ISEN Lille	**Devoir surveillé en automatique**	**Nom :**	**Note :**
Junia, la	**CIR3, CNB3, CSI3**	**Prénom :**	
grande école	**Durée : 8h00 à 10h00**	**Classe :**	

Tableau de la transformée de Laplace est autorisé
Pour les questions QCM :

- 1 point si aucune erreur n'est commise.
- 0.5 point si une erreur est commise.
- 0.25 point si deux erreurs sont commises.
- 0 point si trois erreurs ou plus sont commises.

<u>**Exercice 1 (7 points):**</u> <u>Questions à choix multiples</u>

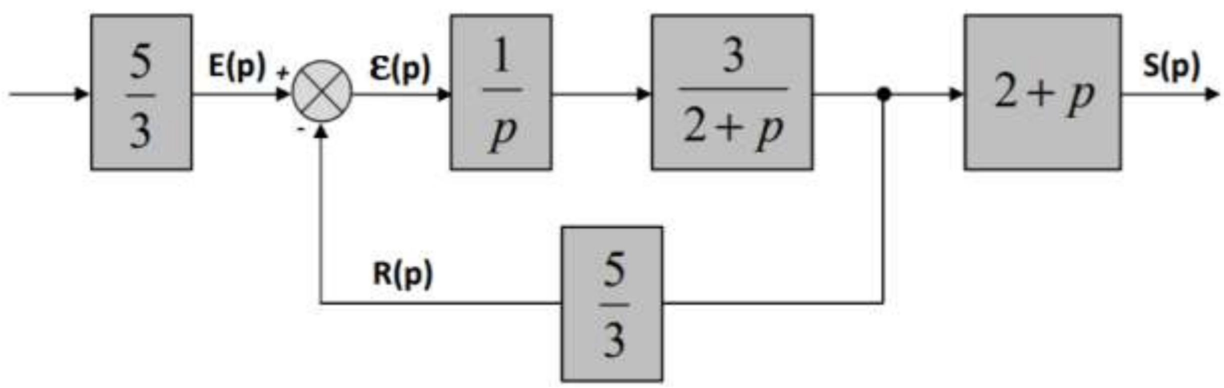
1- Quelle fonction de transfert H(p) a pour réponse indicielle :

$$y(t) = \frac{3}{2} - 3e^{-t} + \frac{3}{2}e^{-2t}$$

☐ $H(p) = \frac{1}{(1+3p)(p+2)}$ ☒ $H(p) = \frac{3}{(1+p)(p+2)}$

☐ $H(p) = \frac{2}{(1+p)(p+2)(p+3)}$ ☐ $H(p) = \frac{3/2}{p(1+p)(p+2)}$

2- Soit le schéma blocs suivant :



Cocher la ou les bonnes réponses :

☒ $FTBO(p) = \frac{5}{p(p+2)}$ ☐ $FTBF(p) = \frac{5}{p(p+2)+5}$

☐ $FTBO(p) = \frac{5}{3}\frac{5}{p(p+2)}$ ☒ $FTBF(p) = \frac{3(2+p)}{2p+p^2+5}$

☐ $FTBO(p) = \frac{1}{p(p+2)^2}$ ☐ $FTBF(p) = \frac{5}{3}\frac{3(2+p)}{p(p+2)^2+5}$

3- On considère trois systèmes du premier ordre $H_1(p)$, $H_2(p)$ et $H_3(p)$ dont les pôles sont respectivement égaux à $p_1 = -5$, $p_2 = -1$ et $p_3 = -3$. Quel est le système ayant la réponse la plus rapide à une excitation quelconque ?

☒ H_1 ☐ H_2 ☐ H_3

4- On considère le système décrit par la fonction de transfert $H(p) = \frac{1+p}{1+2p}$. Quelle est la valeur en régime permanent ($\lim_{t\to\infty} y(t)$) de la réponse indicielle y(t) ?

☐ $\lim_{t\to\infty} y(t) = 0$ ☒ $\lim_{t\to\infty} y(t) = 1$

☐ $\lim_{t\to\infty} y(t) = \infty$ ☐ $\lim_{t\to\infty} y(t) = \frac{1}{2}$

5- On considère le système de fonction de transfert du premier ordre $H(p) = \frac{5}{1+2p}$. On l'excite par un signal d'entrée x(t) = sin $(\frac{t}{2})$. Quelle est l'expression du signal de sortie y(t) ?

☐ $y(t) = 5\sin\left(\frac{t}{2} + \frac{\pi}{4}\right)$ ☐ $y(t) = \sin\left(5t + \frac{1}{2}\right)$

☐ $y(t) = 5\sin(t)$ ☒ $y(t) = \frac{5}{2}\sin(t)$

6- Quelle est la réponse indicielle de la fonction de transfert :

$$H(p) = \frac{1}{(p+\frac{1}{2})(3p+2)}$$

☒ $1 - 4e^{-\frac{t}{2}} + 3e^{-\frac{2t}{3}}$ ☐ $2\left(e^{-\frac{t}{2}} - e^{-\frac{2t}{3}}\right)$

☐ $e^{-\frac{t}{2}} + e^{-\frac{2t}{3}}$ ☐ $\frac{1}{2}\left(e^{-\frac{t}{2}} + e^{-3t}\right)$

7- La réponse d'un système du second ordre est d'autant plus rapide que :

☒ Le coefficient d'amortissement est faible
☒ Le gain K est important
☐ Le coefficient d'amortissement est égal à 0.7
☐ La pulsation propre ω_n est grande

Exercice 2 (7 points): Cocher la ou les bonnes réponses

1. Diagrammes de Bode :

☐ Pour un premier ordre la pulsation de coupure se produit pour $\omega_c = \frac{2\pi}{\tau}$

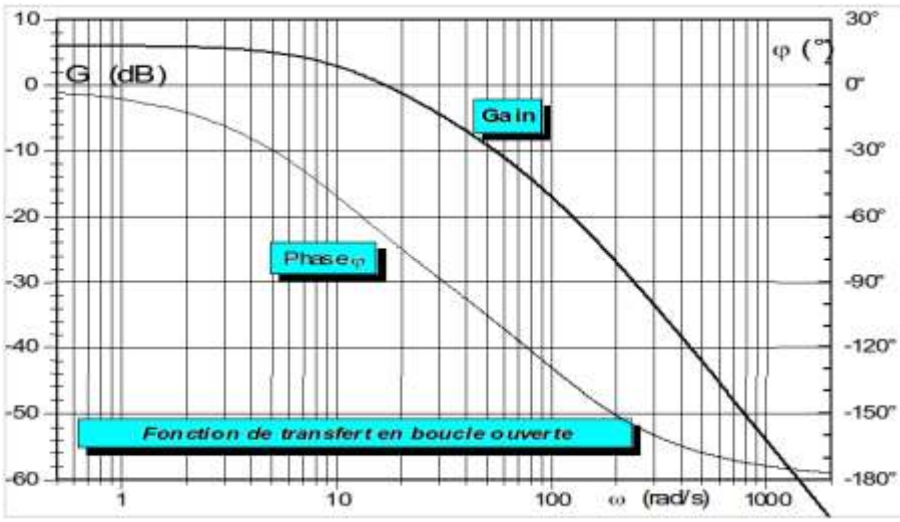
☐ La courbe de gain pour un premier ordre passe par un point dont les coordonnées sont : $\left(\frac{1}{\tau}, 20logK - 2\right)$

☐ Pour un premier ordre de type passe bas l'asymptote oblique possède une pente de -40 dB/dec

☒ Pour un premier ordre la courbe de phase à pour équation : $\varphi(\omega) = \arctan(\tau\omega)$

☐ Pour un premier ordre, il peut se produire une résonance d'amplitude pour certaines valeurs de τ

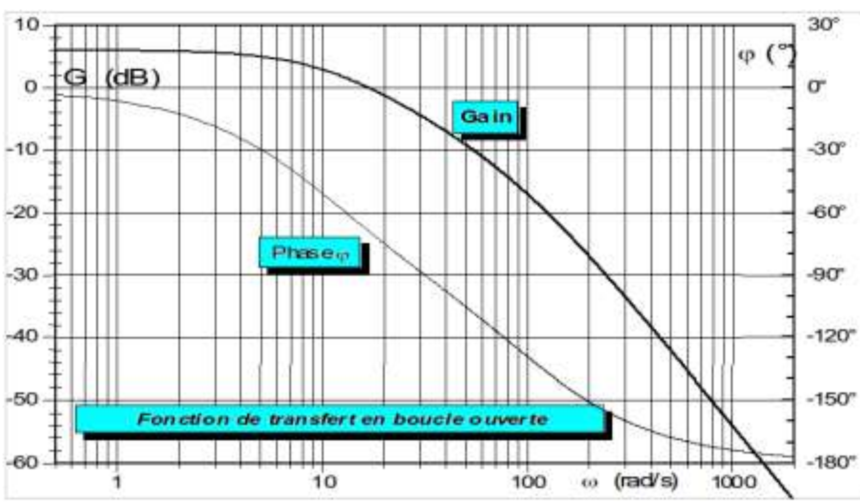
2. On donne la fonction de transfert en boucle ouverte FTBO(jω) d'un système asservi :



Que vaut la marge de phase ?

☐ 40° ☐ -70 ° ☒ 110 ° ☐ 160 °

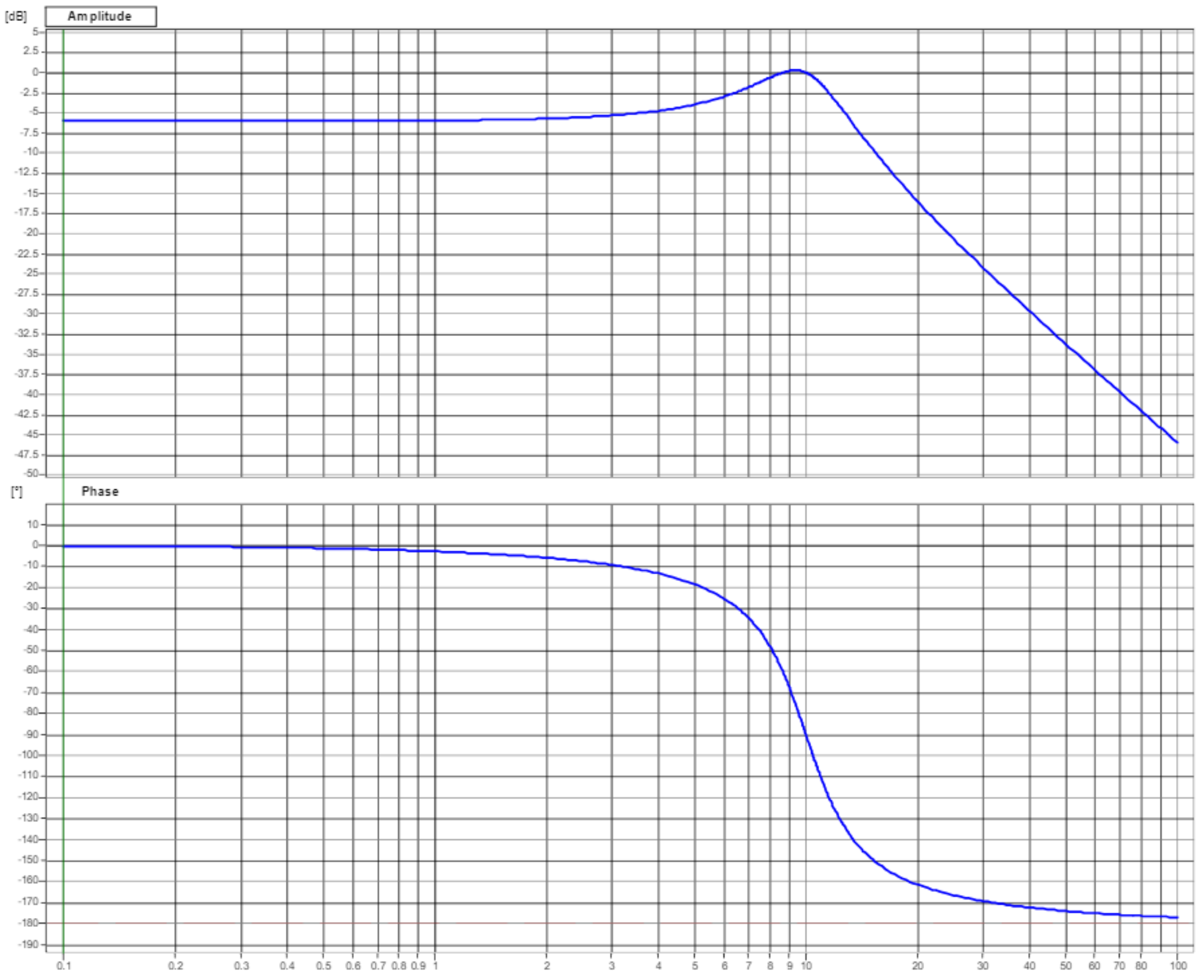
3. On donne la fonction de transfert en boucle ouverte FTBO(jω) d'un système asservi :



Que vaut le gain statique en boucle ouverte ?

☐-1 dB ☐ 3 dB ☒ 6 dB ☐20log(6)

4. On donne le diagramme de Bode d'un système asservi :



Cocher la ou les bonnes réponses

☒ Ces diagrammes correspondent à un filtre passe bas d’ordre 2

☒ Le diagramme de gain fait apparaître une résonance

☐ De manière générale, lorsqu’il se produit une résonance, elle a lieu pour une pulsation égale à la pulsation de coupure

☒ De manière générale, plus le coefficient d’amortissement est petit plus l’amplitude de la résonance est élevée

5. On suppose que l'on connait la marge de phase en boucle ouverte d'un système asservi.
En boucle fermée, pour la réponse indicielle, on peut donc en déduire :

☒ le dépassement

☐ l'erreur statique

☐ le temp de réponse

☐ le temp de montée

6. On donne (en boucle ouverte) : gain statique : 20 dB et marge de phase : 60 °
Le dépassement du système bouclé, en réponse à un échelon est :

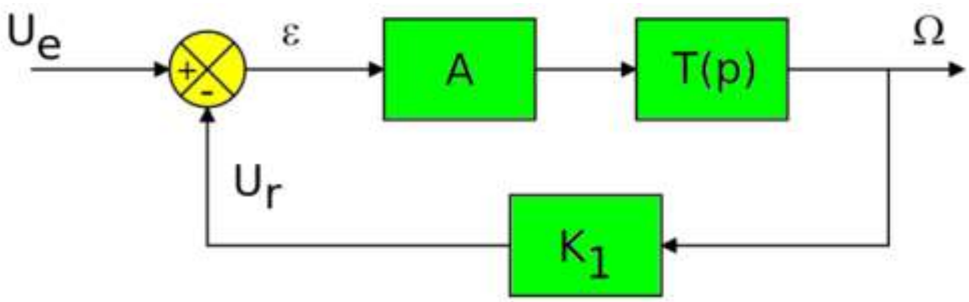
☐ de l'ordre de 45 %

☒ inférieur à 20 %

☐ supérieur à 20 %

☐ égale à 36 %

7. On s'intéresse à l'asservissement d'un moteur à courant continu :



On donne : U_e = 5 V, K_1 = 0,05 V·s·rad^{-1}, ε_{STAT} = 3 % (erreur statique relative).
La sortie idéale serait :

☐ 15 rad/s

☐ 167 rad/s

☐ 157 rad/s

☒ 100 rad/s

La sortie réelle est :

☐ 14,55 rad/s

☐ 162 rad/s

☒ 97 rad/s

☐ 103 rad/s

Exercice 3 (6 points):

1- On considère le système de fonction de transfert en boucle ouverte définie par :

$$G(p) = \frac{K}{(1+p)(p+8)^2}$$

Quelle est la valeur de K qui assure la stabilité de ce système ? (**1 point**)

Soit :

$$H(p) = \frac{K}{(p+1)\left(p^2+16p+64\right)+K} = \frac{K}{p^3+17p^2+80p+64+K}$$

Appliquons le critère de Routh pour déterminer les conditions de stabilité :

$$
\begin{array}{cc}
1 & 80 \\
17 & 64+K \\
\dfrac{1\,296-K}{17} & 0 \\
64+K & 0
\end{array}
$$

Le système est stable si K<1296

Pour annuler l'erreur statique on introduit un intégrateur dans la chaîne directe. Quelle est la nouvelle valeur de K (**1 point**):

En introduisant un intégrateur dans la chaîne directe, on annule l'erreur de position et on a, à présent:

$$G(p) = \frac{K}{p\,(p+1)\,(p+8)^2}$$

$$H(p) = \frac{G(p)}{1+G(p)} = \frac{K}{p\,(p+1)\,(p+8)^2 + K}$$

$$H(p) = \frac{K}{p^4 + 17\,p^3 + 80\,p^2 + 64p + K}$$

Appliquons encore le critère de Routh pour déterminer les nouvelles conditions de stabilité :

$$
\begin{array}{ccc}
1 & 80 & K \\
17 & 64 & 0 \\
\dfrac{1\,296}{17} & K & 0 \\
64-0{,}223K & 0 & 0 \\
K & &
\end{array}
$$

Le système est stable si K<287

2- Un four électrique destiné au traitement thermique d'objets est constitué d'une enceinte close chauffée par une résistance électrique alimentée par une tension $v(t)$. Le four est régi par l'équation différentielle :

$$\frac{d\theta}{dt} + 2000\frac{d^2\theta}{dt^2} = 0.02v(t)$$

a) Calculer la fonction de transfert $G(p)$ du four en boucle ouverte (donne le résultat final) (**1 point**).

$$G(p) = \frac{\Theta(p)}{V(p)} = \frac{0{,}02}{p(1+2000p)}$$

b) Quel est le gain statique du four (**1 point**)?

0,02

c) Que se passerait-il si on alimentait le four en continu et en boucle ouverte (**1 point**)?

Si on alimentait le four en boucle ouverte à l'aide d'une tension continue (signal d'entrée en échelon), on aurait :

$$\Theta(p) = \frac{0{,}02}{p(1+2\,000p)} \cdot \frac{V_0}{p} = \frac{0{,}02V_0}{p^2(1+2\,000p)}$$

Si on applique le théorème de la valeur finale, on montre que :

$$\lim_{t\to\infty} \theta(t) = \lim_{p\to 0} p\Theta(p) = \lim_{p\to 0} \frac{0{,}02V_0}{p(1+2\,000p)} \to \infty$$

Il est donc impossible de stabiliser la température du four en boucle ouverte.

d) En admettant malgré tout qu'on alimente le four en boucle ouverte en appliquant aux bornes de la résistance une tension de 100 V continue, au bout de quelle durée atteindrait-on, dans le four, une température de 1 200 °C (**1 point**)?

Si on suppose malgré tout qu'on alimente le four en plaçant à son entrée un signal en échelon de 100 V, on aura :

$$\Theta(p) = \frac{2}{p^2(1+2\,000p)} \quad \Rightarrow \quad \theta(t) = 2t + 4\,000\,\mathrm{e}^{-\frac{t}{2\,000}} - 4\,000$$

On atteint alors 1 200 ◦C au bout d'un temps t1 tel que :

$$1\,200 = 2t_1 + 4\,000\,\mathrm{e}^{-\frac{t_1}{2\,000}} - 4\,000$$

En résolvant numériquement cette équation, on obtient :

$$t_1 \approx 1\,778 \text{ s} \approx 30 \text{ mn}$$