

Carte intégrée assurant le contrôle par logique floue de moteurs à courant continu

Ir. V. Defosse
Ir. F. Haudry

Recherche soutenue par la
Région Wallonne

Plan de l'exposé

- Intérêt de la recherche
- Introduction à la logique floue
- Application à la régulation de vitesse
- Présentation des résultats
- Conclusions

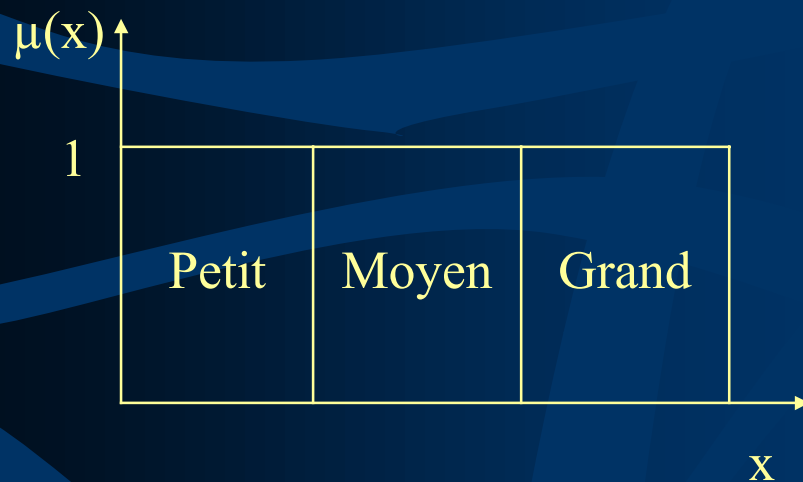
Intérêt de la recherche

Obtenir un régulateur de vitesse

- simple à mettre en œuvre
- robuste vis-à-vis des perturbations internes au système
- performant tant en poursuite qu'en régulation

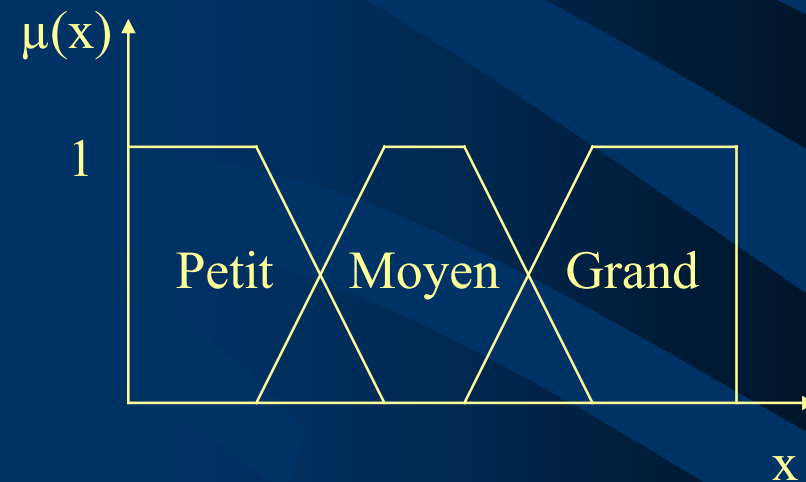
Qu'est-ce que la logique floue ?

- Logique classique



$$\mu_{Petit}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in \textit{Petit} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- Logique floue



$$\mu_{Petit}(x) \in [0,1]$$

Qu'est-ce que la logique floue ?

Un processus en 3 étapes



Entrées nettes
(grandeurs
physiques)



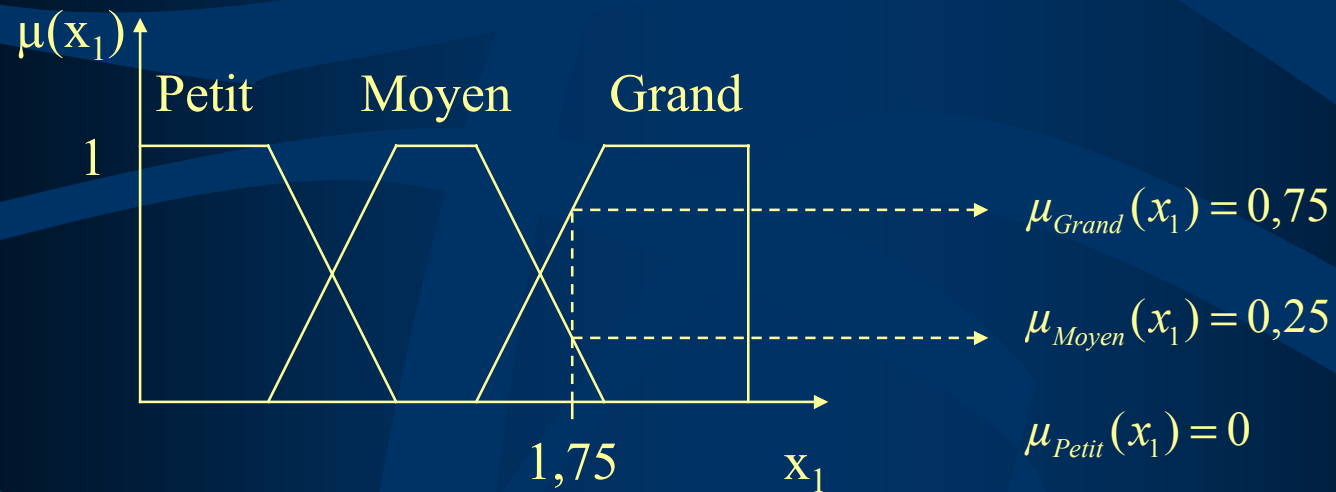
Variables floues
(ou *linguistiques*)



Sortie nette
(grandeur
physique)

Qu'est-ce que la logique floue ?

- La fuzzification



Entrée nette

Qu'est-ce que la logique floue ?

- L'inférence ou Base de règles

Si (x_1 P ET x_2 P), Alors U P ou

Si (x_1 P ET x_2 M), Alors U M ou

Si (x_1 P ET x_2 G), Alors U G ou

Si (x_1 M ET x_2 P), Alors U M ou

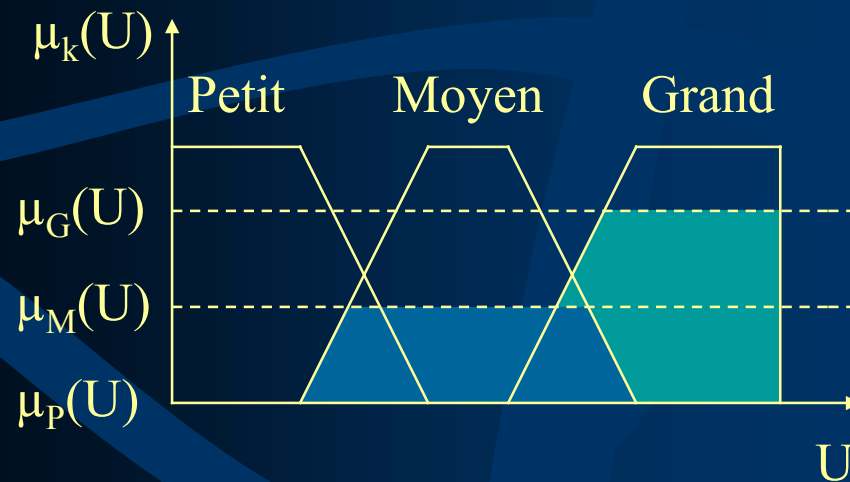
Si (x_1 M ET x_2 M), Alors U G ou

...

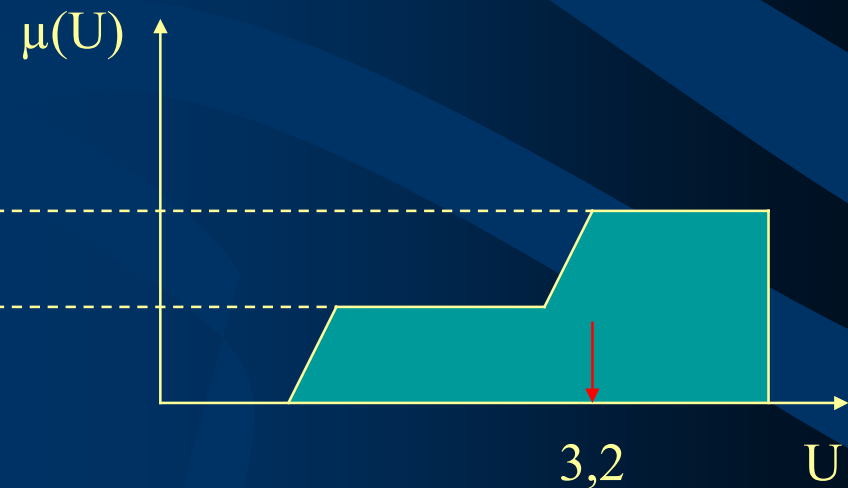
Qu'est-ce que la logique floue ?

- La défuzzification – Mamdani

Implication de type
Max-Min

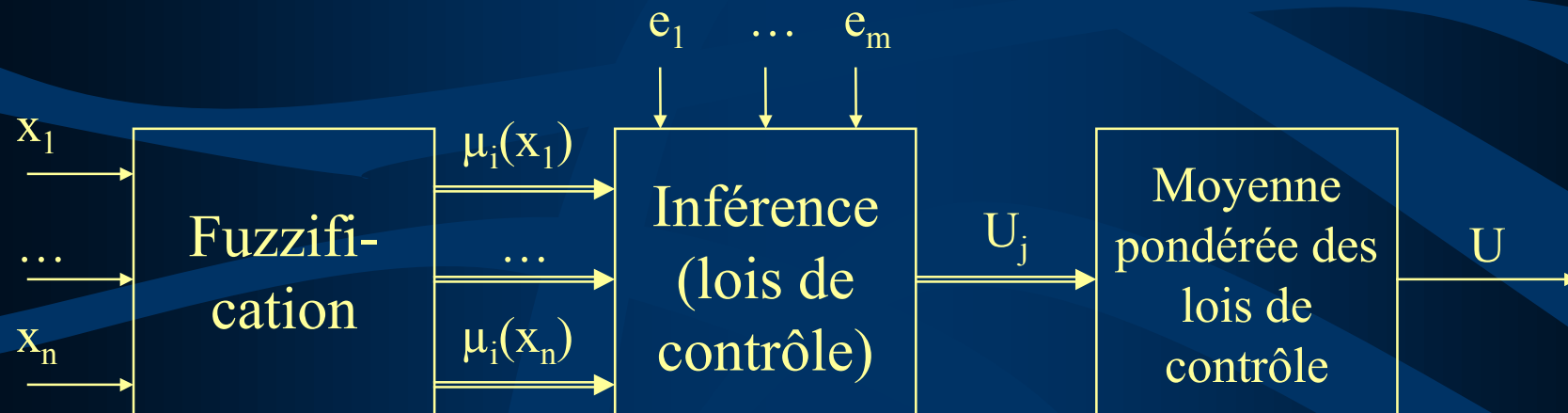


Méthode du centroïde



Qu'est-ce que la logique floue ?

- Takagi Sugeno

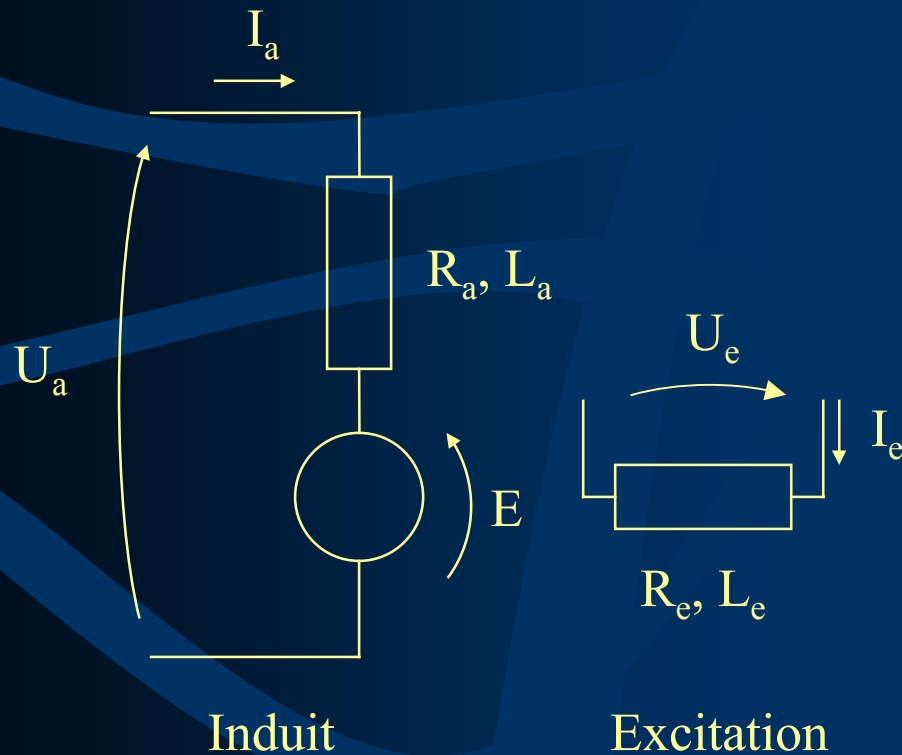


$$U = \frac{1}{K} \sum_j U_j = \frac{1}{K} \sum_j \mu_j(U) * f_j(e_1, \dots, e_m)$$

où f_1, \dots, f_K représentent les lois de contrôle dépendant des entrées e_1, \dots, e_m .

Application à la régulation de vitesse

Le moteur à courant continu à excitation indépendante



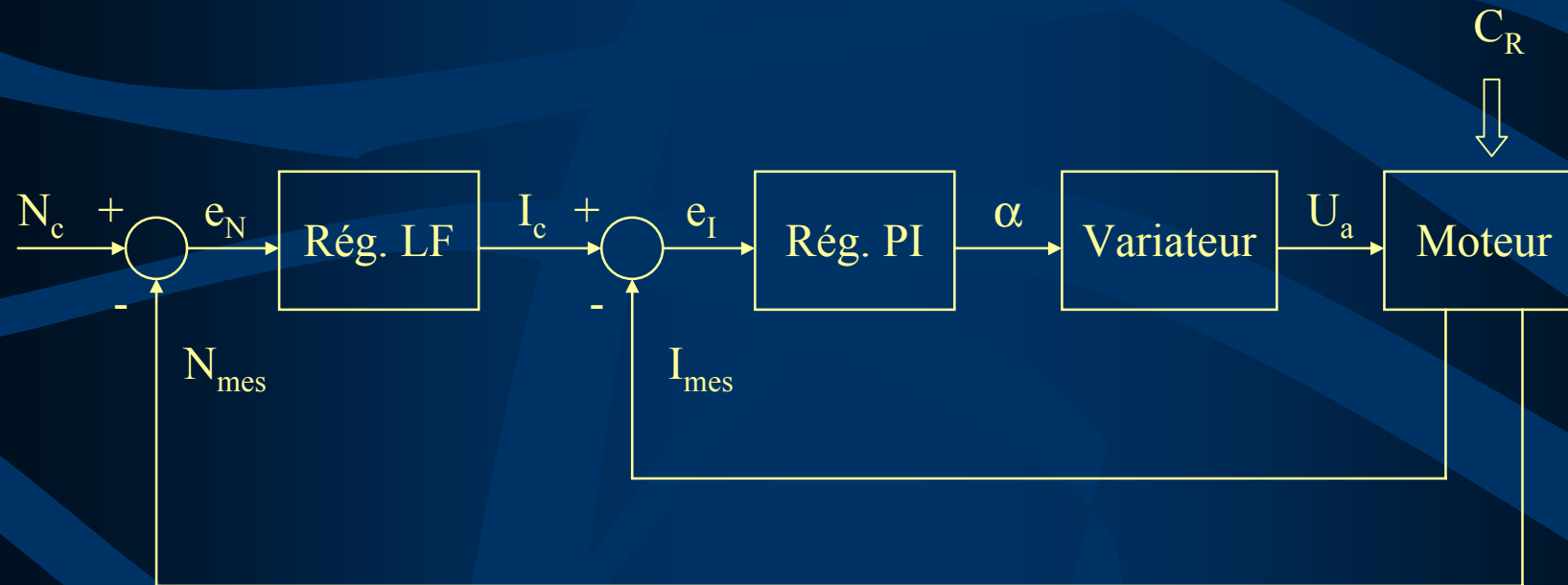
$$U_a = E + R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt}$$

$$\text{avec } E = k_1 \Phi(I_e) N$$

$$C_{elm} = k_2 \Phi(I_e) I_a$$

Application à la régulation de vitesse

Systeme de contrôle – Régulateurs en cascade



Application à la régulation de vitesse

Régulateur par logique floue :

- Variables d'entrées : l'erreur sur la vitesse et sa dérivée
- Variable de sortie : la variation de la consigne de courant

→ Régulateur de type incrémental :

$$I_c = \int dI_c = \int (K_P \frac{de}{dt} + K_I e) dt$$

Application à la régulation de vitesse

Régulateur Sugeno		e						
		GN	N	PN	Z	PP	P	GP
de	GP	<i>P</i>	<i>ST</i>	<i>ST</i>	<i>ST</i>	<i>REJ</i>	<i>TR</i>	<i>P</i>
	P	<i>P</i>	<i>TR</i>	<i>ST</i>	<i>ST</i>	<i>REJ</i>	<i>TR</i>	<i>P</i>
	Z	<i>P</i>	<i>TR</i>	<i>REG</i>	<i>REG</i>	<i>REG</i>	<i>TR</i>	<i>P</i>
	N	<i>P</i>	<i>TR</i>	<i>REJ</i>	<i>ST</i>	<i>ST</i>	<i>TR</i>	<i>P</i>
	GN	<i>P</i>	<i>TR</i>	<i>REJ</i>	<i>ST</i>	<i>ST</i>	<i>ST</i>	<i>P</i>

Application à la régulation de vitesse

Régulateur
Mamdani

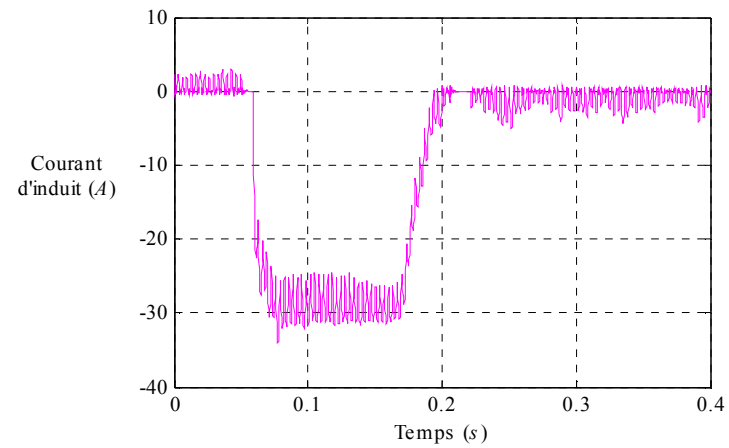
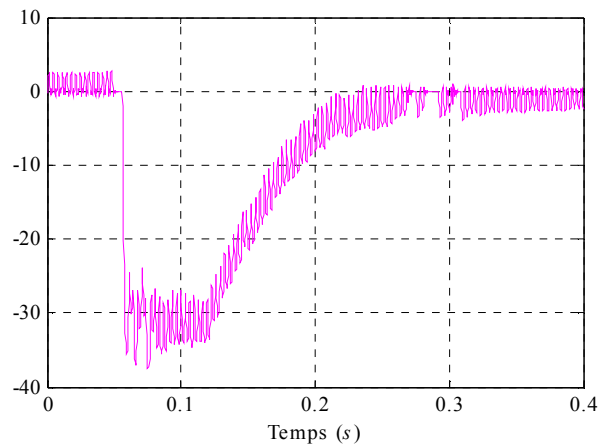
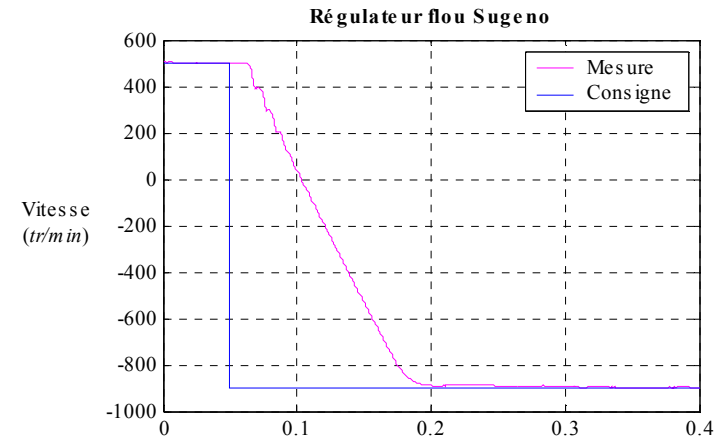
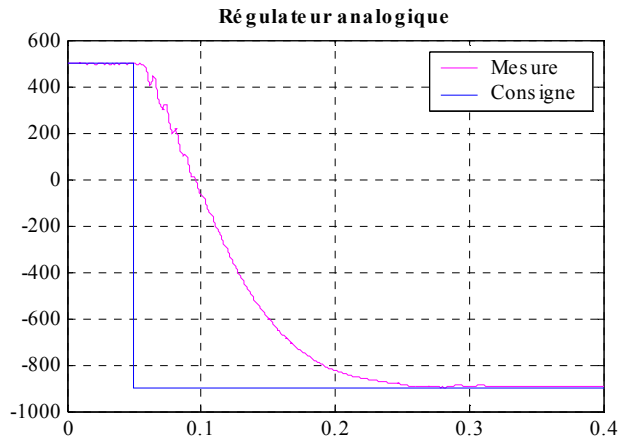
		e						
		GN	N	PN	Z	PP	P	GP
de	GP	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>GP</i>	<i>GP</i>	<i>GP</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
	P	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>PP</i>	<i>P</i>	<i>GP</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
	PP	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>Z</i>	<i>PP</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
	Z	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>PN</i>	<i>Z</i>	<i>PP</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
	PN	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>PN</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
	N	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>GN</i>	<i>N</i>	<i>PN</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
	GN	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>GN</i>	<i>GN</i>	<i>GN</i>	<i>N</i>	<i>P</i>

Application à la régulation de vitesse

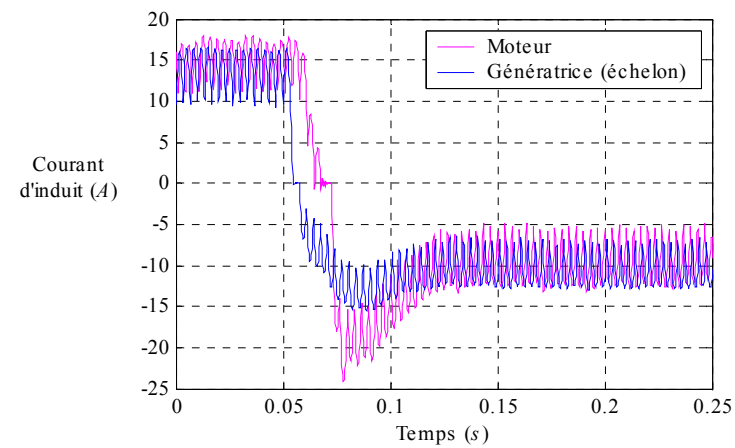
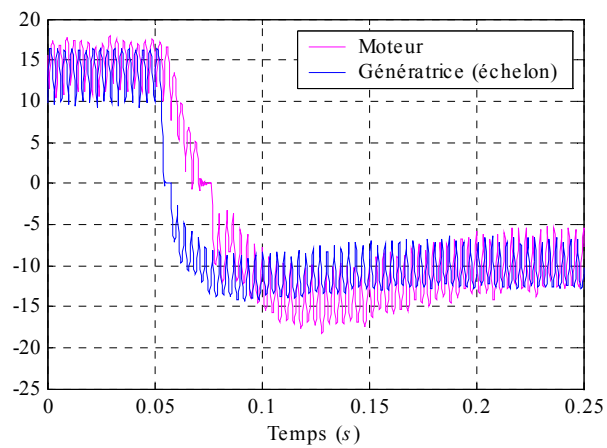
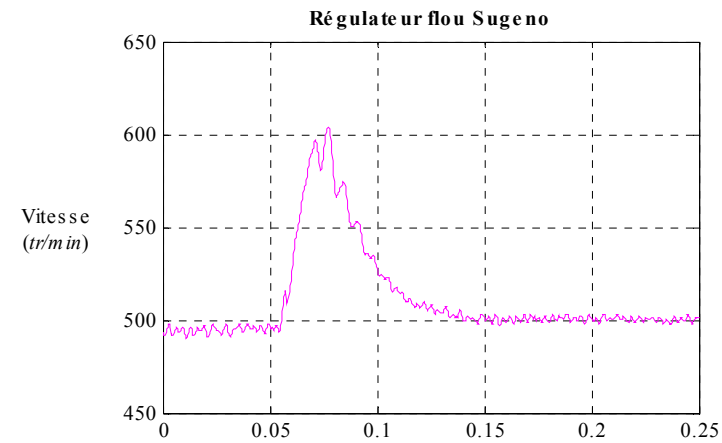
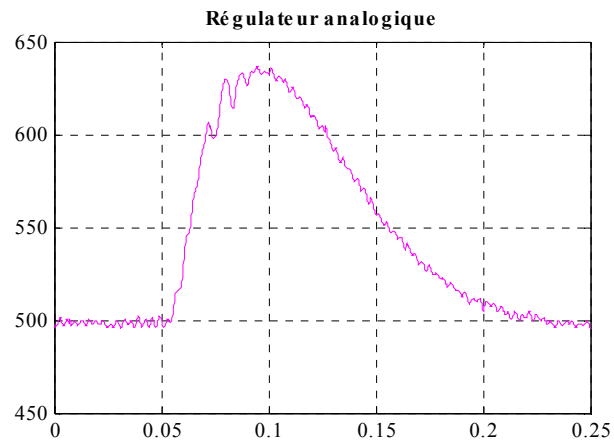
Banc expérimental

- Implémentation du contrôleur sur DSP et FPGA
- Alimentation du moteur par ponts redresseurs à thyristors en anti-parallèle
- Couple résistant appliqué par une seconde machine commandée en couple *ou* débitant sur résistances de charge

Résultats obtenus



Résultats obtenus



Comparaison Régulateur flou - PI(D)

Avantages

- Permet d'obtenir de très bonnes performances
- S'approche du raisonnement humain (variables linguistiques) → Compréhension plus aisée

Inconvénients

- Pas de méthode générale pour la synthèse du régulateur ni pour l'étude de stabilité du système

Conclusions

- Nous avons montré qu'il est possible d'obtenir de très bonnes performances, tant en régulation qu'en poursuite
- Nous allons étudier les aspects *robustesse* et *simplicité de réglage*