

## Master 1 EEA

## EM8ECEFM : Commande des Machines Electriques

Examen du 23 mai 2013

Sans document

Durée : 1H30

## EXERCICE

La figure I-1 représente de manière simplifiée le système de propulsion d'un véhicule automobile électrique. Le moteur est une machine à courant continu à aimants permanents.

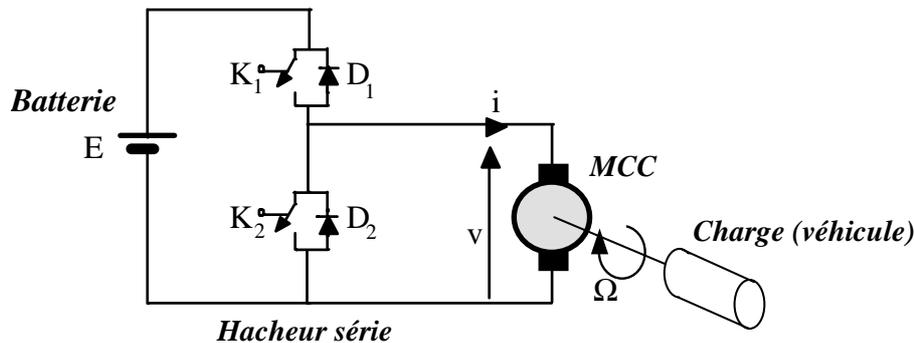


Figure I-1

Fonctionnement du hacheur série

**I-1-** En repérant la position des interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  par une variable binaire notée  $u$ , rappeler au moyen d'un graphe d'état les 2 configurations de marche du hacheur.

**I-2-** Donner un modèle électrique équivalent de ce hacheur au moyen d'une source commandée.

**I-3-** Ce hacheur est-il réversible en courant ? Pourquoi ? Quels avantages cela procure-t-il dans le cadre du véhicule ?

Commande du couple du moteur

Afin de donner au conducteur la maîtrise des accélérations (et décélérations...) de son véhicule, le concepteur a décidé de réaliser une commande en boucle fermée du couple du moteur. La consigne de cet asservissement sera associée à la position de la pédale d'accélérateur.

**I-4-** Pourquoi, en terme d'ergonomie de conduite, ce choix est-il judicieux ?

**I-5-** Rappeler l'expression du couple  $C_m$  du moteur utilisé et en déduire une stratégie possible pour commander en boucle fermée ce couple.

**I-6-** En supposant que  $u$  est piloté par Modulation de Largeur d'Impulsions (MLI) déterminer un schéma fonctionnel de l'asservissement proposé à la question précédente, en explicitant les différentes fonctions de transfert du processus en boucle ouverte (Modulateur MLI et modèle du moteur). Le choix du correcteur sera aussi justifié.

**I-7-** Proposer une méthode de réglage du correcteur.

## PROBLEME

La figure II-1 représente un schéma simplifié de l'entraînement électrique d'un tapis roulant sur une chaîne de fabrication. L'alimentation électrique primaire est sinusoïdale de fréquence 50 Hz :  $v_e(t) = V_m \sin(\omega t)$ . Le redresseur fonctionne en conduction continue. Le moteur électrique à courant continu et à aimants permanents. La charge mécanique sera modélisée par un moment d'inertie  $J_{ch}$  et l'ensemble des couples de frottement sera noté  $C_r$ .

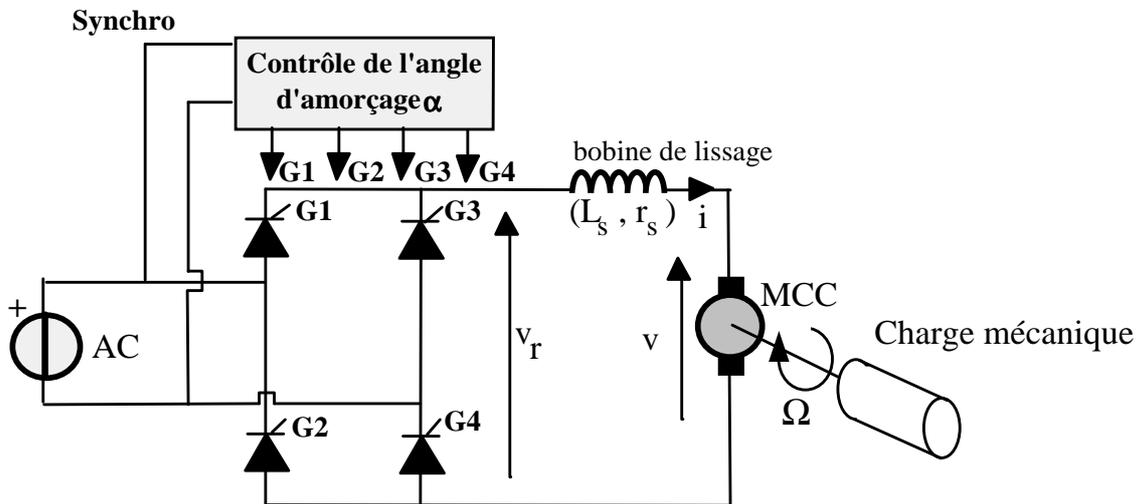


Figure II-1

### Modélisation

**II-1-** Rappeler l'expression de la tension de sortie moyenne du redresseur  $V_r$  en fonction de l'angle d'amorçage des thyristors (repéré par rapport aux passages à 0 de la tension d'entrée)  $V_r = f(\alpha)$ .

**II-2-** Proposer une méthode de linéarisation de la fonction  $V_r = f(\alpha)$ . On notera  $U$  la nouvelle entrée. En déduire un schéma fonctionnel du redresseur, prenant en compte les éventuels retards.

On souhaite maintenant modéliser le transfert entre la tension  $V_r$  et la vitesse de rotation  $\Omega$ .

**II-3-** Proposer un schéma électrique équivalent de la maille comprenant la bobine de lissage et le moteur à courant continu. En déduire un schéma fonctionnel.

**II-4-** Déterminer le modèle mécanique de l'ensemble moteur et charge et en déduire un schéma fonctionnel.

**II-5-** Donner le schéma fonctionnel complet de l'ensemble (redresseur "linéarisé", moteur, charge mécanique), en prenant pour entrée de commande  $U$ , comme entrée de perturbation  $C_r$  et comme sortie la vitesse  $\Omega$ .

Asservissement de vitesse

**II-6-** Proposer une structure de commande en boucle fermée permettant de maîtriser le couple du moteur à courant continu (principe, choix du correcteur, méthode de réglage, ...).

**II-7-** En supposant cette boucle de couple idéale, proposer une structure d'asservissement de la vitesse  $\Omega$ . Le type de correcteur choisi devra être justifié. La consigne en vitesse sera notée  $\Omega_{\text{ref}}$ .

**II-8-** Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée  $\left. \frac{\Omega(p)}{\Omega_{\text{ref}}(p)} \right|_{C_r=0}$  pour un couple de frottement  $C_r$  nul. et proposer une méthode de réglage du correcteur.

**II-9-** Proposer une stratégie de commande permettant de rejeter au mieux l'influence des variations du couple de frottement  $C_r$  sur l'asservissement de vitesse. On s'aidera d'un schéma fonctionnel.

\* \* \*



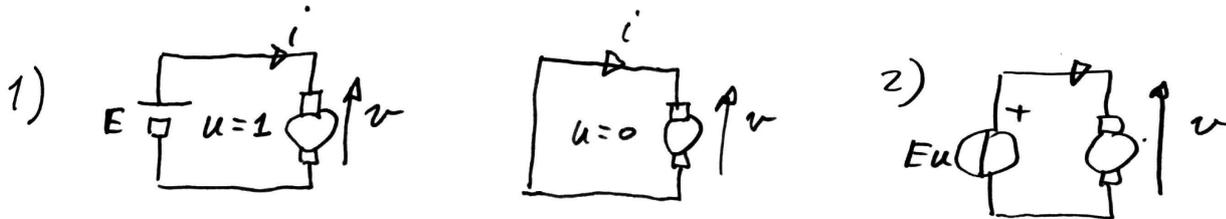
**Master 1 EEA**

**EM8ECEFM : Commande des Machines Electriques**

Examen du 23 mai 2013

**ELEMENTS DE CORRECTION**

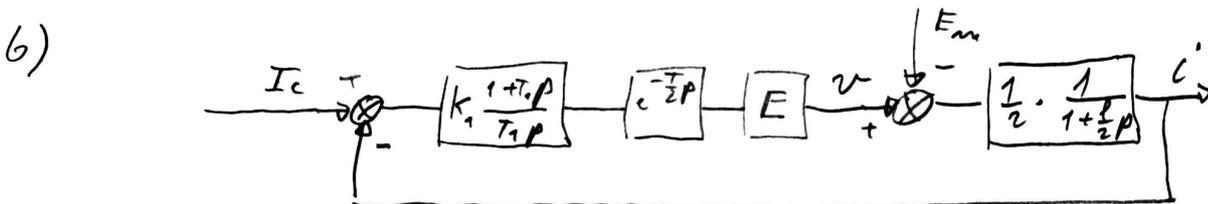
**EXERCICE**



3) Oui, bloquer 2 quadrants (bras d'onduleur)  
 ⇒ récupération freinage.

4) En maîtrisant le couple (c'est à dire les accélérations)  
 le conducteur peut moduler la vitesse.

5)  $C_m(t) = k_m i(t) \Rightarrow$  asservissement de courant induit.

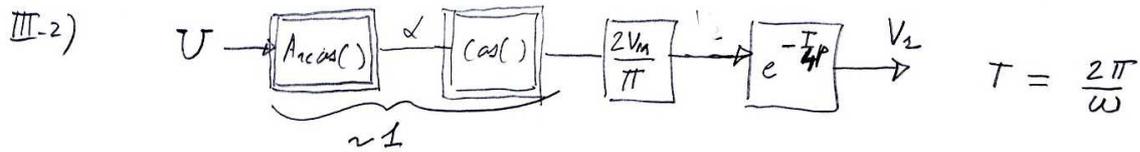


PI car problème de précision statique

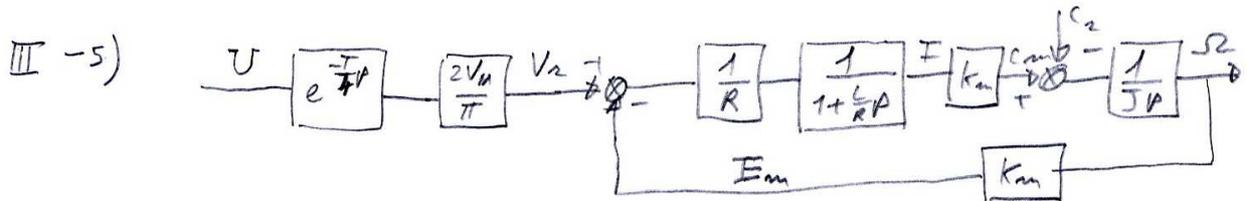
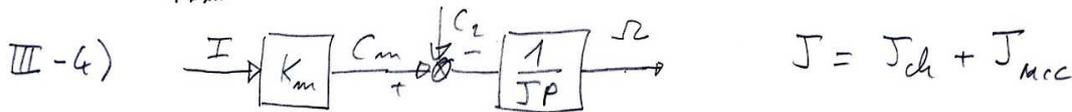
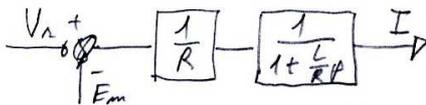
7) Compensation de pôles ( $T_1 = \frac{l}{2}$ ) ou réglage 2<sup>o</sup> ordre.

**PROBLEME**

III-1)  $V_2 = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha$



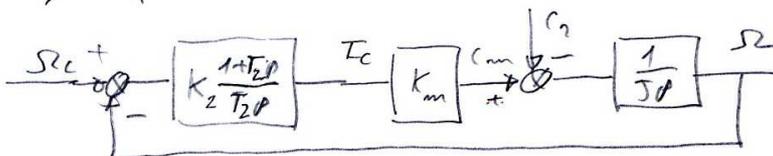
III-3) Posons  $L = L_s + l$  (with  $l$  labeled MCC)  $R = r + r_s$  (with  $r_s$  labeled MCC)



III-6) Asservissement du courant induct (Voir TD) -  $I_c$  consigne.

III-7) Voir TD

III-8)  $\frac{I}{4}$  négligé Posons  $A = \frac{2V_m}{\pi}$



$$\left. \frac{\Omega(p)}{Sc(p)} \right|_{C_2=0} = \frac{K_m K_2 (1+T_2 p)}{T_2 J p^2 + K_2 K_m (1+T_2 p)} = \frac{1+T_2 p}{1 + \frac{T_2}{K_c K_m} p + \frac{T_2 J}{K_2 K_m} p^2} \quad \text{Voir TD.}$$

III-9) Estimation de  $C_2$   $C_2(p) = C_m(p) J p - S_c(p)$

$$\hat{C}_2(p) = K_m I - \frac{J p}{1+T_2 p} \Omega(p) \Rightarrow \text{Rajouter à } I_c \text{ le terme } \frac{\hat{C}_2}{K_m}$$