

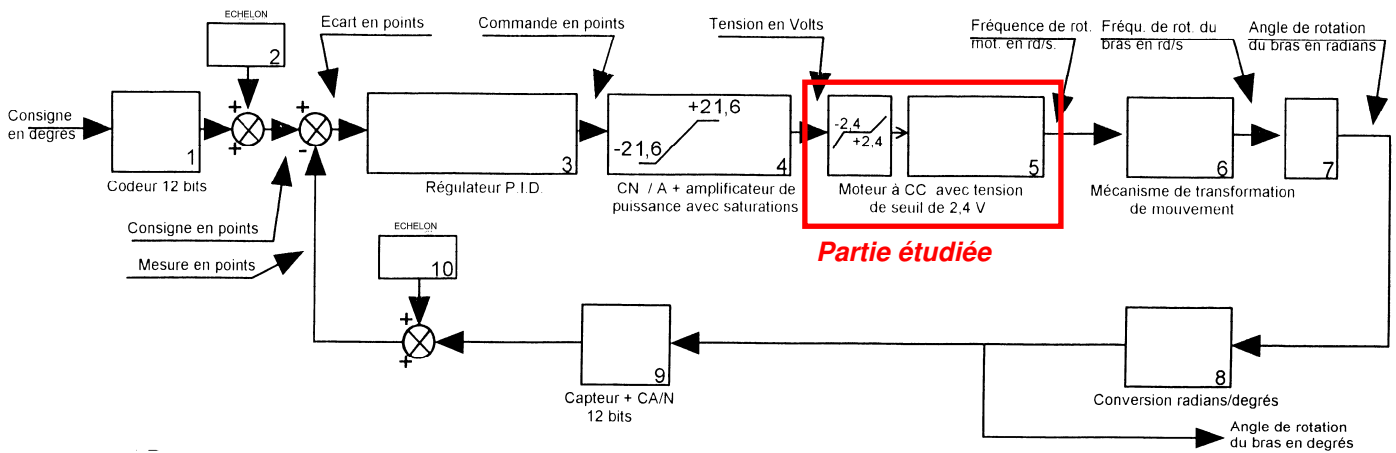
**TD 1 - MODELISATION DU MOTEUR ELECTRIQUE A COURANT CONTINU**

**Présentation :**

Le système étudié est un opérateur de positionnement angulaire constitué (voir **annexe 1**) :

- d'un moteur électrique **1** associé à un réducteur pour adapter la vitesse de rotation du moteur aux besoins du système ;
- d'un système vis **3**-écrou **4** permettant de transformer le mouvement de rotation du moteur en translation de l'écrou ;
- d'un bras **5** ;
- d'un capteur angulaire **6** ;

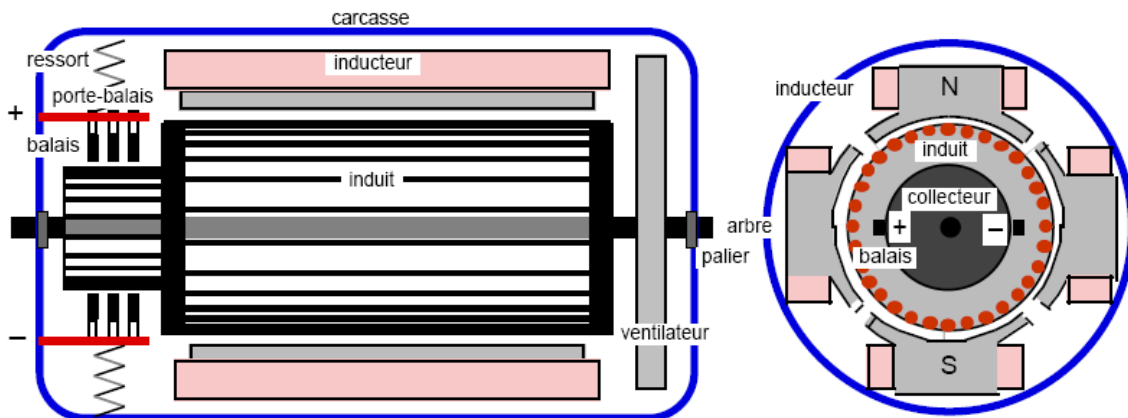
Le bras est asservi en position angulaire, la consigne du système est un angle, la réponse est aussi un angle. Le schéma-bloc du système complet est le suivant :



L'objectif est de déterminer la fonction transfert du bloc correspondant au moteur électrique à courant continu **MCC**.

Le moteur électrique à courant continu est constitué (voir **figure 1**) :

- d'un rotor appelé induit (bobinage parcouru par un courant  $i$ ) ;
- d'un stator appelé inducteur (aimant permanent) ;
- d'un ensemble de balais porte-balais pour pouvoir alimenter le rotor en tension lors de la rotation.

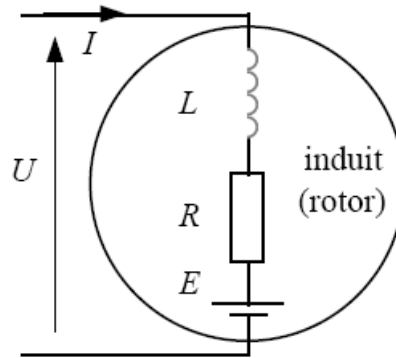


**Figure 1**

La tension  $u(t)$  aux bornes du moteur permet d'obtenir en sortie du système une vitesse de rotation angulaire  $\omega(t)$  de l'arbre moteur.

Dans cet exercice on distinguera  $\omega(t)$  vitesse de rotation du moteur et  $\omega_n$  pulsation propre du système non amorti. On précise que les conditions initiales sont nulles.

**L'induit est modélisé par le schéma électrique suivant :**



**Figure 2**

**e(t)** est appelé force électromotrice. Cette tension apparaît dans l'induit lors de la rotation et est donnée par la loi de Lenz :

**Loi de Lenz :** 
$$e(t) = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{p}{a} \cdot N \cdot \Phi \cdot \omega(t).$$

Avec :

P	Nombre de paires de pôles
A	Le nombre de voies d'enroulement
N	Nombre de conducteur de l'induit
$\Phi$	Le flux électromagnétique

Nous considérerons ici que **e(t)** est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur  **$\omega(t)$** .

**Un moteur à courant continu est défini par les données suivantes :**

- L : inductance des enroulements du moteur (mH)
- R : résistance électrique interne du moteur (ohm)
- J : moment d'inertie du rotor du moteur par rapport à son axe de rotation (kg.m<sup>2</sup>)
- C<sub>m</sub> : couple moteur électromagnétique (N.m)
- K<sub>c</sub> : constante de couple telle que le couple électromagnétique C<sub>m</sub> soit proportionnel au courant qui traverse le moteur : C<sub>m</sub> = K<sub>c</sub>.i (t)
- K<sub>e</sub> : constante de force électromotrice qui relie cette f.e.m. à la vitesse de rotation de l'arbre moteur par la relation e(t) = K<sub>e</sub>. $\omega(t)$
- C<sub>r</sub> : couple résistant sur l'axe moteur (N.m) dû aux masses en mouvement sur le bras du robot et aux frottements.
- f : le coefficient de frottement visqueux mécanique qui le couple de frottement C<sub>f</sub> à la vitesse de rotation du moteur par la relation C<sub>f</sub> = f. $\omega(t)$

On considèrera pour la suite de l'étude le moteur seul, on négligera donc les couples résistants autres que ceux dus aux frottements sur l'axe moteur.

On donne :

- les équations du système :

Equations électriques :	Equations mécaniques :
$u(t) = R.i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + e(t)$	$C_m - C_r = J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt}$
$e(t) = K_e \cdot \omega(t) \text{ (loi de Lenz)}$	$C_r = C_f = f \cdot \omega(t)$
$C_m = K_c \cdot i(t)$	

- les images dans le domaine symbolique de Laplace :

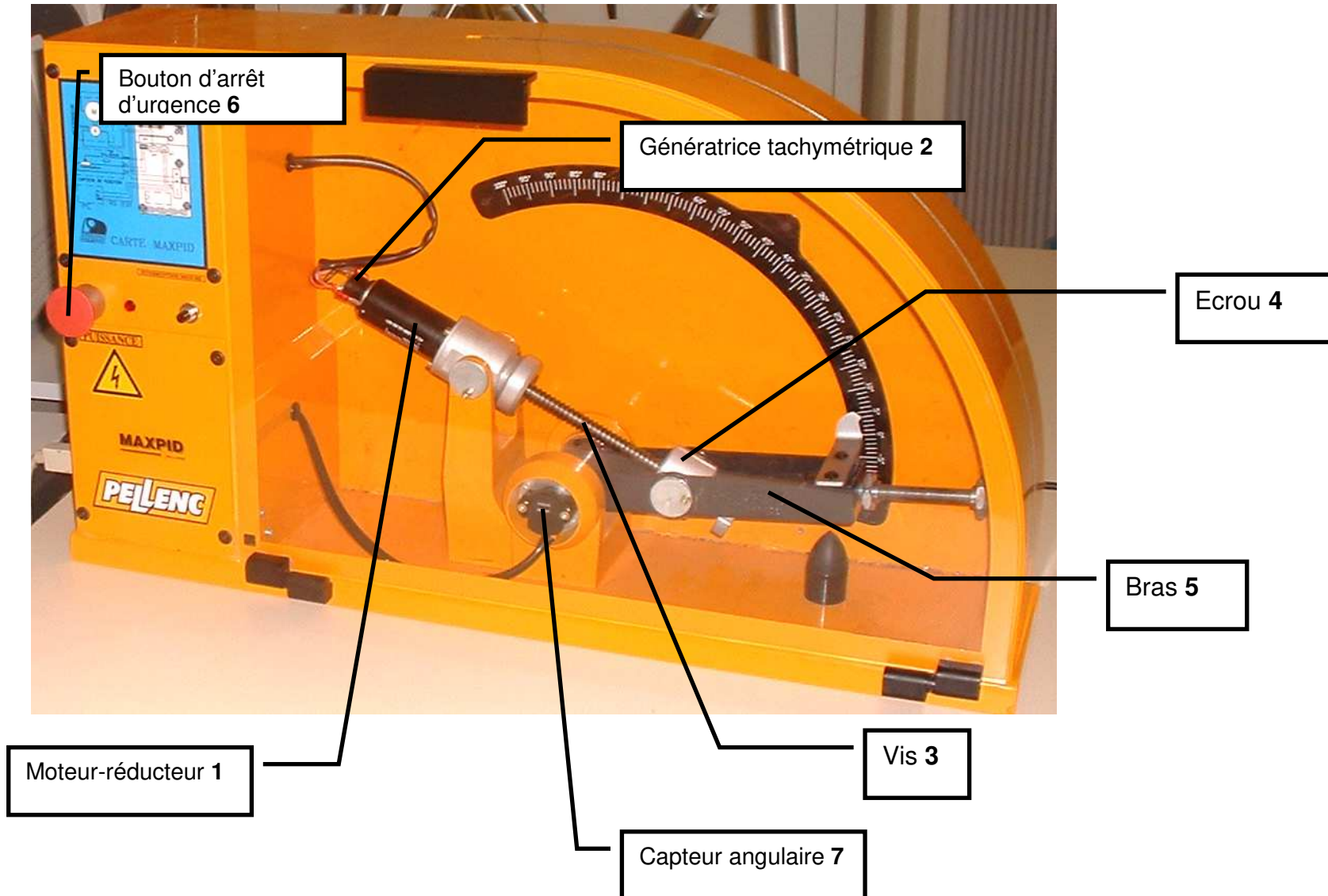
$$L(u(t)) = U(p) ; L(i(t)) = I(p) ; L(\omega(t)) = \Omega(p)$$

1. **Donner** la transformée de Laplace des équations du système. Nous considérerons les conditions initiales nulles.
2. **Compléter** le schéma-bloc du moteur en déterminant la fonction transfert de chacun des blocs.
3. **Le système est-il un système asservi ?**
4. **Calculer** la fonction transfert en boucle fermée du système.
5. **Mettre** la fonction transfert sous forme canonique et **déterminer** les paramètres caractéristiques du système.
6. A l'aide de l'annexe 2, **faire** l'application numérique en négligeant les frottements (difficiles à évaluer en pratique).

On réalise un essai avec une tension du type  $U(t) = 24 u(t)$  (attention  $u(t)$  est la fonction échelon unitaire  $u(t)=1$  lorsque  $t>0$ ).

7. Tracer l'allure de la réponse indicielle, réponse à une entrée échelon unitaire,  $\omega(t)$  dans le domaine temporel.
8. Quelle est la vitesse atteinte en régime permanent ? Comparer à la valeur donnée par le constructeur.
9. Dédurre par linéarité la valeur de la tension à imposer en entrée pour obtenir une vitesse de rotation en régime établi de 3000 tr/min.

## ANNEXE I - OPERATEUR POSITIONNEMENT ANGULAIRE



## ANNEXE II – DOCUMENT CONSTRUCTEUR MOTEUR

 retour


Mot. Courant Continu

Type Produit **RE035G**
 PAGE 1

41W

97W

MAXON

## CARACTERISTIQUES

24V

Tension d'alimentation (Ua)	V	24
Vitesse au courant In	tr/mn	3493
Couple au courant In	mNm	113
Courant max permanent (In)	mA	2150
Vitesse à vide à Ua à +/- 10%	tr/mn	4303
Courant à vide à +/- 50%	mA	92.8
Couple de démarrage à Ua	mNm	611
Courant de démarrage à Ua	mA	11600
Constante de couple	mNm/A	52.5
Constante de vitesse	tr/mn/V	182
Pente vitesse/couple	tr/mn/mNm	7.17
Vitesse limite	tr/mn	8200
Puissance utile max. à Ua	W	69
Rendement maximum	%	85.5
Constante de temps électromécanique	ms	5.23
Inertie	gcm <sup>2</sup>	69.6
Résistance aux bornes	Ohm	2.07
Inductivité	mH	0.62
Résistance thermique Boîtier/Ambiant	K/W	6.2
Résistance thermique Rotor/Boîtier	K/W	2



## ANNEXE III – LEXIQUE MOTEUR A COURANT CONTINU

### CONSTANTE de COUPLE (mNm/A) :

C'est le facteur de proportionnalité entre le couple fourni et le courant consommé. Le produit de cette constante par le courant consommé donne donc le couple demandé au moteur. C'est une des constantes les plus caractéristiques du moteur.

### CONSTANTE de TEMPS ELECTROMECHANIQUE (ms) :

C'est le temps nécessaire au rotor pour passer de 0 à 63% de sa vitesse à vide.

### CONSTANTE de VITESSE (tr/mn/V) :

Elle permet de calculer la chute de vitesse du moteur en fonction du couple qu'il fournit. Il ne peut être appliqué que quelques fractions de seconde et il est directement proportionnel à la tension d'alimentation. Des précautions sont à prendre pour des tensions supérieures à la tension nominale. Elle varie en fonction de la température du moteur.

La multiplication de cette constante par la tension d'alimentation donne donc la vitesse à vide du moteur. C'est également une des constantes les plus caractéristiques du moteur.

La valeur inverse de la constante de vitesse est la constante de tension, aussi appelée constante force contre-électromotrice.

### CONSTANTE THERMIQUE BOITIER / AMBIANT (K/W) :

C'est la résistance thermique entre la carcasse et l'air ambiant (valeur théorique, sans aucun refroidisseur additionnel). Cette caractéristique intervient dans le calcul de la puissance dissipée maximale admissible.

### CONSTANTE THERMIQUE ROTOR / BOITIER (K/W) :

C'est la résistance thermique entre le rotor et la carcasse du moteur (valeur théorique, sans aucun refroidisseur additionnel). Cette caractéristique intervient dans le calcul de la puissance dissipée maximale admissible.

### CONSTANTE VITESSE / COUPLE (tr/mn/mNm) :

Elle permet de calculer la chute de vitesse du moteur en fonction du couple qu'il fournit. C'est une des constantes caractéristiques du moteur qui permet de faire le lien entre vitesse à vide et vitesse en charge. L'écart entre ces 2 valeurs est donc égal au produit du couple fourni par cette constante.

### COUPLE de DEMARRAGE (mNm) :

C'est le couple moteur à vitesse nulle. Il ne peut être appliqué que quelques fractions de seconde et il est directement proportionnel à la tension d'alimentation. Des précautions sont à prendre pour des tensions supérieures à la tension nominale. Il varie en fonction de la température du moteur.

### COUPLE NOMINAL ou COUPLE au COURANT In (mNm) :

C'est le couple disponible sur l'arbre moteur au courant maximum permanent In. Il varie en fonction de la température du moteur.

### COURANT à VIDE (mA) :

C'est le courant consommé par le moteur en fonctionnement à vide. Il dépend des frottements des balais et des paliers. Cette valeur peut évoluer pendant la période de rodage et varie avec la vitesse et la température.

### COURANT de DEMARRAGE (mA) :

C'est le rapport entre la tension d'alimentation et la résistance aux bornes du moteur. Il varie en fonction de la température du moteur.

### COURANT MAXIMUM PERMANENT In (mA) :

C'est le courant maximum admissible par le moteur afin de ne pas dépasser la température maximale entraînant la destruction du bobinage. Il évolue en fonction de la charge et constitue une limite physique du moteur. Il varie en fonction de la température du moteur.

## SCHEMA BLOC DU MOTEUR A COURANT CONTINU

