



DM 2 - SI

Consignes

- Copies propres et bien présentées: encadrer vos résultats, souligner les applications numériques (avec une règle bien sûr)...
- **Aucun retard ne sera accepté.** *Date de rendu au pied des autres pages.*
- Ne pas oublier de rendre les Documents Réponses (DR), avec vos noms. Même s'ils ne sont pas remplis.

1. Analyse des performances du système de correction de portée de phare

1.1 Présentation du système

L'assiette d'un véhicule 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 (Figure 1).

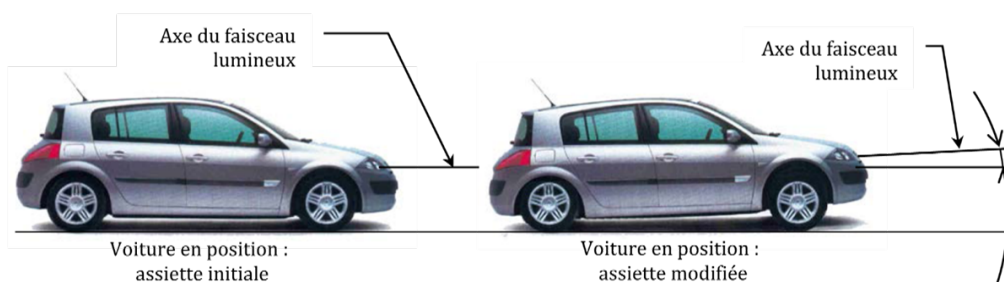


FIGURE 1 – Modification de l'orientation du faisceau lumineux en fonction de l'assiette

Le système de correction de l'assiette de la portée de phare vise à éclairer, de façon optimale, la route (quel que soient l'état de la route et l'état de chargement de la voiture), ce qui est obtenu par la modification automatique de l'orientation du faisceau lumineux en fonction de l'assiette du véhicule.

1.2 Structure de l'asservissement

L'angle de consigne $\theta_{cons}(t)$ est défini par le conducteur. La sortie du système est l'angle $\theta_{f/r}(t)$ d'inclinaison du faisceau lumineux par rapport à la route. La perturbation principale est l'inclinaison $\theta_{c/r}(t)$ de la voiture par rapport à la route.

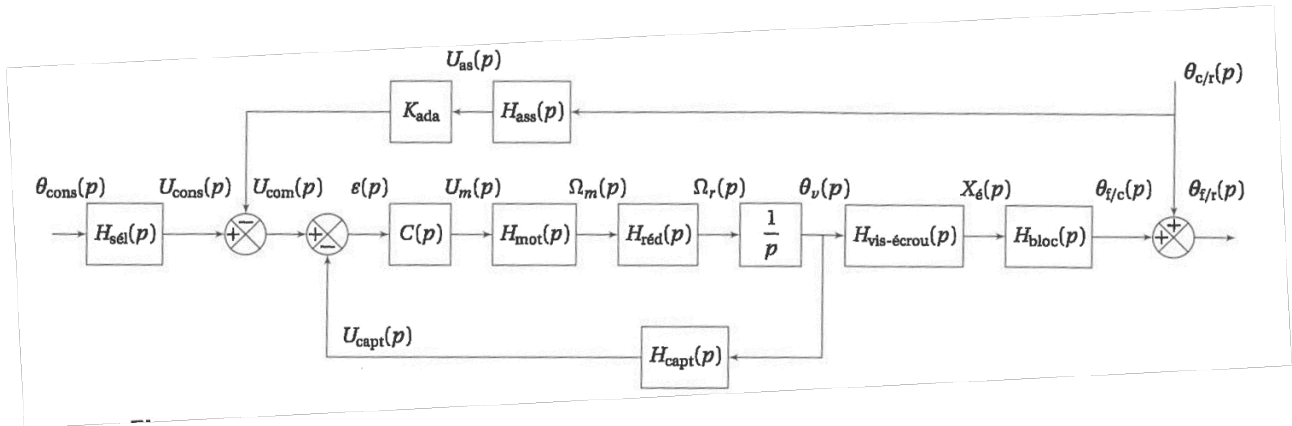


FIGURE 2 – Schéma-blocs de l'orientation du faisceau lumineux en fonction de l'assiette

Les différentes fonctions de transfert sont définies :

$$\begin{aligned}
 H_{sel}(p) &= K_{sel} & H_{red}(p) &= K_{red} = 2,07 \cdot 10^{-3} \\
 H_{ass}(p) &= K_{ass} = 0,14 V \cdot s^{-1} & H_{vis/crou}(p) &= K_{ve} = 9,55 \cdot 10^{-4} m \cdot rad^{-1} \\
 H_{capt}(p) &= K_{capt} = 1,273 V \cdot rad^{-1} & H_{bloc}(p) &\text{ à déterminer} \\
 H_{mot}(p) &= \frac{K_{mot}}{1 + \tau p} & \text{On note } K &= K_{sel} K_{mot} K_{red} K_{ve} H_{bloc}
 \end{aligned}$$

Une fermeture géométrique sur le système mécanique nous permet d'obtenir la loi entrée-sortie $(h - h \cos(\theta_{f/c}))^2 + (x_{\dot{\epsilon}}(t) - h \sin(\theta_{f/c}) - l)^2 = l^2$. En mettant cette expression sous la forme $\theta_{f/c} = f(x_{\dot{\epsilon}})$, on obtient la courbe suivante :

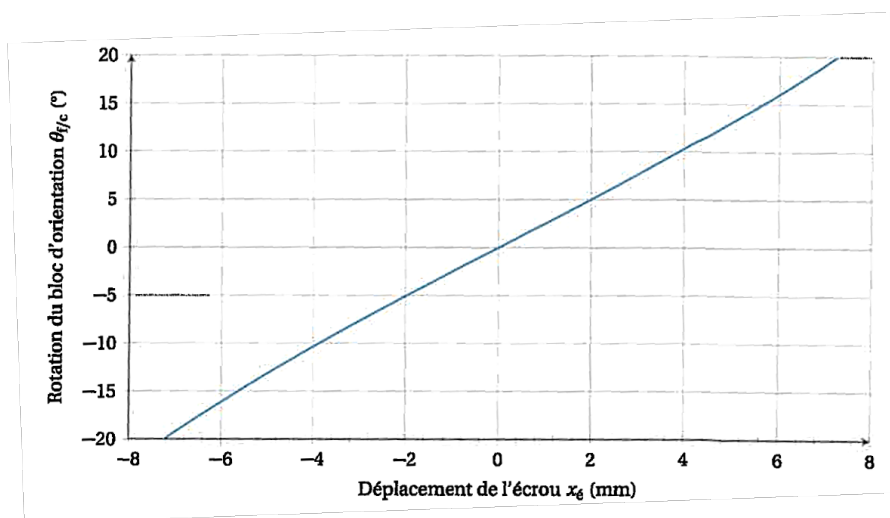


FIGURE 3 – Évolution de l'angle du bloc d'orientation en fonction du déplacement de l'écrou.

Question 1: Proposer un modèle simple pour la fonction de transfert H_{bloc} . Identifier la valeur du paramètre associé en veillant à bien respecter les unités.

1.3 Cahier des charges

Exigence	Critères
Stabilité	Le système doit être stable
Précision	L'erreur statique, définie pour une entrée échelon, doit être nulle, y compris pour une perturbation.
Rapidité	Le temps de réponse à 5% pour une entrée en échelon doit être inférieur à 0,25 s.

Question 2: Afin que le système de correction de phare fonctionne de façon optimale, déterminer l'expression de $K_{sél}$ en fonction de K_{capt} , H_{bloc} et K_{ve} ; pour cela $\theta_{c/r} = 0$, $\theta_{cons} = \theta_{f/r}$ et $\varepsilon = 0$. Ensuite en déduire le gain K_{ada} en fonction de K_{capt} , H_{bloc} , K_{ass} et K_{ve} ; pour cela $\theta_{cons} = 0$, $\theta_{c/r} = -\theta_{f/r}$ et $\varepsilon = 0$.

1.4 Identification de la fonction de transfert du moteur

Dans le schéma-bloc de la figure 2, fonction de transfert $H_{mot} = \frac{K_{mot}}{1 + \tau p}$ est en réalité la fonction du moteur équipé de sa génératrice tachymétrique dont le schéma-blocs est représenté figure 4.

La génératrice tachymétrique est modélisable par un gain pur $K_{tachy} = \frac{1}{300} V.s.rad^{-1}$.

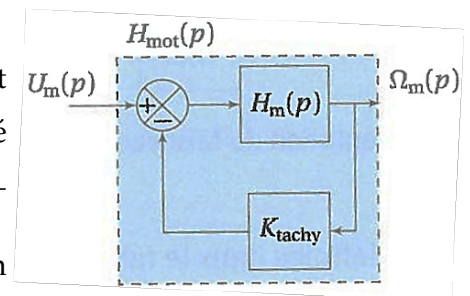


FIGURE 4 – Structure interne du moteur.

Afin de déterminer les coefficients de la fonction de transfert $H_m(p)$ du moteur seul, une mesure sur une sollicitation en échelon de tension unitaire (amplitude 1 V) est réalisée : cette réponse indicielle unitaire ainsi qu'un zoom à l'origine de cette réponse indicielle sont donnés figure 5.

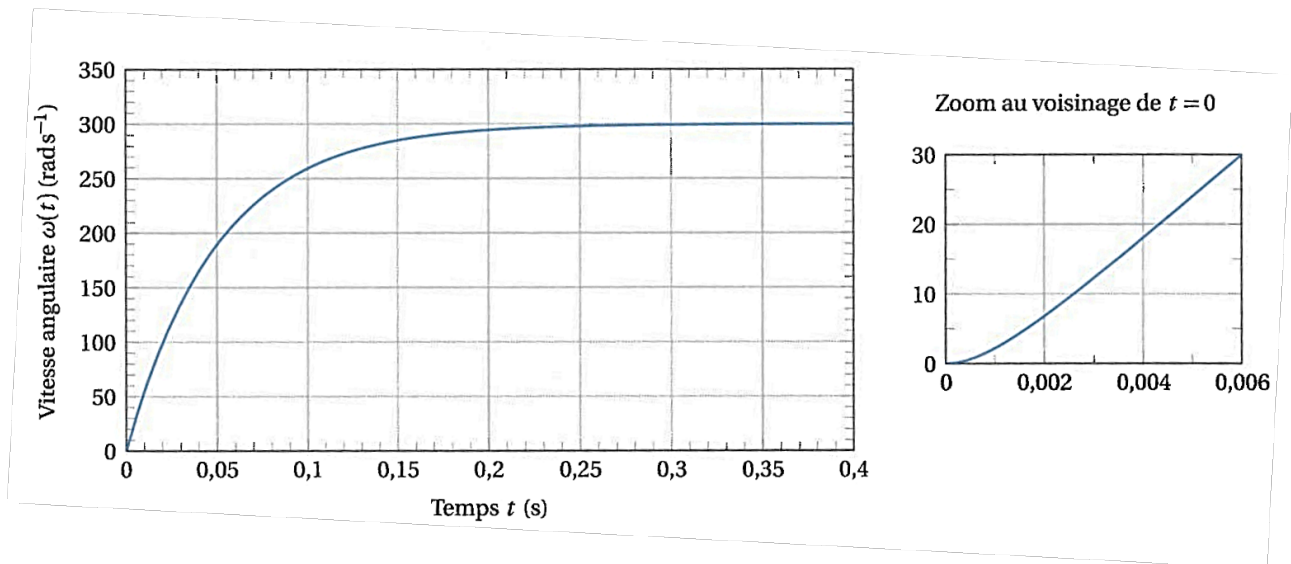


FIGURE 5 – Réponse indicielle unitaire du moteur sans boucle tachymétrique

- Question 3:** À la vue du zoom de la figure 5, proposer un modèle pour $H_m(p)$. A quel modèle pouvons nous prendre ce système à la vue de la réponse sur le graphe de gauche ?
- Question 4:** En assimilant cette réponse à un premier ordre, déterminer les paramètres de la fonction de transfert du moteur seul $H_m(p)$.
- Question 5:** En déduire alors la fonction de transfert de l'ensemble composé du moteur et de sa boucle tachymétrique $H_{mot}(p)$. Faire l'application numérique.

1.5 Calcul des fonctions de transfert

La grandeur de sortie $\theta_{f/r}(t)$ du système étudié dépend de l'entrée principale $\theta_{cons}(t)$ et de la perturbation $\theta_{c/r}(t)$: la relation entre l'entrée, la perturbation et la sortie est donnée par la relation issue du théorème de superposition :

$$\theta_{f/r}(p) = H_{poursuite}(p)\theta_{cons}(p) + H_{régulation}(p)\theta_{c/r}(p)$$

- Question 6:** En supposant que la correction est unitaire, c'est à dire avec $C(p) = 1$, montrer que les fonctions de transfert $H_{poursuite}(p)$ et $H_{régulation}(p)$ peuvent se mettre sous la forme suivante :

$$H_{poursuite}(p) = \frac{K}{(1 + \tau p)p + K} \text{ et } H_{régulation}(p) = 1 - \frac{K}{(1 + \tau p)p + K}$$

1.6 Vérification des performances

Dans le cas d'une correction unitaire, la fonction de transfert de poursuite peut se mettre sous la forme :

$$H_{poursuite}(p) = \frac{1}{1 + \frac{1}{K}p + \frac{\tau}{K}p^2}$$

La perturbation $\theta_{c/r}$ est considérée nulle pour l'instant.

Question 7: Calculer l'erreur statique (pour une entrée en échelon unitaire) du système ainsi modélisé. Conclure sur l'exigence de précision.

Maintenant, la perturbation est non nulle et la consigne $\theta_{cons}(p)$ est considérée nulle.

Question 8: Calculer l'erreur statique liée à une perturbation en échelon unitaire. Conclure sur l'exigence de précision.

Les applications numériques conduisent à la fonction de transfert de poursuite suivante :

$$H_{poursuite}(p) = \frac{1}{1 + 2,53p + 65,7 \cdot 10^{-3}p^2}$$

Question 9: Calculer la pulsation propre non amortie ω_0 et le facteur d'amortissement ξ de la fonction de transfert de poursuite. À l'aide de l'abaque donné figure 6, en déduire le temps de réponse à 5% du système. L'exigence de rapidité est-elle vérifiée?

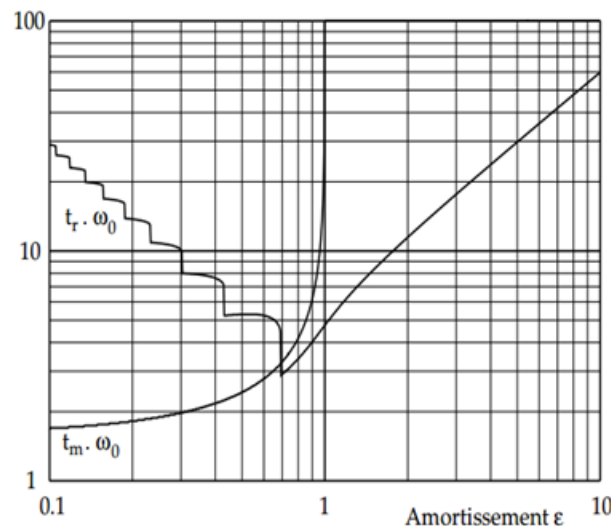


FIGURE 6 – Temps de réponse réduit ($\omega_0 t_{5\%}$) en fonction de la valeur du facteur d'amortissement ξ .

1.7 Synthèse d'une correction proportionnelle

Afin de respecter le temps de réponse à 5%, un correcteur proportionnel est mis en place : sa fonction de transfert est $C(p) = K_c$.

Question 10: Donner la nouvelle fonction de transfert de poursuite en tenant compte du correcteur proportionnel. Les performances en stabilité et en précision du système sont-elles modifiées?

Question 11: Déterminer la valeur de K_c permettant de vérifier l'exigence du temps de réponse à 5%, dans le cas où les dépassements sont autorisés et dans le cas où ils ne le sont pas.