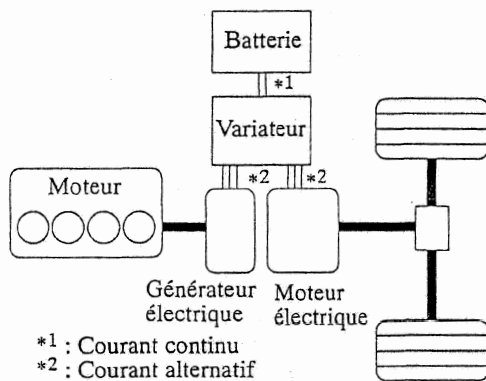
DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte 14 pages

1- Généralités.

Un véhicule hybride est un véhicule associant une motorisation thermique et une motorisation électrique.

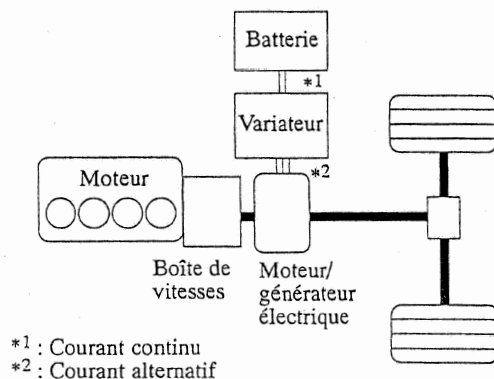
- Hybride série.



Le moteur thermique entraîne un générateur électrique et l'électricité ainsi produite permet au moteur électrique d'entraîner les roues.

Le moteur, de puissance réduite, fonctionne généralement à régime fixe afin de recharger la batterie lors des déplacements du véhicule.

- Hybride parallèle.



Ce système se sert du moteur thermique et du moteur générateur électrique pour entraîner directement les roues.

En plus d'assister le moteur, le moteur générateur électrique peut également servir pour recharger la batterie pendant le déplacement du véhicule.

2- Principe du système hybride étudié.

2.1- Synoptique du système.

Voir annexe 1

2.2- Fonctions des principaux éléments constituant le système.

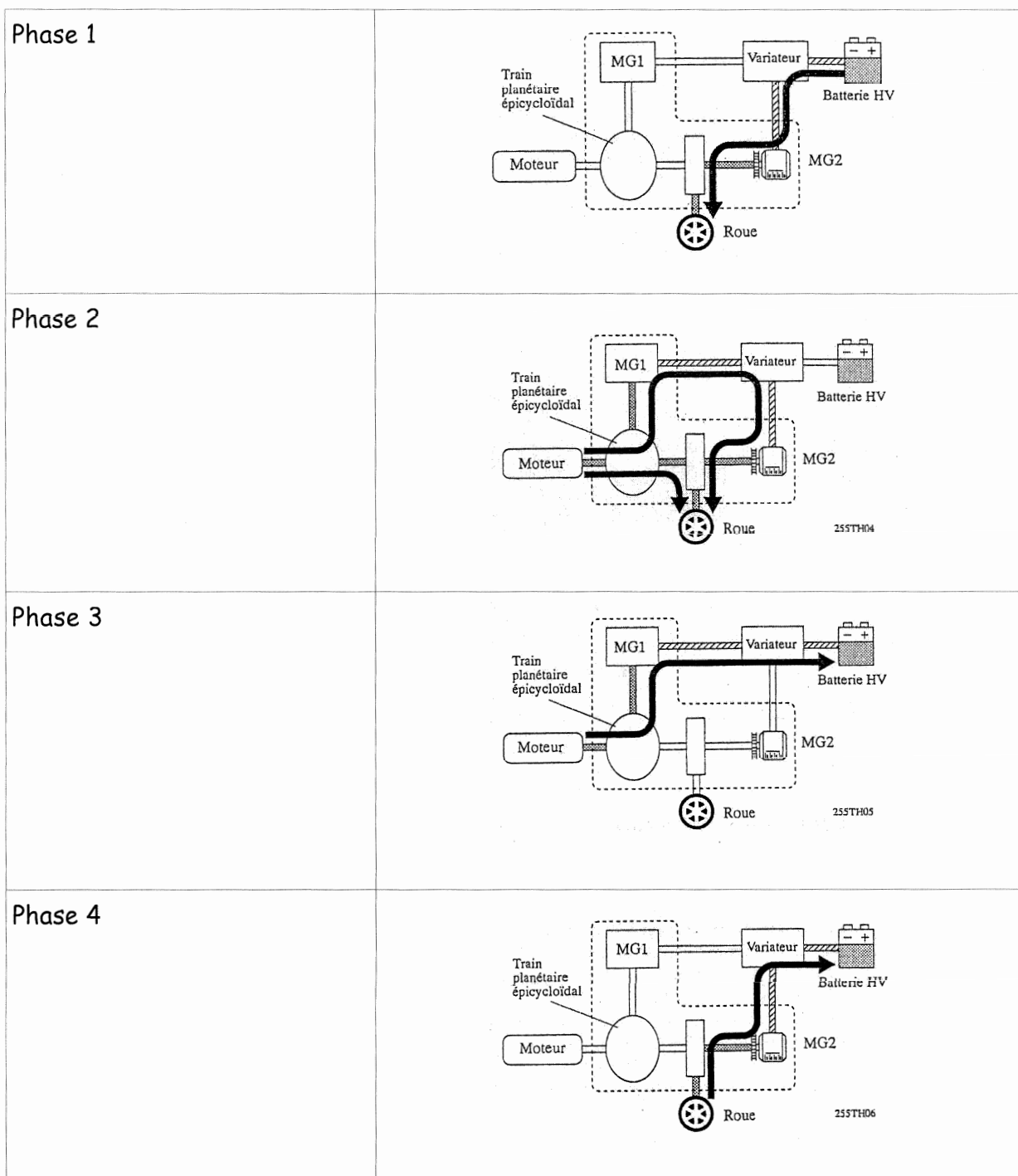
Abréviations utilisées:

- HV : Véhicule Hybride
- MG : Moteur Générateur
- ECU : Unité de Commande Electronique
- SMR : Bloc relais

Eléments		Fonctions.
Boîte-pont hybride	MG 1	Entraîné par le moteur, il produit l'énergie électrique alternative haute tension. Il sert aussi au démarrage du moteur thermique.
	MG 2	Produit la force motrice nécessaire au véhicule. En phase de freinage, il produit le courant électrique nécessaire à la recharge de la batterie HV (système de freinage par récupération).
	Train épicycloïdal	Répartit la force motrice du moteur dans les proportions appropriées pour entraîner directement le véhicule et MG 1.
Batterie HV		Stocke et restitue l'énergie électrique continue.
Ensemble variateur	Convertisseur survolteur	Convertit la tension continue de la batterie HV (201,6V à 500V et vice versa).
	Variateur	Convertit le courant continu 500V en courant alternatif 500V pour alimenter MG 1 et MG 2 (et vice et versa).
	Convertisseur continu- continu	Fait chuter la tension de la batterie HV (201,6V à 12V) afin de fournir l'énergie électrique aux organes du véhicule et recharger la batterie auxiliaire.
	Variateur à courant alternatif	Convertit la tension nominale continue de 201,6V de la batterie HV en tension alternative de 201,6V.
ECU HV		Détermine le couple du moteur thermique et la puissance électrique nécessaires au déplacement du véhicule.
ECU moteur		Gère le couple du moteur thermique afin de fournir la force motrice conformément à la demande de l'ECU HV.
ECU batterie		Contrôle les conditions de charge de la batterie HV
ECU contrôle de dérapage		Contrôle la force de freinage par récupération réalisée par MG 2. Assure les opérations de commande du système de freinage conventionnel.
Capteur de position pédale d'accélérateur		Informe l'ECU HV de la demande de puissance souhaitée par le conducteur.
Capteur de position du sélecteur de vitesses		Informe l'ECU HV de la position du levier de vitesses.
SMR		Connecte le circuit d'alimentation haute tension batterie HV.

2.3- Phases de fonctionnement de base.

Ce système contrôle les phases suivantes afin d'optimiser les conditions de déplacement du véhicule:



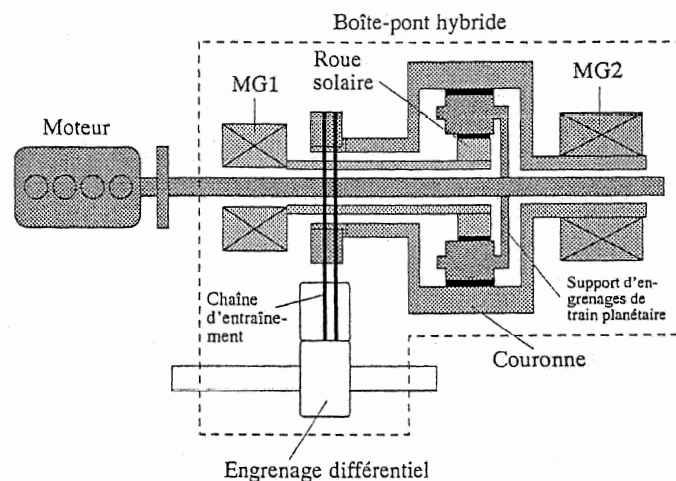
L'UCE HV assure la commutation entre ces phases ((1), (2), (3), (1) + (2) + (3) ou (4)) en fonction des conditions de déplacement du véhicule.

Il en résulte une consommation de carburant inférieure à ce que l'on obtient habituellement avec des motorisations ordinaires et une réduction des émissions de polluants dans les gaz d'échappement.

3- Système hybride.

3.1- Boîte-pont hybride.

3.1.1 -Transmission (annexe 3).

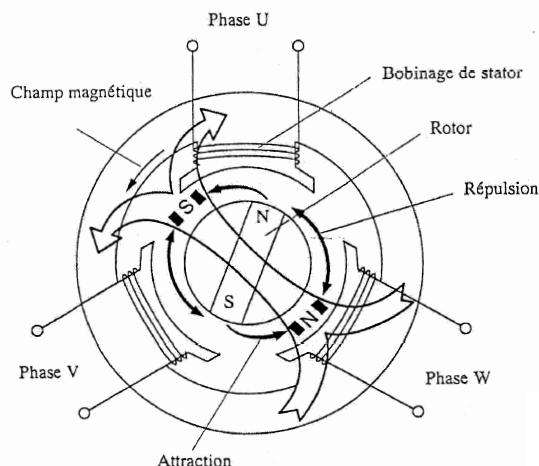


3.1.2- Moteurs générateurs.

	MG 1	MG 2
Type	Moteur synchrone à aimant permanent	
Fonction	Moteur générateur	
Tension alternative maximale (V)	500	
Puissance mécanique maximale (kW)	/	50
Couple maximale (Nm)	/	400
Fréquence de rotation (tr.mn ⁻¹)	0 à 10000	/
Type de refroidissement	Refroidissement par eau	
Type de montage	Etoile	
Résistance entre phases à 20°C (*)	135 mΩ	
Déséquilibre entre phases à 20°C	inférieur à 2 mΩ	
Cables de raccordement	< 0,5 Ω	

(*) Correction en fonction de la température:

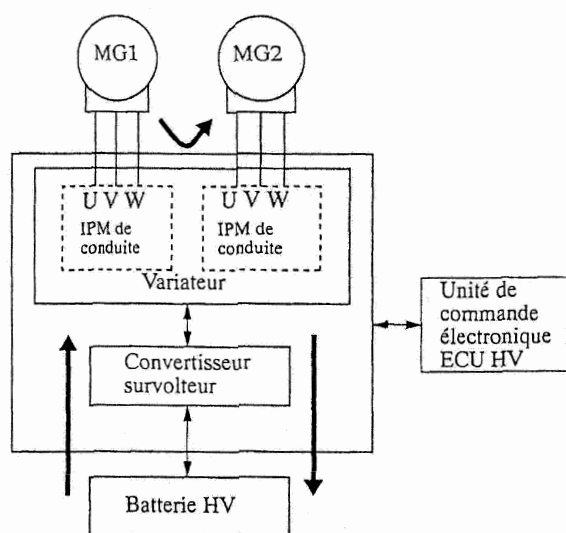
$$R_T = R_{20} \times (1 + 0,00393 \times (T-20))$$



Lorsque un courant alternatif triphasé circule dans les enroulements des bobines fixes, un champ magnétique tournant est généré dans le moteur électrique. En maîtrisant le champ on crée un couple proportionnel au courant dans les bobines et une vitesse de rotation égale au champ magnétique tournant.

3.2-Ensemble variateur.

3.2.1-Variateur.



Il génère le courant alternatif triphasé pour l'alimentation de MG 1 et de MG 2. L'activation des transistors de puissance est commandée par l'ECU HV.

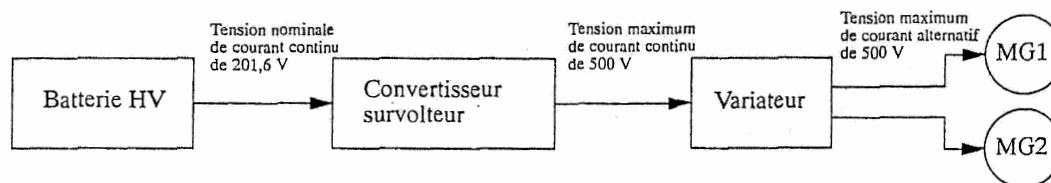
Lorsque MG 1 ou MG 2 fonctionne en tant que générateur électrique, le variateur convertit le courant alternatif produit en courant continu.

En outre, le variateur envoie à l'ECU HV les informations nécessaires à la régulation des moteurs générateurs.

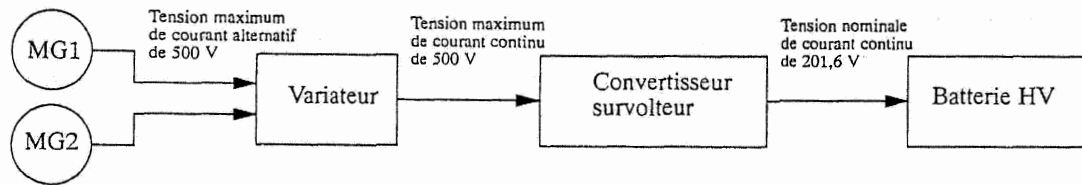
3.2.2- Convertisseur survolteur.

Il permet:

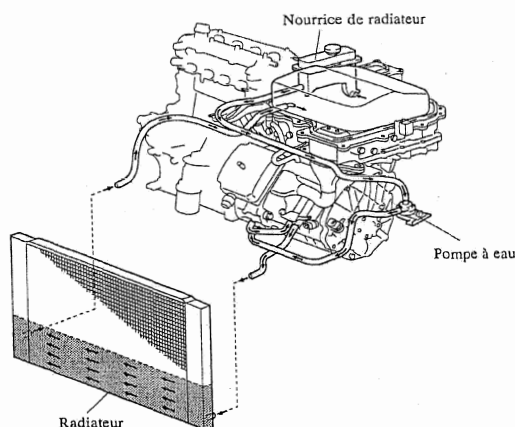
- D'élever la tension.



- De diminuer la tension.



3.3- Système de refroidissement.

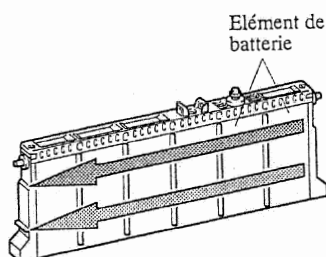


Un système de refroidissement liquide avec pompe est adopté pour l'ensemble variateur, MG 1 et MG 2. Il est séparé du dispositif de refroidissement moteur. Le radiateur du système de refroidissement est intégré au radiateur moteur.

3.4- Batteries HV et câbles d'alimentation.

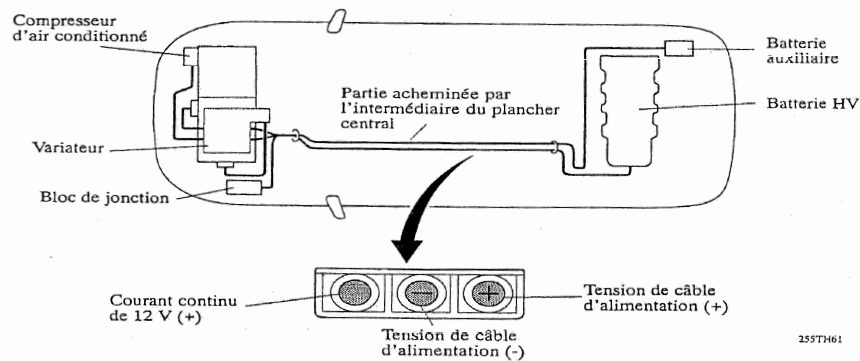
Le système adopte des modules étanches d'hydrure de métal-nickel (Ni-MH). Ils sont légers et possèdent une bonne longévité. La batterie HV est formée de 28 modules constitués chacun par 6 éléments de 1,2V.

Une prise de service chargée de couper le circuit est installée. Avant de procéder à des travaux d'entretien de n'importe quelle partie du circuit haute tension, il faut systématiquement débrancher au préalable la prise de service.



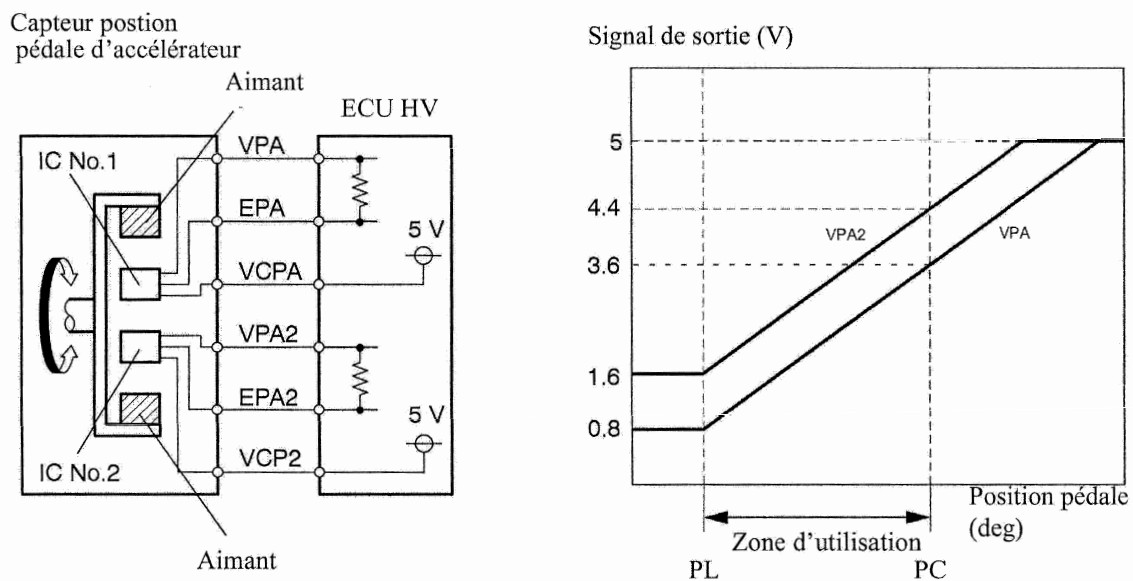
En la débranchant, le circuit haute tension est coupé (entre le module 19 et 20 de la batterie HV), ce qui constitue une disposition permettant de travailler en toute sécurité.

Des câbles à haute tension et haute intensité blindés sont utilisés de manière à réduire les interférences électromagnétiques.



3.5- Capteur de position pédale d'accélérateur.

Un dispositif magnétique installé à la base du bras de la pédale d'accélérateur tourne autour des circuits intégrés à effet Hall (IC No.1 et IC No.2). En fonction de la position de la pédale d'accélérateur, les circuits intégrés convertissent les variations de flux magnétique en signaux électriques.



3.6- SMR.

Le bloc relais SMR connecte la source d'alimentation du circuit haute tension après réception d'une instruction provenant de l'ECU HV. Trois relais sont installés.

- Mise en énergie.

Au moment de la connexion du circuit, SMR 1 et SMR 3 sont commandés, ensuite, SMR 2 est commandé à son tour tandis que SMR 1 est mis au repos. En assurant la

régulation du courant par l'intermédiaire d'une résistance, le circuit est protégé contre tout endommagement pouvant se produire par le courant impulsionnel.

- Coupure de l'énergie.

Au moment de la déconnexion, SMR 2 et SMR 3 sont mis au repos dans cet ordre.

3.7- Unité de commande électronique HV.

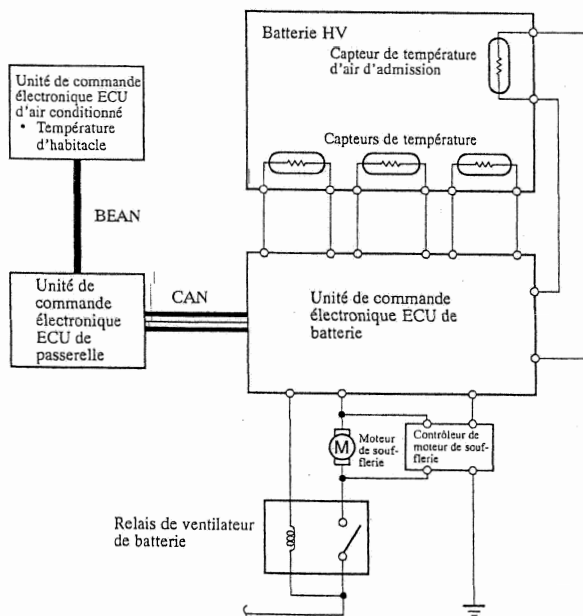
L'ECU HV détermine les conditions de déplacement du véhicule conformément aux informations reçues et commande de façon optimale MG 1, MG 2 et le moteur thermique.

3.7.1- Commande de surveillance de système.

L'ECU batterie surveille constamment l'état de charge de la batterie HV et transmet l'information à l'ECU HV. Lorsque la charge est inférieure à un niveau déterminé, l'ECU HV augmente la puissance de sortie du moteur pour actionner MG 1, qui charge la batterie HV. Lorsque le moteur est arrêté, MG 1 est commandé pour démarrer le moteur qui peut alors entraîner MG 1 pour recharger la batterie HV.

Si l'état de charge est faible ou si les températures batterie HV, MG 1 ou MG 2 sont supérieures à une valeur spécifiée, l'ECU HV limite la traction électrique du véhicule jusqu'à ce que la température soit ramenée à une valeur acceptable.

Un capteur de température incorporé à MG 2 détecte directement la température. Par contre celle de MG 1 est calculée par l'ECU HV.



Pour permettre à la batterie HV de fonctionner dans les meilleures conditions, l'ECU batterie commande le fonctionnement du ventilateur de refroidissement à partir des informations fournies par trois capteurs de température qui sont incorporés à la batterie HV et un capteur de température d'air admission.

3.7.2- Commande d'ECU de contrôle de dérapage.

L'ECU de contrôle de dérapage calcule la force de freinage totale nécessaire à partir de l'action du conducteur sur le pédale de frein. Il détermine ensuite la proportion de freinage par récupération et communique le résultat à l'ECU HV qui actionne MG 2 en conséquence.

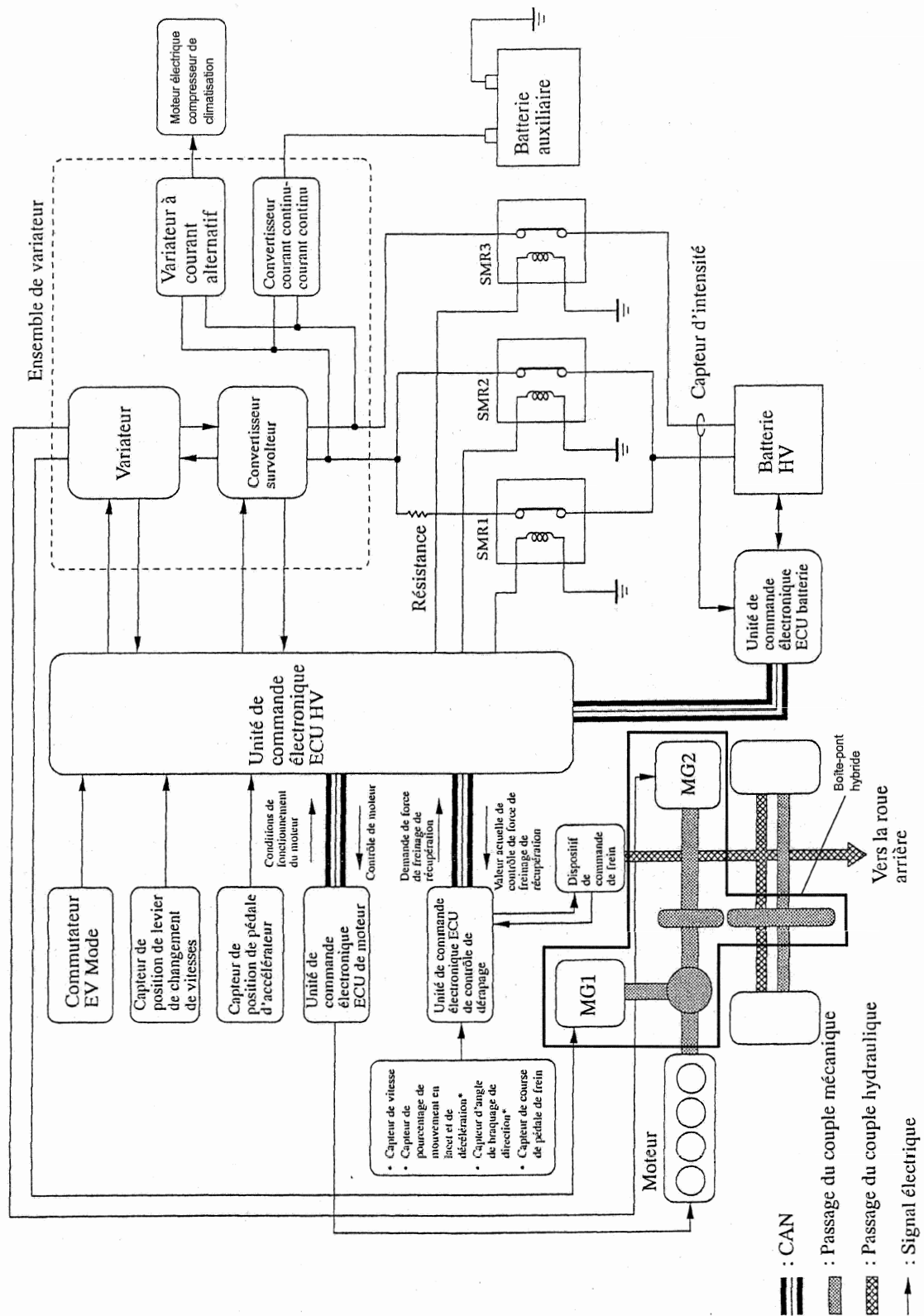
3.7.3- Entraînement électrique.

Dans le but de parvenir à un fonctionnement silencieux et sans émission de polluants, le véhicule peut être conduit avec seulement MG 2 en actionnant manuellement le commutateur EV mode.

4- Réseau CAN.

Voir annexe 4

Annexe 1 : Synoptique du système.



Annexe 2 :

Données moteur:

- Type: 4 temps à allumage commandé
- Cylindrée: 1497 cm^3
- Puissance maxi: 58 kW à 5000 tr.mn^{-1}
- Couple maxi: 115 Nm à 4000 tr.mn^{-1}

Données véhicule:

- Surface frontale: $S=2,273 \text{ m}^2$
- Coefficient de pénétration dans l'air: $Cx=0,26$
- Masse du véhicule: $M=1300 \text{ kg}$
- Vitesse maximale du véhicule: 170 km.h^{-1}
- Circonférence sous charge du pneumatique : $Cpneu=1,683 \text{ m}$

Constantes:

- Masse volumique de l'air: $\rho=1,169 \text{ kg.m}^{-3}$
- accélération terrestre: $g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Coefficient de roulement: $f=0,025$

Résistances à l'avancement:

- Résistance aérodynamique à la jante:

$$Frj \text{ aéro} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot Cx \cdot v^2$$

- Résistance au roulement à la jante:

$$Frj \text{ roul} = M \cdot g \cdot f$$

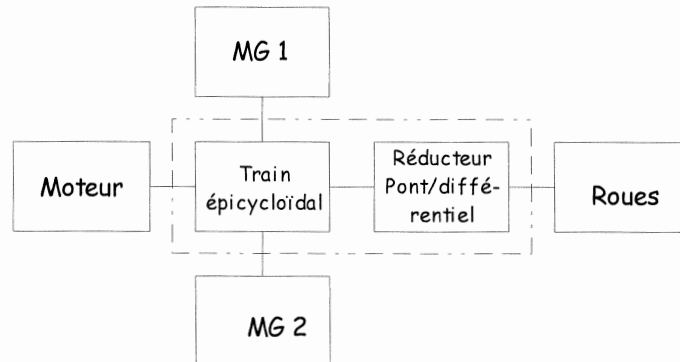
avec: $Frj \text{ (N)}$
 $v \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$

Rappel sur les unités:

- Joule: $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$
- Watt: $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$

Annexe 3 : Transmission.

Organisation.



Modélisation.

- Train épicycloïdal:

0: bâti

1: planétaire (p) $z_1=30$ dents (lié à MG 1)

2: satellite (s) $z_2=23$ dents

3: porte satellite (ps) (lié au moteur)

4: couronne (c) $z_4=78$ dents (liée à MG 2)

- Réducteur/pont:

5: pignon menant $z_5=36$ dents

6: chaîne 72 maillons

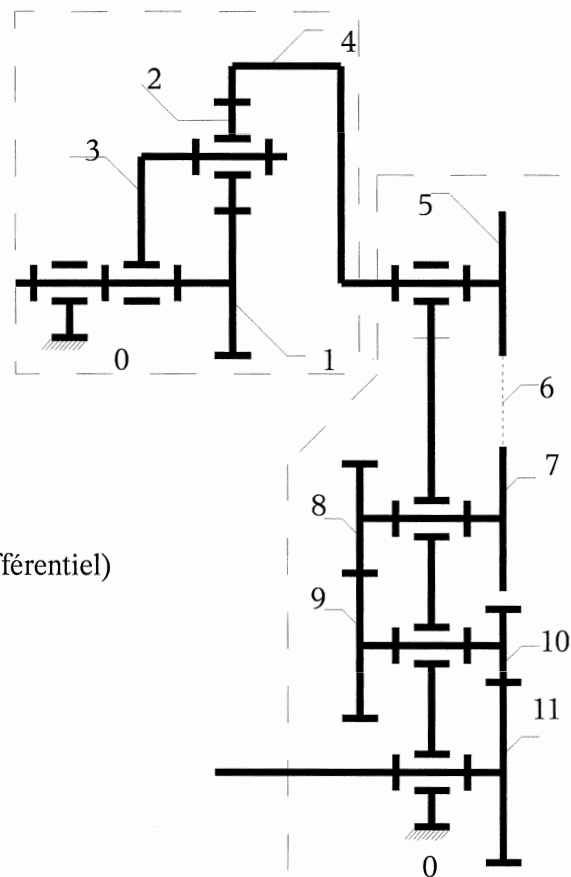
7: pignon mené $z_7=35$ dents

8: pignon menant $z_8=30$ dents

9: pignon mené $z_9=44$ dents

10: pignon menant $z_{10}=26$ dents

11: pignon mené $z_{11}=75$ dents (lié au boîtier différentiel)



Rendement de la transmission:

$$\eta_{trans} = 0,92$$

Relation de Willis.

$$\frac{(\omega_{c/o} - \omega_{ps/o})}{(\omega_{p/o} - \omega_{ps/o})} = \lambda$$

$$\lambda = (-1)^n \times \frac{(\text{Produit des nombres de dents des pignons menants})}{(\text{Produit des nombres de dents des pignons menés})}$$

où n est le nombre d'engrenages à contact extérieur

Annexe 4 : Réseau CAN

