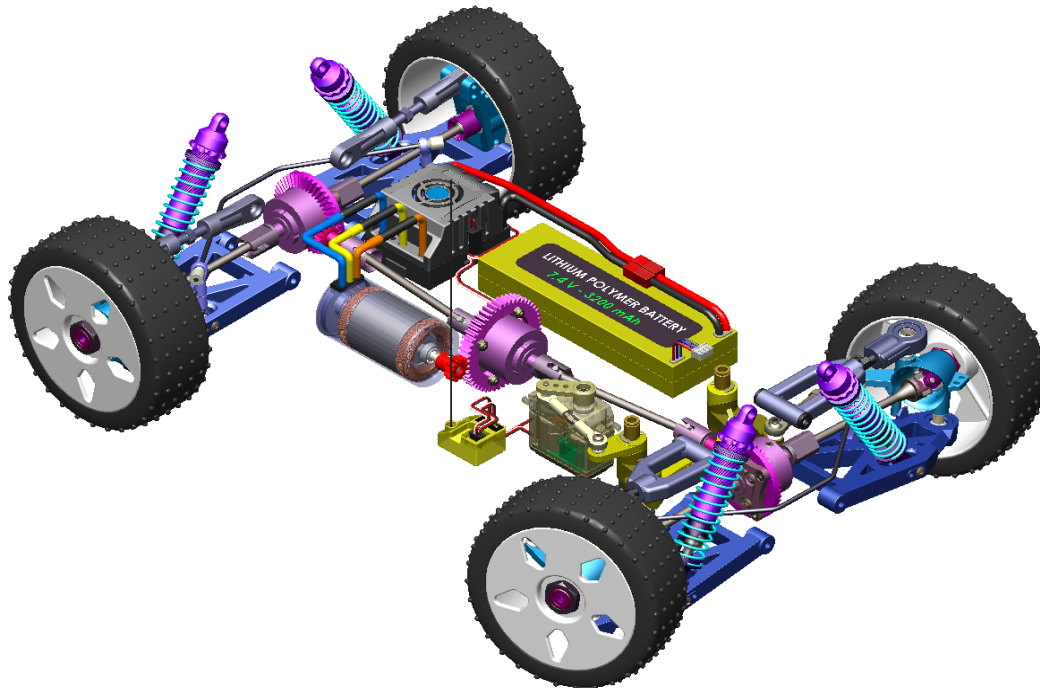


<b>Centres d'intérêt abordés</b>	Énergie
<b>Niveau d'analyse</b>	Comportemental
<b>Objectifs pédagogiques</b>	3.2.1 Transformateurs et modulateurs d'énergies associés
<b>Connaissances</b>	Modulation d'énergie pour un moteur électrique à courant continu
<b>Activités (1 H 30)</b>	Simuler la commande du moteur à courant continu de la voiture RC.
<b>Ressources documentaires</b>	Cours : Transformations d'énergies (chap. 13)
<b>Ressources matérielles</b>	Ordinateur avec logiciel Proteus

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. VOITURE RADIOCOMMANDÉE ÉLECTRIQUE

### 1.1. FONCTIONNEMENT

La voiture modèle réduit à l'échelle 1/8, 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.

✎ Sur la vue partielle de la voiture radiocommandée, repérer les actionneurs (moteur électrique et servomoteur).

## 2. SIMULATION DE LA COMMANDE DU MOTEUR ÉLECTRIQUE À COURANT CONTINU

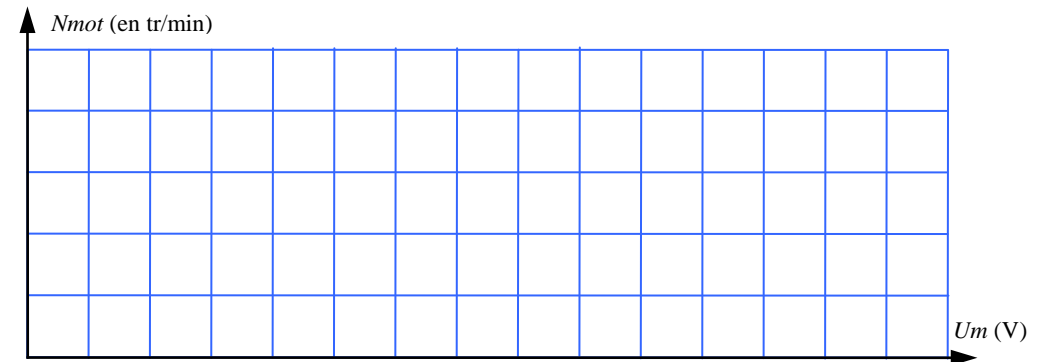
### 2.1. PARAMÈTRE DE COMMANDE DE LA VITESSE DU MOTEUR

🔗 A l'aide du logiciel de simulation ISIS, ouvrez le fichier *mcc1.dsn* présent dans le répertoire *documents en consultation* du lecteur de la classe et sauvegardez-le sur votre lecteur personnel.

🔗 Simuler le fonctionnement. Pour les valeurs de  $U_m$  données ci-dessous, relever  $N_{mot}$  la fréquence de rotation de l'arbre moteur (affichée en tr/min).

$U_m$ (en V)	0	2	4	6	8	10	12
$N_{mot}$ (en tr/min)							

✎ Tracer la caractéristique  $N_{mot} = f(U_m)$ , fréquence de rotation du moteur en fonction de la tension :



✎ Comment évolue la fréquence de rotation du moteur lorsque la tension  $U_m$  augmente ?

---



---

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

Dans la voiture radiocommandée, la tension d'alimentation provient des deux batteries. On ne peut pas faire varier la tension qu'elles fournissent.

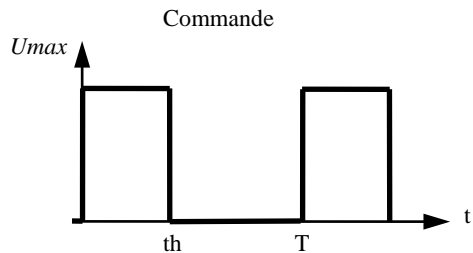
Pour obtenir une variation de vitesse du moteur, Il faut donc mettre en œuvre un dispositif qui permet de faire varier la tension  $U_m$  à partir d'une tension d'alimentation fixe. Ce dispositif est nommé hacheur série (ou hacheur un quadrant). Il utilise un composant qui fonctionne comme un interrupteur pour découper la tension fournie au moteur.

🔗 Ouvrez le fichier *mcc2.dsn* et sauvegardez-le sur votre lecteur personnel.

🔗 Simuler le fonctionnement. Relever la valeur de la tension  $U_m$  aux bornes du moteur en fonction de l'état de l'interrupteur :

État de l'interrupteur	Valeur de la tension $U_m$
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 (Q1) et on applique sur l'entrée de commande un signal périodique :



Pour ce signal, de forme rectangulaire, on définit le rapport cyclique  $\alpha$  et la valeur moyenne  $U_{moy}$  :

$\alpha = \frac{th}{T}$
$U_{moy} = \frac{\mathcal{A}}{T}$ où $\mathcal{A}$ représente l'aire du signal
$\mathcal{A} = U_{max} \times th$

🔗 Ouvrez le fichier *mcc3.dsn* et sauvegardez-le sur votre lecteur personnel.

🔗 Cliquer sur le générateur COMMANDE. Régler la largeur de l'impulsion (rapport cyclique) à 10 %. Simuler le fonctionnement.

🔗 Mesurer  $N_{mot}$  la fréquence de rotation de l'arbre moteur (affichée en tr/min). Reporter la valeur dans le tableau.

🔗 Quelle est l'allure de la tension  $U_m$ , visualisée à l'oscilloscope :

---



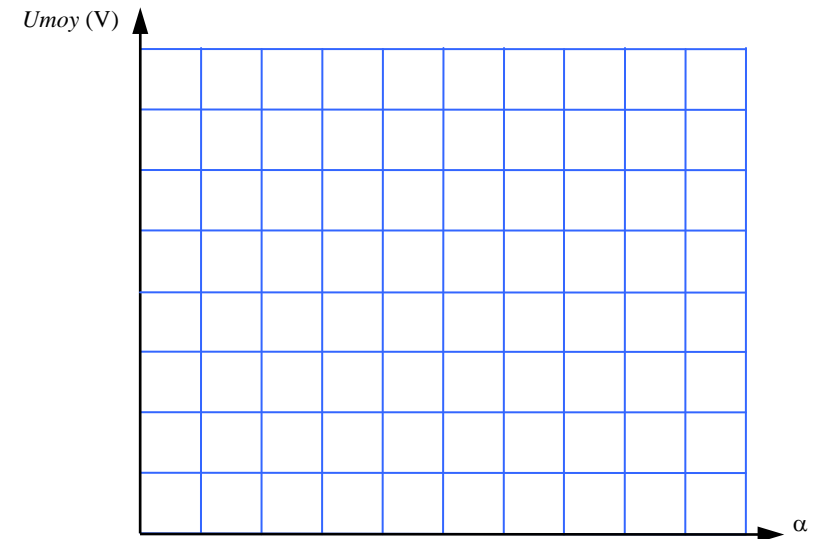
---

🔗 Calculer  $U_{moy}$  la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur (en utilisant les formules données). Reporter la valeur dans le tableau.

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

Rapport cyclique $\alpha$ (%)	10	30	50	70	90
$N_{mot}$ (tr/min)					
$U_{moy}$ (V)					

🔗 Tracer la caractéristique  $U_{moy} = f(\alpha)$  :



🔗 Comment évolue  $U_{moy}$  la tension moyenne aux bornes du moteur lorsque le rapport cyclique  $\alpha$  augmente ?

---



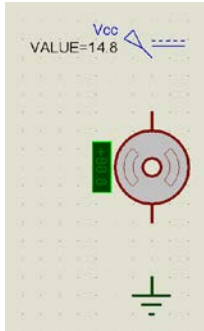
---

### 2.3. INVERSION DU SENS DE ROTATION

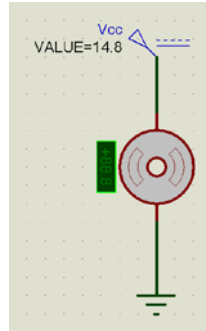
Ouvrez le fichier *mcc1.dsn*. Modifiez le schéma pour obtenir l'inversion du sens de rotation (fréquence de rotation négative). Testez le fonctionnement par simulation.

Compléter le schéma qui permet d'obtenir une fréquence de rotation négative :

Sens de rotation négatif



Sens de rotation positif



### 2.4. HACHEUR 4 QUADRANTS

Le fonctionnement du moteur dans les deux sens est obtenu en utilisant un montage hacheur 4 quadrants qui permet :

- d'obtenir les deux sens de rotation ;
- de moduler la vitesse de rotation

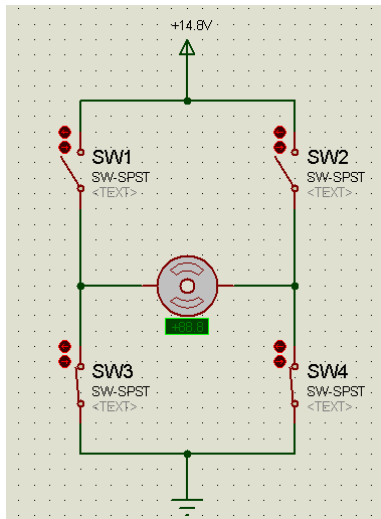


Figure 1

#### 2.4.1. FONCTIONNEMENT DANS LES DEUX SENS

Le schéma de principe du hacheur 4 quadrants est donné *figure 1*. La rotation dans les deux sens et l'arrêt du moteur dépendent de l'état des interrupteurs.

Ouvrez le fichier *mcc4.dsn* et sauvegardez-le sur votre lecteur personnel.

Cliquer sur le bouton *Mode instruments virtuels*, puis sélectionner *DC VOLTMETER*. Placer le voltmètre aux bornes du moteur pour mesurer la tension  $U_m$

- Pour 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  $N_{mot}$  ;
  - Mesurer la valeur de la tension  $U_m$ .

Reporter les valeurs dans le tableau :

Cas	Position des interrupteurs (Ouvert / Fermé)				$N_{mot}$	$U_m$
	SW1	SW2	SW3	SW4		
1	O	O	F	F		
2	O	F	F	O		
3	F	F	O	O		
4	F	O	O	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  $U_m$  ?

Dans quel cas l'arbre moteur est-il en rotation sens négatif ? Que vaut alors  $U_m$  ?

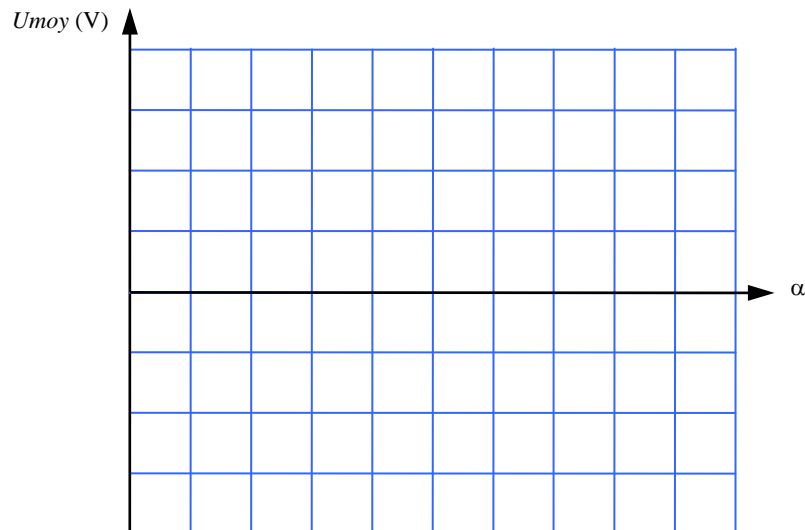
2.4.2. MODULATION DE LA VITESSE DE ROTATION

Pratiquement, on remplace les interrupteurs par quatre transistors. Ils sont commandés par deux (Q1 avec Q3 et Q2 avec Q4). On applique sur les entrées de commande deux signaux périodiques inversés.

- 🔗 Ouvrez le fichier *mcc5.dsn* et sauvegardez-le sur votre lecteur personnel.
- 🔗 Cliquez sur le générateur COMMANDE. Réglez la largeur de l'impulsion (rapport cyclique) à 10 %. Simuler le fonctionnement.
- 🔗 Mesurer  $N_{mot}$  la fréquence de rotation de l'arbre moteur (affichée en tr/min). Reporter la valeur dans le tableau.
- ✍️ Calculer  $U_{moy}$  la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur (en utilisant les formules données à la page 2). Reporter la valeur dans le tableau.
- 🔗 Reprendre la simulation pour les autres valeurs du rapport cyclique données dans le tableau.

Rapport cyclique $\alpha$ (%)	10	25	50	75	90
$N_{mot}$ (tr/min)					
$U_{moy}$ (V)					

✍️ Tracer la caractéristique  $U_{moy} = f(\alpha)$  :



- ✍️ Pour quelle valeur du rapport cyclique l'arbre moteur est-il à l'arrêt ?  
\_\_\_\_\_
- ✍️ 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 ?  
\_\_\_\_\_

3. SYNTHÈSE

- ✍️ De quoi dépend le sens de rotation de l'arbre moteur ?  
\_\_\_\_\_
- ✍️ De quoi dépend la fréquence de rotation de l'arbre moteur ?  
\_\_\_\_\_
- ✍️ 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 ?  
\_\_\_\_\_
- ✍️ Quel est le nom du montage qui permet de moduler la vitesse de l'arbre moteur dans les deux sens ?  
\_\_\_\_\_