TP Systèmes Asservis Linéaires Continus

TP #1 : Initiation à MATLAB

1. FONCTION DE TRANSFERT

- La fonction $\boldsymbol{tf}$ permet la création des fonctions de transfert à partir du polynôme de son numérateur et le polynôme de son dénominateur. Soit les fonctions de transfert suivantes :

$$H1 = \frac{20}{s^2+2s+4} \;; \quad H2 = \frac{10s+2}{3s^3+5s^2+2}; \quad H3 = \frac{e^{-2s}(6s+1)}{s^2+7s+9}$$

Exécuter :

$$H1 = \boldsymbol{tf}([20],[1\ \ 2\ \ 4])\ ;$$

$$H2 = \boldsymbol{tf}([10\ \ 2],[3\ \ 5\ \ 0\ \ 2])\ ;$$

$$H3 = \boldsymbol{tf}([6\ \ 1],[1\ \ 7\ \ 9],'iodelay',2)\ ;$$

- La fonction $\boldsymbol{zpk}$ permet la création des fonctions de transfert à partir de ces pôles, ces zéros et son gain. Soit les fonctions de transfert suivantes :

$$H4 \frac{9}{(s-1)(s+5)}; \quad H5 = \frac{25(s-2)(s+1)}{(s+3)(s+6)^2}; H6 = \frac{10e^{-3s}}{(s+1)(s+5)};$$

Exécuter :

$$H4 = \boldsymbol{zpk}([\ \ ],[1\ \ -5\ ],9)\ ;$$

$$H5 = \boldsymbol{zpk}([2\ \ -1],[-3\ \ -6\ \ -6\ ],25);$$

$$H6 = \boldsymbol{zpk}([\ \ ],[-1\ \ -5\ ],10,'iodelay',3);$$

- On peut introduire directement les fonctions de transfert en utilisant l'instruction : $\boldsymbol{s} = \boldsymbol{tf}('\boldsymbol{s}')$;

Exécuter :

$$\boldsymbol{s} = \boldsymbol{tf}('\boldsymbol{s}');$$

$$H1 = 20/(s\hat{}2 + 2*s + 4);$$

$$H3 = (6s+1)*exp(-2*s)/(s\hat{}2 + 7*s + 9);$$

$$H5 = 25*(s-2)*(s+1)/((s+3)*(s+6)\hat{}2);$$

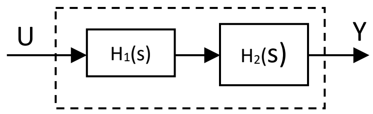
$$H6 = 10*exp(-3*s)/((s+1)*(s+5));$$

- Pour calculer les pôles d'une fonction de transfert : $\boldsymbol{pole}(H1)$; $\boldsymbol{pole}(H2)$; $\boldsymbol{pole}(H3)$
- Pour calculer les zéros d'une fonction de transfert : $\boldsymbol{zero}(H1)$; $\boldsymbol{zero}(H2)$; $\boldsymbol{zero}(H3)$
- $\boldsymbol{damp}(H1)$, $\boldsymbol{damp}(H2)$: donne les pôles ainsi que la pulsation propre et l'amortissement associés à chaque pôle.

2. REDUCTION DES SCHEMAS FONCTIONNELS

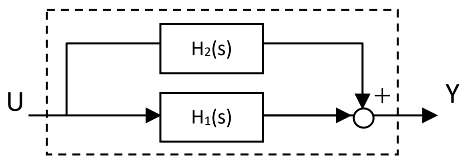
- **$\boldsymbol{H1}(\boldsymbol{s})$ en série avec $\boldsymbol{H2}(\boldsymbol{s})$:**

$$G = \boldsymbol{series}(H1, H2) \quad ou \quad G = H1 * H2$$

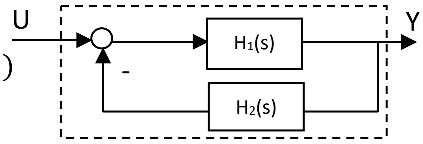


- **$\boldsymbol{H1}(\boldsymbol{s})$ en parallèle avec $\boldsymbol{H2}(\boldsymbol{s})$:**

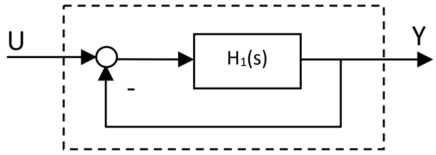
$$G = \boldsymbol{parallel}(H1, H2) \quad ou \quad G = H1 + H2$$



- **Réaction simple :**
  $G = \boldsymbol{feedback}(H1, H2)$ ou $G = H1/(1 + H1 * H2)$



- **Réaction simple à retour unitaire** :
  $G = \boldsymbol{feedback}(H1,1)$ ou $G = H1/(1 + H1)$



3. REPONSE TEMPORELLE

- Réponse impulsionnelle : $\boldsymbol{impulse}(H1)$
- Réponse indicielle : $\boldsymbol{step}(H1)$; $\boldsymbol{step}(H2)$. pour tracer les deux réponses dans la même figure $\boldsymbol{step}(H1, H2)$
- Pour voir la réponse indicielle pendant 10 sec : $tf = 10$; $\boldsymbol{step}(H1, tf)$. Pour sauvegarder la réponse $\boldsymbol{y}$ et le temps $\boldsymbol{t}$ utiliser : $[y, t] = \boldsymbol{step}(H1, tf)$. Pour tracer la réponse : $\boldsymbol{plot}(t, y)$
- Executer $\boldsymbol{step}(H1)$. Cliquer sur la figure par le bouton de la droite, puis sur $\boldsymbol{Charcteristics}$ puis sur $\boldsymbol{peak\ response}$ pour mesurer la valeur maximale de la réponse (1[er] dépassement). Sur $\boldsymbol{settling\ time}$ pour mesurer le temps de réponse. Sur $\boldsymbol{rise\ time}$ pour mesurer le temps de monté. Sur $\boldsymbol{steady\ state}$ pour mesurer la valeur finale de la réponse.
- Pour obtenir la réponse à un signal quelconque utiliser $\boldsymbol{lsim}$,
  Exécuter : $t = 0 : 0.1 : 15;\ u = \boldsymbol{sin}(t);\ y = \boldsymbol{lsim}(H1, u, t);\ plot(t, y)$.

4. REPONSE FREQUENTIELLE

- **Diagramme de Bode** : Pour tracer le diagramme de Bode d'un système : $\boldsymbol{bode}(H1), \boldsymbol{grid}$
- Pour avoir les valeurs du module et de la phase avec le vecteur des pulsations w correspondants (sans tracer les courbes) : $[M, P, w] = \boldsymbol{bode}(H1)$
- Pour tracer le diagramme de Bode dans une plage de fréquences ($wmin = 0.01, wmax = 1000$) : $\boldsymbol{bode}(H1, \{0.01{,}1000\})$
- Pour tracer le diagramme de Bode et déterminer ses marges de gain et de phase : $\boldsymbol{margin}(H1), \boldsymbol{grid.}$ Déterminer les marges de gain et de phase de $H1(s)$, $H2(s)$ et $H3(s)$.
- Executer $\boldsymbol{bode}(H1)$: de manière interactive (***utiliser l'outil de zoom***) déterminer les pulsations pour lesquelles le gain $A = 0.5$ ($A_{dB} = 20 * log(0.5)$ en dB) et $A = 0.1$ ($A_{dB} = 20 * log(0.1)$ en dB). Déterminer de la même manière les pulsations pour lesquelles la phase φ=-80° et φ =-130°.
- Pour une valeur de la pulsation $w1 = 50$, on peut calculer le module est la phase comme suit : $A1 = \boldsymbol{freqresp}(H1, w1), M1 = \boldsymbol{abs}(a1), p1 = \boldsymbol{angle}(a1) * 180/pi,\ a2 = \boldsymbol{freqresp}(H2, w1)$, $m2 = \boldsymbol{abs}(a2), p2 = \boldsymbol{angle}(a2) * 180/pi$.
- **Diagramme de Black-Nichols :** Pour tracer le diagramme de Black-Nichols d'un système $H(s)$: $\boldsymbol{nichols}(H)$
- **Diagramme de Nyquist :** Pour tracer le diagramme de Nyquist d'un système $H(s)$: $\boldsymbol{nyquist}\ (H)$

TP Systèmes Asservis Linéaires Continus

TP #2. ANALYSE TEMPORELLE D'UN SYSTEME DU 1^ER ORDRE

Objectif :

- Se familiarisé avec le comportement d'un système du 1^er ordre vis-à-vis des entrée typiques.
- Se familiarisé avec les techniques d'identification de ses performances par l'étude de sa réponse temporelle et fréquentielle.

Soit le système de 1^er ordre ci-contre :

$$u(t) \longrightarrow \boxed{H(s) = \frac{K}{1+Ts}} \longrightarrow y(t)$$

I. ETUDE THEORIQUE

I.1 Que représente K et T pour le système.

I.2 Donner l'équation différentielle du système.

I.3 Donner les expressions des réponses : impulsionnelle, indicielle et à une rampe.

I.4 Calculer la valeur finale de la réponse indicielle.

I.5 Calculer la valeur $y(T)$ de la réponse indicielle.

I.6 Calculer la pente à l'origine de la réponse indicielle.

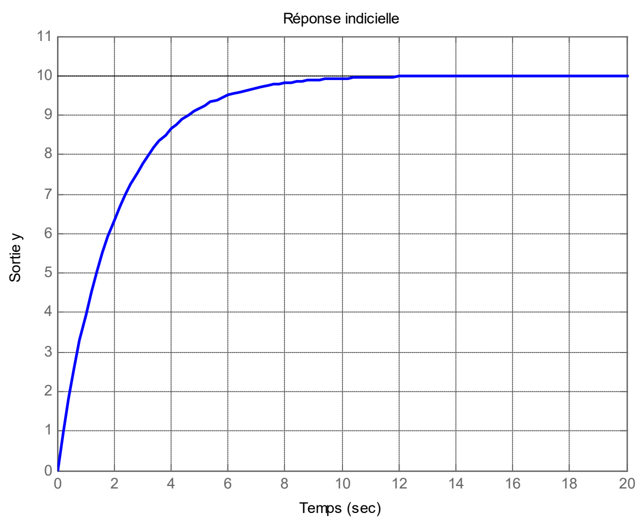
I.7 Donner l'expression du temps de réponse $t_{r5\%}$.

I.8 Tracer l'allure de cette courbe pour $K = 10$ et $T = 2\ s$.

I.9 Pour quel valeur de K a-t-on une réponse à une rampe est parallèle à la rampe.

II. ETUDE PRATIQQUE

II.1 Identifier les valeurs K et T de la fonction de transfert du système de 1^er ordre à partir sa réponse indicielle suivante :



II.2 Tracer la réponse indicielle de la fonction de transfert identifiée.

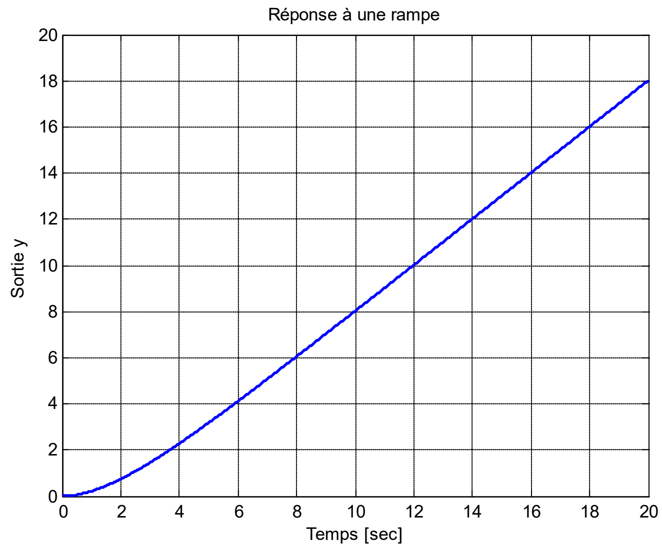
II.3 Faire un programme Matlab qui permet de tracer les réponse indicielles pour $T = 1$ s et $K = 0.5, 1.5, 2, 3$. Quel est l'effet de l'effet de K sur la réponse du système.

II.4 Faire un programme Matlab qui permet de tracer les réponses indicielles pour $K = 1$ et $T = 0.5, 1, 1.5, 2$. Quel est l'effet de T sur la réponse du système.

II.5 Faire un programme Matlab qui permet de tracer les réponses indicielles pour $K = 1$ et $T = 0.5, 1, 1.5, 2$. Quel est l'effet de T sur la réponse du système.

II.6 Pour $T = 1\ s$ et $K = 0.5, 1, 1.5, 2, 3$ enregistrer la réponse à une rampe.

II.7 A partir de la réponse à une rampe de la figure suivante déduire la valeur de T.



II.8 Quelles sont vos observations, vos commentaires et conclusions.

TP Systèmes Asservis Linéaires Continus

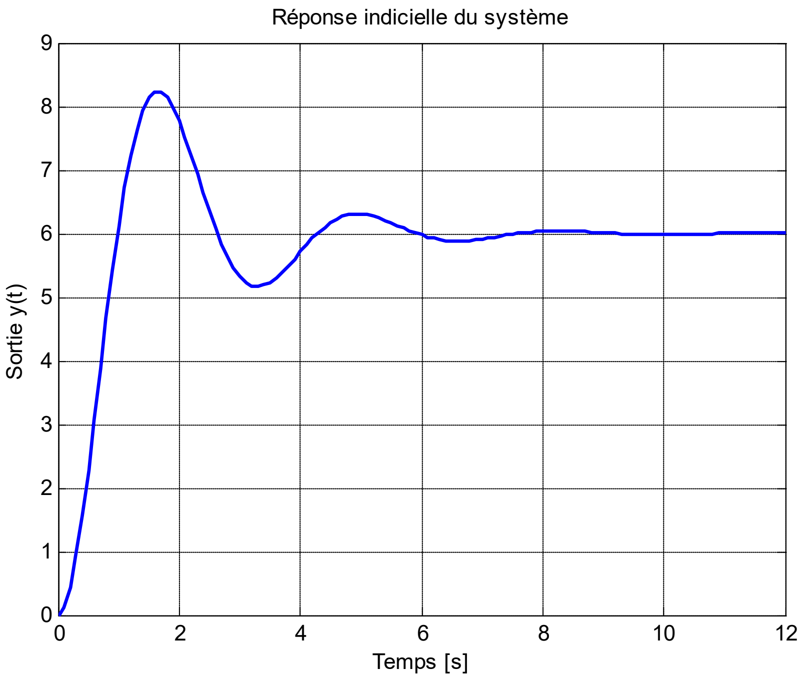
TP #3: IDENTIFICATION ET ANALYSE TEMPORELLE D'UN SYSTEME DU 2ème ORDRE

Objectif :

- Identification d'un système par un modèle de type fonction de transfert de 2ème ordre.
- Se familiarisé avec le comportement d'un système du 2ème ordre vis-à-vis des entrées typiques.
- Se familiarisé avec les techniques d'identification de ses performances par l'étude de sa réponse temporelle.

I. IDENTIFICATION

Nous avons enregistrée la réponse indicielle d'un système donnée par la figure 1.



+

Figure 1 : Sortie enregistrée

I.1. Identifier le modèle du système par un modèle de type fonction de transfert de 2ème ordre (paramètres K, ξ et ω_n de la fonction de transfert) de la forme :

$$u(t) \longrightarrow \boxed{H(s) = \frac{K}{\frac{1}{\omega_n{}^2}s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}s + 1}} \longrightarrow y(t)$$

I.2. Simuler le modèle identifié et vérifier si la réponse à un échelon correspond à celle de la figure 1.

I.3. Que représente K, ξ et ω_n pour le système.

I.4. Quelles sont vos observations, vos commentaires et conclusions.

II. ANALYSE TEMPORELLE

Soit maintenant le système de 2ème ordre donné par sa fonction de transfert canonique :

$$H(s) = \frac{K}{\frac{1}{{\omega_n}^2}s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}s + 1}$$

II.1. Monter que, selon les valeurs de ξ on peut distinguer trois types de réponses indicielles. Donner l'expression $y(t)$ de chaque type de réponse.

II.2. Quel est la pente à l'origine de cette réponse?

II.3. Démontrer la formule du dépassement vu au cours :

$$D = KE_0 e^{\frac{-\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$$

II.4. Etudier théoriquement l'influence de ξ sur le temps de réponse à 5% du système pour les différentes types de la réponse indicielle.

II.5. Simuler la réponse indicielle pour différente valeurs de ξ ($\xi = 0.1, \xi = 0.5, \xi = \frac{\sqrt{2}}{2}, \xi = 1, \xi = 5$). Prendre $K = 2$, $\omega_n = 1\ rad/s$.

II.6. Simuler la réponse indicielle pour différente valeurs de ω_n (prendre $K = 5$, $\xi = 0.2$).

II.7. Quelles sont vos observations, vos commentaires et conclusions.

TP Systèmes Asservis Linéaires Continus

TP #4 : ANALYSE FREQUENTIELLE DES SYSTEMES DU 1ER ET DU 2EME ORDRE

Objectif :

- Se familiarisé la réponse fréquentielle des systèmes du 1er et 2ème ordre.
- Se familiarisé les outils graphiques (lieux de Bode, de Nyquist et de Black) pour l'analyse fréquentielle.
- Analyse des performances par à partir de sa réponse fréquentielle.

I. REPONSE HARMONIQUE

Monter que la réponse en régime permanent d'un système linéaire de fonction de transfert $H(s)$ à entrée sinusoïdale $u = Asin\omega t$ est une sinusoïde de même pulsation $y = Bsin(\omega t + \varphi)$ avec $B = |H(j\omega)|\, A$ et $\varphi = \arg(H(j\omega))$.

II. SYSTEME DU 1er ORDRE

Soit le système de 1er ordre de fonction de transfert:

$$H(s) = \frac{K}{1 + TS}$$

a) Donner l'expression du gain complexe $G = |H(j\omega)|$ ainsi que de gain en décibels $G_{dB}(\omega)$. En déduire la pulsation de coupure du système ω_c.

b) Donner l'expression de la phase $\varphi(\omega)$

c) On prend $K = 1$ et $T = 0.2$. Tracer les allures des courbes des diagrammes de Bode, Nyquist et Black.

d) Quel est l'effet de la variation de K (T=Cte) sur :
   - Le gain G_{dB}
   - La phase φ
   - La pulsation de coupure ω_c

e) Quel est l'effet de la variation de T (K=Cte) sur :
   - Le gain G_{dB}
   - La phase φ
   - La pulsation de coupure ω_c

f) Quel l'effet de la fréquence de coupure sur la rapidité du système.

g) Interpréter les résultats. Conclure.

III. SYSTEME DU 2ème ORDRE

Soit le système de 2ème ordre suivant :

$$H(s) = \frac{K}{\frac{1}{{\omega_n}^2}s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}s + 1}$$

a) Donner l'expression du gain complexe G(ω)=|H(jω)| ainsi que de gain en décibels $G_{dB}(\omega)$.

b) Donner l'expression de la phase φ(ω)

c) Pour $K = Cte$, $\omega_n = Cte$ et pour différentes valeurs de ξ, tracer les diagrammes de Bode, Nyquist et Black.

d) Quel est l'effet de la variation de ξ ($K = Cte$, $\omega_n = Cte$) sur :

- Le gain G_{dB}
- La phase φ
- La pulsation de coupure ω_c
- Le facteur de résonance.

e) Quel est l'effet de la variation de ω_n ($K = Cte$, $\xi = Cte$) sur :

- Le gain G_{dB}
- La phase φ
- La pulsation de coupure ω_c
- Le facteur de résonance.

f) Interpréter les résultats. Conclure.