

# Tutorial EDSYS: diagnostic dans les systèmes continus

Yannick Pencolé

12 juin 2012

## 1 Généralités

**Q. 1.1** *Quelle communauté scientifique étudie le diagnostic de systèmes continus ?*

**Q. 1.2** *Quelles sont les différences conceptuelles entre le diagnostic de systèmes continus et la commande ?*

**Q. 1.3** *Quel formalisme utilise-t-on pour représenter la connaissance sur un système continu ?*

**Q. 1.4** *Sur quelle notion de base toutes les techniques de diagnostic à base de modèle sur les systèmes continus reposent-elles ?*

## 2 Résidus

**Q. 2.1** *Qu'est-ce qu'un résidu ?*

**Q. 2.2** *Soit le système électronique constitué d'une seule résistance classique  $R$ . On suppose, à titre d'exercice, que la tension d'entrée  $V_e(t)$  et l'intensité  $i(t)$  en sortie de  $R$  sont observables, pour chaque signal suivant, dire en justifiant s'il est un bon candidat pour être un signal pour la mesure d'un résidu :*

- $V_e(t)$  ?
- $i(t)$  ?
- $V_s(t)$  où  $V_s$  est la tension de sortie ?
- $V_e(t) - i(t)$  ?
- $V_e(t) - R.i(t)$  ?

**Q. 2.3** *Toujours sur le système résistance  $R$  : les résidus déterminés à la question précédente sont-ils robustes ? Sont-ils sensibles ?*

**Q. 2.4** Maintenant la résistance  $R$  est remplacée par une résistance photo-sensible. Qu'en est-il de la robustesse et de la sensibilité des anciens résidus ?

**Q. 2.5** Soit un système quelconque, on anticipe 4 fautes  $f_1, f_2, f_3, f_4$ . On dispose de 5 résidus  $r_1, \dots, r_5$ .

- $r_1, r_2$  et  $r_3$  sont affectés par la présence de toutes les fautes.
- $r_4$  est robuste à toutes les fautes.
- $r_5$  est robuste à  $f_2$  et  $f_3$ .

Écrire les structures de chaque résidu. En déduire la matrice de signature.

**Q. 2.6** Même question qu'au dessus mais avec les contraintes suivantes :

- $r_1$  n'est affecté que par  $f_2$ .
- $r_2$  est robuste à tout.
- $r_3$  n'est pas affecté par  $f_2$ .
- $r_4$  n'est affecté par aucune faute.
- $r_5$  n'est pas affecté que par  $f_2, f_3$ .

Écrire les structures de chaque résidu. En déduire la matrice de signature.

**Q. 2.7** Comparer les deux matrices de signature. Laquelle est la plus intéressante pour la détection d'une faute ? Laquelle est la plus intéressante pour l'identification de faute ?

**Q. 2.8** Sur le système à 4 fautes  $f_1, \dots, f_4$ , quelle serait la matrice de signature parfaite ?

### 3 Modélisation

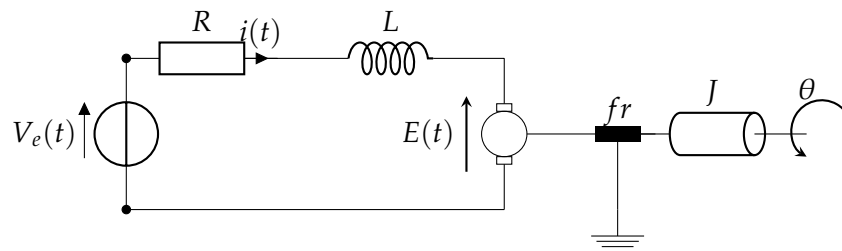
**Q. 3.1** Qu'est-ce qu'une faute additive ?

**Q. 3.2** Qu'est-ce qu'une faute multiplicative ?

**Q. 3.3** Une faute additive peut-elle être une faute multiplicative ?

**Q. 3.4** Quelles sont les différentes entrées agissant sur le système ?

Soit le système du moteur continu :



$$V_e(t) = R.i(t) + L \frac{di}{dt} + E(t) \quad (\text{Loi électrique})$$

$$\Gamma(t) = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + fr \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{Loi mécanique})$$

$$E(t) = k_e \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{Loi de couplage 1})$$

$$\Gamma(t) = k_c.i(t) \quad (\text{Loi de couplage 2})$$

On note  $\omega$  la vitesse de rotation de l'arbre :  $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ .

**Q. 3.5** Parmi les fautes suivantes, lesquelles sont dites additives, multiplicatives. En terme de terminologie faute  $\Rightarrow$  défaillance, lesquels de ces phénomènes sont plutôt des défaillances, des fautes.

- Une variation de résistivité dans la résistance R.
- Une décélération anormale de l'arbre.
- Une corrosion sur l'arbre.

## 4 Relation de redondances analytiques

**Q. 4.1** Qu'est-ce qu'une relation de redondance analytique ? Pourquoi parle-t-on de redondance ?

**Q. 4.2** Comment se décompose une RRA ?

**Q. 4.3** Quel est le lien entre un résidu et un RRA ?

**Q. 4.4** Qu'est-ce qu'un résidu normal ?

**Q. 4.5** Sur le moteur continu, si on suppose que l'on peut mesurer uniquement  $V_e(t)$  et  $i(t)$  parmi les relations suivantes lesquelles sont des RRA :

- $E(t) - k_e \theta = 0$
- $i_{OBS}(t) - i(t) = 0$
- $\frac{V_{eOBS}(t)}{i_{OBS}(t)} - \frac{V_e}{i} = 0$

**Q. 4.6** Sur le moteur continu, on suppose que l'on observe  $\omega$   $i$  et  $V_L$  (tension autour de l'inductance L) et on dispose des relations de redondances analytiques suivantes :

- RAA1 :  $\omega_{OBS}(t) - \omega(t) = 0$
- RAA2 :  $i_{OBS}(t) - i(t) = 0$
- RAA3 :  $V_{LOBS}(t) - [V_e(t) - R.i(t) - k_e\omega(t)] = 0$

Pour chaque RRA, établir la forme d'évaluation du résidu, la forme de calcul du résidu.

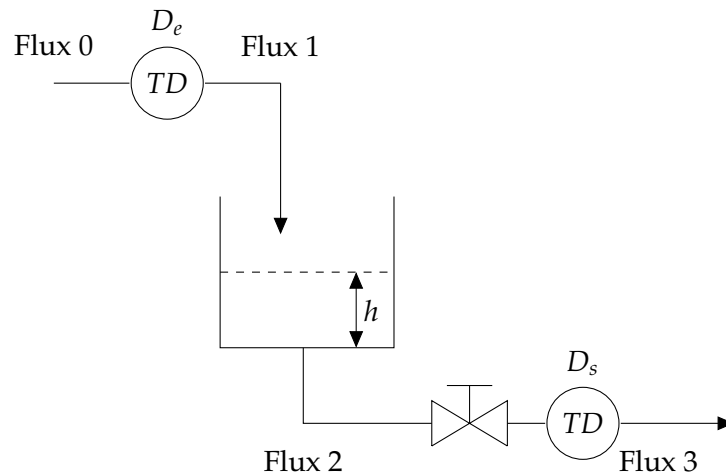
## 5 Génération de résidus

### 5.1 Génération de RRA

**Q. 5.1** Quel est le principe de base pour déterminer une RRA sur un modèle ?

**Q. 5.2** Quelle est la différence entre la redondance statique et la redondance dynamique ?

**Q. 5.3** Comment peut-on découvrir qu'une faute est indétectable quand on recherche des RRA ?



Récipient à flux gravitaire. Système à une entrée et une sortie.

- $h$  : hauteur du liquide dans le récipient
- $D_e$  : débit d'entrée
- $D_s$  : débit de sortie
- $A_r$  : aire de section du récipient
- $c$  : constante nominale de débit de sortie
- $TD$  : transmetteur de débit.

Modèle du système  $Sys$  :

$$A_r \frac{dh}{dt} = D_e - ch$$

Le volume de liquide dans le récipient est issu de la différence entre le débit d'entrée  $D_e$  et le débit nominal de sortie  $ch$ .

**Q. 5.4** *Ecrire le système sous la forme d'équations d'état.*

**Q. 5.5** *On désire modéliser la présence d'une fuite. Adapter le modèle en conséquence.*

**Q. 5.6** *On suppose observable  $D_e(t)$ ,  $D_s(t)$ ,  $\frac{dh}{dt}$ , déterminer une RRA en éliminant l'état des équations du système.*

**Q. 5.7** *En déduire la forme de calcul du résidu et sa forme d'évaluation.*

## **5.2 Génération à base d'observateur**

**Q. 5.8** *Ecrire l'observateur de gain  $G = 0.01$  pour le système.*

**Q. 5.9** *En déduire la forme de calcul du résidu.*