

TD13

TD 13 / METTRE EN MOUVEMENT / MOTEURS

Objectifs pédagogiques

A la fin de cette thématique, les étudiant·e·s seront capables de :

- Démontrer l'intérêt d'un pilotage numérique par modulation de largeur d'impulsion (MLI - PWM) d'un moteur à courant continu.
- Comprendre le rôle des transistors en commutation.
- Comprendre l'intérêt et le fonctionnement d'un pont en H.

Activités pédagogiques

- Cours introductif - parties Modéliser un système, Mettre en mouvement et Piloter un système
- Séance de **TD13**

TD13

TD 13 / METTRE EN MOUVEMENT / MOTEURS

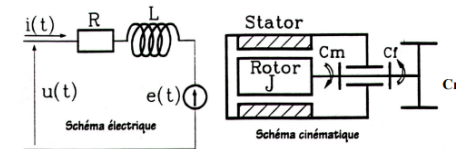
Exercice 1 - Moteur à courant continu

Notions abordées

- ▷ modélisation d'un moteur à courant continu

Modèle d'un moteur à courant continu

Il est possible de modéliser électriquement et mécaniquement un moteur à courant continu de la façon suivante :



Source : <http://s2i.chaptal.free.fr/>

Un moteur est un élément permettant de convertir une puissance électrique en une puissance mécanique. Le couple (C_m) est lié au courant (I) par une constante intrinsèque au moteur, notée K :

$$C_m = K \cdot I$$

La vitesse de rotation (Ω) est liée à la tension aux bornes du moteur (U) par cette même constante :

$$E = K \cdot \Omega$$

La puissance électrique (ou mécanique) vaut : $P_e = C \cdot \Omega = E \cdot I$

D'après le principe fondamental de la dynamique, il existe un lien entre le couple appliqué sur le rotor du moteur et la vitesse de rotation :

$$C_m - C_R - f \cdot \Omega = J \cdot p \cdot \Omega$$

où C_r correspond au couple résistant, f au coefficient de frottement visqueux, J à l'inertie du moteur.

En reliant toutes ces équations, on peut obtenir la fonction de transfert entre la vitesse de rotation du système (Ω) et la tension appliquée sur le stator (U) suivante :

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{K}{(J \cdot p + f) \cdot (R + L \cdot p) + K^2}$$

Exemple du moteur POLOLU 3239

20.4:1 Metal Gearmotor 25Dx62L mm MP 12V with 48 CPR Encoder



Pololu item #: 3239
Brand: Pololu

Key specifications:

voltage	no-load performance	stall extrapolation
12 V	370 RPM, 200 mA	3 kg·cm (42 oz·in), 2.1 A

This gearmotor consists of a **medium-power, 12 V** brushed DC motor combined with a **20.4:1** metal spur gearbox, and it has an integrated 48 CPR quadrature encoder on the motor shaft, which provides **979.62 counts per revolution** of the gearbox's output shaft. The gearmotor is cylindrical, with a diameter just under 25 mm, and the D-shaped output shaft is 4 mm in diameter and extends 12.5 mm from the face plate of the gearbox.

1. Quels sont les paramètres importants à prendre en compte ?
2. Les valeurs annoncées sont-elles cohérentes ?
3. Quelle est la valeur du coefficient K , lien entre la vitesse de rotation et la tension aux bornes du moteur ?

Dimensions

Size:	25D x 62L mm ¹
Weight:	98 g
Shaft diameter:	4 mm

Notes:

- 1 Length does not include the motor shaft.
- 2 This motor will run at 6 V but is intended for operation at 12 V.



General specifications

Gear ratio:	20.4:1
No-load speed @ 12V:	370 rpm
No-load current @ 12V:	200 mA
Stall current @ 12V:	2100 mA
Stall torque @ 12V:	42 oz·in
No-load speed @ 6V:	185 rpm ²
Stall current @ 6V:	1050 mA ²
Stall torque @ 6V:	21 oz·in ²
Motor type:	2.1A stall @ 12V (MP 12V)

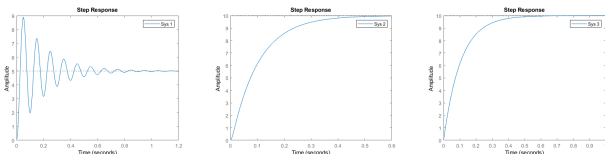
Modèle simplifié d'un MCC

Il est possible de simplifier le modèle précédent, en faisant l'hypothèse que le temps de réponse de la partie électrique (dont la constante de temps sera notée τ_e) est plus petit que le temps de réponse mécanique (dont la constante de temps sera notée τ_m).

$$H(p) = \frac{K_0}{(1 + \tau_m \cdot p) \cdot (1 + \tau_e \cdot p)}$$

Avec $\tau_m = R \cdot J / (K^2 + R \cdot f)$, $\tau_e = L / R$ et $K_0 = K / (K^2 + R \cdot f)$

1. Cette hypothèse est-elle vérifiée si on prend comme valeurs : $K = 0.1 \text{ Nm/A}$ (ou en V/rad/s), $J = 0.01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, $L = 0.5 \text{ mH}$ et $R = 0.1 \Omega$ (en absence de frottement) ?
2. Ce système est-il stable ?
3. Parmi les réponses indiciaires suivantes, laquelle correspond à ce système ?



Exercice 2 - Variation de vitesse

Notions abordées

- ▷ pilotage d'un moteur à courant continu

Variation analogique de la vitesse de rotation

Proposez une solution pour pouvoir piloter analogiquement ce système en vitesse : (a) dans un sens, (b) dans les deux directions.

Réponse

- (a) Il faut faire varier la valeur de la tension aux bornes du moteur. On peut le faire via un système de rhéostat (ou potentiomètre de puissance). Mais attention à la puissance mise en jeu... On ne peut pas négliger la valeur du courant transitant dans le moteur...
- (b) il faut pouvoir inverser le sens de la tension au niveau des bornes du moteur. Relai ? Interrupteur ?

Variation numérique de la vitesse de rotation

On se propose à présent de piloter ce système de manière numérique.

1. Comment est-il possible de faire varier la vitesse de rotation numériquement ?
2. Quel est l'intérêt d'un tel mode de fonctionnement ?
3. Proposez un montage, basé sur le pilotage par carte Nucléo, d'un MCC dans une direction.
4. Proposez un programme pour le pilotage par carte Nucléo d'un MCC dans une direction.
5. Comment est-il possible de piloter ce MCC dans les deux sens de rotation ?

On se propose d'utiliser le composant L293D (voir partie de la documentation technique en annexe).

6. Proposez un montage, basé sur le pilotage par carte Nucléo, d'un MCC dans les deux directions.
7. Proposez un programme pour le pilotage par carte Nucléo d'un MCC dans les deux directions.

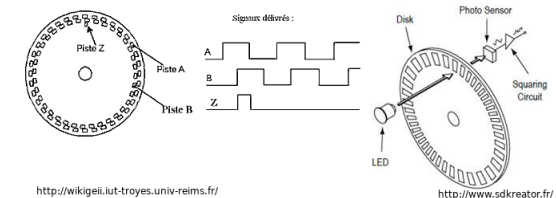
Exercice 3 - Mesure de vitesse et de position

Notions abordées

- ▷ encodeur optique

1. Proposez une solution de mesure de vitesse de rotation.

On se propose d'utiliser un encodeur tel que proposé dans la figure suivante :



2. Proposez une méthode pour mesurer la vitesse de rotation.

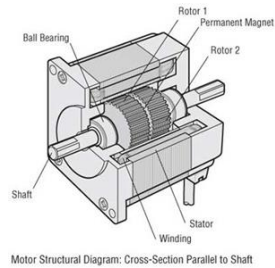
3. Comment connaître le sens de rotation ? La position ?

Exercice 4 - Moteur pas à pas**Notions abordées**

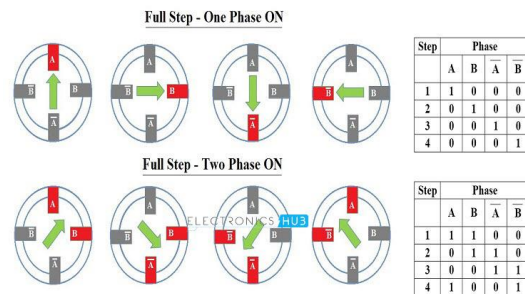
- ▷ principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas
- ▷ pilotage d'un moteur pas à pas

Principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas

Un moteur pas à pas est constitué de 2 bobines séparées d'un certain angle. En alimentant indépendamment les deux bobines, on vient modifier la direction du champ magnétique résultant.



Pour avancer d'un pas, il suffit alors de suivre le protocole suivant :



1. Quel est l'intérêt d'un tel moteur ?
2. Comment le faire tourner dans l'autre sens ?
3. Quel est l'intérêt du deuxième mode de fonctionnement proposé ?
4. Peut-on combiner les deux ?

Pilotage numérique

1. Proposez un câblage pour pouvoir piloter ce moteur pas à pas à l'aide du pont en H L293D.
2. Proposez un programme pour le pilotage par carte Nucléo d'un moteur pas à pas dans les deux directions.