

ACTIVITES DIRIGÉES

-

REVISIONS DES SEQUENCES 2, 3 ET 7

Séquence 2 : modélisation des systèmes multiphysiques

Séquence 3 : validation des performances temporelles des systèmes multiphysiques

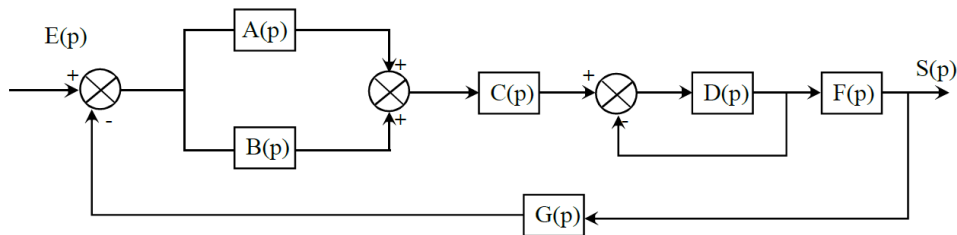
Séquence 7 : validation des performances fréquentielles des systèmes multiphysiques

Sommaire

AD-1 : Modèles schéma-blocs: manipulation et simplification	2
AD-1.1. Boucles indépendantes	2
AD-1.2. Boucles dépendantes	2
AD-1.3. Systèmes à plusieurs entrées	2
AD-2 : Comportement temporel - Système de dégazage d'une machine d'imagerie électronique	3
AD-3 : Comportement temporel d'un système du 2ème ordre	5
AD-4 : Comportement fréquentiel	6
AD-4.1. Diagramme de Bode asymptotique	6
AD-4.2. Diagramme de Bode	6
AD-4.3.	6
AD-5 : Système de correction de portée d'un phare automobile	9

AD-1 : Modèles schéma-blocs: manipulation et simplification

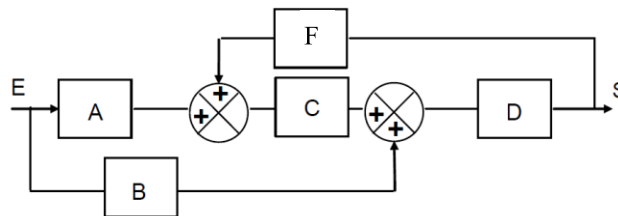
AD-1.1. Boucles indépendantes



Q1. Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$.

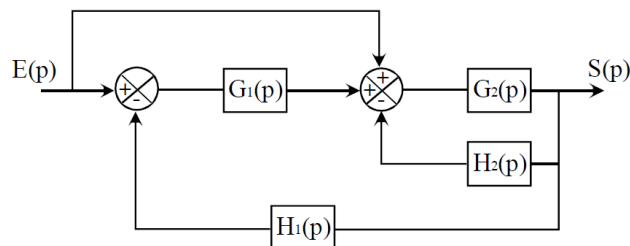
AD-1.2. Boucles dépendantes

Un système asservi est représenté par le schéma-bloc suivant :



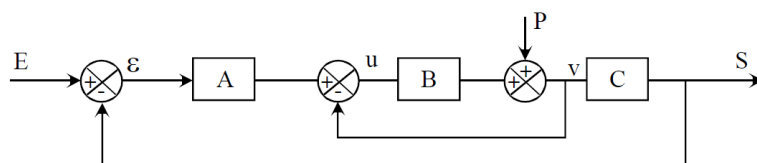
Q2. Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$.

Un système asservi est représenté par le schéma-bloc suivant :



Q3. Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$.

AD-1.3. Systèmes à plusieurs entrées



Un système asservi, comportant deux entrées $E(p)$ et $P(p)$, et une sortie $S(p)$, est représenté par le schéma-bloc suivant:

Q4. Déterminer l'expression de $S(p)$ en fonction de $E(p)$ et $P(p)$.

Q5. Déterminer l'expression de $\varepsilon(p)$ en fonction de $E(p)$ et $P(p)$.

AD-2 : Comportement temporel - Système de dégazage d'une machine d'imagerie électronique

Pour étudier les échantillons de glace des glaciers, on peut utiliser une machine d'imagerie électronique.

Elle permet d'envoyer un rayonnement sur la glace et, en mesurant les niveaux énergétiques des électrons qui seront émis en conséquence, de connaître sa composition chimique. Néanmoins, les niveaux énergétiques à étudier sont tels que les échantillons de glace, et donc les appareils de mesures, doivent se situer dans un vide absolu.



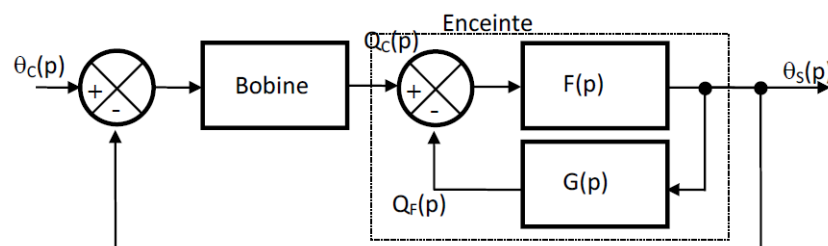
Les chercheurs doivent alors faire face à un phénomène de dégazage des appareils de mesure qui, lorsqu'ils sont placés dans le vide, émettent des particules de gaz que leur structure moléculaire contient, faussant la mesure sur les échantillons. Pour faire face à ce problème, une des solutions consiste à forcer le dégazage, c'est à dire porter à haute température les instruments, pour que les particules de gaz soient préalablement expulsées des appareils de mesure. Les instruments de mesure, libérés de leurs particules de gaz, peuvent donc réaliser leurs études sans polluer les échantillons de glace.

On donne ci-dessous un extrait de cahier des charges du système de dégazage.

Exigence	Critère	Niveau	Flexibilité
Id4.0	Être insensible à la pollution extérieure	Température lors de la phase de dégazage	200 °C
		Durée de montée en température*	<2min
			aucune

*Temps pour atteindre 95% de la température du régime permanent

Pour réaliser un échauffement permettant d'obtenir une température de dégazage souhaitée, on utilise des bobinages qui chauffent l'air de l'enceinte d'étude. Le schéma-bloc de l'ensemble est le suivant :



L'évolution de la température dans l'enceinte est gérée par le modèle de connaissance suivant :

$$\frac{d\theta_s(t)}{dt} = \frac{1}{C} (q_c(t) - q_f(t)) \text{ et } q_f(t) = \frac{1}{R} \theta_s(t)$$

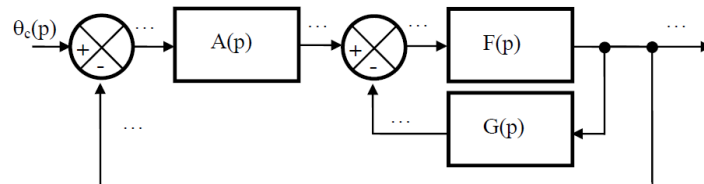
avec :

- $\theta_c(t)$: température consigne souhaitée,
- $\theta_s(t)$: température de l'enceinte,
- $q_c(t)$: flux de chaleur dégagé par les bobinages,
- $q_f(t)$: flux de fuite de chaleur,
- C : capacité calorifique de l'enceinte,
- R : résistance thermique de l'enceinte.

Hypothèse : La température de l'enceinte étant définie par rapport à celle du milieu ambiant, on se placera dans toute la suite sous les conditions d'Heaviside.

L'objectif est de valider le critère du cahier des charges.

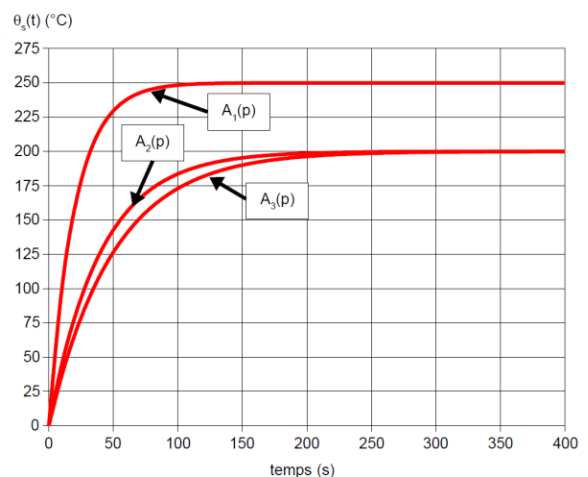
- Q1.** Déterminer l'expression des équations du modèle de connaissance dans le domaine de Laplace.
- Q2.** Compléter le schéma-bloc du système et déterminer les fonctions de transferts des blocs $F(p)$ et $G(p)$.



- Q3.** Déterminer l'expression de la fonction de transfert $\frac{\theta_s(p)}{\theta_c(p)}$ lorsque la fonction de transfert de la bobine est une constante $A(p) = A$. Exprimer le résultat en fonction de A , R , C et p .
- Q4.** Montrer que la fonction de transfert $\frac{\theta_s(p)}{\theta_c(p)}$ peut se mettre sous la forme d'un premier ordre dont on donnera les caractéristiques.
- Q5.** On considère que l'entrée est approximée par un échelon d'amplitude θ_0 . Tracer la représentation graphique de $\theta_s(t)$ en précisant les caractéristiques particulières de la courbe.
- Q6.** On donne les valeurs numériques suivantes : $K=3$, $T=20$ s. Conclure quant à la capacité du système à satisfaire au critère de durée de montée de la température du cahier des charges.
- Q7.** Déterminer $\lim_{t \rightarrow +\infty} \theta_s(t)$ quand la température consigne (et donc souhaitée) est de 200°C . Conclure quant à la capacité du système à satisfaire au critère de température de la phase de dégazage du cahier des charges.

Pour améliorer les performances, on change l'amplificateur pilotant les bobines, ce qui permet de choisir des fonctions $A(p)$ plus adaptées. Différentes simulations du comportement du système, avec plusieurs amplificateurs possibles, sont données sur la figure suivante.

- Q8.** Sélectionner et justifier quel amplificateur paraît le mieux adapté pour satisfaire tous les critères du cahier des charges.



AD-3 : Comportement temporel d'un système du 2ème ordre

Soit un système de positionnement angulaire modélisé par la fonction de transfert suivante :

$$\frac{\theta(p)}{\theta_c(p)} = \frac{9800}{10000 + 600p + 35p^2}$$

- $\theta_c(p)$ est un angle de consigne en degré
- $\theta(p)$ est l'angle en degré atteint en sortie

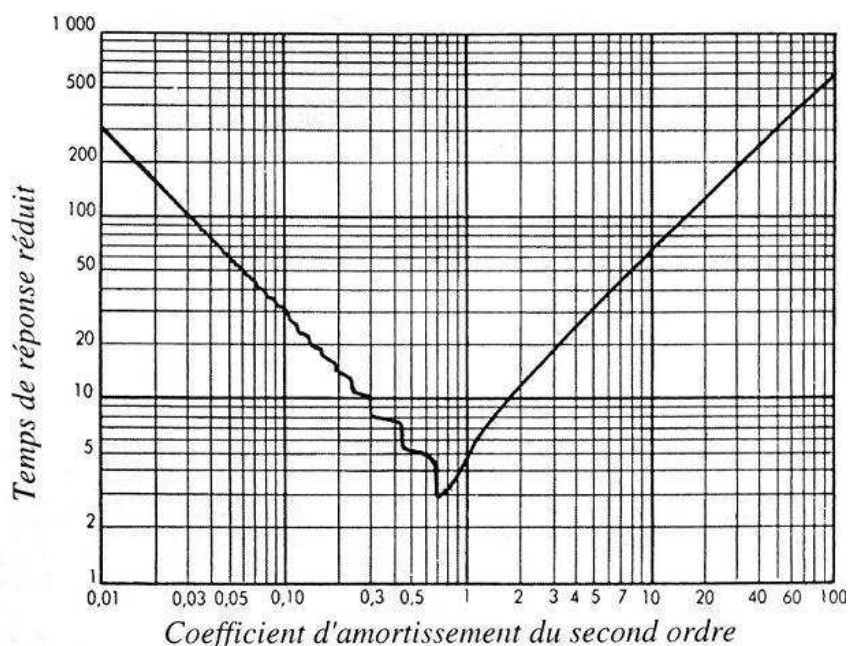
On donne ci-dessous un extrait de cahier des charges du système.

L'objectif est de valider les critères du cahier des charges.

Exigence	Critère	Niveau	Flexibilité
Id1.0	Doit être pilotable en position angulaire	Ecart de positionnement	5% max
		Rapidité de positionnement	<1s
			aucune

- Q1.** Déterminer les paramètres caractéristiques de la fonction de transfert de ce système.
- Q2.** En déduire, si sa réponse à un échelon est non oscillatoire ou oscillatoire amortie. Si nécessaire, indiquer la valeur de la pseudo-période notée T_a .
- Q3.** Déterminer le temps de réponse à 5 % de ce système soumis à une entrée de type échelon. Conclure par rapport au CdCF.

On soumet le système à une entrée en échelon $\theta_c(t) = 20^\circ$.



- Q4.** Donner, dans ce cas, le nombre de dépassement de la réponse d'entre eux, leur valeur relative et leur valeur absolue.
- Q5.** Donner la valeur absolue et la valeur relative de l'erreur atteinte en régime permanent pour ce système. Conclure sur sa précision.
- Q6.** Tracer l'allure de la réponse $\theta(t)$.

AD-4 : Comportement fréquentiel

AD-4.1. Diagramme de Bode asymptotique

Q1. Tracer les diagrammes de Bode asymptotiques correspondants aux fonctions de transfert suivantes :

$$F_1(p) = \frac{1}{1+p}$$

$$F_2(p) = \frac{10}{1+p}$$

$$F_3(p) = \frac{1}{1+10p}$$

$$G_1(p) = 3$$

$$G_2(p) = 3p$$

$$G_3(p) = \frac{3}{p}$$

$$H_1(p) = \frac{1}{1+p+p^2}$$

$$H_2(p) = \frac{10}{1+0,1p+p^2}$$

$$H_3(p) = \frac{1}{1+p+0,1p^2}$$

$$K_1(p) = 3+3p$$

$$K_2(p) = 3 + \frac{0,3}{p}$$

$$K_3(p) = 3+3p + \frac{0,3}{p}$$

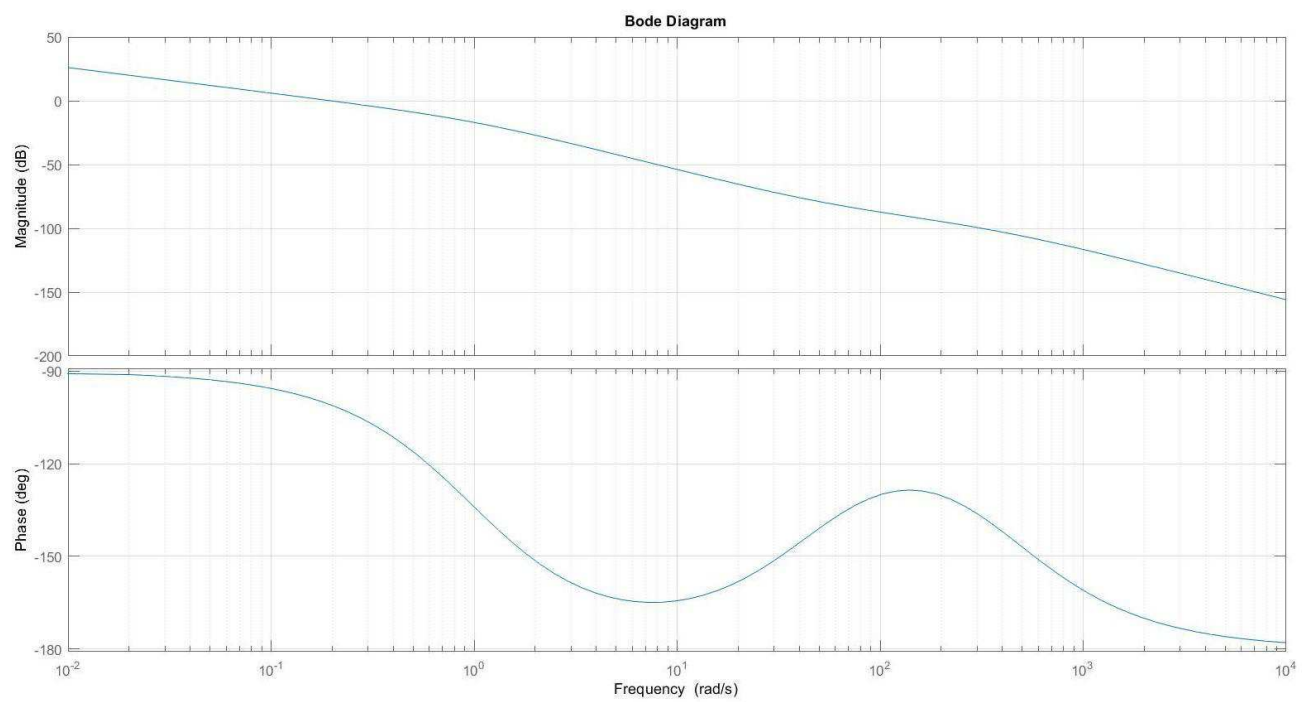
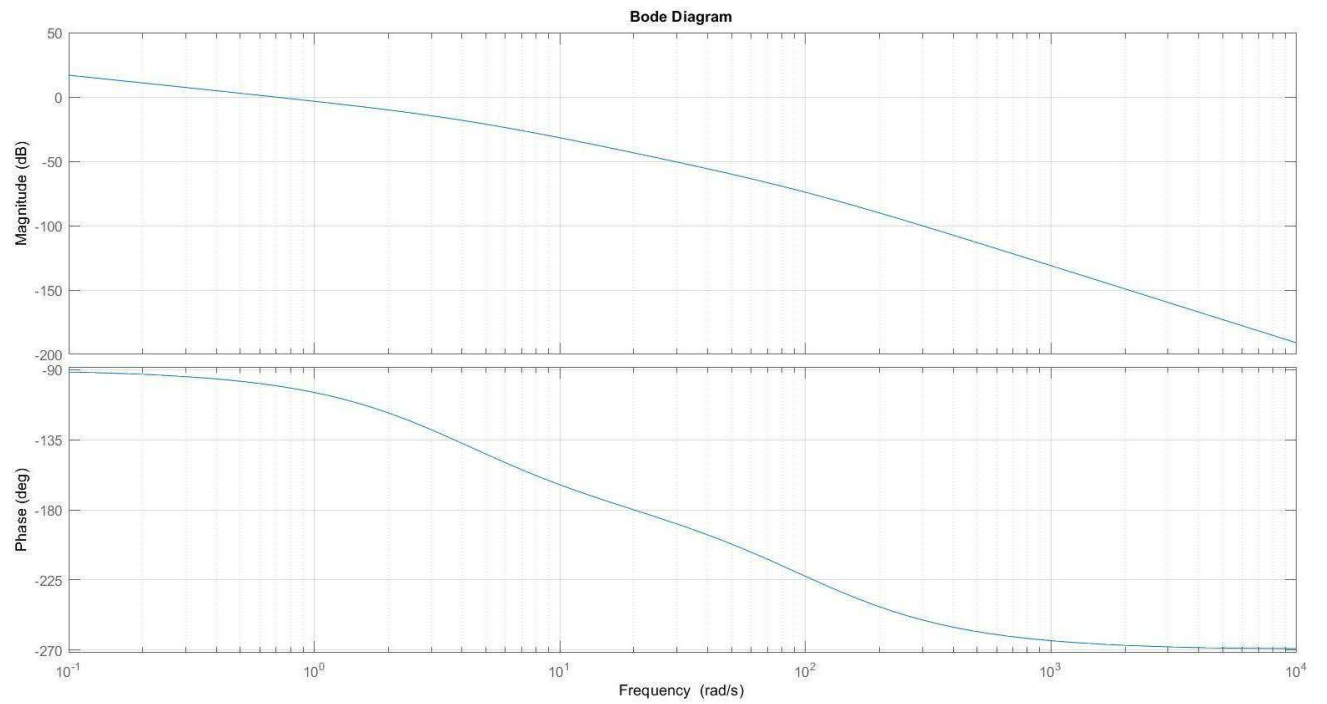
AD-4.2. Diagramme de Bode

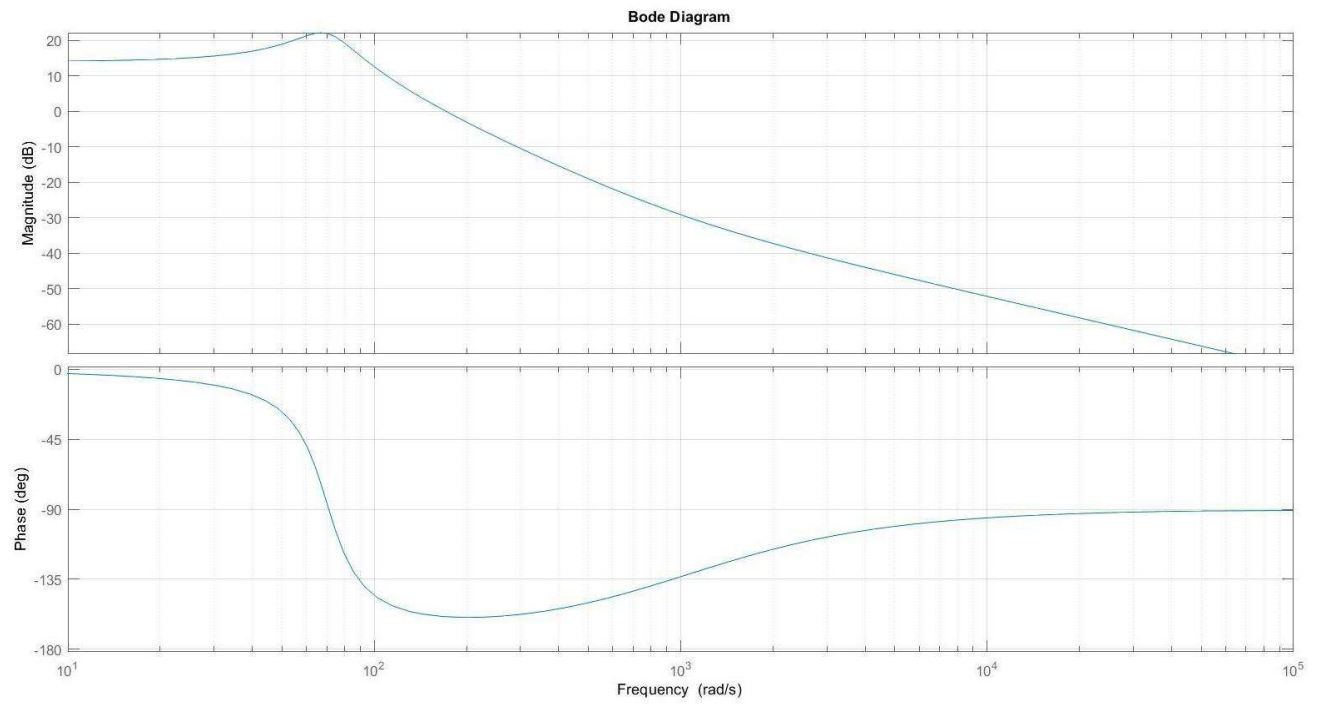
Soit un système modélisé par la fonction de transfert suivante : $H(p) = \frac{10}{1+6,4p+2,4p^2}$

- Q1.** Déterminer les paramètres caractéristiques de cette fonction de transfert. En déduire la nature des racines du polynôme caractéristique. Déterminer ces pôles.
- Q2.** Mettre $H(p)$ sous la forme d'un produit de deux fonctions du premier ordre. Tracer le diagramme de Bode asymptotique correspondant.
- Q3.** Tracer l'allure des courbes de gain et de phase réelles.

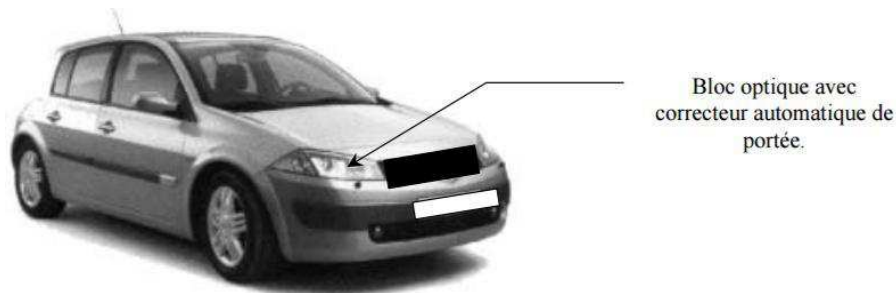
AD-4.3.

- Q1.** Sur les diagrammes de Bode suivants, tracer les diagrammes de Bode asymptotiques puis identifier les fonctions de transfert correspondantes.



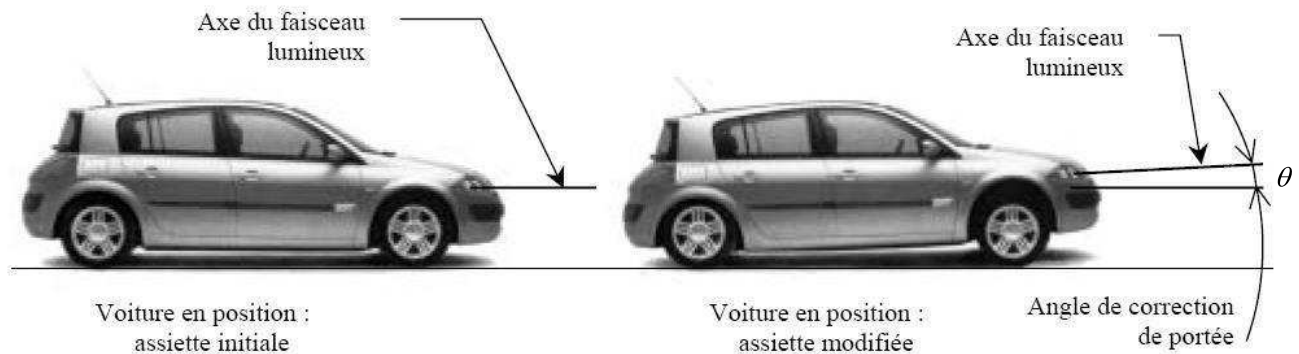


AD-5 : Système de correction de portée d'un phare automobile



✓ Mise en situation

L'assiette d'un véhicule (inclinaison entre l'axe de la voiture et la route) se modifie avec sa charge, le profil de la route ou les conditions de conduite (phase de freinage ou d'accélération). Cette modification entraîne une variation d'inclinaison de l'axe du faisceau lumineux produit par les phares du véhicule. Ceux-ci peuvent alors éblouir d'autres conducteurs ou mal éclairer la chaussée.



Certaines voitures sont équipées de système de correction de portée automatique.

La position du projecteur est ajustée automatiquement en maintenant un angle de faisceau optimal (évitant tout éblouissement et fournissant le meilleur éclairage de la route).

Certaines voitures sont équipées d'un système de correction de portée. Ce système fait appel à des capteurs d'assiette reliés aux essieux avant et arrière du véhicule. Les données sont traitées électroniquement par un calculateur et transmises aux actionneurs situés derrière les projecteurs. La position du projecteur est ajustée en maintenant un angle de faisceau optimal. Évitant tout éblouissement et fournissant le meilleur éclairage de la route. Le système étudié est un correcteur de portée statique, qui corrige la portée lorsque le véhicule est à l'arrêt et conserve cette correction lorsque le véhicule roule (le correcteur ne tient compte que de la variation d'assiette due à la charge).

✓ Structure de la chaîne d'action du système

La chaîne d'action complète comprend (figure 1) :

- des **capteurs d'assiette** fixés sur les essieux avant et arrière du véhicule, qui permettent de mesurer le débattement des suspensions (angle d'assiette $\beta(t)$). Ces capteurs sont associés à un calculateur qui détermine la commande $u_c(t)$ à transmettre au moteur. L'ensemble capteurs est assimilable à un système proportionnel de gain pur K_c . L'angle $\beta(t)$ est assimilé à la consigne.

- un **moteur à courant continu** qui assure la motorisation du mouvement de rotation du bloc d'orientation par rapport à la carrosserie. Sa fonction de transfert est notée $M(p)$.
- un **retour tachymétrique** qui mesure la vitesse du moteur. Il est assimilable à un gain pur : $K_{tachy} = 0,03V / (rad.s^{-1})$.
- un **réducteur de vitesse** dont le rapport de réduction est de 490.
- un **dispositif vis-écrou** (de «pas» $p=6mm$) qui transforme la rotation de l'axe du réducteur en translation de l'axe de sortie. (1 tour de la vis fait avancer l'écrou de 1 fois le pas).
- un **bloc d'orientation** qui supporte les différentes lampes du phare (codes, clignotants...). Il peut pivoter par rapport au support lié à la carrosserie autour d'un axe de rotation horizontal (voir figure 1). Le bloc est protégé par une vitre liée à la carrosserie. Ce mouvement est motorisé grâce au moto-réducteur + système vis écrou. L'angle de correction de portée $\theta(t)$ étant petit, on peut linéariser la loi entrée-sortie sur le domaine d'utilisation, l'angle $\theta(t)$ est alors proportionnel au déplacement $x(t)$ de la vis suivant la loi suivante :

$\theta(t)$ varie entre $-\frac{\pi}{20}$ et $\frac{\pi}{20}$ pour $x(t)$ variant entre -15mm et 15mm.

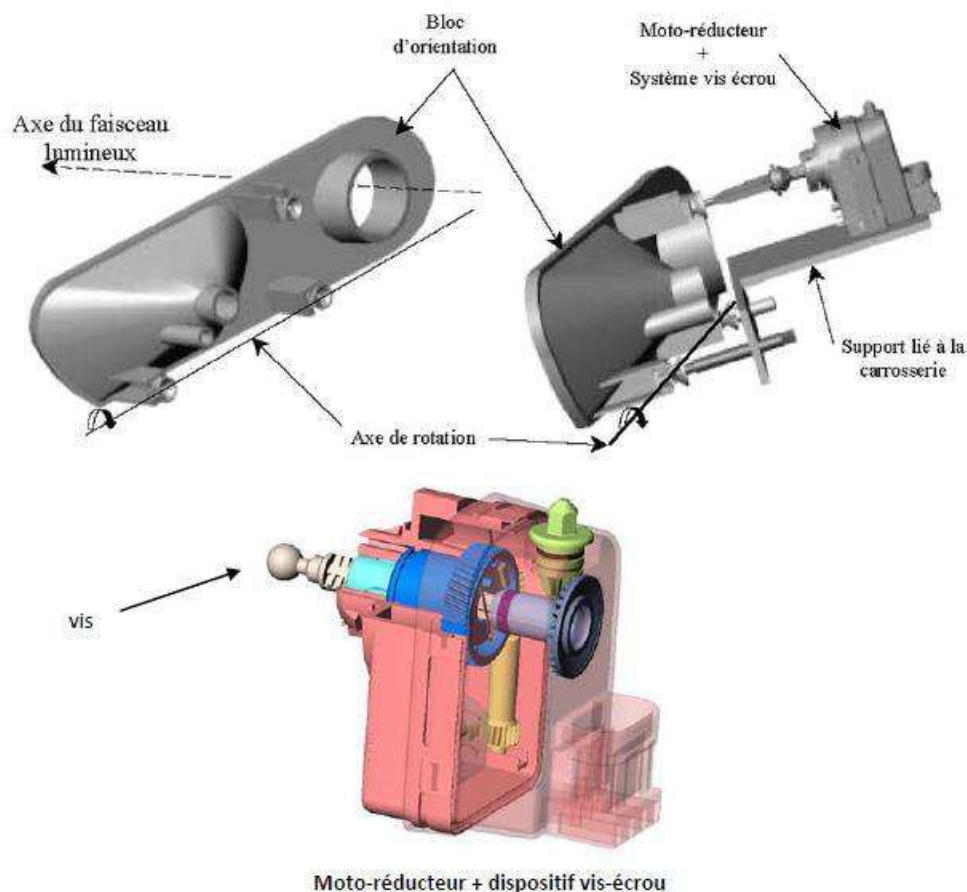


Figure 1

✓ Objectif

L'objectif est de vérifier la capacité du système à corriger la portée de manière dynamique, c'est à dire en tenant compte des variations d'assiette dues au profil de la route.

Un extrait du cahier des charges est le suivant:

Critère	Niveau
Rapidité	$T_{r5\%} < 0,2s$

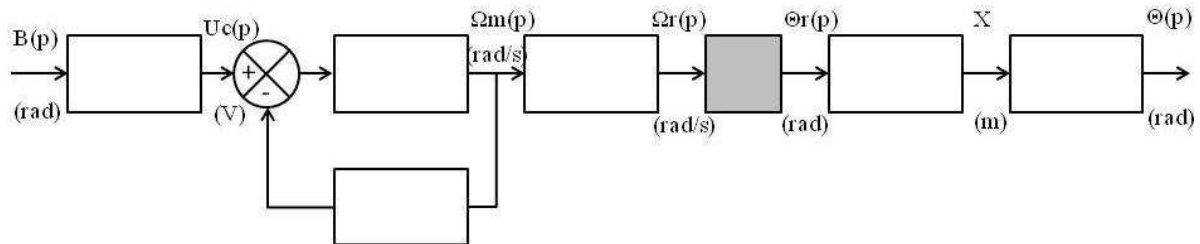
Précision

Erreur statique < 1%

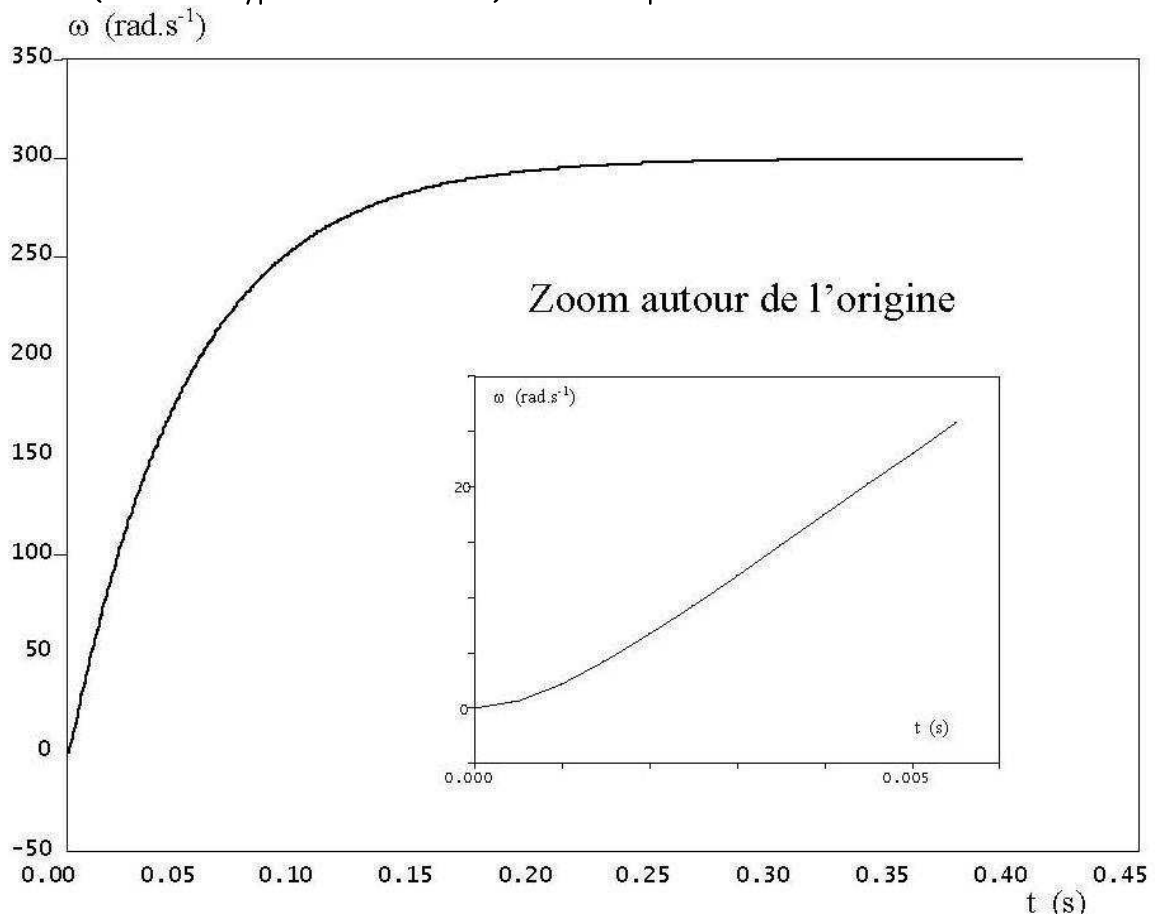
✓ Etude de la chaîne d'action

L'entrée $B(p)$ est la transformée de Laplace de $\beta(t)$ et la sortie $\Theta(p)$, la transformée de Laplace de $\theta(t)$. Le bloc grisé modélise le passage de la vitesse angulaire $\Omega_r(p)$ à la position angulaire $\Theta_r(p)$.

Q1. Compléter le diagramme fonctionnel de la chaîne d'action, en indiquant les fonctions de transfert des constituants à l'intérieur des blocs.



Pour déterminer la fonction de transfert $M(p)$ du moteur unitaire, on dispose de sa réponse indicielle (entrée de type échelon unitaire) obtenue expérimentalement:



Q2. Dédurre de la réponse indicielle du moteur le type de système auquel il peut être identifié. Justifier et donner la **forme** de la fonction de transfert correspondante.

Q3. Proposer une hypothèse permettant de modéliser le système par un système du 1^{er} ordre.

Q4. Identifier $M(p)$ à un 1^{er} ordre en déterminant ses paramètres caractéristiques à l'aide de sa réponse indicielle.

Q5. En déduire la fonction de transfert $M'(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_c(p)}$ du moteur équipé du retour tachymétrique. Indiquer les avantages et les inconvénients de cette boucle de retour sur le comportement du moteur.

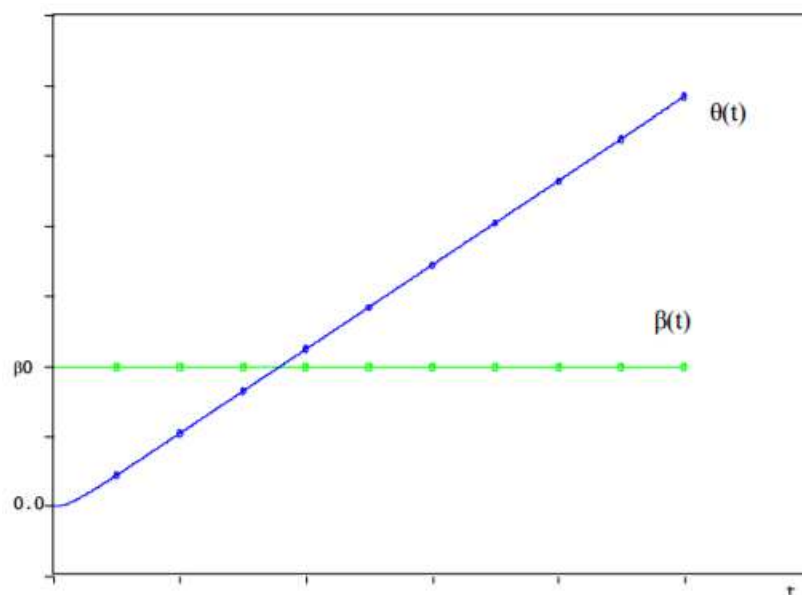
✓ **Comportement du système lorsqu'il n'est pas asservi.**

On s'intéresse à la chaîne d'action seule du système de correction de portée de phare, telle qu'elle a été définie dans la partie précédente. Cela revient à simuler le comportement du système **sans asservissement en position angulaire**.

Après l'étude du schéma-bloc précédent, la fonction de transfert de la chaîne d'action complète est approchée par : $H(p) = \frac{\Theta(p)}{B(p)} = K_c \frac{0,003}{(1 + 0,025p)p}$. (Les angles d'entrée et de sortie sont exprimés en radian).

On se place dans le cas où le véhicule est brusquement chargé à l'arrière. L'entrée est alors un échelon d'amplitude β_0 : $\beta(t) = \beta_0 \cdot u(t)$.

L'allure de la réponse du système est alors donnée ci-dessous :

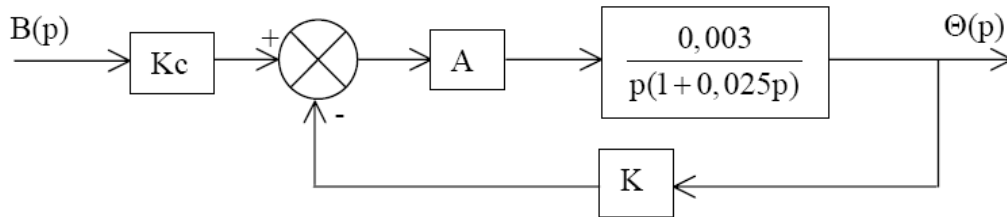


Q6. Est-ce satisfaisant?

✓ **Comportement du système lorsqu'il est asservi.**

Pour améliorer le comportement du système, il est asservi en position angulaire à l'aide :

- d'un capteur de position, de gain K , qui mesure l'angle $\theta(t)$.
- d'un amplificateur de gain pur A .



- Q7. Déterminer la nouvelle fonction de transfert $\frac{\Theta(p)}{B(p)}$ ainsi que ses paramètres caractéristiques.
- Q8. En déduire l'expression de l'erreur statique. Conclure.
- Q9. Déterminer la valeur de AK permettant d'obtenir le système le plus rapide à l'aide de l'abaque situé en bas de page.
- Q10. En déduire le temps de réponse à 5 %. Conclure.

