

TP 3 : Systèmes du premier Ordre

Ce TP a pour objectif :

- une familiarisation avec l'identification des systèmes du premier ordre, la forme de la fonction de transfert d'un tel système est à assimiler et connaître par coeur,
- d'étudier et réaliser un premier exemple de boucle d'asservissement complète

Au cours de ce TP, vous serez amené à faire des mesures et utiliser Matlab.

1 Identification d'un système du premier ordre

1.1 Partie théorique

Un système du premier ordre possède une fonction de transfert $H(p)$ sous la forme :

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

où p , pour rappel, est la variable de Laplace. On peut également passer cette fonction de transfert dans le domaine fréquentiel en utilisant la relation :

$$p = j\omega$$

où j est l'imaginaire pur ($j^2 = -1$).

1. Quel est le nom de la grandeur ω , quelle est son unité ?
2. Rappeler le lien entre ω et la fréquence f . Quelle est l'unité de la fréquence

On peut également trouver la fonction de transfert en fonction de la fréquence, dans ce cas là on l'écrit :

$$H(jf) = \frac{G}{1 + j\frac{f}{f_c}}$$

où f_c est appelée fréquence de coupure.

3. Des deux expressions de la fonction de transfert, en fonction de p ou de f , donner le lien entre τ et f_c .
4. Quelle est l'unité de τ , quel nom lui donne-t'on ?

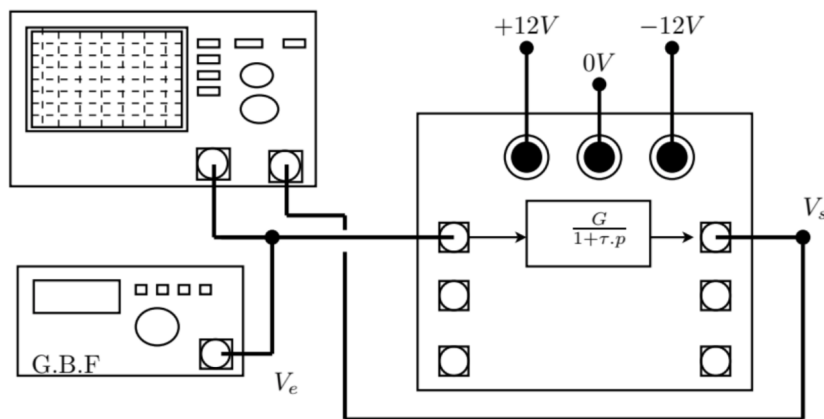
5. Quel est le nom de la constante G ?

1.2 Identification expérimentale du système

Nous allons réaliser ici une identification du système, c'est à dire trouver les valeurs des constantes G et τ de la fonction de transfert du système étudié en imposant la tension en entrée du système V_e et en regardant la tension de sortie V_s . Nous allons réaliser cette identification en utilisant trois mesures différentes :

- une réponse statique (à un signal continu),
- une réponse à un échelon,
- une mesure dans le domaine fréquentiel.

6. On réalise dans un premier temps le montage suivant :



avant toute mise sous tension, faire vérifier le montage par l'enseignant !

1.2.1 Réponse statique

La réponse statique sert à identifier uniquement le paramètre G . Pour cela on met en entrée du système une valeur continue et on observe la valeur continue en sortie.

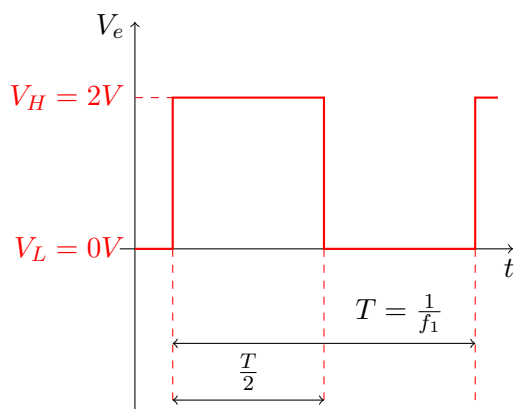
7. Compléter par la mesure le tableau si dessous :

V_e (V)	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
V_s (V)											

8. En déduire la valeur de G appelée ici G_0 . Expliquez brièvement la méthode utilisée.

1.2.2 Réponse à un échelon

9. On applique maintenant en entrée un signal carré, périodique, et défini graphiquement dans la figure ci dessous :



On souhaite voir le signal de sortie converger vers une valeur stable, appelée la **valeur finale**. Par réglage du GBF, trouver la fréquence maximale f_1 qui correspond à ce cas. On fera les mesures suivantes à une fréquence légèrement inférieure à f_1 .

10. A partir des signaux d'entrée et sortie :
 - (a) Faire un relevé propre, sur papier millimétré de la réponse à un échelon du système étudié.
 - (b) La tangente à l'origine est elle nulle ? En déduire l'ordre du système.
 - (c) Déterminer la valeur finale en sortie notée $V_{s\infty}$.
 - (d) Mesurer le temps de réponse à 5%.
 - (e) Mesurer l'instant noté T_i tel que $V_s(T_i) = 0.63V_{s\infty}$.
11. A partir des mesures réalisées à la question précédente, déduire G_1 et τ_1 du système étudié. Vous expliquerez brièvement la méthode utilisée.

1.2.3 Mesure fréquentielle

On impose maintenant en entrée du système une tension V_e sinusoïdale d'amplitude de 1V et d'offset nul.

12. En utilisant trois points par décade (1,2 et 5), faire une mesure sur une décade sous f_1 , deux décades au dessus de f_1 pendant laquelle pour chaque point vous relèverez :
 - le gain du montage en dB :

$$G_{dB} = 20 \log \left(\frac{|V_s|}{|V_e|} \right)$$
 - Φ le déphasage entre la sortie et l'entrée (attention au sens !), en degrés
13. Tracer le diagramme de Bode (Gain et Phase) à partir des points mesurés en utilisant une feuille de papier millimétré semi-logarithmique.
14. A partir du diagramme de Bode :
 - (a) Relever la fréquence f_c à laquelle le déphasage vaut exactement -45° .
 - (b) Pour les fréquences supérieures à f_c que vaut la pente de la courbe de gain.
 - (c) Que vaut le gain en basse fréquence ?

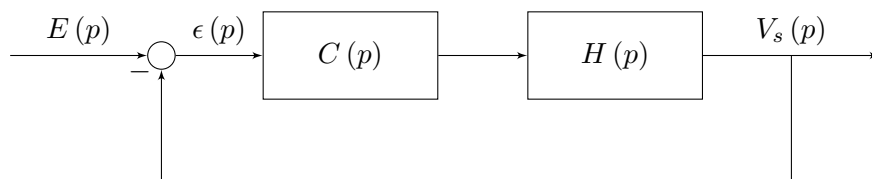
15. A partir des mesures réalisées à la question précédente, déduire G_2 et τ_2 du système étudié. Vous expliquerez brièvement la méthode utilisée.

1.2.4 Vérification par la simulation

16. Sous Matlab, réaliser un script qui simule la fonction de transfert du premier ordre, pour G_1 et τ_1 , puis pour G_2 et τ_2 . On s'intéresse à la réponse à un échelon et au diagramme de Bode.
17. Comparez les résultats obtenus à la mesure, quelle mesure vous a donné la meilleure précision ?

2 Asservissement d'un système du premier ordre

On cherche maintenant à réaliser un système asservi à partir du système mesuré. Le cahier des charges est assez simple : on souhaite avoir une sortie du système asservi qui se rapproche le plus possible du signal mis en entrée, donc si on soumet en entrée V_{in} le système asservi à un échelon, on souhaite récupérer cet échelon en sortie. Le système est bouclé à partir d'un soustracteur et d'un correcteur ayant pour fonction de transfert $C(p)$, comme illustré dans le schéma suivant :



18. Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte du montage :

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

en fonction de H et C .

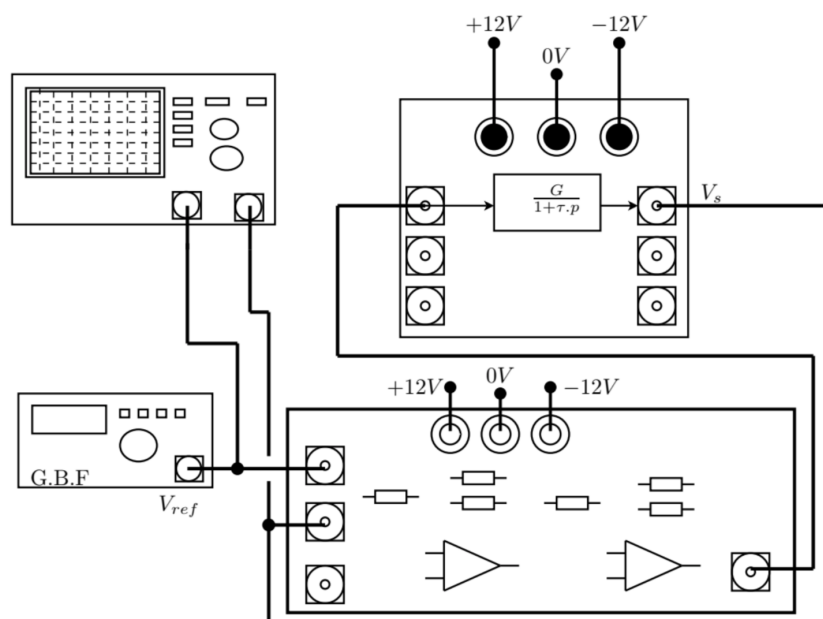
19. Calculer la fonction de transfert en boucle fermée du montage :

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

en fonction de H et C .

20. On pose $C(p) = K$, un gain. On appelle ce type de correcteur un **correcteur proportionnel**. Calculer la fonction de transfert en boucle fermée du montage en fonction de G , τ et K .
21. De quel ordre est le système en boucle fermée ?
22. Représentez schématiquement la réponse à un échelon du système asservi en utilisant les éléments vus à la partie précédente. Vous indiquerez le temps de réponse à 63% ainsi que la valeur finale.

23. A partir du schéma de la question précédente, indiquer ce que vaut l'erreur statique : l'erreur entre la valeur finale attendue et la valeur finale observée en %.
24. **Cahier des charges 1** : on souhaite avoir un système asservi qui a une erreur statique de 10%.
- déterminer la valeur de K correspondante à ce cahier des charges.
 - En utilisant Matlab, vérifiez votre valeur.
25. **Cahier des charges 2** : on souhaite avoir un système qui a une fréquence de coupure trois fois plus élevée en boucle fermée qu'en boucle ouverte.
- déterminer la valeur de K correspondante à ce cahier des charges.
 - En utilisant Matlab, vérifiez votre valeur.
26. Le schéma de câblage du système en boucle fermée est donné dans la figure suivante :



Le schéma de la carte servant à réaliser le correcteur est donné près de l'entrée de la salle de TP.

- Déterminer les valeurs de résistances utilisées pour satisfaire les deux cahier des charges.
- réaliser le montage donné dans la figure si dessus. **Avant toute mise sous tension, faire vérifier le montage par l'enseignant !**
- Relever proprement les réponses à un échelon pour les deux cahiers des charges différents et les tracer sur une feuille de papier millimétré.
- Vérifiez pour chaque cas que vous remplissez bien le cahier des charges.
- D'où viennent les éventuelles imprecisions que vous observez une fois le schéma câblé par rapport au cahier des charges initial ?