**Examen module AT54**

**Année universitaire 2018-2019**

**Durée 2h**

**Exercice 1: Estimation de la vitesse et de la position (filtrées) à partir d’une mesure de position quantifiée (12 pts)**

La mesure de position y(t) via un capteur de position est la somme de la position réelle θ(t) et d’une erreur de troncature w(t), dont l’amplitude dépend de la quantification q, fonction de la résolution N du capteur, soit :

y(t) = θ(t) + w(t)

avec -q/2<w(t)<+q/2, q=2Π/2N et σw2=q2/12 (variance σw du bruit de mesure w(t))

Cette erreur de quantification peut être considérée comme un bruit blanc faisant de la sortie y(t) la sortie d’un processus stochastique.

Q**uestion 1 (1 pt):**

Si la vitesse du rotor est supposée quasi-constante, la position angulaire croît linéairement en fonction du temps, soit θ(t)=Ω(t)t+θ(0). Écrire la relation de récurrence entre la position θ [k] à l’instant t=kTe, la position θ [k-1] à l’instant t=(k-1)Te et la vitesse du rotor Ω[k-1] à l’instant t=(k-1)Te.

Q**uestion 2 (2 pts):**

Nous allons construire un observateur de position et de vitesse sur la base du modèle précédent en supposant que l’on mesure la position y(t). Soit x[k] un vecteur d’état composé de la position θ [k] et de la vitesse Ω[k]. Écrire le modèle d’état à temps discret, cad donner les matrices Ad, Bd et C et les vecteurs x[k] et y[k].

Q**uestion 3 (1 pt):**

Donner le critère d’observabilité de ce système d’ordre 2. En déduire les conditions d’observabilité.

**Question 4 (2 pts):**

Établir les équations de l’observateur sur la base d’un filtre de Kalman optimal.

**Question 5 (1 pt):**

Donner l’expression des matrices R, Q et P[0[0] du filtre.

**Question 6 (1 pt):**

Commenter l’influence du réglage du filtre de Q sur le gain de Kalman.

**Question 7 (2 pts):**

Établir les équations de l’observateur sur la base d’un filtre de Kalman sous-optimal. Détailler la méthode de calcul des gains hors-ligne, et les équations du filtre à résoudre en ligne.

**Question 8 (2 pts):**

Proposer un modèle d’état à temps discret plus évolué que le précédent. Donner les matrices Ad, Bd et C et les vecteurs x[k] et y[k].

**Exercice 2: Estimation des paramètres mécanique d’une MCC (8 pts)**

La conception de régulateurs de vitesse nécessite la connaissances des paramètres électro-mécanique de la machine électrique, soit l’inertie J, les frottements visqueux f et la constante de couple Kt. L’objectif est d’estimer les paramètres en ligne ou hors-ligne via un filtre de Kalman étendu aux paramètres, sachant que nous pouvons mesurer le courant i et la vitesse mécanique Ω de la machine.

Q**uestion 1 (1.5 pts):**

Donner l’équation différentielle de la partie électromécanique avec comme entrée du système le courant mesuré i de la MCC.

Mettre cette équation sous la forme d’un modèle état à temps continu. Donner les matrices A, B et C et les vecteurs x(t) et y(t). Ici, nous poserons a=f/J et b=Kt/J.

Q**uestion 2 (1.5 pt):**

Écrire le modèle d’état à temps discret, cad donner les matrices Ad, Bd et C et les vecteurs x[k] et y[k].

Q**uestion 3 (2 pts):**

Écrire le modèle d’état à temps discret étendu aux paramètres a et b.

Q**uestion 4 (2 pts):**

Établir les équations de l’observateur sur la base d’un filtre de Kalman non-linéaire.

Q**uestion 5 (1 pt):**

Pouvons nous connaître les paramètres J, f et Kt à partir de l’estimation de a et b ?

A défaut, est-il possible de calculer les gains d’un régulateur PI/IP ?

Rappel : Kp=(2ζWnJ-f)/Kt

Ki = JWn2/Kt