

TOYOTA PRIUS

(Source : Concours Centrale Supélec TSI 2006)



Objectifs de l'étude :

- Déterminer la plage de variation du rapport cyclique α permettant d'obtenir une tension U_1 constante quelle que soit la valeur de la tension batterie U_0 ;
- Déterminer la valeur de l'inductance permettant d'obtenir une durée de vie de batterie d'environ 150.000 km ;
- Déterminer les contraintes en tension et en courant pour les interrupteurs K_1-D_1 et K_2-D_2 et choisir le module qui convient dans la documentation constructeur.

Mise en situation

Le constructeur automobile japonais **TOYOTA** commercialise un véhicule de tourisme à motorisation hybride, la **TOYOTA PRIUS**. Cette motorisation repose sur la combinaison d'un moteur électrique et d'un moteur à essence.

L'idée d'associer à bord d'un même véhicule, un moteur électrique et un moteur thermique permet de conserver un excellent niveau de performances dynamiques, tout en diminuant sensiblement la pollution en milieu urbain, grâce à une gestion énergétique optimisée.



Figure 1 : La TOYOTA PRIUS

En **technologie hybride**, un **calculateur sélectionne le meilleur mode opératoire** en fonction de n'importe quelle situation. Il opte pour la propulsion électrique seule lorsque cela est possible ou pour une répartition entre propulsion électrique et thermique lorsque cela est nécessaire. La batterie se recharge automatiquement grâce au moteur essence mais aussi lors des décélérations ou du freinage.

Les émissions de CO_2 sont de 104 g.km^{-1} , soit un niveau qui lui permet de rivaliser avec les voitures diesel citadines, les émissions d'oxyde d'azote et d'hydrates de carbone sont plus faibles que pour n'importe quelle voiture à moteur thermique existante. Quant aux émissions de particules, inconvénient important des moteurs diesel, elles sont réduites à zéro.

La chaîne simplifiée de transmission est représentée ci-dessous.

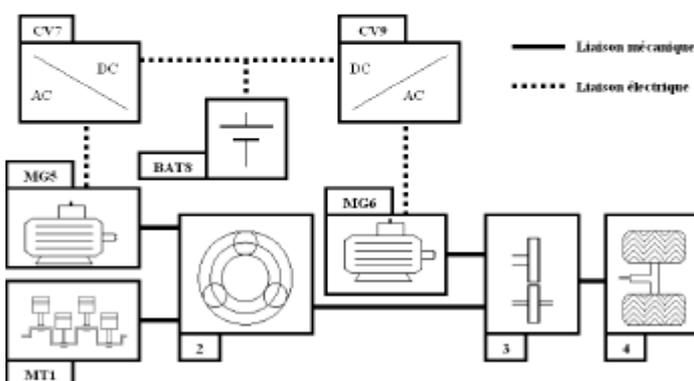


Figure 2 : Chaîne simplifiée de transmission des énergies

MT1	Moteur à essence, puissance utile de 57 kW à 5000 tr.min ⁻¹
2	Répartiteur de puissance (train épicycloïdal)
3	Réducteur + différentiel
4	Roues motrices directrices (train avant)
MG5	Machine électrique permettant le démarrage du moteur MT1 et la recharge de la batterie BAT8 . Puissance utile nominale = 18 kW (mode moteur)
MG6	Machine électrique permettant de fournir de l'énergie aux roues ou de recharger la batterie BAT8 .
CV7	Convertisseur AC/DC réversible.
BAT8	Batterie d'accumulateurs Nickel-Métal hydrure. Tension Nominale = 202 V.
CV9	Convertisseur AC/DC réversible.



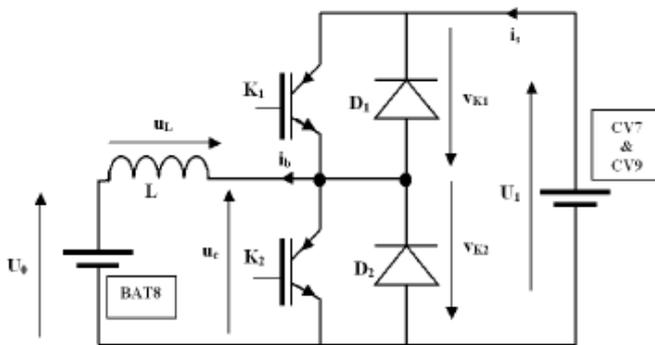
TD Etude de la chaîne de conversion électromécanique – hacheur

Dans la **première version** de la PRIUS (année 2000) les convertisseurs **CV7** et **CV9** étaient directement reliés à la batterie **BAT8** (figure2).

Dans la **seconde version (étudiée ici)** de la PRIUS (année 2004), le constructeur a intercalé un convertisseur DC/DC entre la batterie et les convertisseurs **CV7** et **CV9**.

Ce convertisseur permet d'obtenir une tension d'alimentation de **CV7** et **CV9** de 500 V à partir d'une tension aux bornes de la batterie **BAT8** comprise entre 150 V et 260 V.

La structure du convertisseur DC-DC intercalé est la suivante :



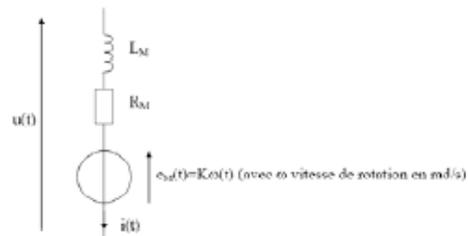
Les interrupteurs **K₁** et **K₂** sont des **IGBT** (Insulated Gate Bipolar Transistor). La période du signal de commande des interrupteurs **K₁** et **K₂** est **T_h = 50 μs**.

L'interrupteur **K₁** est commandé à la fermeture de l'instant **t = 0** à l'instant **t = αT_h**, puis à l'ouverture de l'instant **t = αT_h** à l'instant **t = T_h**.

La commande de l'interrupteur **K₂** est complémentaire de la commande de l'interrupteur **K₁**.

Détermination de la plage de variation du rapport cyclique α

La tension **U₀** est la tension continue mesurée aux bornes de la batterie. Cette tension **U₀** dépend de la température de la batterie, de la quantité d'électricité stockée dans la batterie et de la valeur moyenne du courant **i_b**. On donne **150 V < U₀ < 260 V**.



Objectif de l'étude : Déterminer la plage de variation du rapport cyclique **α** permettant d'obtenir une tension **U₁** constante quelle que soit la valeur de la tension batterie **U₀**.

Critère : La tension **U₁** doit être une tension continue constante égale à **500 V**.

Hypothèses :

- Tous les interrupteurs sont considérés comme idéaux ;
- La conduction est continue dans **BAT8** ;
- Pendant une période de hachage, le courant **i_b** est soit strictement positif, soit strictement négatif.

Question 1 : Donner, pour **0 ≤ t ≤ αT_h**, les expressions des grandeurs **u_c(t)**, **v_{K1}(t)**, **v_{K2}(t)** et **u₁(t)** en fonction de **U₁** et **U₀**.

Question 2 : Donner, pour **αT_h ≤ t ≤ T_h**, les expressions des grandeurs **u_c(t)**, **v_{K1}(t)**, **v_{K2}(t)** et **u₁(t)** en fonction de **U₁** et **U₀**.

Question 3 : Déterminer l'expression de **<u_c>** en fonction de **α** et **U₁**.

Question 4 : Déterminer l'expression de **<u_c>** en fonction de **U₀**. Exprimer alors **α** en fonction de **U₀** et **U₁**.

Question 5 : Conclure sur la plage de variation du rapport cyclique **α**.