

Travaux Pratiques

Systèmes asservis échantillonnés

Nous allons étudier l'asservissement d'un système que nous avons déjà étudié en TD. L'exemple d'application de ce TP est basé sur l'exercice 2 de la partie 3 du cours d'asservissement et régulation linéaire (*Asservissement et Correcteurs*). Vous pouvez ré-exploiter les résultats que nous avons trouvés en TD pour étudier ce système. Nous allons essayer ici de synthétiser le même correcteur. Les différentes sections correspondent aux étapes de déploiement d'un asservissement échantillonné en milieu industriel.

1 Cahier des charges

La production de médicaments est soumise à des tests de contrôles permanents : après chaque étape, de fabrication du comprimé ou de conditionnement en boîtes, des mesures et tests sont réalisés en *go-nogo*. Selon ce principe, tout doute sur le produit doit entraîner son retrait de la chaîne puis sa destruction. On étudiera ici l'actionneur qui permet d'éliminer un flacon de comprimés de la chaîne de production.

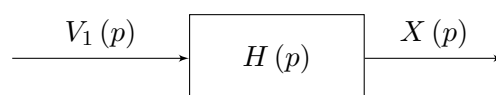


Sur la chaîne de production si-dessus à gauche, les flacons sont mis à la chaîne sur un tapis roulant, un test est réalisé et si le flacon est à écarter, un actionneur linéaire électrique est chargé de pousser le flacon de manière perpendiculaire au déroulement du tapis. Le flacon atterri dans un tube d'acheminement qui a un diamètre légèrement supérieur au flacon.

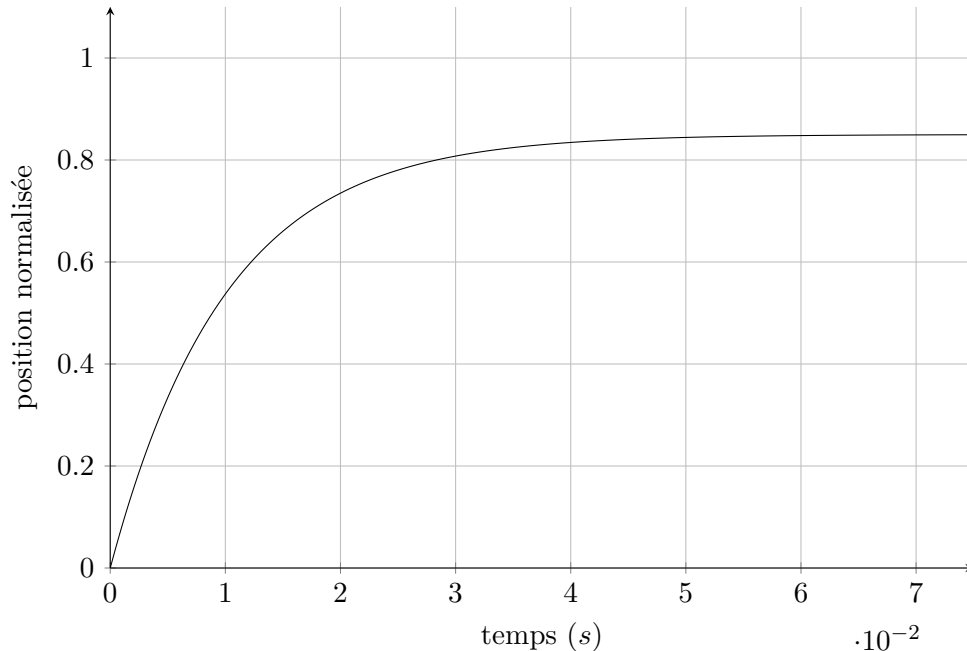
L'écart entre le centre du tapis roulant et le centre du tube d'acheminement est de 30cm , **dans la suite du TD, on normalise cette valeur à 1**, on étudiera donc le mouvement l'actionneur sans considérer d'unité, si la position est à 0 le flacon reste sur le tapis, si la position est à 1 avec une précision de $\pm 5\%$ alors le flacon tombe dans le tube. Pour ne pas provoquer la chute d'autres flacons, l'actionneur doit écarter et revenir dans sa position initiale en 10ms .

2 Caractérisation du système (cf. TD)

L'actionneur est modélisé par le schéma suivant :



où V_1 est la tension d'entrée et X la position normalisée. Lors de la mise en place de la chaîne de production, le technicien fait un relevé de la position de l'actionneur au moyen d'un capteur renvoyant la position normalisée disposé dans le boîtier de l'actionneur. Ce test est réalisé avec le signal d'entrée de mise à l'écart d'un flacon, qui correspond à un échelon unité entre les tensions $0V$ et $1V$. Le relevé est donné ci dessous :



1. De quel ordre est ce système ? justifiez votre réponse.
2. Quel est la forme de la fonction de transfert dans le domaine de Laplace qui peut permettre de le modéliser ?
3. En utilisant *scilab*, tracer le digramme de Bode et la réponse à un échelon de ce système.
4. Déterminer de manière théorique la fréquence de coupure du système notée f_c , et vérifier votre résultat en utilisant les diagrammes de la question précédente.

3 Choix de la fréquence de coupure idéale de numérisation

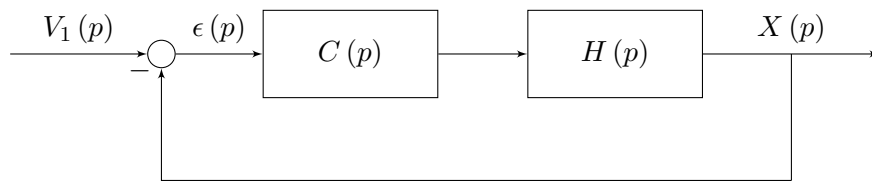
Nous allons à travers cette partie regarder l'influence de la fréquence d'échantillonnage sur la numérisation du système. L'objectif est d'arriver à une version utilisable de $H(z)$

5. En gardant la constante T_e dans vos calculs, déterminez la fonction de transfert $H(z)$ en utilisant l'équivalence à la dérivation.
6. Nous allons faire 3 équivalences, $H_1(z)$, $H_2(z)$ et $H_3(z)$ en utilisant 3 fréquences d'échantillonnage différentes, respectivement $f_{e1} = \frac{f_c}{2}$, $f_{e2} = 2f_c$ et $f_{e3} = 10f_c$
 - (a) Déterminer les valeurs numériques des fréquences d'échantillonnage ainsi que la valeur des périodes d'échantillonnage équivalentes en *ms*.
 - (b) En utilisant le théorème de Shannon, quelle est la fréquence maximale prise en compte pour chaque fréquence d'échantillonnage.

- (c) Déterminer les fonctions de transfert $H_1(z)$, $H_2(z)$ et $H_3(z)$ avec leurs paramètres numériques.
- (d) En utilisant *scilab*, déterminer les réponses à un échelon des différentes fonctions de transfert $H_1(z)$, $H_2(z)$ et $H_3(z)$.
- (e) Commentez vos résultats. A votre avis, quel choix est le plus pertinent ?

4 Synthèse d'un correcteur numérique par discrétisation d'un correcteur continu

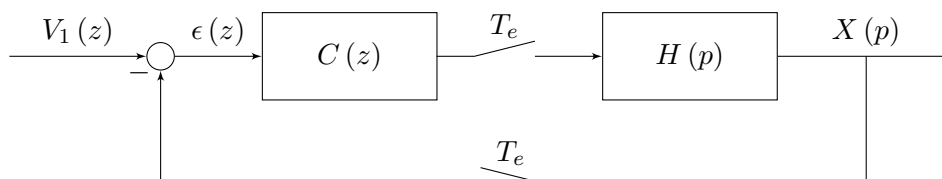
Explication globale



- 7. Rappeler la fonction de transfert en boucle fermée $FTBF(p)$ du système.
- 8. On utilise un correcteur dont la fonction de transfert est :

$$C(p) = G \frac{1 + Tp}{Tp}$$
 - (a) Quel est le nom de ce type de correcteur.
 - (b) Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte du système asservi.
 - (c) Nous allons utiliser la méthode vue en cours, ou **méthode de compensation du pôle dominant**. On cherche à obtenir en boucle ouverte un système de même ordre que H , quel réglage peut-on faire ?
 - (d) Calculer la fonction de transfert en boucle fermée dans ce cas, **on mettra cette fonction de transfert sous la forme canonique**.
 - (e) Que vaut le gain statique ? En déduire l'erreur statique du système.
 - (f) Procéder à un réglage permettant de satisfaire le cahier des charges total.
- 9. Implémentez la boucle d'asservissement dans *scilab*, soit en reproduisant la fonction de transfert C dans un script puis par calcul de la $FTBF$, soit en utilisant la version graphique *xcos*, et en retracant la boucle d'asservissement.
- 10. En utilisant l'équivalence à la dérivation, calculer la fonction de transfert $C_2(z)$ et $C_3(z)$ du correcteur numérique, pour les systèmes numérisés H_2 et H_3 .
- 11. En déduire les équations aux différences des correcteur $C_2(z)$ et $C_3(z)$.

Lorsqu'on utilise un automate programmable, celui-ci accueille le correcteur $C(z)$ dans sa version numérique. On a donc un code, en C par exemple, ou tout autre langage qui permet de programmer l'automate. Le système asservi $H(p)$ est quant à lui toujours dans le domaine du temps continu. On a donc un schéma général de l'asservissement qui ressemble à :



la partie gauche du schéma, avant les deux échantillonneurs bloqueurs, correspond à l'automate programmable et ses entrées sorties. La consigne est généralement issue de la partie en charge de la supervision du système complet. La droite du schéma correspond au système déployé, ici l'actionneur sur la chaîne de production.

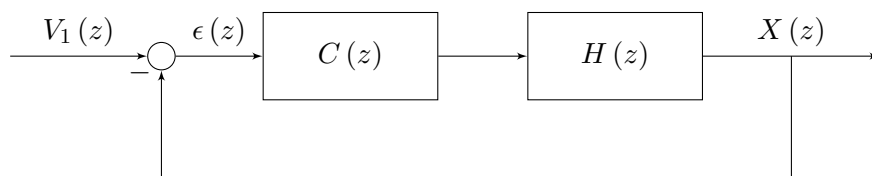
NB : sur ce schéma, calculer la fonction de transfert n'a pas de sens ! la fonction de transfert n'a de sens que si l'ensemble du système est dans le même domaine, en p ou en z .

12. Nous n'avons pas d'automate programmable à disposition, mais nous allons rédiger un code, sans langage particulier ou en *pseudo-code*, qui correspond à l'algorithme que l'on implémenterai dans l'automate. Vous devez donc écrire un code, pour C_2 et C_3 , qui réalise tous les T_e , en boucle infinie, l'équation aux différences calculée à la question précédente. Vous disposez pour cela d'autant de variables que vous voulez. On considèrera que en tout temps, la consigne est stockée dans une variable de nom *consigne*. Vous disposez également de trois fonctions :

- $wait(T)$: qui est une fonction qui permet d'attendre un temps T donné en *ms*,
- $read()$: qui permet de lire la valeur numérique **de la sortie du système H échantillonnée** (et non pas la valeurs de l'erreur ϵ) issue d'une conversion analogique-numérique,
- $write(value)$: qui permet d'écrire une valeur '*value*' en sortie du correcteur pour qu'elle soit donnée à un convertisseur numérique-analogique.

5 Vérification des performances de l'asservissement

Nous allons maintenant vérifier par la simulation que les performance du système numérique sont bien équivalentes aux performances attendue dans le cahier des charges. Il faut tout d'abord pouvoir calculer une fonction de transfert. Pour cela nous allons considérer le système dans sa transformée en z . Le schéma de l'asservissement numérisé est :



13. Calculer en utilisant *scilab* les $FTBF_2$ et $FTBF_3$ pour les fréquences d'échantillonnage f_2 et f_3 .

14. En utilisant *scilab* calculer les réponse à un échelon pour les deux fonctions de transfert.
15. Le cahier des charges est-il vérifié pour chacun des cas ? Dans la pratique, quelle fréquence d'échantillonnage et quel correcteur choisirait on ? Peut-on dans le cadre d'un asservissement se se limiter à respecter strictement le théorème de Shannon ?