

# THÈSE

présentée par

**Karim TAMANI**

pour obtenir le diplôme de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE SAVOIE**

(Arrêté ministériel du 30 mars 1992)

**Spécialité : Electronique – Electrotechnique – Automatique**

---

## **Développement d'une méthodologie de pilotage intelligent par régulation de flux adaptée aux systèmes de production**

---

Soutenue le 6 Juin 2008 devant le jury composé de :

<b>M. Henri PIERREVAL</b>	Rapporteur	Professeur à l'Institut Français de Mécanique Avancée (IFMA)
<b>M. Bernard GRABOT</b>	Rapporteur	Professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes (ENIT)
<b>M. Alexandre DOLGUI</b>	Examineur	Professeur à l'Ecole Nationale des Mines de Saint-Etienne (ENMSE)
<b>M. Jacky MONTMAIN</b>	Examineur	Professeur à l'Ecole des Mines d'Alès (EMA)
<b>M. Damien TRENTESAUX</b>	Examineur	Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis
<b>M. Reda BOUKEZZOULA</b>	Co-directeur de thèse	Maître de Conférences à l'Université de Savoie
<b>M. Georges HABCHI</b>	Directeur de thèse	Professeur à l'Université de Savoie

Préparée au sein du LISTIC

Laboratoire d'Informatique, Systèmes, Traitement de l'Information et de la Connaissance

# Développement d'une méthodologie de pilotage intelligent par régulation de flux adaptée aux systèmes de production

Karim TAMANI

## Résumé :

Les travaux présentés dans cette thèse portent sur la conception d'une méthodologie de pilotage intelligent pour les systèmes de production à forte densité de flux. Les caractéristiques de ces systèmes nous permettent d'appréhender la représentation des flux y circulant par un modèle continu. Ainsi, à partir du modèle obtenu, la méthodologie de pilotage proposée vise à améliorer les performances du système de production en présence de diverses perturbations. Dans ce contexte, en considérant une décomposition du système en modules de production élémentaires, nous avons proposé une structure de pilotage distribuée et supervisée à deux niveaux :

- Un niveau de « commande locale » ayant pour objectif de réguler les flux traversant chaque module de production sur la base des informations locales (surplus, niveaux des stocks),
- Un niveau de « supervision » dédié à la coordination des contrôleurs locaux afin de suivre les objectifs globaux.

Au niveau de la commande locale, nous avons opté pour une structure distribuée et adopté une approche de pilotage fondée sur le principe du surplus. Ce principe consiste à allouer de la capacité en ajustant le taux de production de chaque module afin de satisfaire les demandes tout en évitant les ruptures et les blocages. Compte tenu des difficultés liées aux formalismes analytiques et aux incertitudes du système et son environnement, nous avons utilisé des techniques à base d'expertise en exploitant les systèmes flous de Takagi-Sugeno.

Au niveau de la commande globale, la supervision est introduite afin d'améliorer la réactivité de la commande locale ainsi que les performances du système en intégrant les objectifs globaux via un mécanisme capable de réaliser des compromis entre des objectifs antagonistes. Lorsqu'une dérive est constatée, l'action de supervision est déployée sous forme d'une composante additive. La fonction de supervision est formalisée en exploitant des mécanismes d'agrégation à base de règles floues et d'opérateurs d'agrégation. Les superviseurs développés se distinguent par : la représentation des objectifs par des intervalles conventionnels et flous, le formalisme d'agrégation utilisé et les informations agrégées. Enfin, la méthodologie proposée a été validée, par simulation continue, sur des systèmes de production complexes et à gros volume.

**Mots-clés :** simulation, systèmes de production, contrôle flou, supervision, opérateurs d'agrégation.

## Abstract:

This thesis deals with development of an intelligent flow control approach applied to the field of high-volume production systems. In this context, the flow of parts is approximated by a continuous-flow (fluid) model. Thus, based on the obtained model, the proposed methodology aims at improving the performance of the overall system in presence of disturbances. In this context, based on the decomposition of a production system into basic modules, a two-level control architecture is proposed:

- A local control level for regulating the material flows at each basic production module on the basis of local information (surplus and buffer levels).
- A supervisory control level for coordinating the lower level distributed controllers and tracking the global objectives.

Firstly, at the local control level, the surplus-based approach is adopted to regulate the flow into each production module. The control policy allocates the needed capacity by adjusting the processing rates in order to satisfy the demand and eliminate machine starvation or blocking. In this case, the local control structure is distributed. Due to the limitation of the existing analytical surplus-based approaches and the presence of uncertainties, the local controller is designed on the basis of expert knowledge according to the Takagi-Sugeno fuzzy formalisms.

Next, the supervision level is introduced in order to enhance the reactivity of the local control and improve the overall production-system performances by integrating the global objectives through a decisional mechanism able to deal with conflicting situations. The supervisory control action is deployed as an additive component when a degraded operating mode is detected. In this context, the function of the supervisor is formalized by using aggregation mechanisms based on the fuzzy rules and the aggregation operators. The developed supervisors differ by: the interval representation of the objectives (conventional and fuzzy), the aggregation mechanisms and the aggregated information. Lastly, simulation results through a continuous-flow simulator on some complex production systems of high-volume are presented to illustrate the feasibility of the proposed methodology.

**Key words:** simulation, production system, fuzzy control, supervisory control, aggregation operators.