

## TP n°1

### Prédiction Optimale

Considérons un système décrit par l'équation aux différences suivantes :

$$A(q^{-1})y(t) = B(q^{-1})u(t-d-1) + v(t)$$

où  $d+1$  représente le retard global du système (retard physique + retard du bloqueur) et  $v(t)$  est une perturbation qui affecte le système. Cette perturbation est modélisée par l'équation aux différences suivante

$$D(q^{-1})v(t) = C(q^{-1})\gamma(t)$$

## Travail à réaliser

### 1 –Prédicteur à $d+1$ pas sans perturbation

Donner l'expression analytique du prédicteur optimal à  $d+1$  pas lorsque  $v(t) = \gamma(t)$

$$\hat{y}(t/t-d-1)$$

Soit le système de fonction de transfert

$$G(p) = \frac{1.45}{1 + 2.2p}.$$

- Ecrire un programme **calcul\_predicteur.m** qui détermine le modèle échantillonné associé à la période  $T_e = 0,1s$ .
- Compléter le programme **calcul\_predicteur.m** de manière à déterminer les paramètres du prédicteur.
- Vérifier le bon fonctionnement du prédicteur sous simulink lorsque le système **n'est soumis à aucune perturbation. L'entrée  $u(t)$  du système sera un bruit blanc. On complètera le fichier prediction.mdl qui contient déjà le système sous sa forme échantillonnée.**
- Comparez sur un oscilloscope la sortie  $y(t)$  et la sortie prédite  $\hat{y}(t/t-d-1)$
- Comparez sur un oscilloscope la sortie  $y(t-d-1)$  et la sortie prédite  $\hat{y}(t/t-d-1)$

### 2 – Prédicteur à $j$ pas sans perturbation

Rappeler l'expression analytique du prédicteur optimal à j pas lorsque pas lorsque  $v(t) = \gamma(t)$

$$\hat{y}(t/t-j)$$

- Complétez le programme **calcul\_predicteur.m** de manière à déterminer les paramètres du nouveau prédicteur.
- vérifier son fonctionnement sous simulink (fichier prediction.mdl). **L'entrée du système sera un bruit blanc.**
- Comparez sur un oscilloscope la sortie  $y(t)$  et la sortie prédite  $\hat{y}(t/t-j)$
- Comparez sur un oscilloscope la sortie  $y(t-j)$  et la sortie prédite  $\hat{y}(t/t-j)$

### 3– Système soumis à une perturbation échelon

Le système est maintenant soumis à une perturbation  $v(t)$  de type échelon à l'instant  $t = 50s$ .

- Compléter le schéma Simulink de manière à faire apparaître une perturbation  $v(t)$  échelon à  $t = 50s$ . Exécuter et Conclure.
- Rappeler l'expression du prédicteur optimal à j pas lorsque le système est soumis à une perturbation dont le modèle est connu soit  
$$\hat{y}(t/t-j)$$
- Compléter le programme **calcul\_predicteur.m** de manière à déterminer les paramètres de ce nouveau prédicteur. Le polynôme  $C(q^{-1})$  est un paramètre de synthèse qu'il faut choisir. **On choisira toutes ses racines réelles, stables et bien amorties.**
- Modifiez si besoin le schéma **prediction.mdl** et vérifiez que la prédiction à j pas est améliorée.
- Le polynôme  $C(q^{-1})$  a une grande influence sur les performances du prédicteur lorsque la perturbation apparaît. Modifier  $C(q^{-1})$  en « ralentissant » ses racines et observer les conséquences sur la qualité de la prédiction.

### 4– Système soumis à une perturbation sinusoïdale

Le système est maintenant soumis à une perturbation  $v(t)$  sinusoïdale de pulsation 2 rad/s à partir de l'instant  $t = 20s$ .

- Modifiez le schéma Simulink de manière à faire apparaître une sinusoïdale  $v(t)$  à  $t = 20s$ . Étudier à nouveau les performances du prédicteur du cas n°3 dans ce cas.
- Calculer les paramètres d'un nouveau prédicteur dans le fichier **calcul\_predicteur.m** de manière à prendre en compte une perturbation sinusoïdale. Vérifier que la

prédiction à j pas est améliorée.

### 5– Système soumis à une perturbation sinusoïdale et une perturbation échelon

Réaliser un prédicteur à j pas lorsque le système est soumis à une perturbation sinusoïdale de pulsation 2 rad/s et une perturbation échelon. Réalisez l'essai sous Simulink en appliquant la perturbation sinusoïdale à  $t = 20s$  et la perturbation échelon à  $t = 50s$ .

### 6– Essai en temps – réel

Nous allons utiliser le coffret analogique et notamment le système du 1<sup>er</sup> ordre. Sa fonction de transfert est  $G(p)$ .

- Tester le comportement du prédicteur à j pas (calculé avec un modèle de perturbation échelon) sous Simulink. Le fichier **temps\_réel.mdl** contient les Blocs nécessaire à l'envoi et la mesure d'une tension sur le coffret (envoi de l'entrée, mesure de la sortie). Il faut simplement
  - Exécuter le programme **init\_carte.m** avant le schéma Simulink (ce fichier ouvre la communication entre Matlab et la carte d'acquisition).
  - Compléter alors le fichier **temps-réel.mdl** avec le schéma de simulation de votre prédicteur (copier coller de votre fichier prediction.mdl).
  - Comparez sur un oscilloscope la sortie  $y(t-j)$  et la sortie prédite
  - Comparez sur un oscilloscope la sortie  $y(t-j)$  et la sortie prédite
- Modifier le schéma Simulink de manière à rajouter une perturbation de sortie de type échelon à  $t = 50s$ . Comparez à nouveau la sortie du procédé et la sortie du prédicteur.  
Conclusion.