**Examen module AT54**

**Année universitaire 2017-2018**

**Durée 2h**

Le modèle d’état complet d’une machine asynchrone est donné par le système d’équations ci-dessous :

 $\frac{d}{dt}\left[\begin{array}{c}i\_{sa}\\i\_{sb}\\ϕ\_{ra}\\ϕ\_{rb}\end{array}\right]=\left[\begin{matrix}-\left(\frac{R\_{s}}{σL\_{s}}+\frac{1-σ}{σ}\frac{R\_{r}}{L\_{r}}\right)&0&\frac{1-σ}{σM}\frac{R\_{r}}{L\_{r}}&\frac{1-σ}{σM}pW\\0&-\left(\frac{R\_{s}}{σL\_{s}}+\frac{1-σ}{σ}\frac{R\_{r}}{L\_{r}}\right)&-\left(\frac{1-σ}{σM}\right)pW&\frac{1-σ}{σM}\frac{R\_{r}}{L\_{r}}\\\frac{MR\_{r}}{L\_{r}}&0&\frac{-R\_{r}}{L\_{r}}&-pW\\0&\frac{MR\_{r}}{L\_{r}}&pW&\frac{-R\_{r}}{L\_{r}}\end{matrix}\right]\left[\begin{array}{c}i\_{sa}\\i\_{sb}\\ϕ\_{ra}\\ϕ\_{rb}\end{array}\right]+\left[\begin{matrix}\frac{1}{σL\_{s}}&0\\0&\frac{1}{σL\_{s}}\\0&0\\0&0\end{matrix}\right]\left[\begin{array}{c}v\_{sa}\\v\_{sb}\end{array}\right]$

où isa, isb, vsa et vsb sont les courants et tensions statoriques selon les axes alpha et beta, W la vitesse de rotation et p le nombre de paire de pôles, Rs, Rr, Ls, Lr et M, les résistances, inductances et mutuelle inductance. L’objectif va consister à concevoir un observateur de flux rotorique à partir de la mesure des courants statoriques et de la mesure de la vitesse mécanique W et la connaissance des tensions statoriques.

**Question 1 (1 pt):**

Le vecteur d’état de l’observateur est composé des deux composantes du courant statorique et des deux composantes du flux rotorique. Définir le vecteur de mesure Y et la matrice de mesure C à partir des informations en introduction.

**Question 2 (2 pts):**

Donner le critère d’observabilité de ce système d’ordre 4. En déduire les conditions d’observabilité.

**Question 3 (3 pts):**

Etablir le modèle à temps discret où l’on approximera le calcul de eATe par un développement limité à l’ordre 1, soit I+ATe.

**Question 4 (3 pts):**

Etablir les équations de l’observateur sur la base d’un filtre de Kalman optimal (linéaire non stationnaire).

**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 (R et Q) sur le gain de Kalman.

**Question 7 (3 pts):**

Etablir 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 (6 pts):**

Cet observateur étant très sensible à l’incertitude sur la résistance rotorique Rr, nous allons estimer cette grandeur.

a) Donner le nouveau vecteur d’état augmenté xa à la résistance rotorique Rr.

b) Définir le vecteur de mesure Y et la matrice de mesure C.

c) Définir l’équation d’évolution à temps discret de la résistance rotorique Rr.

d) A partir du résultat de l’équation 3, établir l’équation d’état à temps-discret de l’observateur sous la forme :

 $x\_{a}\left[k\right]=\left[\begin{matrix}f\_{1}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\\f\_{2}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\\f\_{3}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\\f\_{4}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\\f\_{5}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\end{matrix}\right]+B\_{d}u\left[k-1\right]=\left[\begin{matrix}\left(1-\left(\frac{R\_{s}}{σL\_{s}}+\frac{1-σ}{σ}\frac{R\_{r}\left[k-1\right]}{L\_{r}}\right)T\_{e}\right)i\_{sa}\left[k-1\right]+...+...\\f\_{2}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\\f\_{3}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\\f\_{4}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\\f\_{5}\left(x\_{a}\left[k-1\right]\right)\end{matrix}\right]+B\_{d}u\left[k-1\right]$

e) Etablir les équations de l’observateur sur la base d’un filtre de Kalman optimal (non-linéaire). Pour rappel, dans les équations du filtre de Kalman non-linéaire en page 26 du cours, la matrice F pour le calcul de la matrice de variance-covariance d’erreur de prédiction est :

 $F=\left[\begin{matrix}\frac{∂f\_{1}\left(x\right)}{∂x\_{1}}&\frac{∂f\_{1}\left(x\right)}{∂x\_{2}}&\frac{∂f\_{1}\left(x\right)}{∂x\_{3}}&\frac{∂f\_{1}\left(x\right)}{∂x\_{4}}&\frac{∂f\_{1}\left(x\right)}{∂x\_{5}}\\\frac{∂f\_{2}\left(x\right)}{∂x\_{1}}&\frac{∂f\_{2}\left(x\right)}{∂x\_{2}}&\frac{∂f\_{2}\left(x\right)}{∂x\_{3}}&\frac{∂f\_{2}\left(x\right)}{∂x\_{4}}&\frac{∂f\_{2}\left(x\right)}{∂x\_{5}}\\\frac{∂f\_{3}\left(x\right)}{∂x\_{1}}&\frac{∂f\_{3}\left(x\right)}{∂x\_{2}}&\frac{∂f\_{3}\left(x\right)}{∂x\_{3}}&\frac{∂f\_{3}\left(x\right)}{∂x\_{4}}&\frac{∂f\_{3}\left(x\right)}{∂x\_{5}}\\\frac{∂f\_{4}\left(x\right)}{∂x\_{1}}&\frac{∂f\_{4}\left(x\right)}{∂x\_{2}}&\frac{∂f\_{4}\left(x\right)}{∂x\_{3}}&\frac{∂f\_{4}\left(x\right)}{∂x\_{4}}&\frac{∂f\_{4}\left(x\right)}{∂x\_{5}}\\\frac{∂f\_{5}\left(x\right)}{∂x\_{1}}&\frac{∂f\_{5}\left(x\right)}{∂x\_{2}}&\frac{∂f\_{5}\left(x\right)}{∂x\_{3}}&\frac{∂f\_{5}\left(x\right)}{∂x\_{4}}&\frac{∂f\_{5}\left(x\right)}{∂x\_{5}}\end{matrix}\right]$