



LYCÉE LA MARTINIÈRE MONPLAISIR LYON
SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR
CLASSE PRÉPARATOIRE M.P.S.I.
ANNÉE 2022 - 2023

C8 : ANALYSE DES PERFORMANCES DES SYSTÈMES ASSERVIS

TD 18 - Précision et rapidité des systèmes asservis (C8-2)

9 Mai 2023

Compétences

- **Modéliser**
 - Établir un modèle de comportement à partir d'une réponse temporelle ou fréquentielle.
- **Résoudre**
 - Proposer une démarche permettant d'évaluer les performances des systèmes asservis.
 - Déterminer la réponse fréquentielle.
 - Déterminer les performances d'un système asservi.

Exercice 1 : Étude d'un automate d'exploration de l'hémostase par chronométrie

Source : CCINP MP 2015

1 Présentation

La société Stago est un laboratoire pharmaceutique de l'industrie du Diagnostic In Vitro (DIV) entièrement dédiée à l'exploration de l'hémostase et de la thrombose. L'hémostase est le processus physiologique qui permet d'interrompre le saignement pour éviter l'hémorragie. L'objet de cette étude, le STA Compact, est un automate de laboratoire destiné à l'analyse de l'hémostase.

Le STA Compact permet de réaliser, entre autre, des tests de chronométrie afin de mesurer un temps de coagulation.

La tête de pipetage, dont le diagramme de bloc interne est fourni figure 1, est guidée en translation suivant \vec{y} par rapport à une traverse intermédiaire, elle-même guidée en translation suivant \vec{x} par rapport au bâti.

Les déplacements verticaux des aiguilles de la tête de pipetage (axe \vec{z}) sont assurés par un ensemble motoréducteur à courant continu et système pignon-crémaillère.

2 Réglage de l'asservissement

La modélisation de l'asservissement de position est donnée par le schéma-bloc ci-dessous :

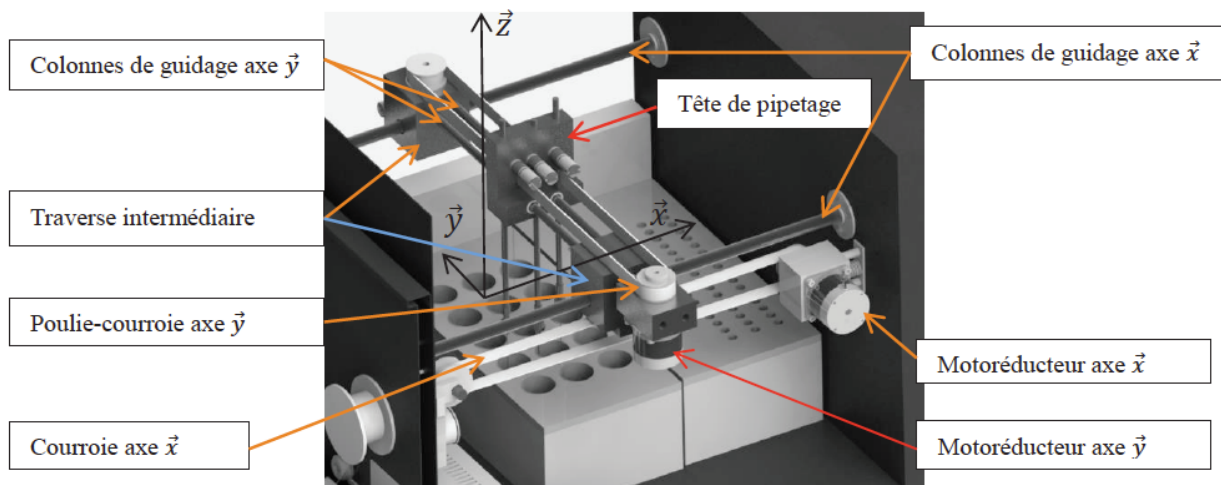
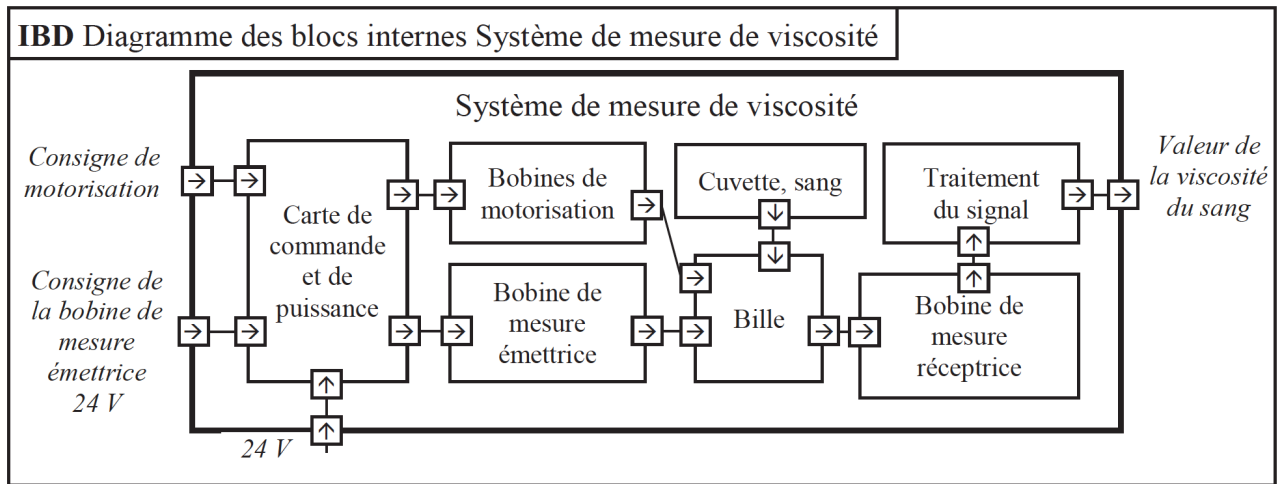
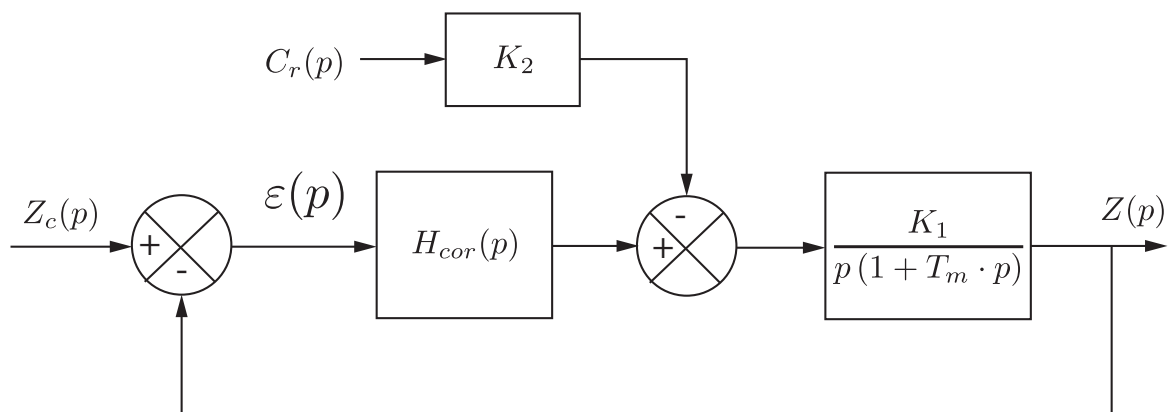


FIGURE 1 – Diagramme de bloc interne et présentation de l'architecture du système de mesure et du système de guidage



avec $K_2 = 2,78 \cdot 10^{-2} \text{ N}^{-1}$, $K_1 = 856 \text{ s}^{-1}$, $T_m = 3 \cdot 10^{-2} \text{ s}$.

Le couple résistant C_r est constant et vaut $C_{r0} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$.

On suppose le correcteur proportionnel : $H_{cor}(p) = K_p$.

Les performances du système sont détaillées dans le diagramme des exigences partiel (figure 2).

Q 1 : Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte $H_{bo}(p) = \left(\frac{Z(p)}{\varepsilon(p)} \right)_{C_r(p)=0}$ ainsi que la

fonction de transfert $H_{cr}(p) = \left(\frac{Z(p)}{C_r(p)} \right)_{Z_c=0}$.

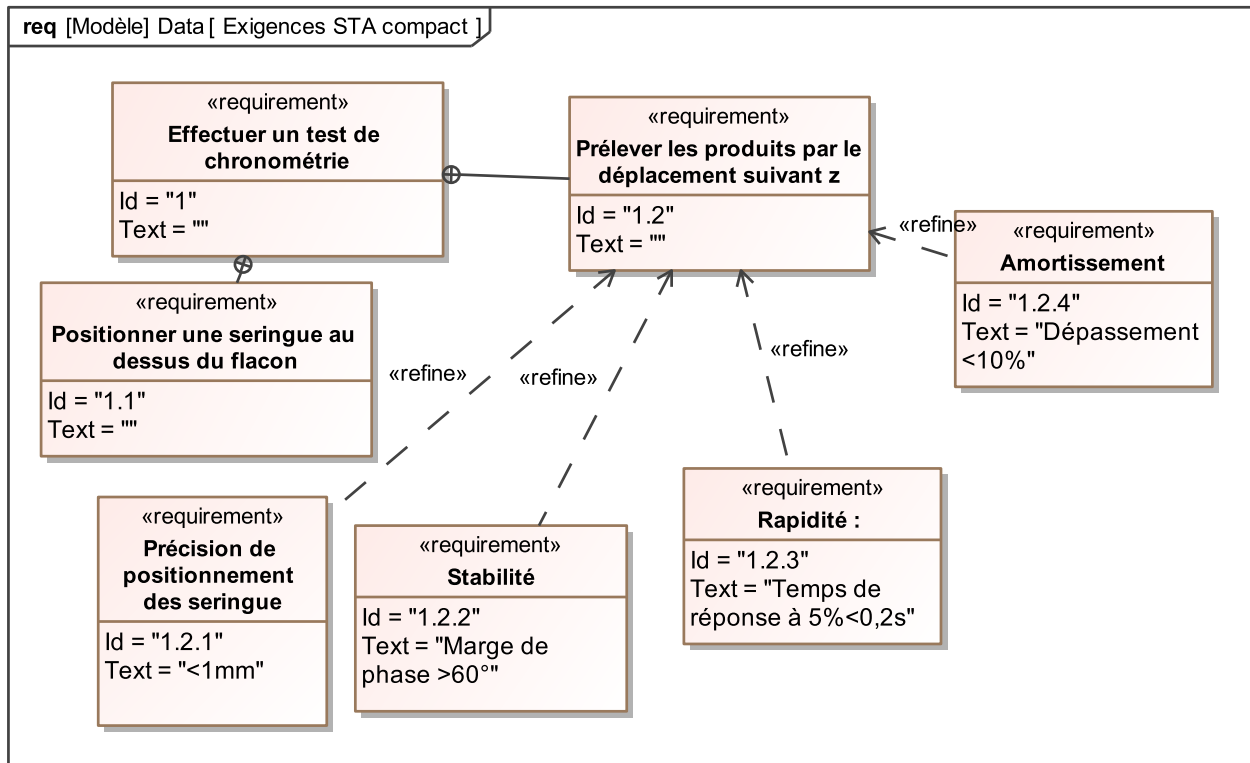


FIGURE 2 – Diagramme des exigences

Q 2 : Déterminer l'erreur statique pour une entrée de type échelon d'amplitude Z_{c0} dans l'hypothèse d'une perturbation nulle (C_{r0}). Déterminer ensuite l'erreur due à une perturbation constante C_{r0} , dans le cas d'une consigne de position nulle ($Z_c = 0$). En déduire la valeur de K_p pour satisfaire le critère de précision du cahier des charges.

Q 3 : Sur le document réponse de la figure (3) compléter les diagrammes de Bode en gain et en phase de $H_{bo}(p)$ pour K_p déterminé précédemment. Indiquer si le critère de stabilité est satisfait en justifiant votre démarche par des tracés nécessaires.

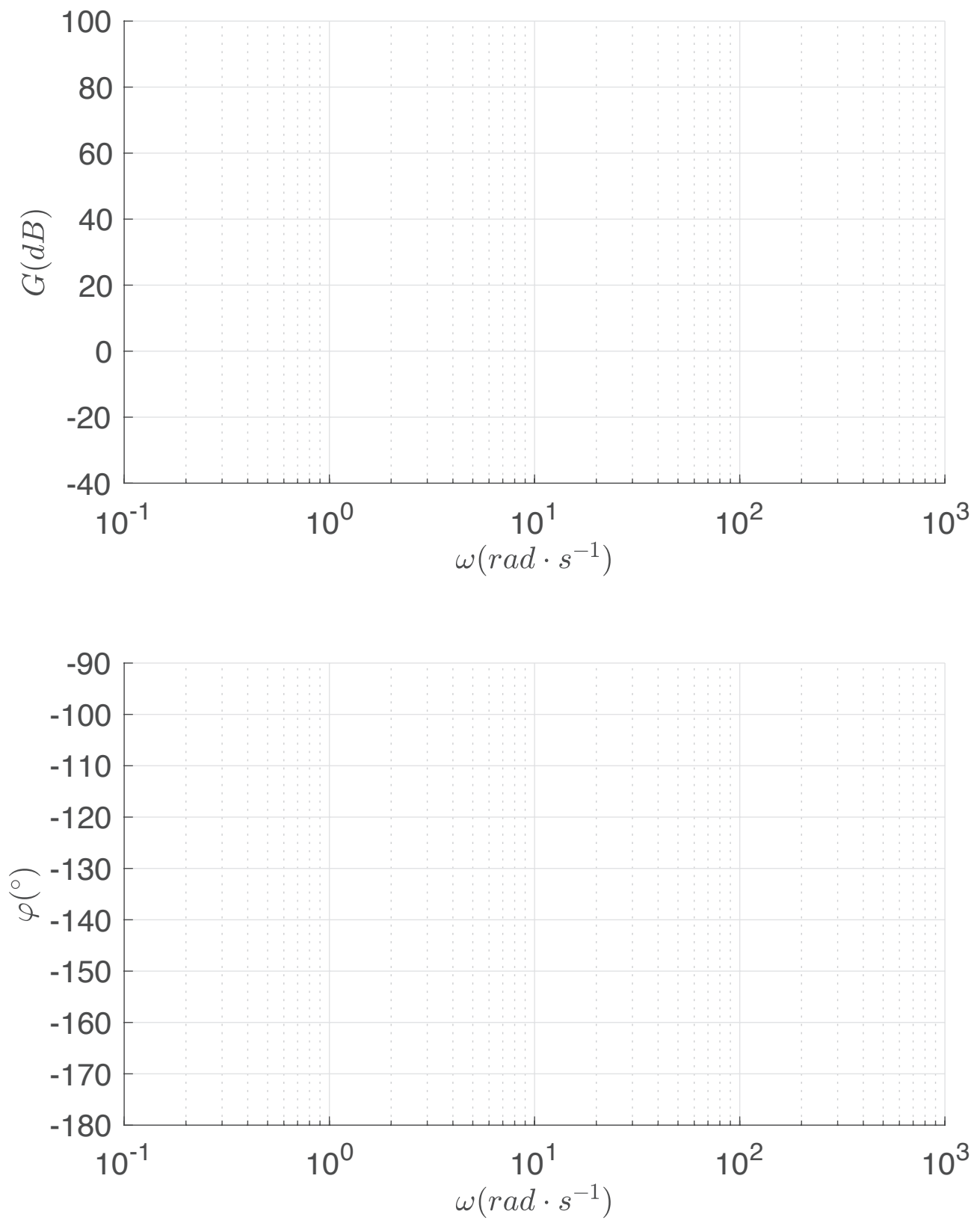
Afin d'améliorer le comportement, on implante un correcteur Proportionnel Intégral ayant pour fonction de transfert : $H_{cor}(p) = \frac{K_p(1+T_i \cdot p)}{T_i \cdot p}$ avec $K_p = 1$ et $T_i = 1s$.

Q 4 : Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte avec ce correcteur avec $K_p = 1$ et $T_i = 1s$ sur la figure 4.

Q 5 : On souhaite une marge de phase d'au moins 60° . Proposer un réglage de K_p pour satisfaire au cahier des charges. Justifier vos calculs par les tracés nécessaires sur la figure 4.

Q 6 : La figure 5 donne la réponse à un échelon de position de $50mm$ avec trois types de correcteurs. Vérifier qu'elle est conforme au cahier des charges. Justifier clairement vos réponses en donnant les valeurs numériques pour chaque critère.

Q 7 : Analyser les résultats à l'aide du diagramme de Bode de la FTBO corrigé avec un PID optimisé (figure 6.)

FIGURE 3 – Diagramme de Bode de $H_{bo}(p)$ pour $K_p = 1$

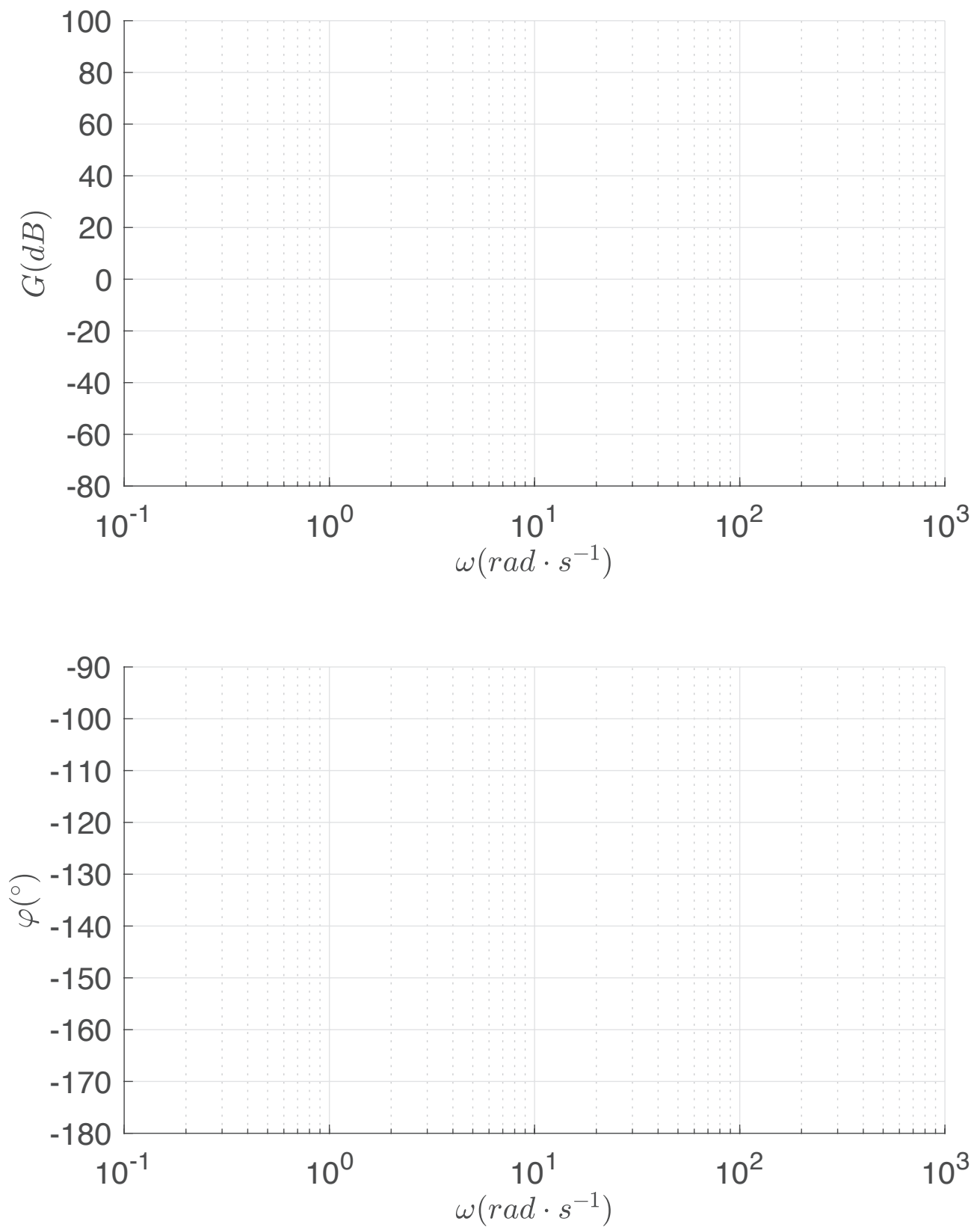


FIGURE 4 – Diagramme de Bode de $H_{bo}(p)$ avec un correcteur PI pour $K_p = 1$ et $T_i = 1s$

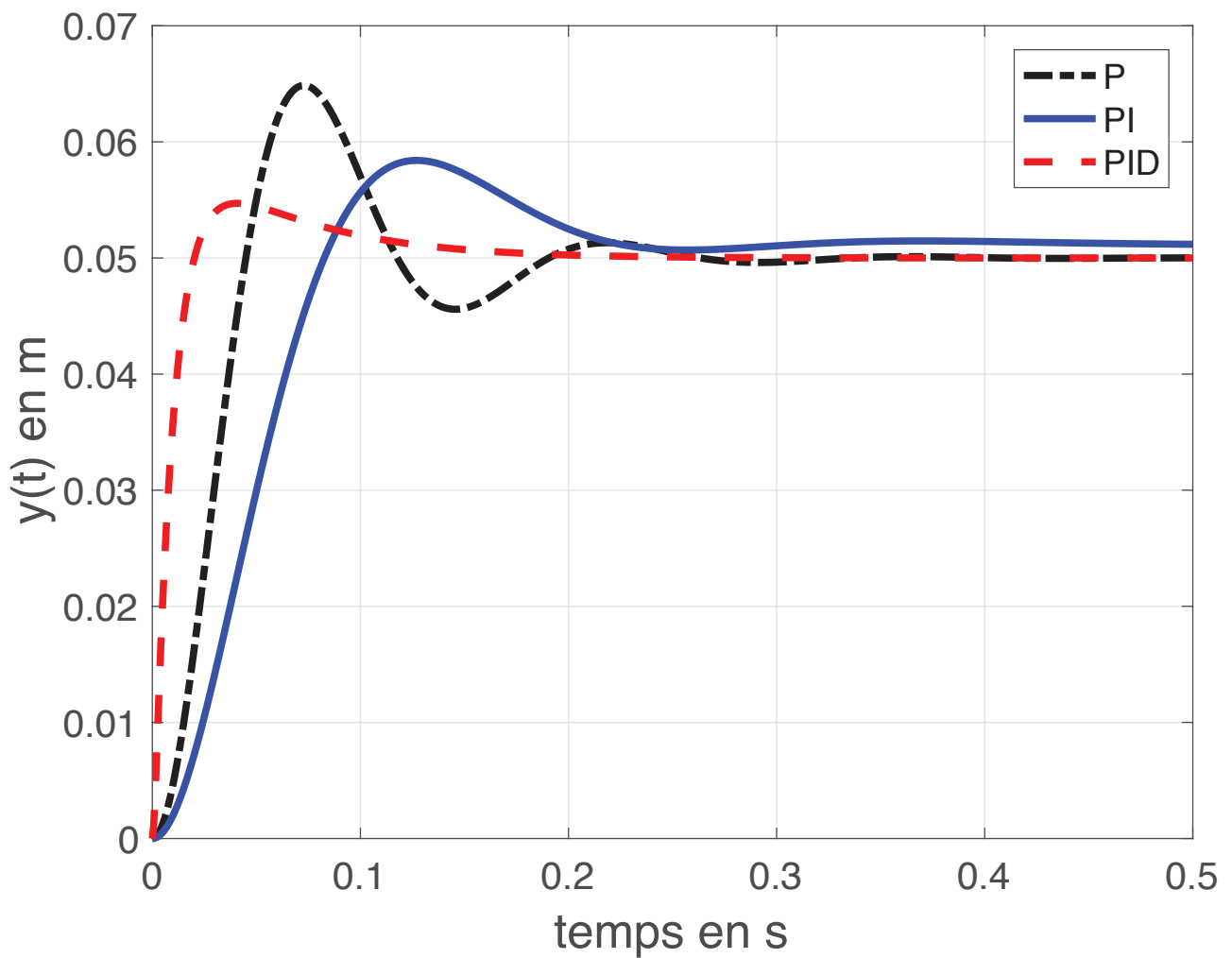


FIGURE 5 – Réponse à un échelon de position de 50 mm avec trois correcteurs P(question 2) PI (question 5) et PID (déterminé numériquement)

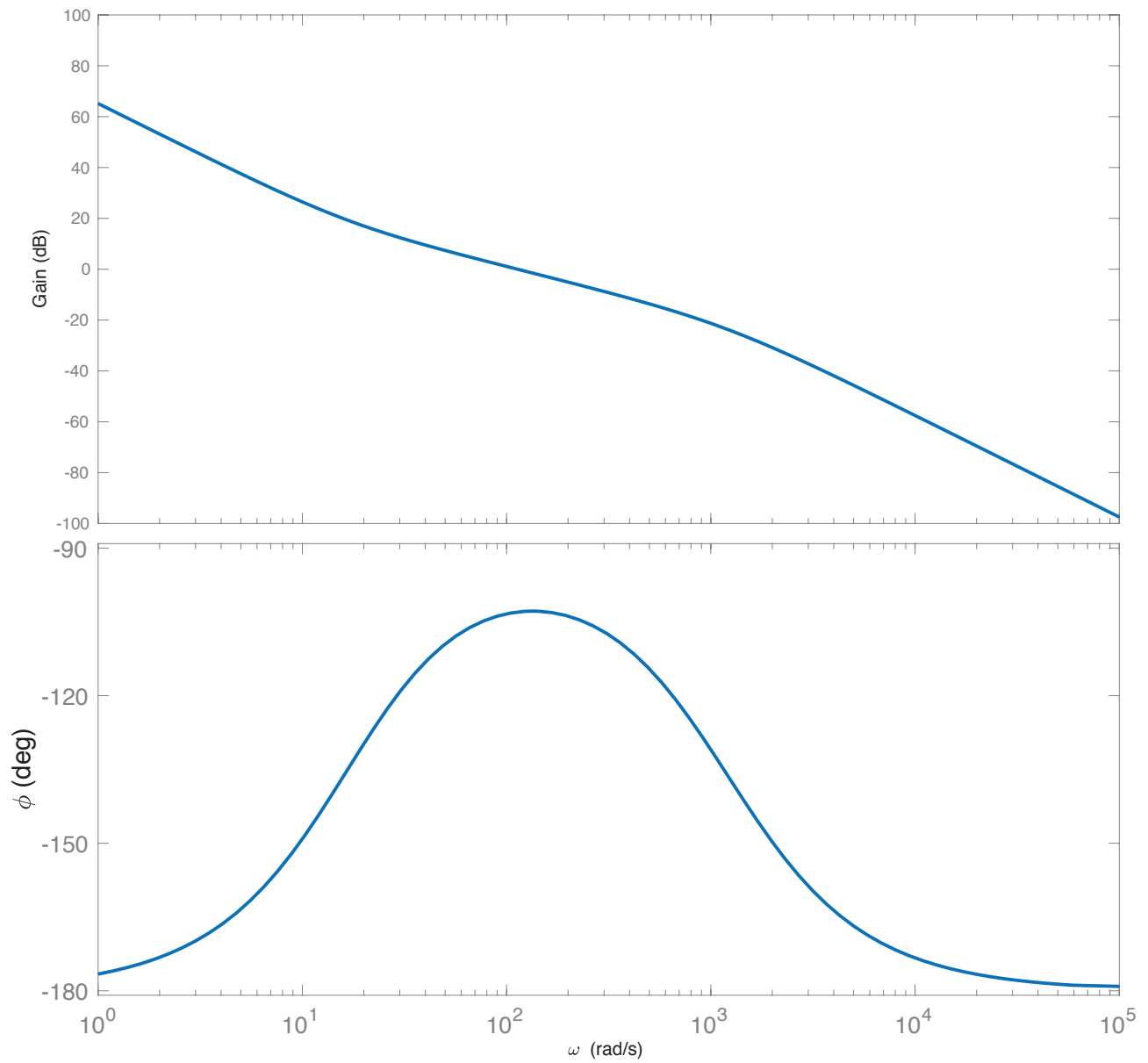


FIGURE 6 – Diagramme de Bode de $H_{bo}(p)$ avec un correcteur PID pour $K_p = 0,19$, $K_i = 2,1$ et $K_d = 0,0038$