

# Asservissement analogique/numérique

Xavier Lagorce

5 Février 2010

## Introduction

Dans ce montage, on va réaliser l'asservissement de vitesse analogique puis numérique d'une machine à courant continu à aimants permanents alimentée par un hacheur quatre quadrants. On commencera par réaliser une boucle de courant puis une boucle de vitesse.

## 1 Identification de la machine

### 1.1 Résistance interne

Pour mesurer la résistance interne de la MCC, on va réaliser un essai bloqué. En effet, l'ensemble balais-collecteur ne se comporte pas comme une simple résistance, il faut donc établir un certain courant pour mesurer correctement la résistance interne de la machine.

On va donc réaliser un essai bloqué. Pour cela, on cable les deux machines du banc en antisérie et on alimente le tout avec un générateur de tension. Le courant dans chacune des machines sera donc identique et les couples produits par chacune d'entre elles vont s'annuler. La résistance alors mesurée va correspondre au double de la résistance d'une machine.

On mesure alors :  $V = 7,26 \text{ V}$  et  $I = 2,69 \text{ A}$ . On obtient donc :

$$R = 1,35\Omega$$

### 1.2 Inductance d'induit et F.E.M.

Pour identifier la F.E.M. de la machine, on réalise un essai avec un hacheur un quadrant en conduction discontinue. Les résultats obtenus sont présentés figure 1. On peut y voir la tension de commande du hacheur, la tension aux bornes de la MCC, la tension donnée par la génératrice tachymétrique ainsi que le courant dans la machine.

La génératrice tachymétrique nous donne  $20 \text{ mv}/(\text{tr}/\text{min})$ . La machine tourne donc à  $1000 \text{ tr}/\text{min}$ . Or lorsque le courant s'annule dans la machine, on observe à ses bornes sa F.E.M. ; on mesure  $86 \text{ V}$ . On obtient donc :

$$K_V = 0,086 \text{ V}/(\text{tr}/\text{min})$$

Lors de la phase de conduction du transistor, la pente du courant nous donne l'inductance interne de la machine puisque  $u = L \frac{di}{dt}$ <sup>1</sup>. On obtient alors :

$$L = 3,9 \text{ mH}$$

---

<sup>1</sup>La tension  $u$  correspond à la différence entre la tension appliquée à la machine et la fem mesurée.

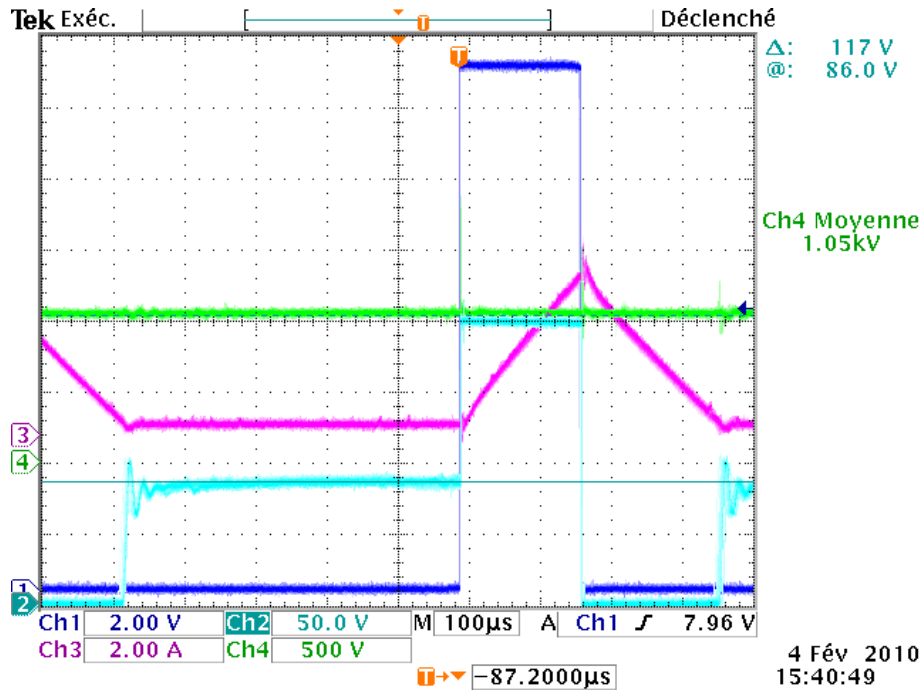


FIG. 1 – Essai avec hacheur un quadrant en conduction discontinue

### 1.3 Identification du système

On va maintenant identifier le système global constitué de la MCC, du hacheur et de la commande en courant. Pour cela, on réalise une commande en fourchette du courant et relève la réponse à un échelon.

La figure 2 montre deux essais réalisés avec des charges différentes.

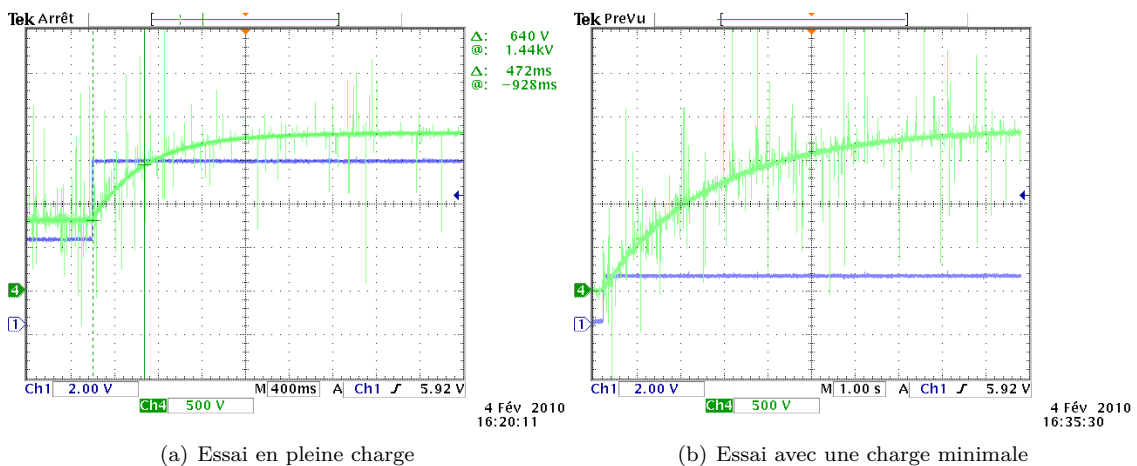


FIG. 2 – Essais indiciels sur la boucle de courant.

En pleine charge, on obtient une constante de temps de 472 ms. Avec une charge faible le temps de réponse obtenu est de l'ordre d'une seconde.

## 2 Asservissement

### 2.1 Asservissement analogique

La figure 3 montre les résultats obtenus avec un correcteur PI analogique. On règle la constante de temps à 0,5 s et le gain à 10. On peut voir que le système est stable quelle que soit la charge de la machine.

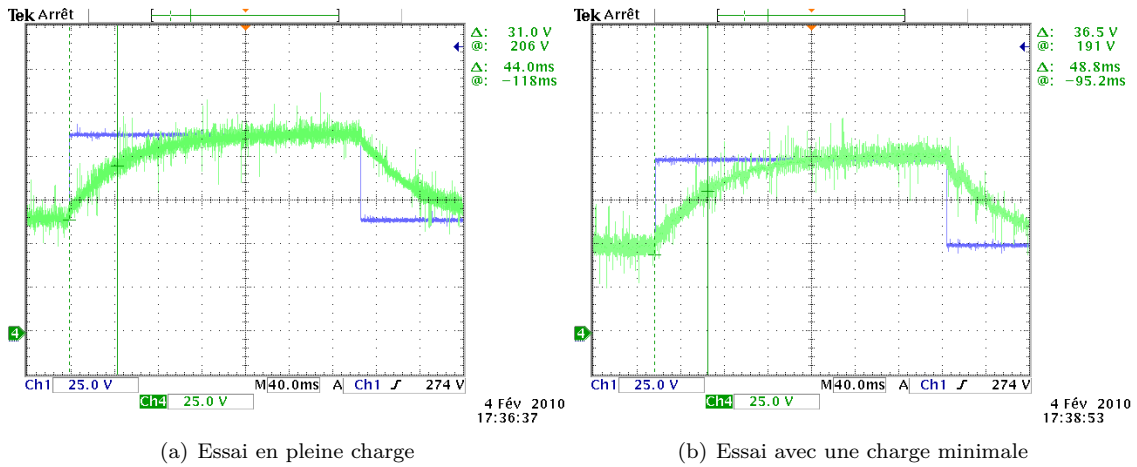


FIG. 3 – Essais indicels sur la boucle de vitesse avec correcteur analogique.

### 2.2 Asservissement numérique

Pour établir un correcteur numérique, on va discrétiser notre correcteur analogique. Pour cela on va intégrer grâce à la méthode des rectangles supérieurs comme illustré figure 4.

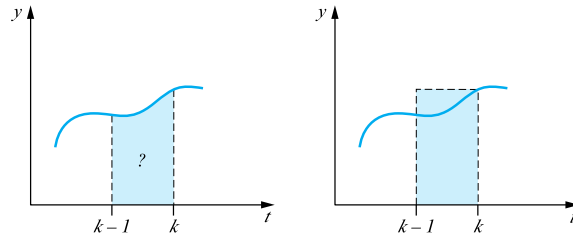


FIG. 4 – Intégration par la méthode des rectangles supérieurs

Si l'on considère la figure 4, on trouve que :

$$I_k = I_{k-1} + T_e y_k, \tag{1}$$

où  $T_e$  est la période d'échantillonnage.

En passant dans l'espace de la transformée en  $z$ , on obtient alors :

$$zI(z) = I(z) + T_e z Y(z) \quad (2)$$

d'où

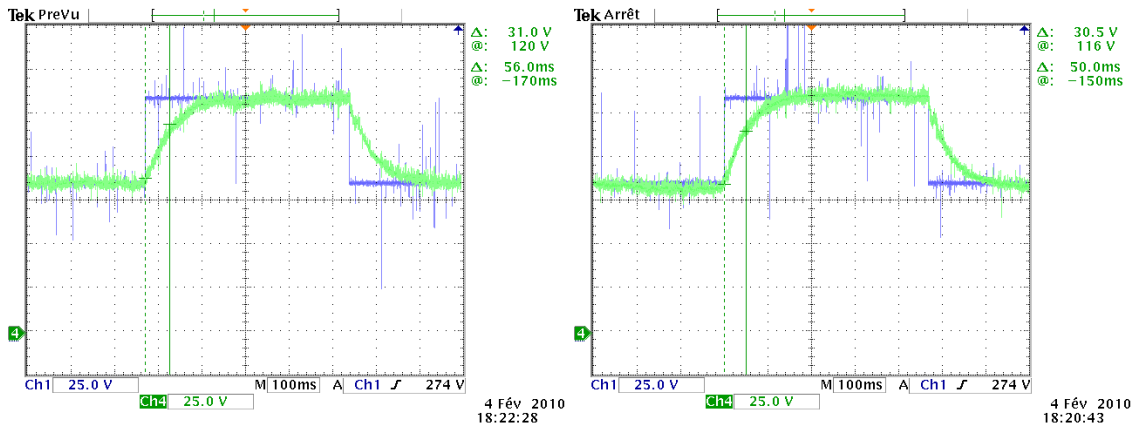
$$I(z) = \frac{T_e z}{z-1} Y(z) \quad (3)$$

L'équation (3) nous amène donc à considérer « l'équivalence » des opérateurs :

$$\frac{1}{p} = \frac{T_e z}{z-1} \quad (4)$$

En injectant l'équation 4 dans l'expression du correcteur PI, on obtient la forme en  $z$  :

$$C(z) = K \left( 1 + \frac{T_e}{T_i} \frac{z}{z-1} \right) \quad (5)$$



(a) Essai en pleine charge

(b) Essai avec une charge minimale

FIG. 5 – Essais indiciels sur la boucle de vitesse avec correcteur numérique.

On peut voir sur la figure 5 que les résultats obtenus avec le correcteur numérique sont analogues à ceux obtenus avec un correcteur analogique.

la figure 6 montre l'évolution de l'asservissement lorsque l'on modifie la période d'échantillonnage. On peut voir que plus la fréquence d'échantillonnage d'approche du temps de réponse du système et plus ce dernier devient instable.

### 2.3 Conclusion sur les correcteurs

En conclusion, on peut dire que le correcteur est plus intéressant que le correcteur numérique est plus intéressant que le correcteur analogique. En effet, on a montré que celui-ci peut montrer au moins les mêmes performances que le correcteur analogique.

Mais il reste beaucoup plus versatile, car on peut envisager de modifier le code du correcteur pour implémenter, par exemple, une réponse pile ou imposer la réponse indicielle du système grâce à un correcteur RST.

Par contre, le réglage de ce correcteur va demander un certain compromis; car comme on a pu le voir précédemment, on obtient des performances d'autant meilleures que la fréquence

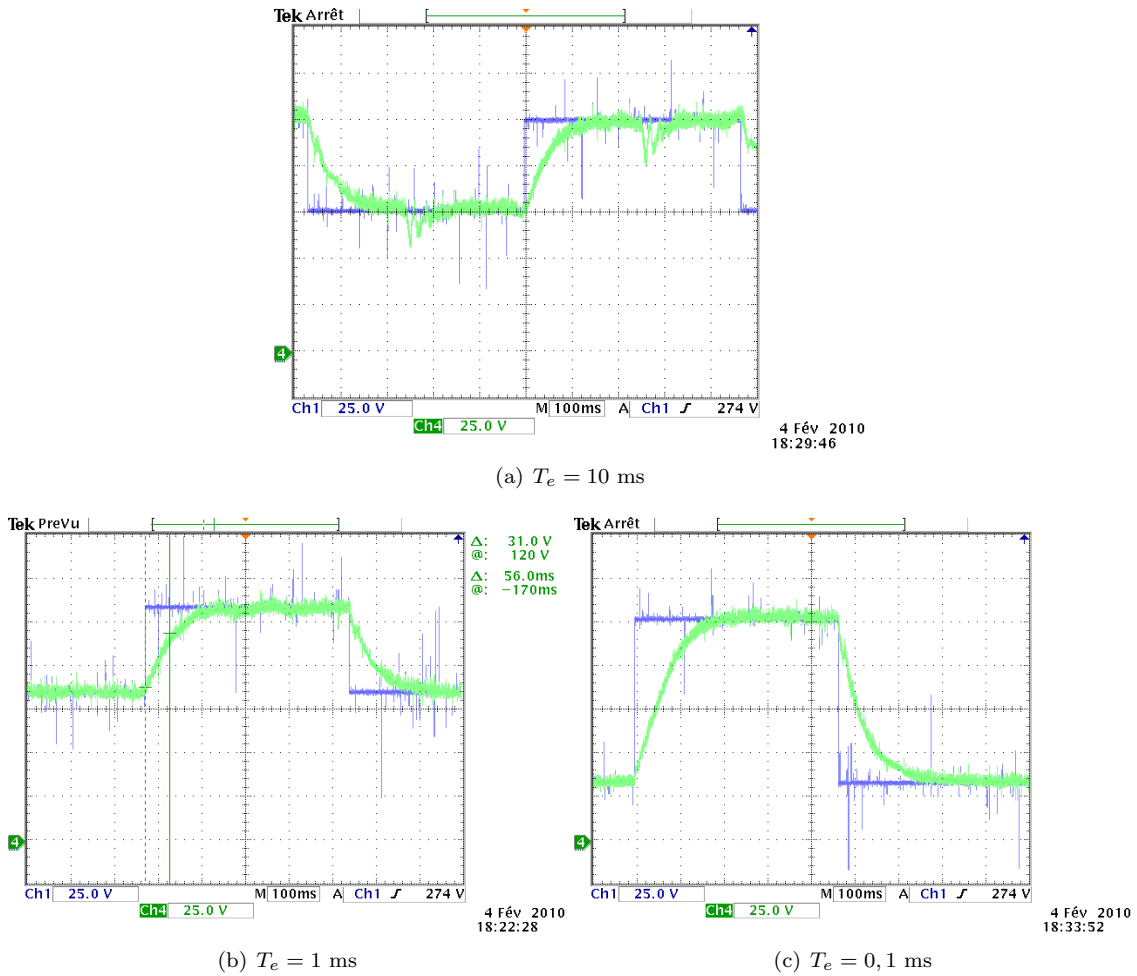


FIG. 6 – Essais indiciels sur la boucle de vitesse avec correcteur numérique.

d'échantillonnage est importante. Or on ne peut pas augmenter indéfiniment cette fréquence à cause du matériel utilisé (et du coût que cela engendrerait). Il faut donc faire un compromis entre la fréquence maximale admissible par le matériel et la fréquence minimale assurant la stabilité du système.