

TP 2 : Fonctions de transfert et leur représentation

Ce TP a un double objectif :

- vous familiariser avec le logiciel *Matlab*, qui permet de faire du calcul numérique et également du calcul sur des fonctions de transfert,
- **étudier les systèmes du premier et second ordre, dont les fonctions de transfert sont à connaître !**

Vous pouvez rendre les scripts réalisés sur *Matlab* (au lieu de les recopier) par email en fin de TP à l'adresse : `florian.kolbl(a)u-cergy.fr` (remplacer le *(a)* par *@*).

1 Familiarisation avec Matlab

Le logiciel *Matlab* est un environnement qui permet de faire du calcul numérique et qui est très utilisé en bureau d'étude pour les domaines de l'ingénierie (électrique, mécanique...). Deux outils seront utilisés principalement :

- des scripts : ce sont des fichiers textes d'extension *'mat'* qui contiennent une succession de commandes, exécutés dans la fenêtre principale de *Matlab*,
- *Simulink* : qui est un outil graphique permettant de saisir un schéma bloc et de le simuler dans le domaine temporel en particulier.

Pour ce TP sur machine, en plus de l'aide de l'enseignant, rien ne vous interdit l'utilisation d'internet, en particulier l'aide en ligne de *Matlab* contenant de nombreux exemples. L'utilisation judicieuse du copier-coller n'est pas non plus interdite.

1.1 Utilisation des scripts

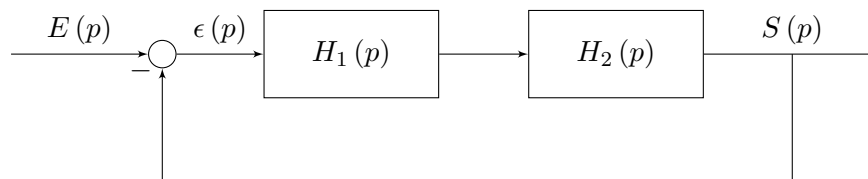
On pose les deux fonctions de transfert suivantes :

$$H_1(p) = \frac{(p - z_1)}{(p - p_1)} \quad H_2(p) = \frac{G(p - z_2)}{(p - p_2)(p - p_3)}$$

Où $z_1 = -1$, $p_1 = -2$, $p_2 = -4$, $p_3 = -1$, $z_2 = -2$ et $G = 10$.

1. Créer un script dans lequel ces deux fonctions de transfert seront par la suite simulées. Vous prendrez soin en début de script de fermer d'éventuelles fenêtres ouvertes, et d'effacer les variables existantes.
2. Dans ce même script :

- (a) Créer la fonction de transfert H_1 . De quel ordre est ce système ?
 - (b) Affichez la réponse à un échelon de H_1 .
 - (c) Affichez le diagramme de Bode de H_1 .
3. Toujours ce même script :
- (a) Créer la fonction de transfert H_2 . De quel ordre est ce système ?
 - (b) Affichez la réponse à un échelon de H_2 .
 - (c) Affichez le diagramme de Bode de H_2 .
4. On cherche à étudier le schéma défini ci-dessous :



- (a) Sur papier, exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte du système :

$$FTBO(p) = \frac{S(p)}{\epsilon(p)}$$

en fonction de H_1 et H_2 puis en leur substituant la fonction de transfert en p .

- (b) Dans le script, créer la fonction de transfert correspondante.
- (c) Afficher la réponse à un échelon et le Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte.
- (d) Quel est l'ordre du système en boucle ouverte ?
- (e) Sur papier, exprimer la fonction de transfert en boucle fermée du système :

$$FTBF(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$$

en fonction de H_1 et H_2

- (f) Dans le script, créer la fonction de transfert correspondante.
- (g) Afficher la réponse à un échelon et le Bode de la fonction de transfert en boucle fermée.
- (h) Quel est l'ordre du système en boucle fermée ?

1.2 Utilisation de *Simulink*

5. On reprend les mêmes fonctions de transfert que dans la partie précédente.
- (a) Créer le fichier de simulation pour H_1 et simuler la réponse à un échelon de ce système. Quel temps de simulation avez vous utilisé ?
 - (b) Créer le fichier de simulation pour H_2 et simuler la réponse à un échelon de ce système. Quel temps de simulation avez vous utilisé ?
 - (c) Utilisez les deux blocs des sous-question précédentes pour créer le système en boucle ouverte correspondant à au schéma de la partie précédente. Relever la réponse à un échelon. et comparer le résultat à celui obtenu à l'aide du script.

- (d) Simuler la réponse à un échelon du système complet en boucle fermée et comparer le résultat à celui obtenu à l'aide du script.

2 Caractérisation des systèmes du premier et deuxième ordre

L'avantage des logiciels de simulation est de donner un aperçu rapide des réponses temporelles et fréquentielles des systèmes. Nous utiliserons (et réutiliserons) *Matlab* pour éviter des calculs lorsque cela est possible. Dans la suite de ce TP, nous utiliserons le logiciel plutôt qu'un système réel pour observer les propriétés de certains types de systèmes.

2.1 Systèmes du premier ordre

Les systèmes du premier ordre ont une fonction de transfert de la forme :

$$H(p) = \frac{K}{1 + \tau p}$$

6. Sans simulation requise :

- Comment s'appelle le paramètre K ?
- Comment s'appelle le paramètre τ ? Quelle est son unité ?

7. Créer un script *Matlab* qui :

- ferme les fenêtre ouvertes, efface les variables existantes,
- contient deux lignes sur lesquelles on défini K et τ (par défaut mettre les valeurs à 1),
- défini automatiquement la fonction de transfert du premier ordre étudiée,
- affiche sa réponse à un échelon,
- affiche son diagramme de Bode.

8. Simuler le système du premier ordre et compléter les tableaux suivants :

NB : les plus rapide pourront modifier le script pour afficher l'ensemble des résultats sur une seul figure.

(a) Pour la réponse temporelle à un échelon :

	$\lim_{t \rightarrow \infty} s(t)$
$K = 0.5$	
$K = 1$	
$K = 2$	
$K = 5$	
$K = 10$	

En déduire la méthode de mesure temporelle de K .

(b) Pour la réponse fréquentielle, sur le diagramme de Bode :

	$\lim_{\omega \rightarrow 0} G_{dB}(\omega)$
$K = 0.5$	
$K = 1$	
$K = 2$	
$K = 5$	
$K = 10$	

En déduire la méthode de mesure fréquentielle de K .

9. On prendra pour cette question $K = 1$. On définit t_{63} et t_{95} , les temps auquel le signal de sortie atteint respectivement 63% et 95% de leur valeur finale. On définit également ω_c la pulsation à laquelle le système du premier ordre a une phase de -45° . Simuler le système du premier ordre et compléter le tableau suivant (même remarque pour les plus rapides) :

- (a) Pour la réponse temporelle à un échelon :

	t_{63}	t_{95}
$\tau = 0.1$		
$\tau = 0.5$		
$\tau = 1$		

En déduire les méthodes possible pour déterminer τ sur la réponse à un échelon.

- (b) Pour la réponse fréquentielle, sur le diagramme de Bode :

	ω_c	$\lim_{\omega \rightarrow 0} G_{dB} - G_{dB}(\omega_c)$
$\tau = 0.1$		
$\tau = 0.5$		
$\tau = 1$		

En déduire les méthodes possible pour déterminer τ sur un diagramme de Bode.

2.2 Systèmes du second ordre

Les systèmes du premier ordre ont une fonction de transfert de la forme :

$$H(p) = \frac{K}{1 + \frac{2m}{\omega_0}p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

10. Sans simulation requise :

- (a) Comment s'appelle le paramètre K ?
 (b) Comment s'appelle le paramètre τ ? Quelle est son unité ?

- (c) Comment s'appelle le paramètre m ? Quelle est son unité ?
11. Les systèmes du second ordre sont plus complexes à appréhender que les systèmes du premier ordre. Nous reverons les systèmes du second ordre en détail en cours, cependant l'intérêt de *Matlab* est que l'on peut afficher rapidement des courbes et les comparer. Créer un premier script qui :
- ferme les fenêtre ouvertes, efface les variables existantes,
 - contient trois lignes sur lesquelles on défini K et ω_0 et m par défaut mettre les valeurs à 1),
 - défini automatiquement la fonction de transfert du second ordre étudiée,
 - affiche sa réponse à un échelon,
 - affiche son diagramme de Bode.
12. A partir du script de la partie précédente, créer un second script qui affiche sur UNE SEULE FIGURE le diagramme de bode du second ordre pour $K = 1$, $\omega_0 = 1$ et pour les valeurs suivantes de $m \in [0.5, 0.7, 0.9, 1.0, 2.0, 5]$