

**This document must be cited according to its final version
which is published in a conference proceeding as:
I. Bombard¹, B. Da Silva¹, P. Dufour¹, P. Laurent¹, J. Lieto¹,
« Contrôle par commande prédictive d'un procédé de cuisson
sous infrarouge de peintures en poudre »,
Société Française de Thermique (SFT), paper 130 (cdrom),
Toulouse, 3-6 juin 2008**

**All open archive documents of Pascal Dufour are available at:
<http://hal.archives-ouvertes.fr/DUFOUR-PASCAL-C-3926-2008>**

**The professional web page (Fr/En) of Pascal Dufour is:
<http://www.lagep.univ-lyon1.fr/signatures/dufour.pascal>**

1

Université de Lyon, Lyon, F-69003, France; Université Lyon 1;
CNRS UMR 5007 LAGEP (Laboratoire d'Automatique et de Génie des Procédés),
43 bd du 11 novembre, 69100 Villeurbanne, France
Tel +33 (0) 4 72 43 18 45 - Fax +33 (0) 4 72 43 16 99
<http://www-lagep.univ-lyon1.fr/> <http://www.univ-lyon1.fr> <http://www.cnrs.fr>

Contrôle par commande prédictive d'un procédé de cuisson sous infrarouge de peintures en poudre



Isabelle Bombard, Bruno da Silva, Pascal Dufour*, Pierre Laurent, Joseph Lieto (dufour@lagep.univ-lyon1.fr)

Résumé

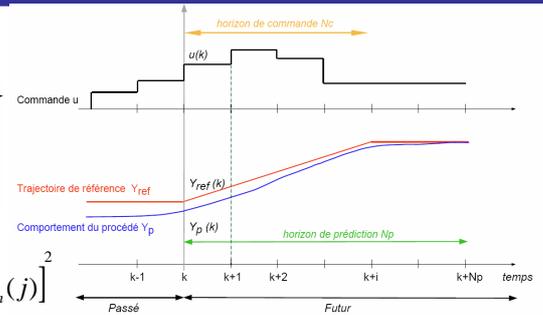
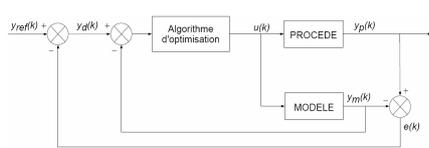
Cette étude présente le développement d'une commande de procédé de cuisson de peinture en poudre sous infrarouge en utilisant une structure de commande prédictive à modèle interne. Un modèle de cuisson est utilisé pour prédire le comportement de la peinture en réponse à différentes intensités radiatives imposées à la surface du film, la cuisson étant suivie au travers de la mesure de température de l'ensemble support + peinture.

Contexte - Objectifs

- Démonstration de la faisabilité de la commande d'un procédé infrarouge de cuisson de peinture : application à l'amélioration de la qualité du feuil de peinture
- Commande en ligne : comportement radiatif de la peinture et des émetteurs difficile à modéliser => commande à modèle interne

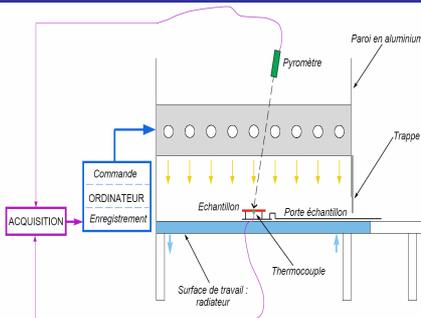
Méthode

- Commande $u(k)$: flux infrarouge
- Modèle de comportement de la peinture
- Une mesure par période d'échantillonnage
- trajectoire de cuisson de référence en température prédites via modèle interne
- **Optimisation** de u pour respecter la consigne
- Contraintes amplitude et vitesse sur $u(k)$



$$\min_{u=[u_k, \dots, u_{k+N_c-1}]} J(u) \quad \text{avec} \quad J(u) = \sum_{j=k+1}^{j=k+N_p} [y_{ref}(j) - e(k) - y_m(j)]^2$$

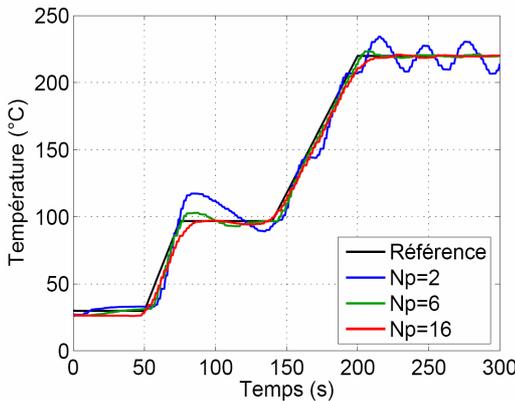
Résultats expérimentaux



➤ **Four pilote et contraintes retenues pour le flux infrarouge**

➤ **Logiciel MPC@CB**
(dufour@lagep.univ-lyon1.fr)

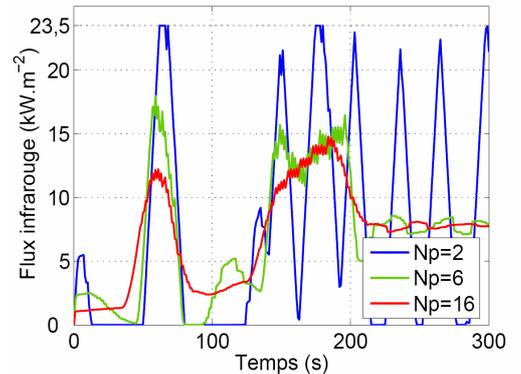
$$\begin{cases} 0 \text{ W.m}^{-2} \leq u \leq 23500 \text{ W.m}^{-2} \\ -2000 \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \leq \frac{du}{dt} \leq 2000 \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \end{cases}$$



➤ **Réglage de N_p l'horizon de prédiction**

⇐ **sur la température**

sur le flux infrarouge =>



➤ **influence sur la qualité (ici la brillance) de la trajectoire DE REFERENCE en température adoptée pour la cuisson : la cuisson 2 répond au critère qualité du fabricant de peinture**

trajectoire de référence de cuisson		1	2	3
Rampe	°C.s ⁻¹	4,03	4,23	0,5
T _{max}	°C	190	220	220
x _{max}	-	0,9909	0,9998	0,9996
Épaisseur	µm	40-50	41-70	67-92
Gloss 60°	-	38,5-41,5	28-30	40-41

Conclusions

- Applicabilité d'une commande prédictive sur un procédé de cuisson radiatif des peintures en poudre (systèmes décrits par des équations aux dérivées partielles).
- Cahier des charges de la commande : poursuite d'une trajectoire en température définie au préalable (revêtement de qualité optimale).
- Importance du choix de l'horizon de prédiction lié à la commande.
- Dans le futur, application de ce type d'optimisation sous contrainte à des propriétés d'usage, comme la brillance par exemple. Pour cela, **une mesure en ligne ainsi qu'un modèle d'évolution de ces propriétés** sont nécessaires.