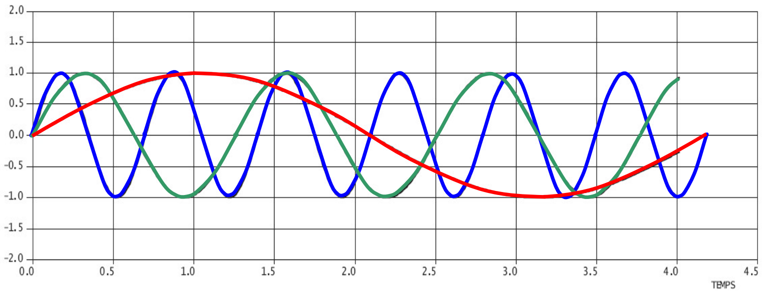
TD 04 REPONSE FREQUENTIELLE DES SLCI

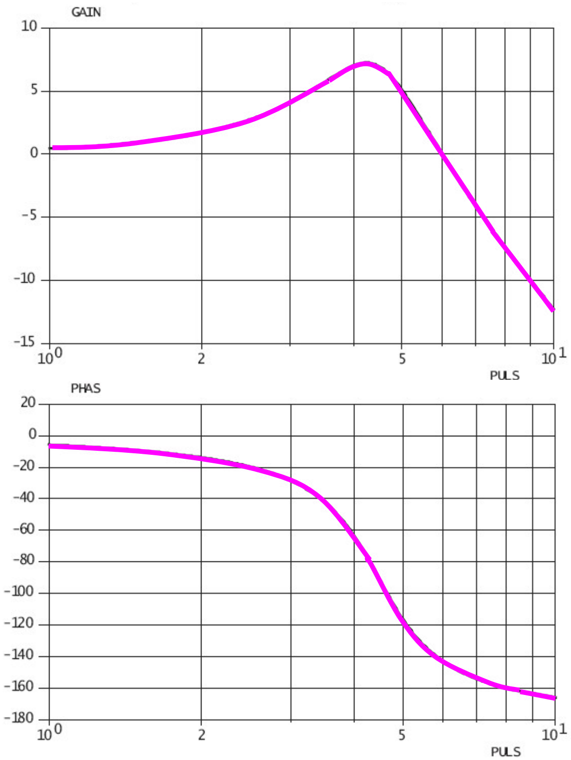
Exercice 1 : **REPONSES TEMPORELLES ET HARMONIQUES D'UN PREMIER ORDRE**

Le diagramme temporel ci-dessous présente, en fonction du temps en s, l'évolution de 3 signaux d'entrée sinusoïdaux.



Question 1 : *Déterminer les périodes et les pulsations de chacun des signaux.*

Soit un système dont le diagramme de Bode est donné ci-contre :



Question 2 : *En déduire le gain en dB, puis le gain, et le déphasage en ° en régime permanent pour chacune des pulsations correspondant aux 3 entrées précédentes.*

Question 3 : *En déduire l'expression temporelle de chacun des signaux de sortie.*

Question 4 : *En déduire le tracé des courbes temporelles de sortie correspondant aux 3 entrées précédentes.*

Question 5 : *Conclure.*

Exercice 2 : **REPRESENTATION ASYMPTOTIQUE DE BODE**

Pour chaque fonction de transfert :

$F_1(p) = 8$ $\quad F_2(p) = \frac{2}{p}$ $\quad F_3(p) = 3p$ $\quad F_4(p) = \frac{20}{10+p}$

$F_5(p) = \frac{0,15p+3}{1+0,1p}$ $\quad F_6(p) = \frac{4}{0,2p^2+p}$ $\quad F_7(p) = \frac{3}{2+0,1p+0,02p^2}$ $\quad F_8(p) = \frac{1}{(2+p)(2+4p+10p^2)}$

Question 1 : *Tracer les diagrammes asymptotiques et réels de Bode, en indiquant clairement :*

- *les valeurs en dB ou en ° des asymptotes horizontales ;*
- *les pentes des asymptotes croissantes ou décroissantes ;*
- *les valeurs des pulsations particulières (cassures, intersections avec l'axe des 0 dB…).*

Question 2 : *Calculer la moyenne logarithmique de 10 et 20 puis calculer la phase minimale de $F_5(p)$.*

Pour tracer des diagrammes de bode en ligne

https://bode.allais.eu
ou
https://sciencesindustrielles.com/Logiciels/Diagramme%20de%20Bode%20Python.py

Exercice 3 : **REPRESENTATION ASYMPTOTIQUE DE BODE**

Pour chaque fonction de transfert :

$F_9(p) = \frac{5}{p}$ $\quad F_{10}(p) = \frac{40}{5+p}$ $\quad F_{11}(p) = \frac{2}{p}\frac{30}{100+p}$ $\quad F_{12}(p) = \frac{3p+2}{0,08(p+5)^2}$

$F_{13}(p) = \frac{3}{2+0,1p+0,02\ ^2}$ $\quad F_{14}(p) = \frac{1}{(2+p)(2+4p+10p^2)}$ $\quad F_{15}(p) = \frac{5(2+0,5p)}{(0,5+2p+10p^2)p}$

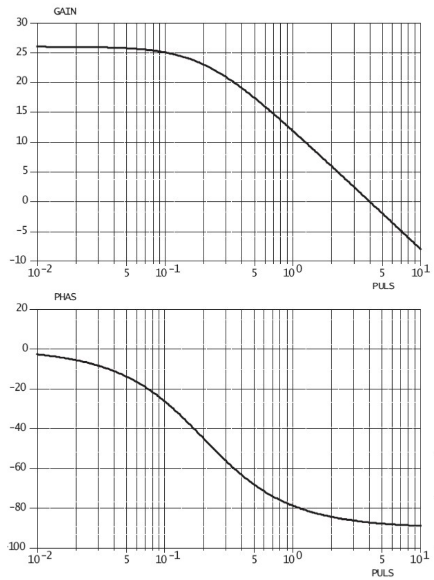
Question 1 : *Tracer les diagrammes asymptotiques et réels de Bode, en indiquant clairement :*

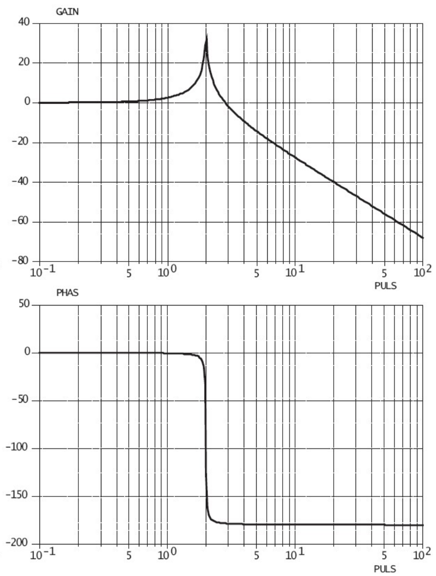
- *les valeurs en dB ou en ° des asymptotes horizontales ;*
- *les pentes des asymptotes croissantes ou décroissantes ;*
- *les valeurs des pulsations particulières (cassures, intersections avec l'axe des 0 dB…).*

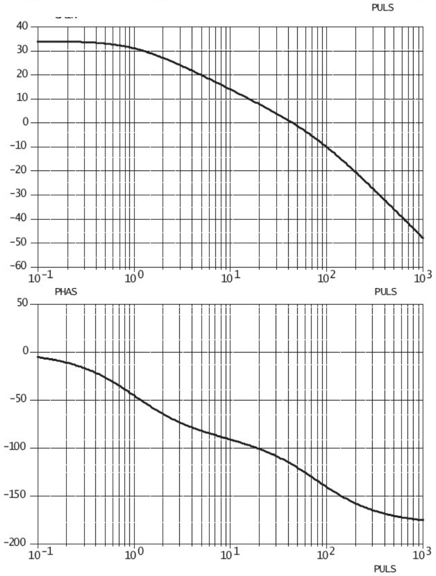
Exercice 4 : **IDENTIFICATION DE FONCTION DE TRANSFERT SUR DIAGRAMME DE BODE**

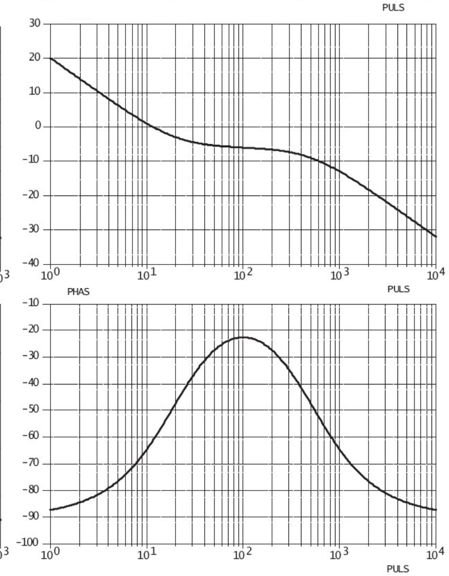
Question 1 : *Sur les diagrammes de Bode suivants, tracer les diagrammes de Bode asymptotiques puis identifier les fonctions de transfert correspondantes.*

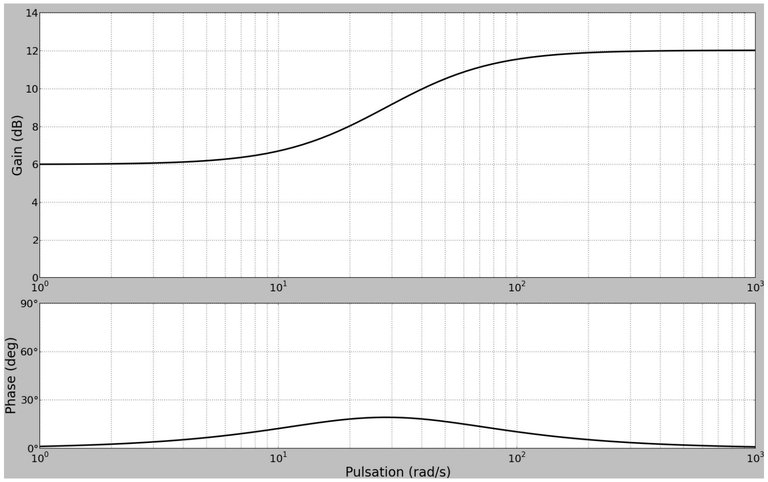
Question 2 : *Déterminer les bandes passantes à -3 dB de $F_1(p)$ et $F_2(p)$. Contrôler le résultat graphiquement.*

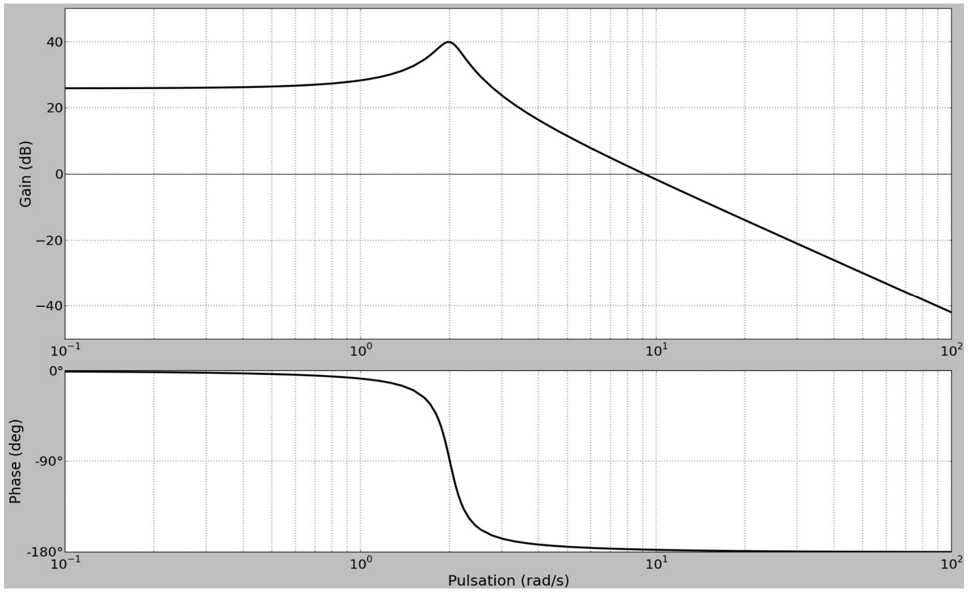


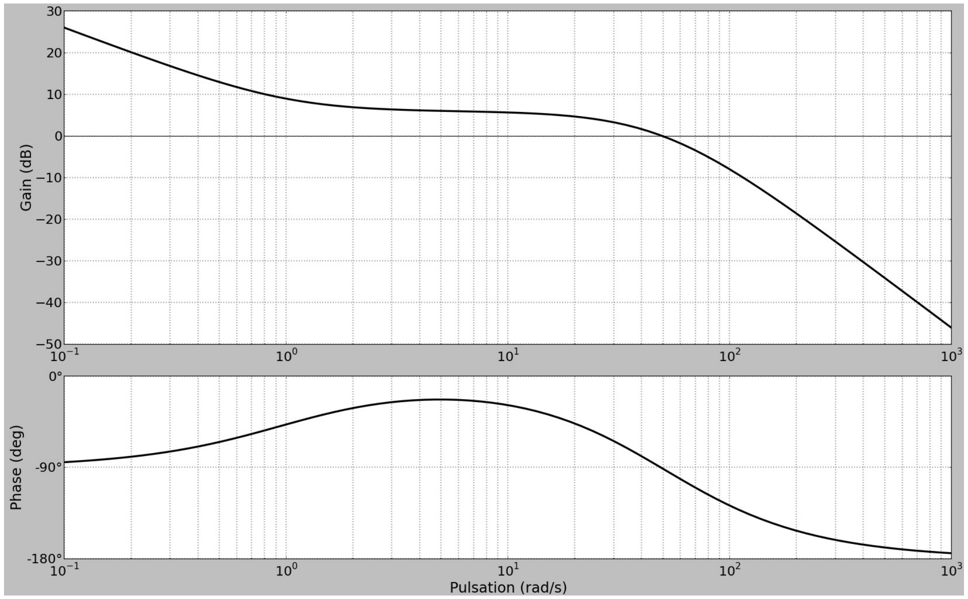


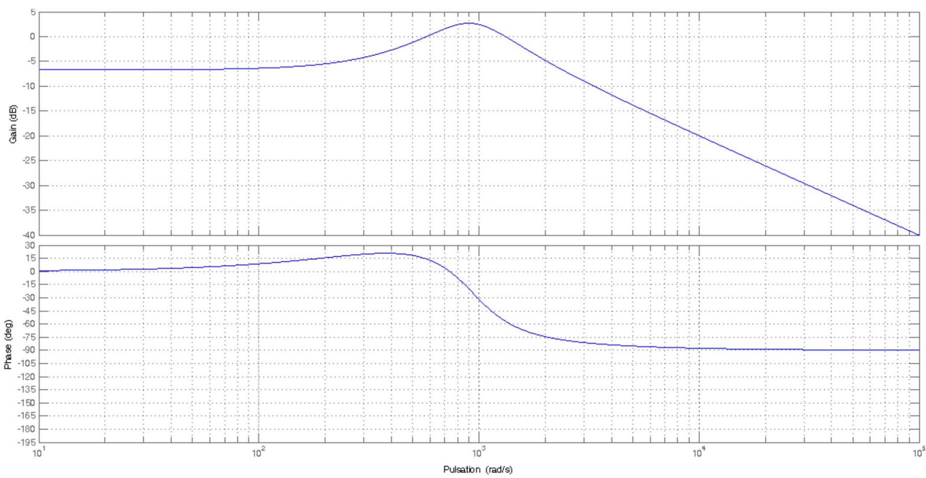


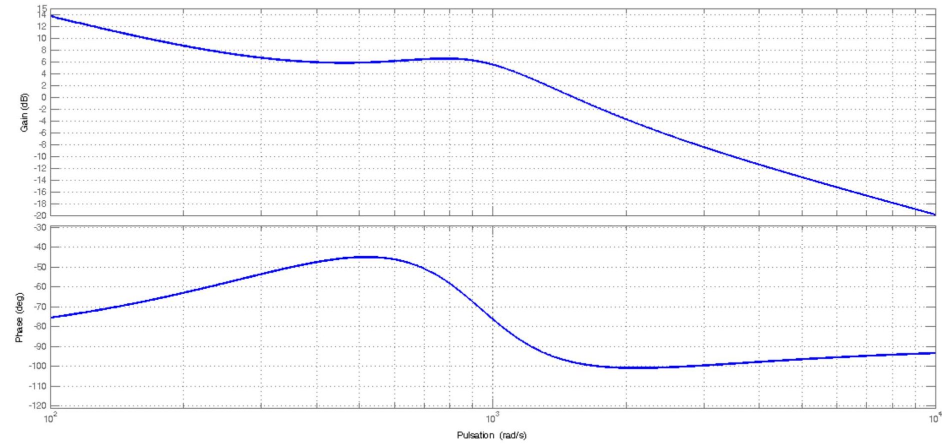












Exercice 5 : **CORRECTEUR A AVANCE DE PHASE DU ROBOVOLC**

(D'après E3A PSI 2017)

Question 1 : *Tracer le diagramme de Bode asymptotique de la fonction* $H(p) = \frac{\delta.\tau_B.p+1}{\tau_B.p+1}$ *avec* $\delta > 1$

Question 2 : *Quel est l'intérêt de ce correcteur à avance de phase ?*

Question 3 : *En utilisant une moyenne logarithmique entre* $\frac{1}{\delta.\tau_B}$ *et* $\frac{1}{\tau_B}$ *montrer que la valeur maximale de la phase à lieu pour* $\omega_{maxi} = \frac{1}{\sqrt{\delta}.\tau_B}$.

Question 4 : *Déterminer* δ *tel que* $\varphi(\omega_{maxi}) = 45°$

On étudie l'asservissement d'une MSAP, on donne la fonction suivante :

$$\mathrm{FTBO_{corr\Omega}(p) = K_{pi}.\frac{\delta.\tau_B.p+1}{\delta.\tau_B.p}.\frac{B}{p.(1+\tau_B.p)}}$$

Avec $\delta = 5{,}83$, $B = 45\ (\mathrm{rad/s})^2/\mathrm{A}$, $\tau_B = 33{,}87\ \mathrm{ms}$

Question 5 : *Déterminer* K_{pi} *tel que* $G_{dB}(\omega_{maxi}) = 0dB$*. Quel est l'intérêt ?*

Exercice 6 : **SUSPENSION DE MOTO**

Mise en situation

On s'intéresse a une suspension de la moto Motoroid de Yamaha https://youtu.be/4Lx0ZJGgsFs

Il s'agit d'une moto électrique, elle a la particularité de pouvoir rester en équilibre sur 2 roues grâce à sa cinématique et d'être capable de reconnaissance d'image avec intelligence artificielle.

Sa suspension relie le siège et son pilote à la roue arrière de la moto. Les oscillations du sol doivent être absorbées par cette suspension, ce qui nécessite un réglage correct de l'amortisseur de la moto.

Sur une large partie de sa gamme Yamaha a adopté une transmission finale par cardans. Cette transmission si elle présente l'avantage d'un entretien réduit pose le problème de son hétérocinétisme.

Le modèle simplifié proposé pour cette suspension est constitué :

- d'un bâti 0 munit d'une base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ supposé galiléen ;
- d'un châssis 1 ;
- du siège 2 de masse m de **300 kg**, en liaison glissière avec 1 ;
- d'un ressort d'une raideur k de **35,7 kN/m** ;
- d'un amortisseur de coefficient de frottement visqueux c de **1700 N/(m/s)**.

La fonction globale est de limiter les chocs et vibrations sur le cadre et minimiser les variations soudaines de l'assiette.

Question 1 : *Expliquer en une phrase le fonctionnement d'un amortisseur et d'un joint de cardan.*

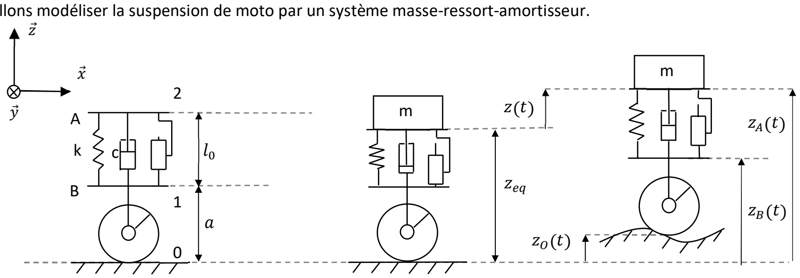
On cherche à étudier les paramètres qui influent sur la résonance de la suspension.

Question 2 : *Donner l'entrée et la sortie du système.*

Question 3 : *Donner l'ordre du système, justifier technologiquement cet ordre.*

Modélisation

Nous allons modéliser la suspension de moto par un système masse-ressort-amortisseur.



Suspension non chargée à l'équilibre — Suspension chargée à l'équilibre — Suspension chargée hors état d'équilibre

Dans la configuration 1, le système ressort-amortisseur n'est pas chargé.
Dans la configuration 2, le système ressort-amortisseur s'est abaissé avec la masse du châssis jusqu'à atteindre une position z_{eq}.
Dans la configuration 3, le système masse-ressort-amortisseur est soumis à une entrée variable.
La masse est soumise à :

- l'action de l'amortisseur $\vec{F_a} = -c\left(\dot{z}_A(t) - \dot{z}_B(t)\right)\vec{z}$; (force proportionnelle à la vitesse)
- l'action du ressort $\vec{F_r} = -k(z_A(t) - z_B(t) - l_0)\,\vec{z}$; (force proportionnelle au déplacement)
- l'action de la glissière parfaite $\vec{R}(1 \to 2)$ avec $\vec{R}(1 \to 2)\ .\vec{z} = 0$;
- l'action de la pesanteur $\vec{P} = -mg\,\vec{z}$.

Question 4 : *En suivant une démarche rigoureuse, appliquer le théorème de la résultante statique (TRS) à la masse dans la configuration 2, au repos. Montrer que la position d'équilibre est* $z_{eq} = a + l_0 - \frac{mg}{k}$.

Question 5 : *En suivant une démarche rigoureuse, appliquer le théorème de la résultante dynamique (TRD) à la masse dans la configuration 3, lorsque le système n'est pas à l'équilibre. Après simplification, montrer que l'on a la relation :*

$$m\,\ddot{z}(t) + h\,\dot{z}(t) + k\,z(t) = c\,\dot{z}_O(t) + k\,z_O(t)$$

Question 6 : *On suppose les conditions initiales nulles, écrire la fonction de transfert de la suspension* $\frac{Z(p)}{Z_O(p)}$ *sous forme canonique.*

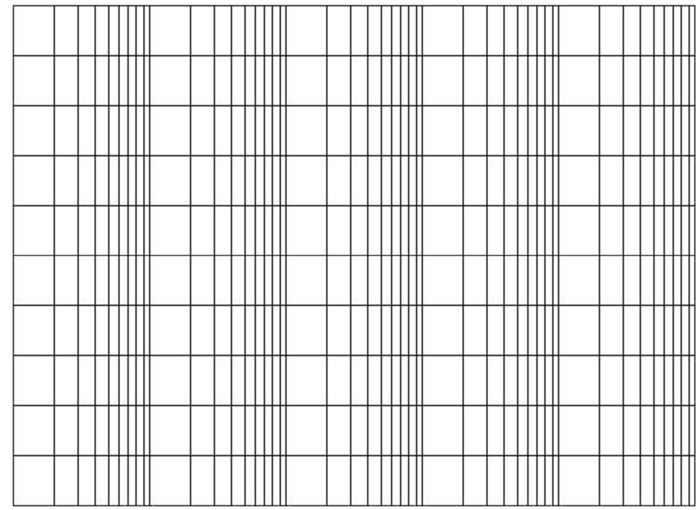
Question 7 : *Déterminer les paramètres caractéristiques K, z, ω_0 et τ de cette fonction de transfert.*

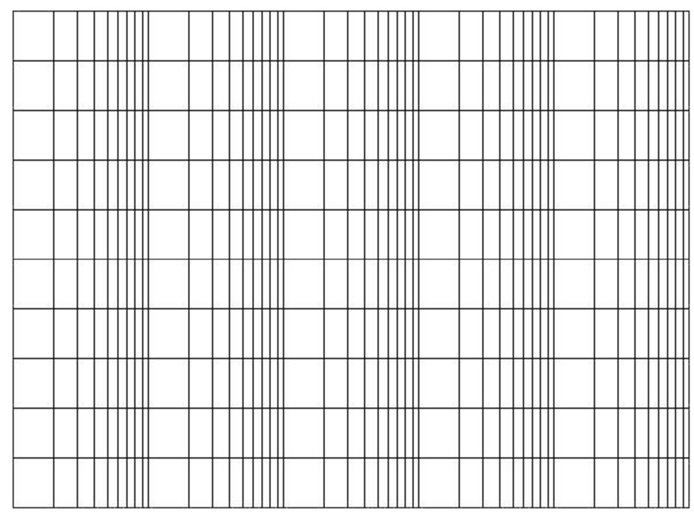
Question 8 : *Calculer les pulsations de coupures. Et tracer sur le document réponse le diagramme de Bode asymptotique avec les valeurs numériques données.*

Question 9 : *Indiquer à quel type de filtre correspond le système.*

Question 10 : *Déterminer la bande passante à -3dB.*

ANNEXE





Stabilité

Exercice 7 : **STABILITE DES SYSTEMES ELEMENTAIRES**

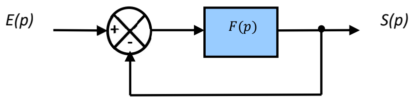
Pour qu'un système d'ordre 1 ou 2 soit stable, il faut que les coefficients du dénominateur soient positifs.

Question 1 : *Système suivants sont-ils stables :*

$$F_1(p) = \frac{K}{1+\tau p} \qquad\qquad F_2(p) = \frac{K}{1+\frac{2z}{\omega_0}p+\frac{1}{\omega_0{}^2}p^2}$$

Exercice 8 : **FTBO ET FTBF**

Soit un système asservi décrit par un schéma-bloc à retour unitaire.



Question 1 : *Déterminer le la FTBF à partir des FTBO suivantes :*

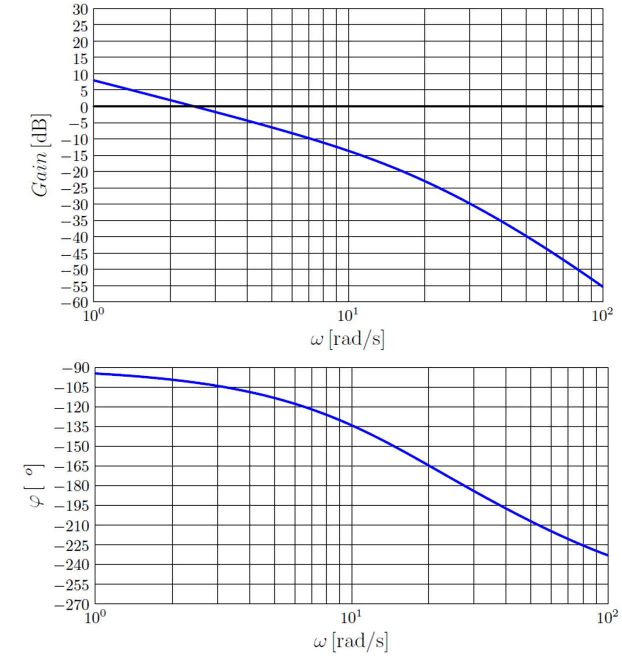
$F_0(p) = K \qquad F_1(p) = \frac{K}{1+ap} \qquad F_2(p) = \frac{K}{1+ap+bp^2} \qquad F_3(p) = \frac{1}{p}\frac{K}{1+ap+b\ {}^2} \qquad F_4(p) = \frac{K}{1+ap+bp^2+cp^3}$

On prendra comme notation $F_i(\mathrm{p})$ pour les FTBO et $H_i(\mathrm{p})$ pour les FTBF.

Question 2 : *FTBO et FTBF ont-elles forcément la même classe ? ont-elles forcément le même ordre ?*

Exercice 9 : **MARGES DE STABILITE**

Soit $F(p)$ la FTBO d'un système bouclé à retour unitaire d'entrée $x(t)$ et de sortie $y(t)$. Les diagrammes de BODE de $F(p)$ sont représentés ci-dessous.



Diagrammes de BODE de la FTBO

Question 1 : *Tracer le schéma-bloc du système asservi.*

Question 2 : *Déterminer les marges de phase et de gain du système, puis conclure quant à sa stabilité.*

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

Question 3 : *Déterminer la valeur de K permettant d'obtenir une marge de gain* $M_G = 12\ dB$.

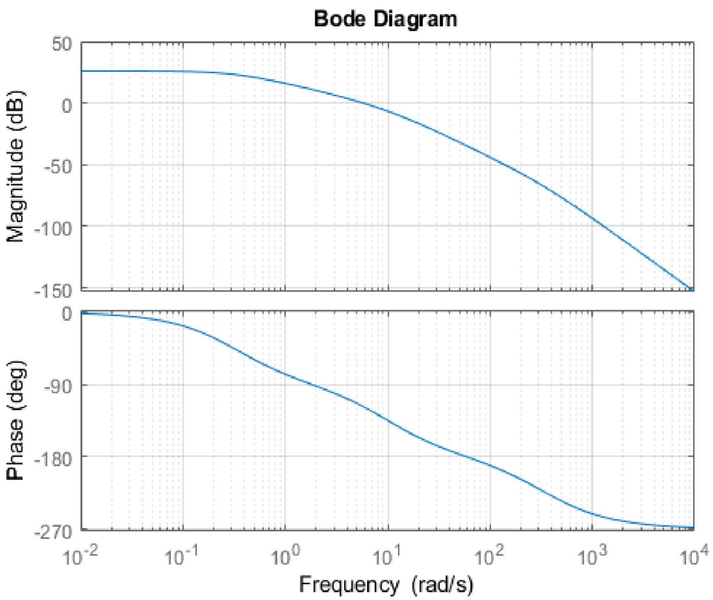
Question 4 : *Déterminer la nouvelle marge de phase du système et conclure quant à sa stabilité.*

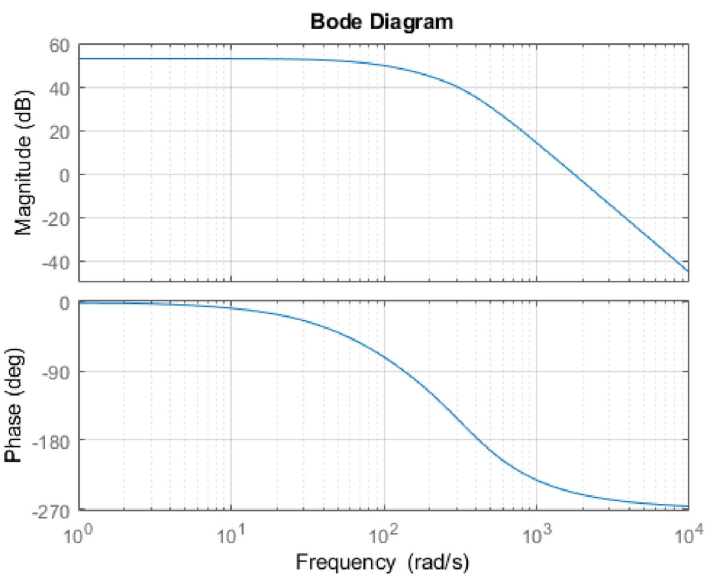
Question 5 : *En précisant la méthode permettant de le calculer, déterminer l'écart statique* ε_s *du système corrigé pour une entrée indicielle.*

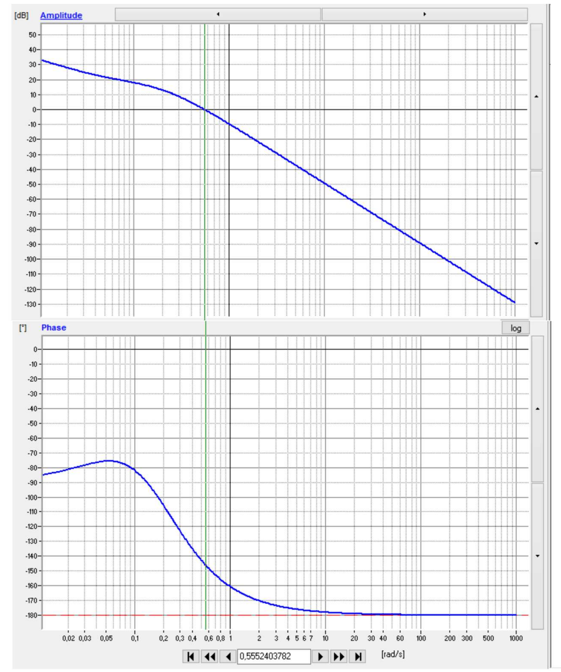
Exercice 10 : **MARGES DE STABILITE**

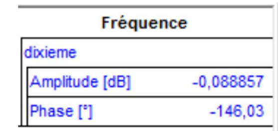
Question 1 : *Déterminer les marges de phase et de gain des systèmes suivants :*

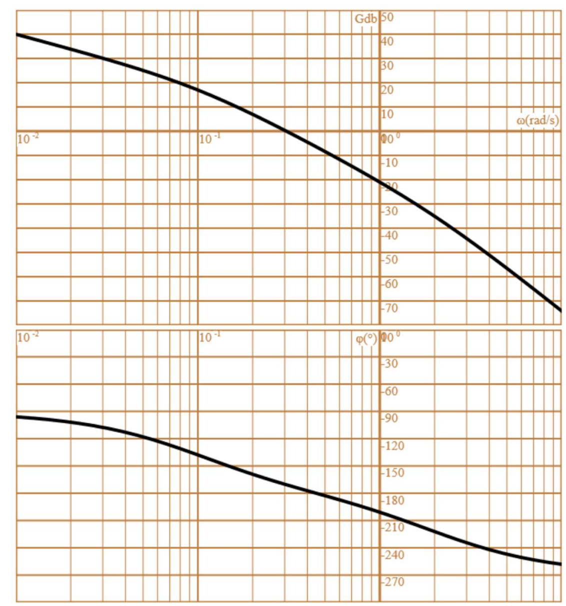
Question 2 : *Indiquer si les systèmes sont stables ou instables.*











ANNEXE A DETACHER