

Connaissances	Moteur électrique à courant continu		
Capacités	Adapter les paramètres de la simulation		
Activités (1 H)	Simuler la commande du moteur à courant continu de la voiture RC.		
Ressources documentaires	Dossier technique voiture radiocommandée		
Ressources matérielles	Ordinateur avec logiciel Matlab + Simulink		

Ce TP porte sur la voiture radiocommandée. Il a pour objectif de simuler le fonctionnement de la commande du moteur à courant continu (variation de vitesse, inversion du sens de rotation).

1. PRÉSENTATION

La voiture modèle réduit à l'échelle 1/10, radiocommandée est dotée d'un moteur électrique, qui remplace le moteur thermique d'origine. La radiocommande permet d'agir sur la vitesse et sur la direction du véhicule par l'intermédiaire d'un variateur électronique et d'un servomoteur.



Figure 1

2. PARAMÈTRES DU MODÈLE DE SIMULATION DU MOTEUR À COURANT CONTINU

On utilise le logiciel *Simulink* (intégré à *Matlab*) pour simuler le fonctionnement de la commande du motoréducteur à courant continu Graupner speed gear 600.

 \mathcal{A} Copier, sur votre lecteur personnel, le dossier *TP08* présent dans le répertoire *Documents en consultation* du lecteur classe.

 \mathcal{P} Double cliquer sur le fichier *mcc2.slx* pour l'ouvrir.

 \swarrow La fenêtre donnée *figure 2* détaille les paramètres du modèle du moteur à courant continu utilisé pour la simulation. A l'aide des caractéristiques techniques du motoréducteur (page 7 du fichier *DT voiture RC.pdf*) :

- relever la valeur des paramètres utilisés pour la modélisation ;

- reporter ces valeurs dans la figure 2.

Block Parameters: DC Motor		Σ	3		
DC Motor			-		
This block represents the electrical and torque characteristics of a DC motor.					
The block assumes that no electrom: same numerical value when in SI un speed and stall torque. If no informa small non-zero value. When a positive current flows from t	agnetic energy is lost, and hence the back-emf and ts. Motor parameters can either be specified direct tion is available on armature inductance, this parar he electrical + to - ports, a positive torque acts from	torque constants have the dy, or derived from no-load neter can be set to some m the mechanical C to R			
ports. Motor torque direction can be Parameters	changed by altering the sign of the back-emf or tor	que constants.			
Electrical Torque Mechanical					
Model parameterization: By rated power, rated speed & no-load speed					
Armature inductance:	1.2e-2	H 👻			
No-load speed:		rpm 🝷			
Rated speed (at rated load):		rpm 👻			
Rated load (mechanical power):		W -			
Rated DC supply voltage:		V -			
Rotor damping parameterization:	By no-load current	•			
No-load current:		Α -			
DC supply voltage when measuring no-load current:		۷ -	+		
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
OK Cancel Help Apply					

Figure 2

Double cliquer sur l'élément *DC Motor*. Reporter les valeurs des paramètres du modèle du motoréducteur.



3. MISE EN ŒUVRE DE LA VARIATION DE VITESSE (HACHEUR 1 QUADRANT)

Dans la voiture radiocommandée, la tension d'alimentation provient d'une batterie. Pour obtenir une variation de vitesse du moteur. Il faut donc mettre en œuvre un dispositif qui permet de faire varier la tension Um à partir d'une tension d'alimentation fixe. Ce dispositif est nommé hacheur un quadrant. Il utilise un composant qui fonctionne comme un interrupteur pour découper la tension fournie au moteur.

L'état de l'interrupteur (switch) est commandé par le bloc PS Constant. L'interrupteur est :

- ouvert lorsqu'on affecte la valeur 0 au bloc PS Constant ;
- fermé lorsqu'on affecte la valeur 1 au bloc PS Constant ;

 \mathcal{A} Lancer la simulation en cliquant sur le bouton \blacktriangleright (*Run*). Relever la valeur de la tension moyenne *Um* aux bornes du moteur en fonction de l'état de l'interrupteur (switch) :

État de l'interrupteur	Valeur de la tension <i>Um</i> (V)	Fréquence de rotation N (tr/min)
Ouvert		
fermé		

Pour que l'arbre moteur tourne sans s'arrêter, l'interrupteur doit être ouvert et fermé à une fréquence suffisamment élevée. Pratiquement, on remplace l'interrupteur par un transistor et on applique sur l'entrée de commande un signal périodique :



H Ouvrir le fichier mcc3.slx. Cliquer sur le générateur Pulse Generator. Régler le rapport cyclique (pulse width) à 10 %. Simuler le fonctionnement.

Mesurer et reporter dans le tableau ci-dessous les valeurs de :
Nmot, la fréquence de rotation de l'arbre moteur (affichée en tr/min);

- Umoy, la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur.

A Reprendre la simulation pour les autres valeurs du rapport cyclique données dans le tableau.

Rapport cyclique α (%)	10	30	50	70	90
Nmot (tr/min)					
Umoy (V)					

 \swarrow Tracer la caractéristique *Umoy* = f(α) :



 \varkappa Comment évolue *Umoy* la tension moyenne aux bornes du moteur lorsque le rapport cyclique α augmente?



4. INVERSION DU SENS DE ROTATION

 \mathcal{T} Ouvrez le fichier *mcc1.slx*. Modifier le schéma pour obtenir l'inversion du sens de rotation (fréquence de rotation négative). Tester le fonctionnement par simulation.

Compléter le schéma (*figure 3*) qui permet d'obtenir une fréquence de rotation négative :



5. HACHEUR 4 QUADRANTS

Le fonctionnement du moteur dans les deux sens est obtenu en utilisant un montage appelé hacheur 4 quadrants.

5.1.1. FONCTIONNEMENT DANS LES DEUX SENS

Le schéma de principe du hacheur 4 quadrants est le suivant. La rotation dans les deux sens et l'arrêt du moteur dépendent de l'état des interrupteurs.



1 Ouvrir le fichier *mcc4.slx*.

Deur chacun des quatre cas de fonctionnement donnés :

- ajuster la position des interrupteurs et lancer la simulation ;
- mesurer la fréquence de rotation de l'arbre moteur Nmot ;
- mesurer la valeur de la tension Um.
- reporter les valeurs dans le tableau suivant :

Cas	Position des interrupteurs (Ouvert / Fermé)			Nmot	Um	
Cas Sw	Switch1	Switch2	Switch3	Swith4	Nmol	Um
1	0	0	F	F		
2	Ο	F	F	0		
3	F	F	0	0		
4	F	0	0	F		

- ∠ Dans quels cas le moteur est-il à l'arrêt ?
- ∠ Dans quel cas l'arbre moteur est-il en rotation sens positif ? Que vaut alors Um ?
- Z Dans quel cas l'arbre moteur est-il en rotation sens négatif ? Que vaut alors Um ?

5.1.2. MODULATION DE LA VITESSE DE ROTATION

Les switchs (transistors) sont commandés par paire (Swith1 avec Switch3 et Switch2 avec Switch4). On applique sur les entrées de commande deux signaux périodiques inversés.

 \bigcirc Ouvrez le fichier *mcc6.slx*.

¹ Cliquer sur le générateur *Pulse Generator*. Régler le rapport cyclique (*pulse width*) à 10 %. Simuler le fonctionnement.

- \mathcal{A} Mesurer et reporter dans le tableau ci-dessous les valeurs de :
 - Nmot, la fréquence de rotation de l'arbre moteur (affichée en tr/min) ;
 - Umoy, la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur.

A Reprendre la simulation pour les autres valeurs du rapport cyclique données dans le tableau.

Rapport cyclique α (%)	10	30	50	70	90
Nmot (tr/min)					
Umoy (V)					

 \varkappa Tracer la caractéristique *Umoy* = f(α) :



- 💉 Pour quelle valeur du rapport cyclique l'arbre moteur est-il quasiment à l'arrêt ?
- Ø Pour quelles valeurs du rapport cyclique l'arbre moteur est-il en rotation sens positif ?
- 🙇 Pour quelles valeurs du rapport cyclique l'arbre moteur est-il en rotation sens négatif ?

6. SYNTHÈSE

- 🙇 De quoi dépend le sens de rotation de l'arbre moteur ?
- 🙇 De quoi dépend la fréquence de rotation de l'arbre moteur ?

 \varkappa Comment est obtenue la variation de la tension aux bornes du moteur lorsqu'on utilise une batterie comme alimentation ?

🙇 Quel est le nom du montage qui permet de moduler la vitesse de l'arbre moteur dans un sens ?

Solution Quel est le nom du montage qui permet de moduler la vitesse de l'arbre moteur dans les deux sens ?