



Guide des fournisseurs

Spécial Usines chimiques France 2004

700 sites de production

Chimie française

La reprise n'est toujours pas au rendez-vous

Page 14

Energie

Gaz naturel : comment saisir les opportunités futures

Page 22

Systemes de sécurité

Pompes : le DIM20 traque les anomalies de fonctionnement

Page

Génie chimique

La commande prédictive par modèle accroît la production en batch

Page

LE PREMIER JOURNAL FRANÇAIS DE LA CHIMIE



GÉNIE CHIMIQUE

La commande prédictive par modèle accroît la production en batch

La maîtrise de la température d'une réaction exothermique constitue une limitation à l'injection directe de réactifs. Pour contourner ce problème, le groupe espagnol Repsol a expérimenté la régulation prédictive par modèle sur un réacteur batch produisant des polyols. Résultat : une production en hausse et une meilleure maîtrise de la température du réacteur.

Ana Sanz, Alicia Cardete, Raquel Lucio, et Santiago Muñoz (Repsol YPF - Chemicals).
Diego Ruiz et Carlos Ruiz (Sotetica Europe).
Olivier Gerbi et Jacques Papon (Sherpa Engineering).*

La Division Chemicals de Repsol YPF exploite un important complexe pétrochimique à Tarragone en Espagne. Parmi les ateliers de cette usine, un réacteur de polyols a été sélectionné par les producteurs comme cible de mise en œuvre de cette technologie de commande prédictive afin d'améliorer la stabilité de l'unité de façon significative.

Ce réacteur fonctionne en "fed-batch" : un premier produit est introduit dans le réacteur où sa température est amenée à une valeur déterminée par une recette. Puis, alors que plusieurs produits réactifs sont injectés, la réaction exothermique requiert un refroidissement efficace de façon à respecter cette consigne de température en évitant de dépasser une limite haute.

La valeur de consigne de la température résulte du compromis suivant : une valeur la plus haute possible qui augmente la vitesse de réaction et donc accélère la production, une valeur suffisamment basse du fait des fluctuations habituellement observées pour rester éloignée de la limite haute.

Le produit est chauffé par de la vapeur injectée dans un serpentin à l'intérieur du réacteur. Le refroidissement est assuré par l'intermédiaire d'un échangeur dans lequel circule de l'eau froide. Une fois le produit amené à la température voulue, les réactifs sont injectés et donnent lieu à une réaction exothermique. La température doit être maintenue à une valeur constante pendant toute la durée de cette injection. Si la température augmente et se rapproche de sa limite haute, alors le débit d'injection doit être diminué. L'objectif spécifié est d'améliorer les performances de la régulation de cette température. La difficulté de régulation de cette température tient à plusieurs facteurs :

- le lien entre les actionneurs et la température est intégrateur et comporte des temps de retard ;
- les actions de chauffe et de refroidissement affectent la température du

réacteur avec des dynamiques différentes, ce qui limite les performances d'un bloc "split-range" classique ;

- les non-linéarités liées aux variables manipulées, qui nécessitent d'être prises en compte de façon spécifique. Les conséquences d'une régulation de température plus performante sont habituellement :

- une amélioration de la qualité du produit par la stabilisation des conditions de production (température) ;
- une durée de batch plus courte par le meilleur respect du profil de température ;
- une augmentation de la disponibilité du procédé par la durée de vie des vannes (moins sollicitées) ;
- une diminution des coûts marginaux par la consommation en énergie juste nécessaire.

Des modules de commande agencés sur mesure

La technique PCR ("Predictive Control of Reactors") proposée relève de la commande prédictive par modèle (MBPC). La méthodologie s'appuie sur un modèle dynamique du procédé à réguler. Le modèle estimé, décrivant les relations entre les variables manipulées (actions) et les températures à réguler, permet de prédire le comportement de ces températures et le calcul

Figure 1 - Procédé simplifié

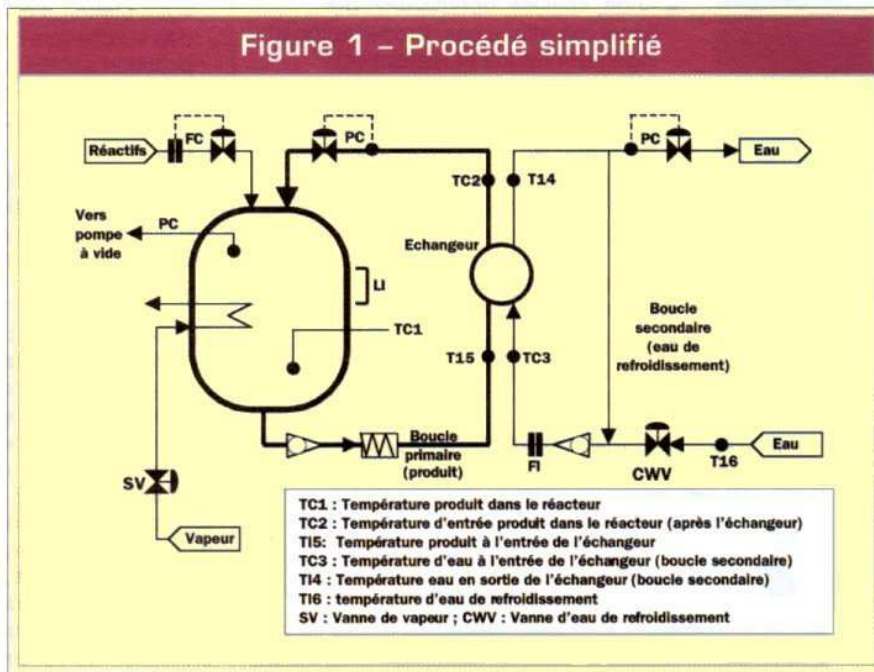
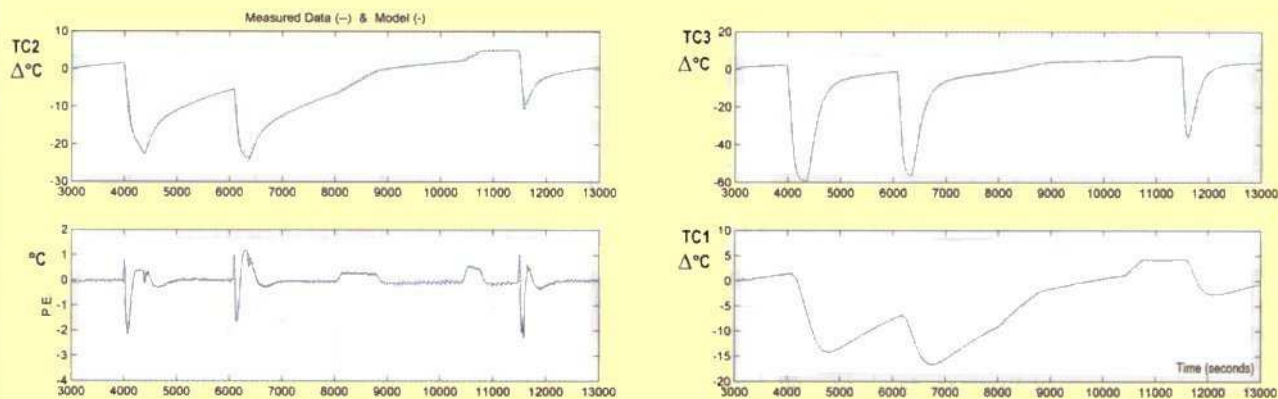


Figure 2 - Extrait de résultats d'identification



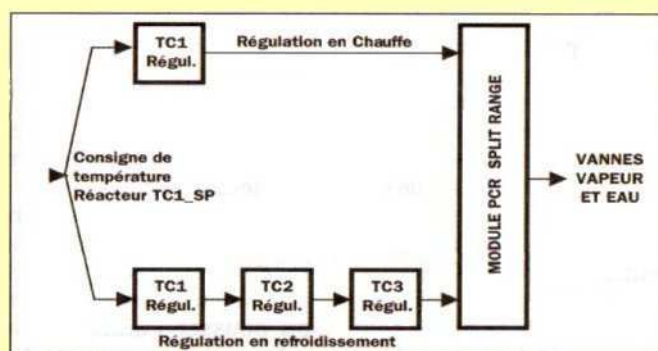
TC2 est expliqué ici par TC1 et TC3. Le signal d'erreur PE est petit devant les variations de TC2.

des actions à appliquer au procédé. PCR est un ensemble de modules de commande parmi lesquels certains sont spécifiques des réacteurs, tels que le suivi de trajectoire (profil de température).

Ces modules de commande sont utilisés avec profit sur ce réacteur dans la mesure où les performances des régulations traditionnelles par PID étaient insuffisantes. C'est généralement le cas quand le procédé est intégrateur, s'il comporte des perturbations mesurables et si les retards sont importants. Les blocs PCR sont conçus et programmés de façon à pouvoir s'intégrer aisément dans des automates ou des cartes de DCS.

La première phase du projet ►

Figure 3 - Architecture de commande



La température du réacteur est régulée par une cascade de régulateurs s'appuyant sur la structure même de l'unité

SOCHIBO

Un partenaire de choix pour accompagner le développement chimique de votre production

A LA SOURCE D'UN RESEAU DE PRODUCTEURS FIABLES ET COMPETITIFS, SOCHIBO OFFRE DE NOMBREUSES POSSIBILITES DE PARTENARIAT...

...aux Industriels acteurs de la synthèse chimique

Représentation exclusive, co-développement, co-marketing :

- ↳ Intermédiaires de synthèse simples et avancés
- ↳ Produits auxiliaires innovants et performants

...en s'appuyant sur les compétences technologiques de nos commettants et un service de sourcing très spécialisé.



SOCHIBO - Département Synthèse
 Tél. : +33.1.41.07.73.00 - Fax : +33.1.46.32.11.66
 E-mail : info@sochibo.com - Internet : www.sochibo.com



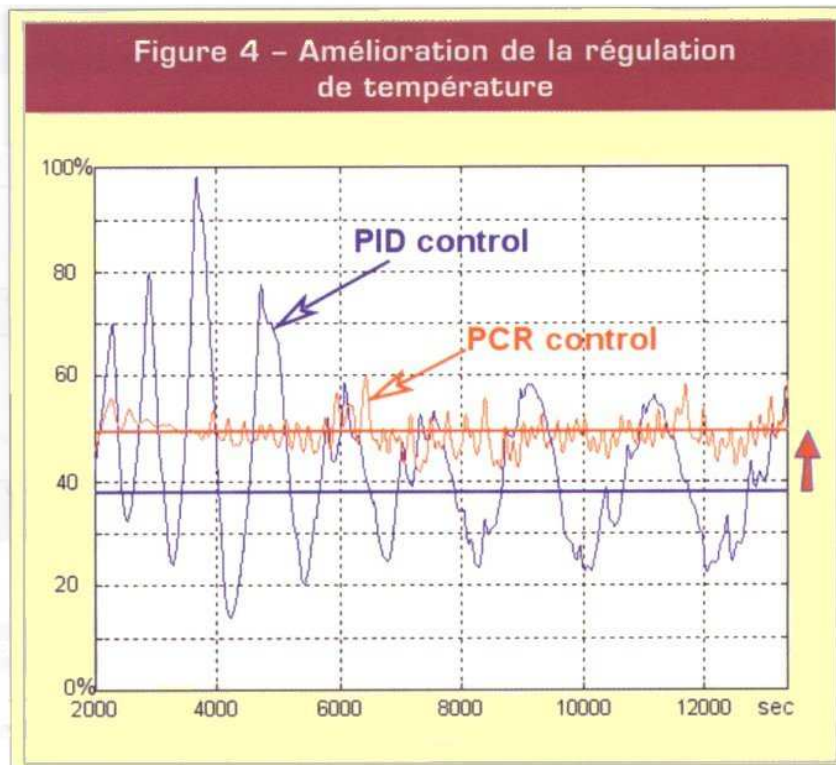
GÉNIE CHIMIQUE

► consiste à construire la structure du modèle correspondant à l'architecture de l'équipement de l'unité : double enveloppe, échangeurs, mélangeurs, organe de chauffe, etc.

Les valeurs des paramètres du modèle sont estimés à partir de données expérimentales obtenues lors d'essais spécifiques : variations volontaires appliquées aux organes de chauffe et de refroidissement alors que le réacteur ne contient qu'une charge morte (exemple en figure 2). Si le débit de réactif est mesuré – ce qui est le cas dans le présent projet – il peut être pris en tendance (anticipation) par l'intermédiaire d'un modèle identifié à partir d'enregistrements ordinaires de batch de production, sans sollicitation particulière.

Le régulateur est alors conçu (figure 3) et appliqué à une simulation du procédé fondée sur le modèle dynamique identifié. Des tests menés en simulation permettent de s'assurer des performances et de la robustesse, ce qui garantit que le régulateur continuera à fonctionner de façon satisfaisante même en cas de désadaptation entre le procédé et le modèle de commande. Après son intégration dans le système de conduite, le régulateur est validé sur des données pré-enregistrées. Enfin, le régulateur complet est appliqué progressivement à l'unité réelle. Résultat : l'amélioration de la régulation de température est visible en figure 4.

Les fluctuations sont diminuées dans un rapport supérieur à 2, ce qui permet au producteur d'augmenter la valeur de consigne de température au plus près de sa limite haute. Cette amélioration a bien les effets attendus : moins de sollicitation des vannes (unité plus disponible), sup-



pressions d'actions alternées de chauffe et de refroidissement (économie d'énergie).

Au-delà de ces aspects non négligeables du point de vue économique, le bénéfice le plus important vient clairement du fait que le producteur a pu pousser l'unité sur ses limites grâce aux performances de la régulation PCR. L'ensemble de la durée du batch est réduit du fait de l'augmentation du débit de réactif. Une telle augmentation est à présent possible dans la mesure où les fluctuations de température ont été réduites. On peut donc dire qu'une température

moyenne plus haute a été rendue possible par la régulation PCR qui a exploité au mieux la flexibilité de la vanne d'eau froide pour fournir le refroidissement nécessaire.

Selon la recette utilisée, l'accroissement de la production, résultant du déplacement de la consigne de température, a été estimé entre 17 et 20 %. Une autre conséquence bénéfique de la meilleure maîtrise de l'unité est la reproductibilité des conditions opératoires et donc l'obtention d'un produit de qualité plus uniforme. ■



Le site de Repsol YPF à Tarragone (Espagne).

* Ana Isabel Sanz Mendez (Repsol YPF - Chemicals), Paseo de la Castellana 278-280, E-28046 - Madrid - Spain ; e-mail : aisanzm@repsolyfp.com ;

Alicia Cardete, Raquel Lucio López, Santiago Muñoz (Repsol YPF - Chemicals), C.I Tarragona, La Pobla de Mafumet, E-43080 - Tarragona - Spain ; e-mails : acaradete@repsolyfp.com ; rlucio@repsolyfp.com ; smunozm@repsolyfp.com

Diego Ruiz Massa, Carlos Ruiz García (Soteica Europe, S.L.) ; Pau Riera 2, 2^e 2^e, E-08940 - Cornellà (Barcelona) - Spain - Tél./Fax : +34 93 375 3503 ; http://www.soteica.com ; e-mails : diego.ruiz@soteica.com ; carlos.ruiz@soteica.com

Jacques Papon, Olivier Gerbi (Sherpa Engineering), 269-287 rue de la Garenne - 92000 Nanterre - France Tél. : +33 (0)1 4782 8185, Fax : +33 (0) 1 4782 0096, http://www.sherpa-eng.com ; e-mails : j.papon@sherpa-eng.com ; o.gerbi@sherpa-eng.com