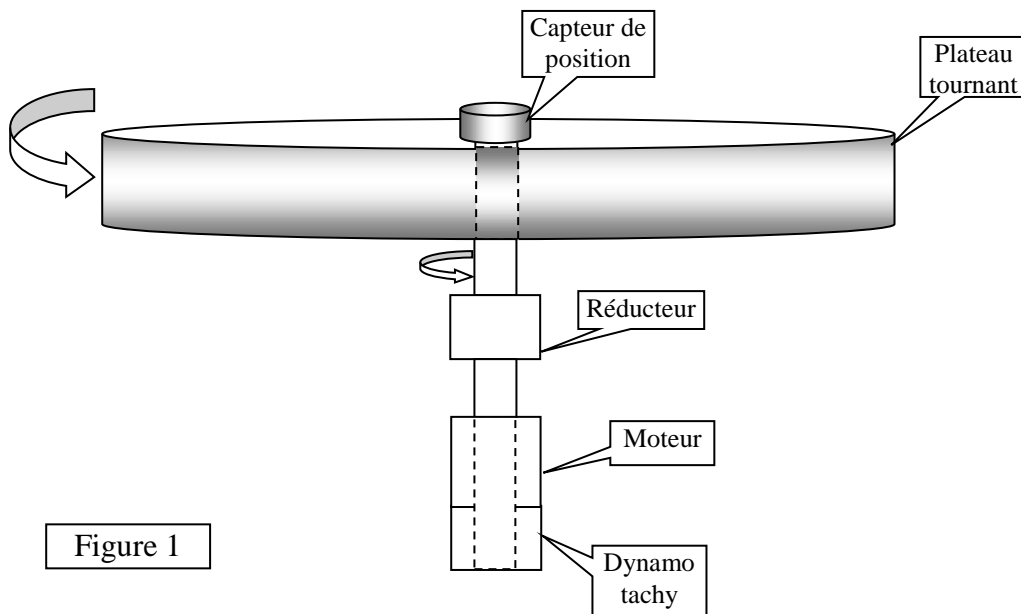


## Plateau tournant

On se propose d'entraîner en rotation un plateau tournant, sa position angulaire étant asservie à un profil de consigne qui sera défini plus loin.

Le moteur utilisé est un moteur à courant continu à aimants permanents muni d'une dynamo tachymétrique, pour mesurer la vitesse. Un réducteur mécanique est placé entre l'arbre de sortie du moteur et le plateau tournant. Un capteur, placé sur l'arbre de sortie du réducteur, donne une information analogique de la position angulaire du plateau.

Le schéma de principe :



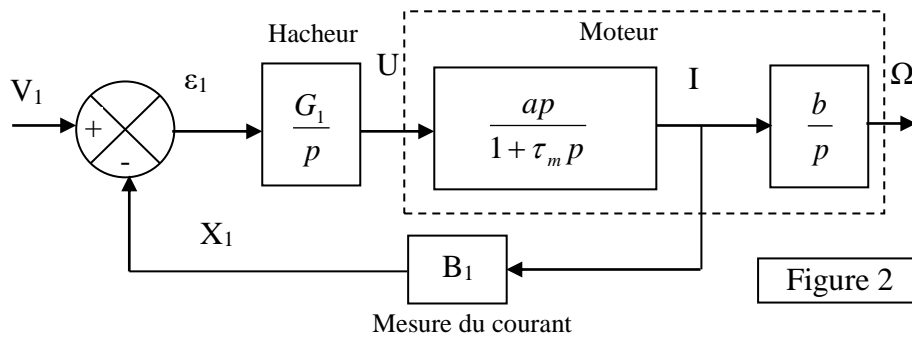
La boucle d'asservissement de position sera munie :

- D'une boucle interne de courant permettant de limiter l'appel de courant si le couple résistant prend une valeur trop importante.
- D'une boucle interne de vitesse permettant de faciliter le réglage de la stabilité de la boucle principale de position.

On va étudier successivement chacune de ces trois boucles.

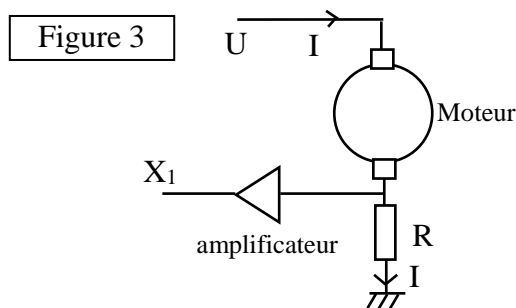
## 1 – Etude de la boucle de régulation de courant

Le schéma-bloc est donné figure 2.



$V_1, X_1, \varepsilon_1, U$ : en Volts	$G_1 = 2$	$B_1 = 1$
$I$ en Ampères et $\Omega$ en rad/s	$a = 0,4$	$\tau_m = 0,4s$

Le moteur à courant continu à aimants permanents est commandé par un hacheur, de gain  $G_1$  et muni d'une correction de type intégrale (intégration pure). La valeur moyenne de sa tension de sortie  $U$  alimente le bobinage induit du moteur. Le courant  $I$  consommé par l'induit du moteur est mesuré de la façon suivante ( $R$  = résistance de puissance de faible valeur) :



On suppose que la tension  $X_1$  varie de 1 Volt pour une variation de courant de 1A ( $B_1 = 1$ ).

La constante de temps mécanique du moteur et de sa charge est notée  $\tau_m$ . On suppose qu'elle a été identifiée expérimentalement.

Sur le schéma-bloc de la figure 2 n'est pas représenté explicitement l'effet d'un couple résistant qui agit comme une perturbation vis-à-vis du courant (lorsque ce couple augmente, le courant  $I$  va augmenter).

**1.1)** Comment mesurer la constante de temps mécanique  $\tau_m$  (donner un schéma-bloc du montage de mesure proposé et expliquer) ?

**1.2)** Calculer la fonction de transfert en boucle fermée  $\frac{I}{V_1}$  littéralement. Mettre le

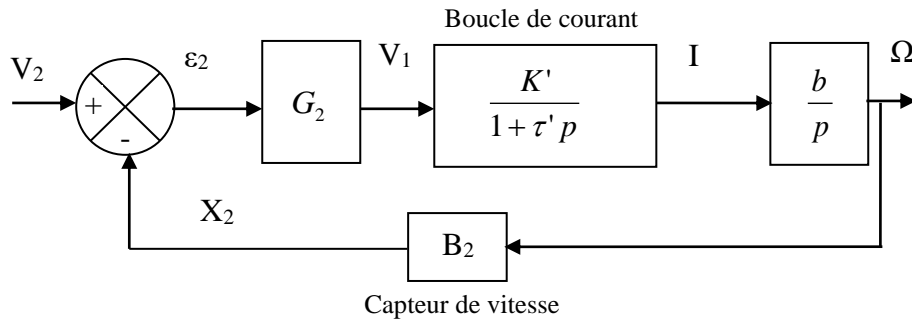
résultat sous la forme :  $\frac{I}{V_1} = \frac{K'}{1 + \tau' p}$ . Calculer  $K'$  et  $\tau'$  littéralement puis

numériquement.

**1.3)** La tension  $V_1$  est limitée à 15 Volts (saturation). Pour cette tension, en régime permanent, quelle est la valeur  $I_{MAX}$  du courant  $I$  ( $I_{MAX}$  sera la valeur maximale que le moteur pourra consommer).

## 2 – Etude de la boucle de vitesse

Le moteur étant régulé en courant, on va maintenant l'asservir en vitesse. Le schéma-bloc est donné figure 4.



$V_2, X_2, \varepsilon_2, V_1$ : en Volts	$b = 25$	Valeurs arrondies :
$I$ en Ampères et $\Omega$ en rad/s	$B_2 = 0,1$	$K' = 0,4$
		$\tau' = 0,2$

Figure 4

On utilise un correcteur proportionnel de gain  $G_2$  pour régler la boucle.  $B_2$  est le gain de la dynamo tachymétrique (capteur de vitesse); sa tension de sortie est notée  $X_2$

**2.1)** Calculer littéralement la fonction de transfert en boucle fermée  $\frac{\Omega}{V_2}$ . Mettre

le résultat sous forme standard. En déduire l'expression littérale de l'amortissement  $Z$  (pour faciliter ce calcul, poser :  $\alpha = B_2 G_2 K' b$ )

**2.2)** Calculer le gain  $G_2$  permettant d'assurer un amortissement  $Z = 1$ . On conservera ce réglage pour la question suivante.

**2.3)** Calculer littéralement les pôles de la fonction de transfert  $\frac{\Omega}{V_2}(p)$  pour

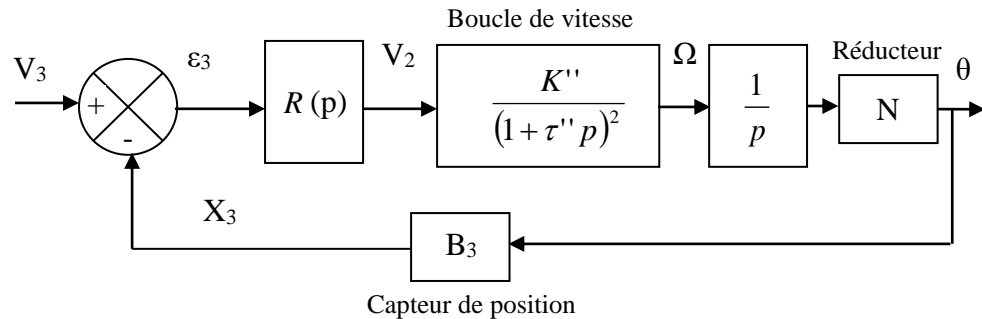
$Z = 1$ . On rappelle que pour  $Z = 1$ , le discriminant du dénominateur  $\Delta = 0$ , d'où une forme facilement calculable des pôles.

En déduire la fonction de transfert en boucle fermée  $\frac{\Omega}{V_2}$  (les coefficients seront exprimés numériquement).

### 3 – Etude de la boucle de position

Le moteur étant asservi en courant et en vitesse, on va maintenant réaliser la boucle principale d'asservissement de position.

Le schéma-bloc est donné figure 5.



$V_3, X_3, \varepsilon_3, V_2$  : en Volts

$B_3 = 5$

Valeurs arrondies :

$\Omega$  en rad/s et  $\theta$  en rad

$N = 1/40$

$K'' = 10$

$\tau'' = 0,4$

Figure 5

On utilise un correcteur  $R(p)$  dont on définira plus loin la structure. Le rapport de réduction du réducteur est  $N=1/40$ . On note  $\theta$  la position angulaire de l'arbre de sortie du réducteur, donc du plateau tournant.

$B_3$  est le gain du capteur analogique de position; sa tension de sortie est notée  $X_3$ ; la variation de tension mesurée est de 30 Volts pour une variation angulaire de 6 radians ( $B_3 = 5$ ).

**3.1)** Donner l'expression littérale puis numérique de la fonction de transfert en boucle ouverte  $\frac{X_3}{V_3}(p)$  pour :  $R(p) = 1$

**3.2)** Tracer l'allure asymptotique des lieux de Bode en gain et en phase. Calculer la valeur du gain à la pulsation  $\Omega_1$  du point de cassure. A cette pulsation  $\Omega_1$ , la courbe est distante de 6dB de l'asymptote. Pourquoi ? Pour la suite, on positionne le point de cassure de l'asymptote à la valeur du gain trouvée ci-dessus + 6dB et en-dehors du point de cassure on suppose confondues courbe et asymptotes.

**3.3)** Déterminer graphiquement la valeur de la pulsation  $\Omega_0$  pour laquelle le gain de la boucle ouverte est de 0 dB.

La boucle fermée est-elle stable ? Pourquoi ?

Calculer le déphasage à la pulsation  $\Omega_0$ . En déduire la marge de phase  $M_\phi$

**3.4)** On donne ci-joint la réponse indicielle de la boucle fermée non corrigée pour le réglage proposé (échelon standard unitaire).

Sur ce tracé, estimer les valeurs :

- du dépassement (D%)
- du temps de réponse à 5% ( $t_r$ )

**3.5)** On utilise maintenant un correcteur :  $R(p) = \frac{0,8p + 1}{0,008p + 1}$

Quel est le type de ce correcteur ?

Tracer l'allure asymptotique des lieux de Bode en gain et en phase du régulateur seul puis de la boucle ouverte corrigée.

La nouvelle pulsation de passage par 0 dB est de l'ordre de  $\Omega_0' = 1,4$  rad/s.

Calculer la nouvelle marge de phase  $M_\phi$ .

**3.6)** On donne ci-joint la réponse indicielle de la boucle fermée corrigée pour le réglage proposé (échelon standard unitaire). Pour obtenir cet enregistrement, la sortie du régulateur a été fixée à une valeur de saturation de  $\pm 20$ Volts.

Sur ce tracé, estimer les valeurs :

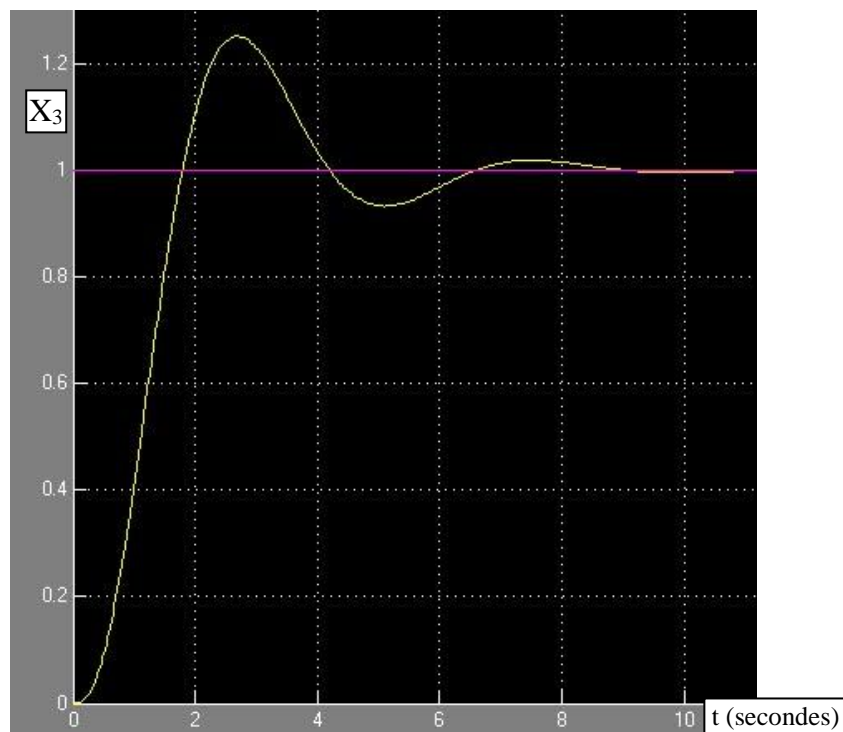
- du dépassement (D%)
- du temps de réponse à 5% ( $t_r$ )

## Rappel

Forme standard d'une fonction passe-bas d'ordre 2 :

$$\frac{K}{\frac{p^2}{\omega_0^2} + \frac{2Z}{\omega_0} p + 1}$$

Réponse indicielle de la boucle fermée non corrigée  
(question 3.4)



Réponse indicielle de la boucle fermée corrigée  
(question 3.6)

