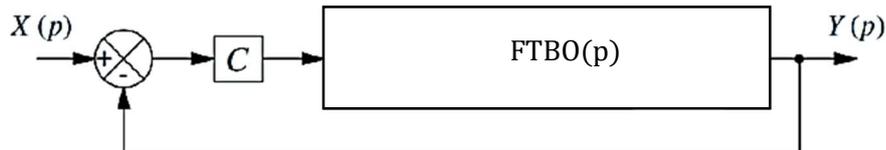


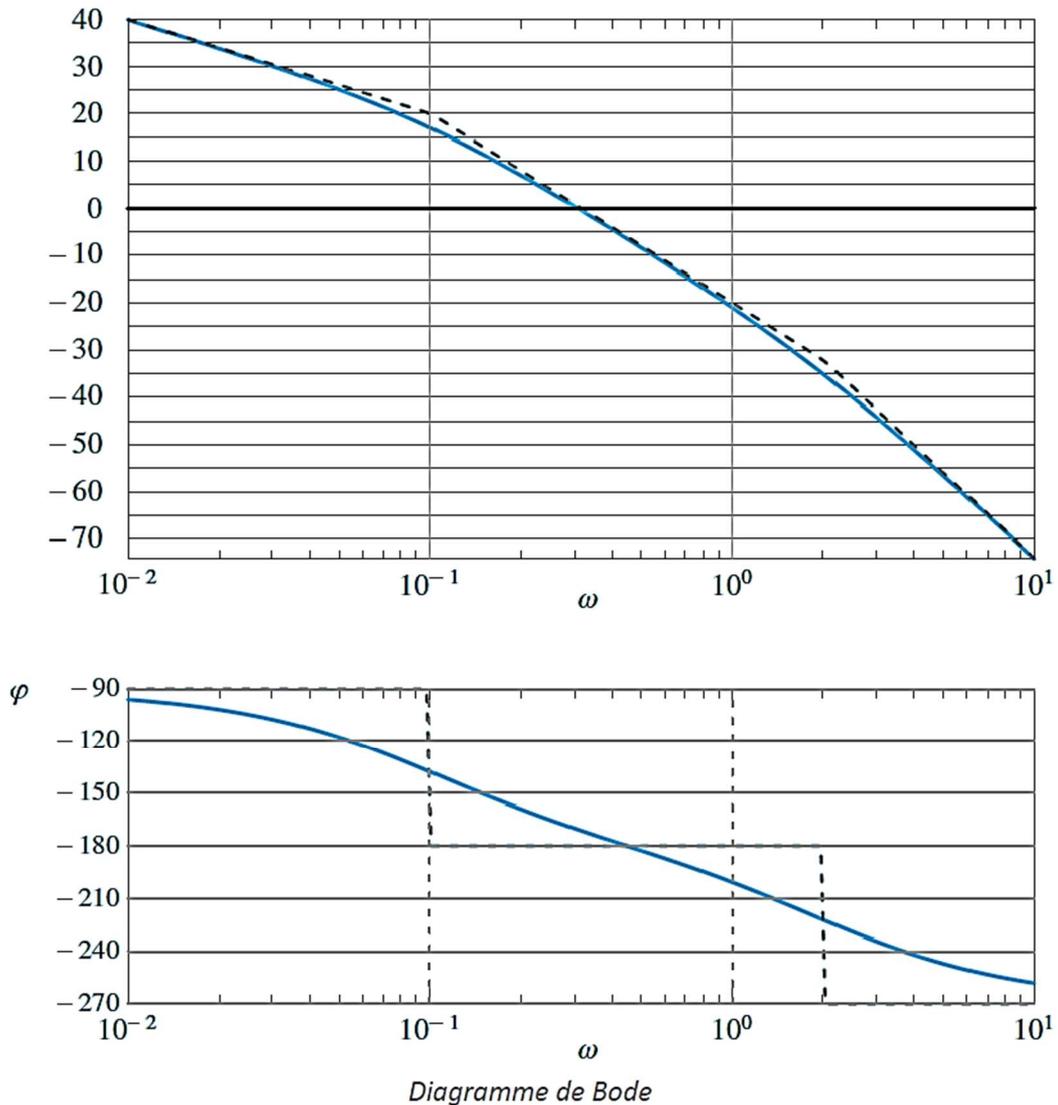
# Régler la commande des SLCI asservis à l'aide d'un correcteur proportionnel

## 1. Lecture des marges et correction proportionnelle

On considère un asservissement à correction proportionnelle décrit par le schéma-bloc à retour unitaire de la figure ci-dessous.



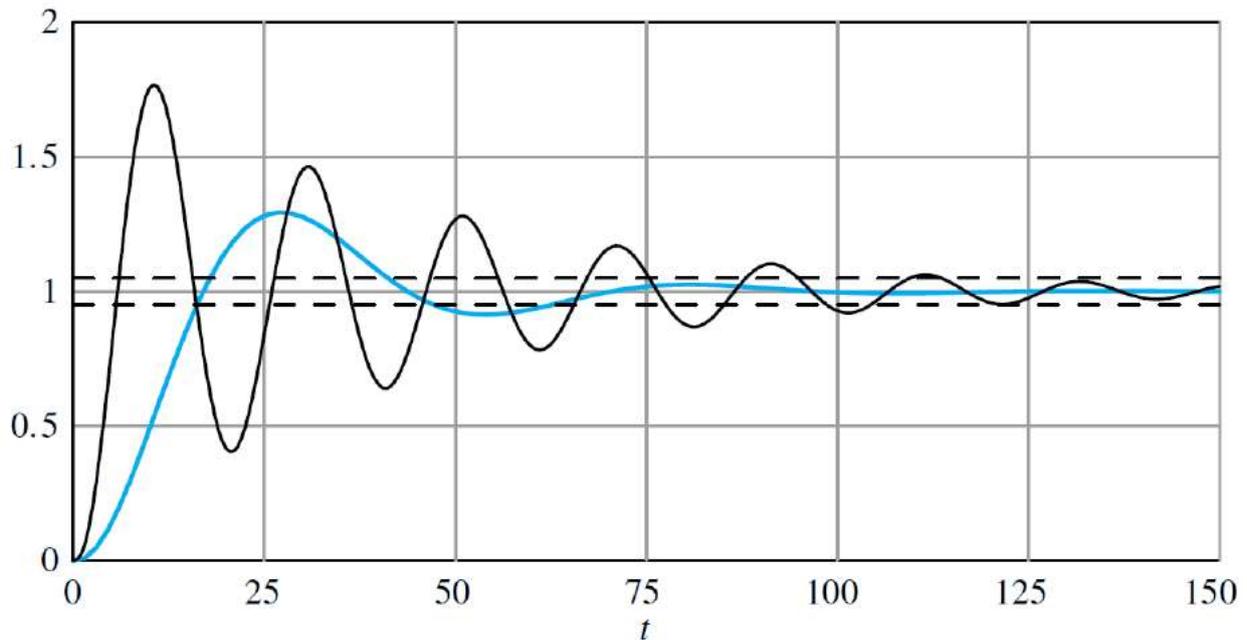
**Q.1.** Identifier la *FTBO* du système tracé sur le diagramme de Bode suivant :



**Q.2.** Déterminer graphiquement les marges de gain et de phase du système décrit précédemment dans le cas où  $C = 1$ .

**Q.3.** Le cahier des charges impose des marges de gain et de phase minimales de 12 dB et 40°. Déterminer graphiquement la plus grande valeur de  $C$  permettant de vérifier ce cahier des charges.

La figure ci-dessous donne l'évolution temporelle de la sortie du système lorsqu'il est soumis à une consigne en échelon.



Réponses temporelles à un échelon

**Q.4.** Indiquer, en le justifiant, la courbe qui correspond au système non corrigé et la courbe qui correspond au système corrigé.

## 2. Réglage d'une marge de gain

Soit  $F(p)$  la FTBO d'un système bouclé. Les diagrammes de Bode de  $F(p)$  sont représentés sur la figure ci-dessous.

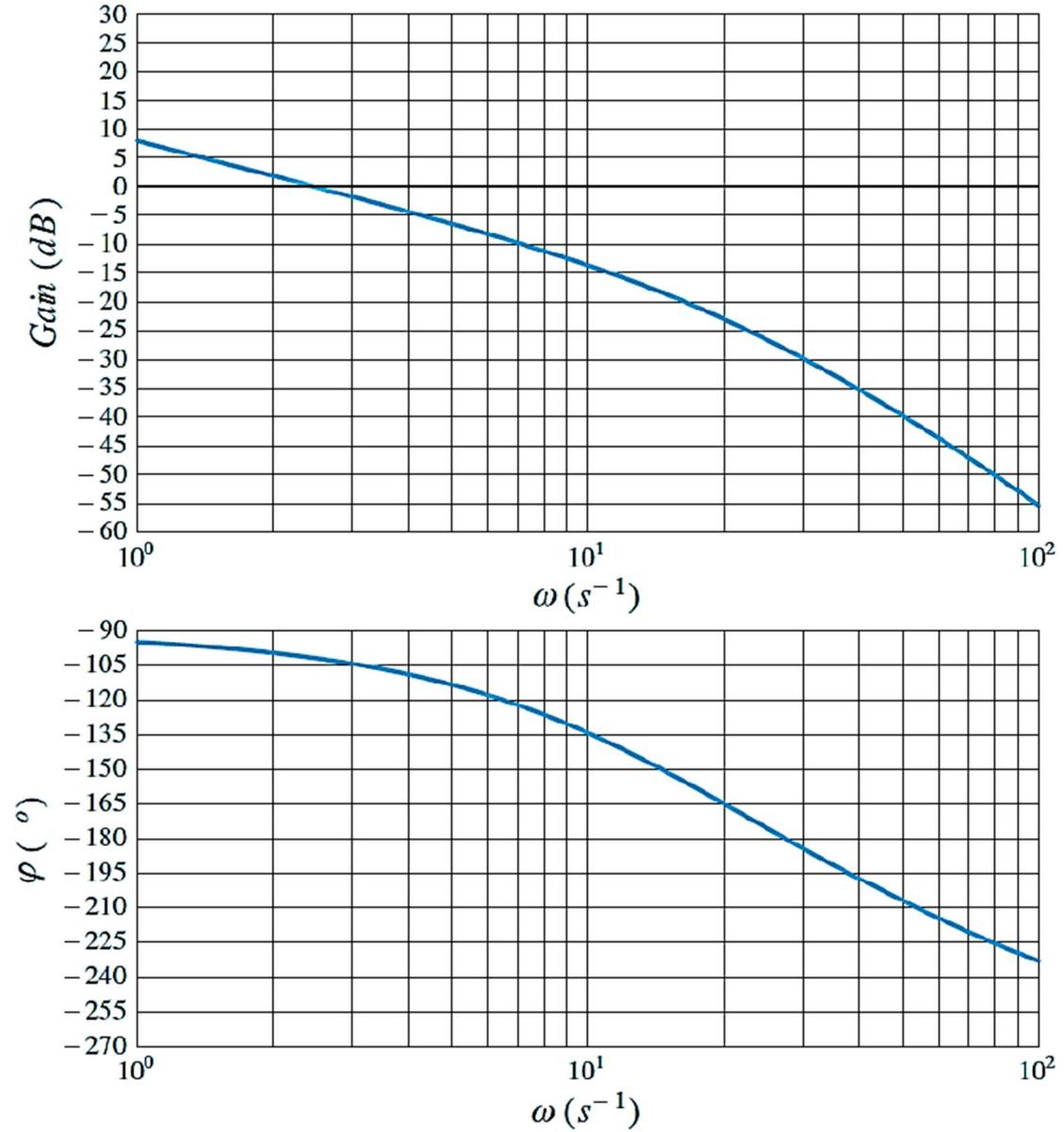
**Q.1.** Déterminer les marges de phase et de gain du système, puis conclure quant à sa stabilité.

On décide d'ajouter au système un correcteur de type proportionnel. On note  $K_p$  le gain de ce correcteur.

**Q.2.** Déterminer la valeur de  $K_p$  permettant d'obtenir une marge de gain  $M_G = 12dB$ .

**Q.3.** Déterminer la nouvelle marge de phase du système.

**Q.4.** Déterminer l'erreur en régime permanent du système corrigé pour une consigne indicielle (échelon unitaire).



Diagrammes de BODE de la FTBO

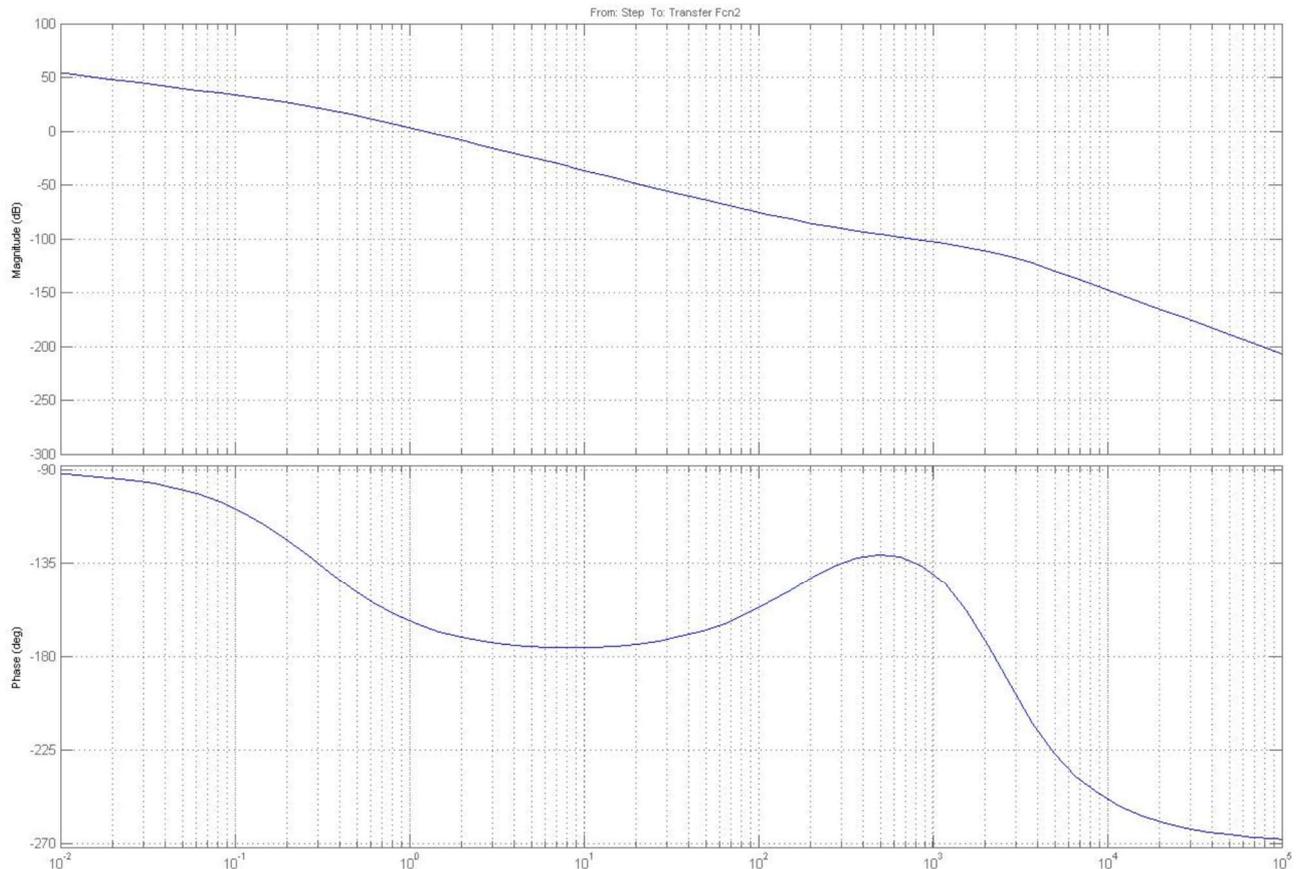
## Régler la commande des SLCI asservis à l'aide d'un correcteur à avance de phases

On s'intéresse à l'asservissement d'un treuil.

Le cahier des charges impose :

Exigence	Critère	Niveau
Asservir le treuil en tension	Marge de gain	$\geq 50dB$
	Marge de phase	$\geq 60^\circ$
	Erreur en régime permanent pour une consigne en échelon	Nulle

Le diagramme de la FTBO non corrigée du système est le suivant :



**Q.5.** Identifier la fonction de transfert en boucle ouverte à partir du tracé de son diagramme de Bode.

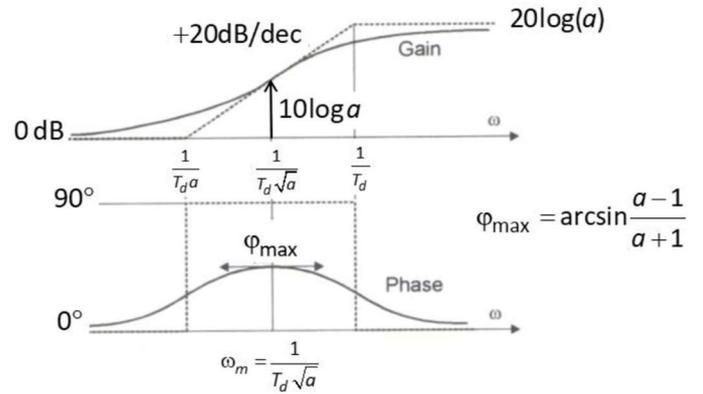
**Q.6.** Par lecture du diagramme de Bode de la FTBO non corrigée, justifier que la valeur de  $\omega_{0dB}$  de la FTBO non corrigée peut être déterminée à partir d'une fonction en boucle ouverte simplifiée que l'on donnera.

**Q.7.** Déterminer cette valeur de  $\omega_{0dB}$  par le calcul, puis la marge de phase correspondante. Valider graphiquement l'approximation faite. Conclure.

**Q.8.** Déterminer graphiquement la marge de gain. Conclure.

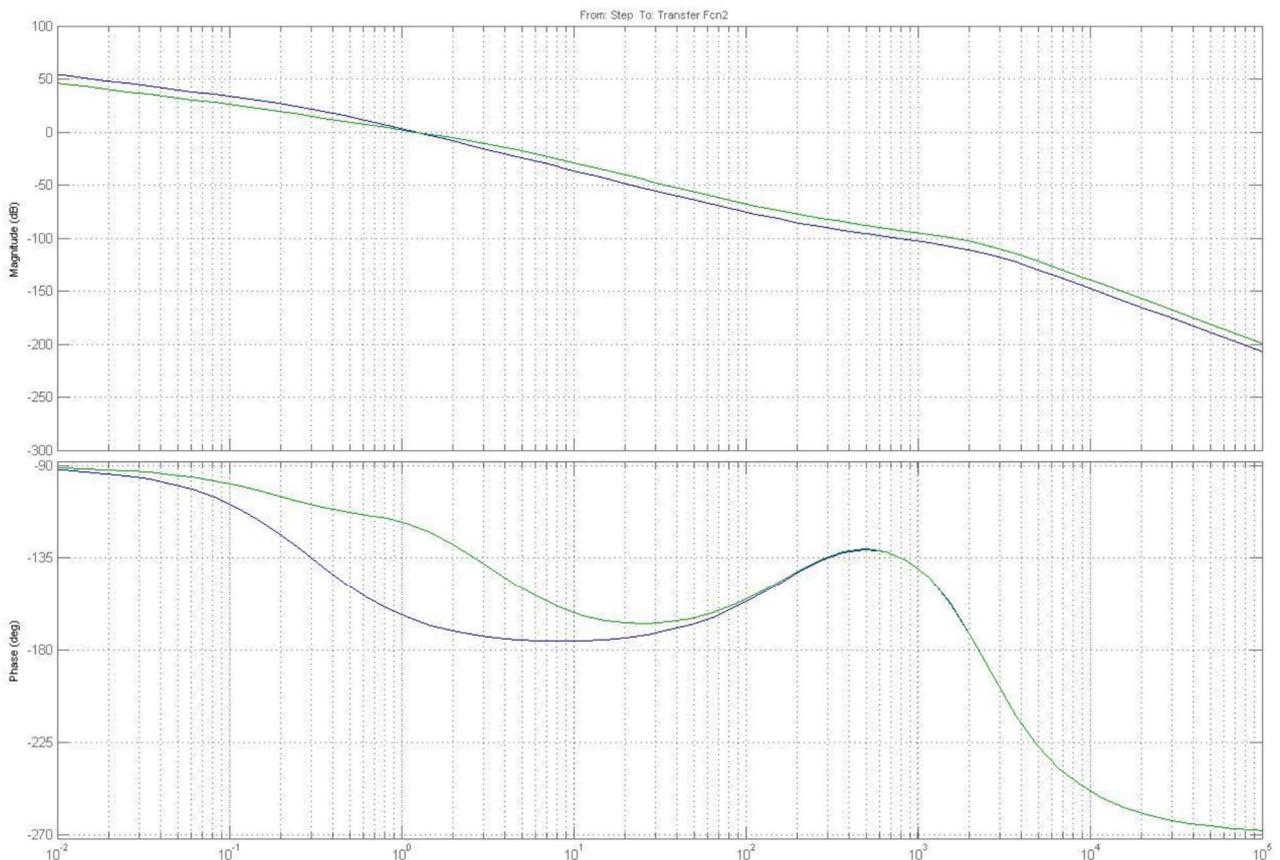
Le concepteur choisit d'insérer un correcteur à avance de phase  $C(p) = K_p \frac{1+aT_d p}{1+T_d p}$  et de centrer son action sur la pulsation  $\omega_{0dB}$ . ( $a > 1$ )

On rappelle les relations entre les paramètres de réglage d'un correcteur de type avance de phase :



**Q.9.** Déterminer les valeurs de  $K_p$ ,  $a$  et  $T_d$  pour atteindre une marge de phase de  $60^\circ$ .

Le diagramme de Bode de la FTBO ainsi corrigée est donnée :



**Q.10.** Vérifier la validité du cahier des charges.

## Robot de peinture industriel

On s'intéresse à l'asservissement en vitesse d'un robot dans le cadre d'une opération de mise en peinture d'un véhicule. Le robot suit une trajectoire prédéfinie autour de la carrosserie. La vitesse de déplacement est calibrée pour assurer une répartition correcte de la peinture sur la surface.



*Robot de peinture sur une chaîne d'assemblage automobile*

L'asservissement en vitesse de chaque actionneur du robot doit satisfaire un cahier des charges exigeant, dont un extrait est donné ci-dessous :

Exigence	Critère	Niveau
Mettre le robot en mouvement	Erreur relative en régime permanent vis-à-vis d'une consigne de vitesse de rotation en échelon	< 1%
	Sensibilité aux perturbations constantes	Aucune
	Temps de réponse à 5%	< 0,5 s
	Stabilité	Stable ( $M_\varphi > 80 \text{ dB}$ )

Dans le cas du modèle de l'asservissement en vitesse d'un seul axe (bras), les éléments à prendre en compte sont les suivants :

- l'amplificateur, dont la fonction est d'amplifier  $\varepsilon(t)$  pour alimenter le moteur en tension  $u(t)$ . Il est modélisé par un gain  $K_A = 80$  ;
- le moteur électrique, modélisé par une fonction de transfert du premier ordre  $\frac{K_M}{1+\tau p}$  où  $K_M = 0,3 \text{ rad/s/V}$  et  $\tau = 0,2 \text{ s}$
- le réducteur, modélisé par un gain  $K_R = 10^{-2}$ , diminue la vitesse de rotation  $\omega_M(t)$  du moteur pour actionner le bras en rotation ;
- le capteur, modélisé par un gain  $K_C = 15 \text{ V.S/rad}$ , mesure la vitesse de rotation  $\omega_b(t)$  du bras, et délivre une tension  $u_m(t)$  proportionnelle à cette vitesse de rotation ;
- les frottements secs dans les liaisons perturbent le système. Ces frottements sont modélisés par la soustraction d'une vitesse  $\omega_{frott} = 0,01 \text{ rad.s}^{-1}$  à la vitesse  $\omega_R(t)$  du réducteur ;
- l'interface Homme-Machine, traduit la vitesse de rotation  $\omega_c(t)$  de consigne en une tension  $u_c(t)$  proportionnelle.

**Objectif :**

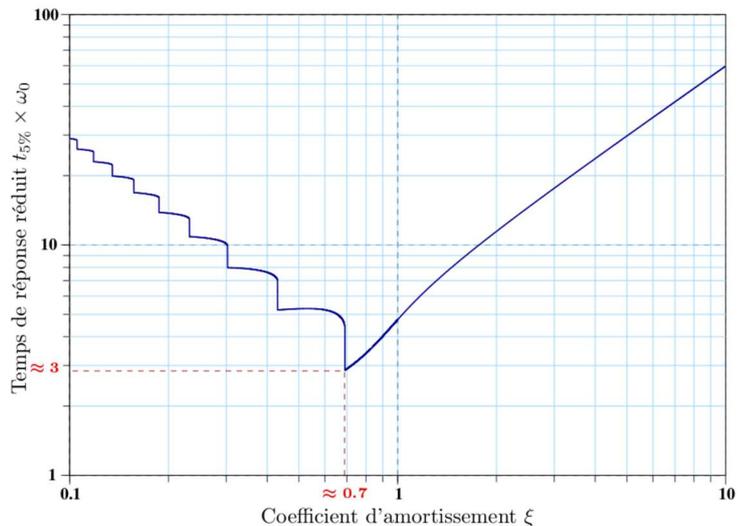
- modéliser l'asservissement en vitesse d'un axe du robot de peinture ;
- évaluer les performances de cet asservissement.

On s'intéresse, dans un premier temps, au système non corrigé.

- Q.1.** Proposer un schéma-bloc représentant l'asservissement étudié. Préciser les grandeurs physiques entre les blocs et leurs unités.
- Q.2.** Déterminer, dans le cas où les frottements sont négligés, la fonction de transfert en poursuite  $\frac{\Omega_b(p)}{\Omega_c(p)}$  et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme caractéristique d'un premier ordre dont on donnera les paramètres caractéristiques. Faire les applications numériques.
- Q.3.** Évaluer la stabilité et la comparer à celle imposée par le cahier des charges.
- Q.4.** Évaluer la rapidité et la comparer à celle imposée par le cahier des charges.
- Q.5.** Évaluer la précision pour une consigne en échelon et la comparer à celle imposée par le cahier des charges.
- Q.6.** Le système est-il sensible aux perturbations lorsque  $\omega_{frott} \neq 0$  ?

Afin d'améliorer les performances de l'asservissement en vitesse, on ajoute un correcteur intégral  $\frac{1}{p}$  entre le comparateur et l'amplificateur.  $\omega_{frott}$  est supposée nulle dans un premier temps.

- Q.7.** Déterminer l'ordre ainsi que l'expression de la fonction de transfert en poursuite.
- Q.8.** Évaluer la stabilité et la comparer à celle imposée par le cahier des charges.
- Q.9.** Évaluer la précision pour une consigne en échelon et la comparer à celle imposée par le cahier des charges.
- Q.10.** Évaluer la rapidité et la comparer à celle imposée par le cahier des charges.



- Q.11.** Le système est-il sensible aux perturbations lorsque  $\omega_{frott} \neq 0$  ?
- Q.12.** Conclure.