

COURS DE COMMANDE NUMERIQUE DES PROCESSUS – AU 42

Exercices portant sur les chapitres 1 à 5 du cours Au 42

1. **TD.** On considère le filtre numérique d'équation récurrente :

$$y_k - 0,25 y_{k-1} - 0,125 y_{k-2} = e_{k-1}$$

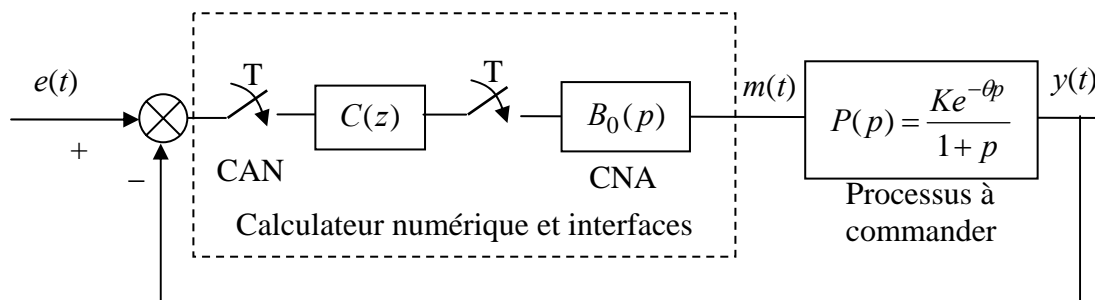
- Calculer la transmittance  $H(z)$  ;
- Calculer les quatre premiers termes de la séquence de pondération par la méthode de division selon les puissance croissantes de  $z^{-1} = x$  ;
- On excite se filtre par la séquence d'entrée  $e_k = \begin{cases} 1 & \text{si } k \geq 0 \\ 0 & \forall k < 0 \end{cases}$ . Calculer  $Y(z)$
- Calculer par la méthode des résidus le terme général de la séquence de réponse indicielle.

2. **TD.** Calcul d'une fonction de transfert « pulsée ».

On considère le processus  $P(p) = \frac{K}{p(1+p)}$  associé à un bloqueur d'ordre zéro. La période d'échantillonnage étant de 1 seconde :

- Calculer  $G(z) = \mathbf{Z}[B_0(p)P(p)]$  par la méthode des résidus
- Calculer  $G(z) = \mathbf{Z}[B_0(p)P(p)]$  en utilisant la table des transformées en  $z$ .
- Calculer  $G(w) = \mathbf{W}[B_0(p)P(p)]$  en utilisant la table des transformées en  $w$ .

3. **TD.** Etude d'une commande numérique.



Le correcteur numérique choisi est tel que  $C(z) = \frac{z}{z-b}$ .

Le processus à commander est un système du premier ordre affecté d'un retard pur  $0 < \theta < T$ .

- Calculer  $G(z) = \mathbf{Z}[B_0(p)P(p)]$ .
- Calculer l'erreur séquentielle (i.e. l'erreur aux instants d'échantillonnage)  $\varepsilon(z)$ .
- L'entrée étant un échelon de position  $e(t) = u(t)$ , déterminer la valeur de la constante «  $b$  » du correcteur qui permet d'annuler l'erreur en régime permanent.

Pour cette valeur de «  $b$  » et en admettant que  $K = 1$  ;  $\theta = 0s$  ;  $T = 1s$  ;  $e(t) = u(t)$  :

- Calculer la transformée en  $z$ ,  $M(z)$ , de la séquence issue du calculateur.
- Calculer les 5 premiers termes de  $\varepsilon(z)$  et de  $M(z)$ .
- En déduire le tracé des signaux  $m(t)$  et  $y(t)$ . On rappelle que la réponse d'un système du premier ordre à une entrée constante est donnée pour  $t \geq t_0$  par :

$$y(t) = [y(t_0) - y(\infty)]e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} + y(\infty)$$

4. **TM-** Ce travail est à effectuer en utilisant MATLAB. On associe un processus du second ordre de gain statique unité, de coefficient d'amortissement  $\zeta = 0,5$  et de pulsation propre non amortie  $\omega_n = 1 \text{ rad/s}$ , à un bloqueur d'ordre zéro.

- Calculer la transmittance  $Pdp(p)$  du processus (utiliser l'instruction « ord2 »).
- Calculer le transmittance  $Gdz(z) = \mathbf{Z}[B_0(p)P(p)]$  (utiliser l'instruction « c2d ») si la période d'échantillonnage est de 0,5 seconde.
- Soit  $Gdz(z) = \frac{\text{numd}(z)}{\text{dend}(z)}$  la transmittance calculée ci dessus. Extraire les polynômes  $\text{numd}$  et  $\text{dend}$  de cette expression (utiliser l'instruction « tfdata »).
- Donner l'équation récurrente E correspondant à  $Gdz$ .
- Ecrire un programme permettant d'élaborer les 24 premiers échantillons des séquences :

$$e1_k = \begin{cases} 1 & \text{si } k = 0 \\ 0 & \forall k \neq 0 \end{cases} \quad \text{et} \quad e2_k = \begin{cases} 1 & \text{si } k \geq 0 \\ 0 & \forall k < 0 \end{cases}.$$

- Ecrire un programme permettant de calculer la séquence de sortie  $h_k$  (séquence de réponse impulsionnelle) issue de l'équation récurrente E lorsqu'on lui applique la séquence  $e1_k$ .
- Ecrire un programme permettant de calculer la séquence de sortie  $q1_k$  (séquence de réponse indicielle) issue de l'équation récurrente E lorsqu'on lui applique la séquence  $e2_k$ .
- Ecrire un programme permettant de calculer la séquence de sortie  $q2_k$  (séquence de réponse indicielle) par intégration discrète de la séquence de réponse impulsionnelle  $h_k$ .
- Ecrire un programme permettant de calculer la séquence de sortie  $q3_k$  (séquence de réponse indicielle) par résolution du produit de convolution discret entre la séquence de réponse impulsionnelle et l'échelon unité discret  $e2_k$ . On rappelle que :

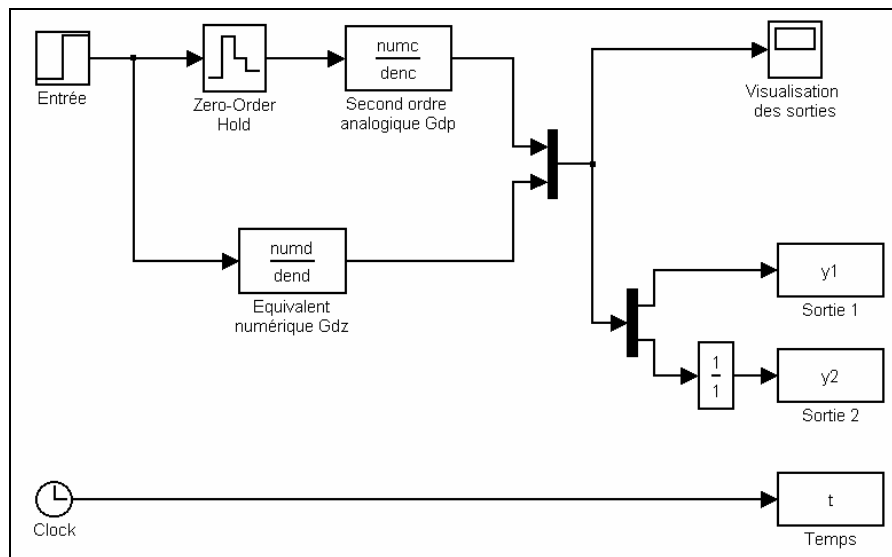
$$y_k = \sum_{i=0}^k e_i \cdot h_{k-i}$$

- Tracer les différentes réponses ( $h_k, q1_k, q2_k$  et  $q3_k$ ) et vérifier la conformité des résultats obtenus. Chaque réponse est définie par 24 échantillons.
- Comparer ces tracés à ceux obtenus par les commandes :

```
>>impulse(Gdz)
```

```
>>step(Gdz)
```

Ouvrir un fichier « .mdl » et construire, en prélevant les éléments nécessaires dans la « library browser » de Simulink, le schéma de simulation suivant :



- Enregistrer les 2 signaux de sortie  $y1(t)$  et  $y2(t)$  et comparer les résultats obtenus à ceux des questions précédentes.

### Quelques conseils pour cette étude :

Attention au choix des indices ! MATLAB manipule des matrices et des vecteurs et il n'y a donc pas d'indice zéro.

Les séquences appliquées en entrée du filtre numérique, comme celles obtenues en sortie, sont des séquences de nombres. Aussi, pour bien visualiser cet état, on imprimera les différentes réponses demandées par la commande (Cf. « help plot ») :

```
>>plot(« réponse », 'r.')
```

Cette remarque ne vaut pas pour les signaux obtenus par simulation.

Pour **le travail personnel** identifié par « **TM** » les élèves fourniront :

- un document manuscrit et non un document « word », présenté correctement avec les explications théoriques et les commentaires qui s'imposent ;
- le script (i.e. le fichier « .m ») correspondant au travail demandé ;
- le tracé des courbes obtenues.