Détection de défauts lors des phases transitoires de synthèses en flux continu

Santiago Elías Alcántara Manzueta, Lionel Estel, Lamiae Vernières-Hassimi

Université de Rouen Normandie, INSA Rouen Normandie, Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques (LSPC), 76801 Saint-Étienne-du-Rouvray cedex, France

Introduction

Le retour d'expérience a mis en évidence les dangers d'emballement thermique lors de synthèses chimiques avec des réactions exothermiques. La réduction des volumes de réaction est apparu comme un facteur clé pour améliorer la sécurité de ce type de synthèse. Pour cette raison la synthèse industrielle en continu est depuis longtemps considérée comme l'un des moyens les plus sûrs pour réaliser des réactions exothermiques. Cependant, ce type de procédé n'est pas à l'abri d'une défaillance qui peut le conduire à un emballement thermique. Notamment lors d'un fonctionnement en régime transitoire. Ce régime peut apparaître pendant la phase de démarrage, la phase d'arrêt du procédé, etc. (Bhagwat et al., 2001). La figure 1 illustre une phase de démarrage d'un réacteur continu. Les actions des opérateurs souvent nécessaires lors de ces phases, peuvent conduire à un dysfonctionnement du réacteur. En effet, dans un travail précédent (Dakkoune et al., 2019), nous avons montré que la principale cause d'emballement thermique dans l'industrie chimique française est due à des erreurs d'opérateurs (21,5%). Il est donc important de disposer d'une méthodologie de détection des défauts pendant les phases transitoires afin d'améliorer la sécurité de fonctionnement de ce type de réacteur.

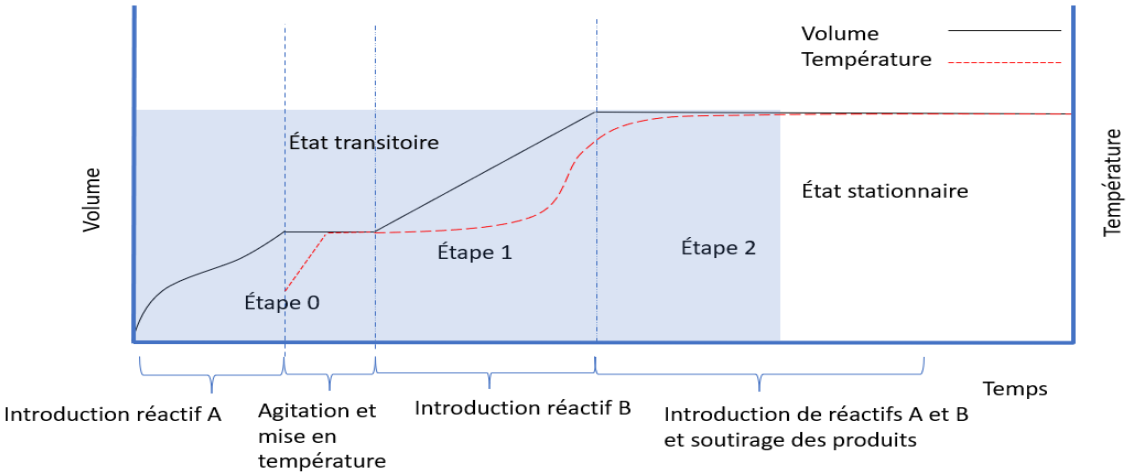

Figure 1 : Illustration du démarrage d'un réacteur continu

Description de la méthodologie

L'objectif de notre étude est de détecter de façon précoce les défauts susceptibles d'apparaitre lors des phases transitoires. Une méthode de détection a été appliquée pour les réacteurs fermés (Dakkoune et al., 2020). Dans ce travail nous présentons cette méthode qui a été adaptée et modifiée pour la détection de défauts lors de phases transitoires dans des réacteurs continus. La réaction choisie pour cette étude est l'oxydation de l'acide formique par le peroxyde d'hydrogène.

Cette méthode est basée sur deux seuils : un dynamique (Dlimit) et un seuil statique S. le seuil Dlimit est obtenu en fonction du profil de la température de la réaction en fonctionnement anormal. Le seuil statique S est défini afin d'éviter les réactions de décomposition dans le milieu réactionnel. De plus, avec ces seuils trois zones sont identifiées : une pour laquelle le réacteur est en fonctionnement normal (zone verte). Si la température du milieu réactionnel sort de cette zone, lorsqu'elle a dépassé le seuil dynamique Dlimit (zone orange), dans ce cas une alarme se déclenche. Enfin, si la température du milieu réactionnel dépasse le seuil statique S (zone rouge) la réaction doit être arrêtée.

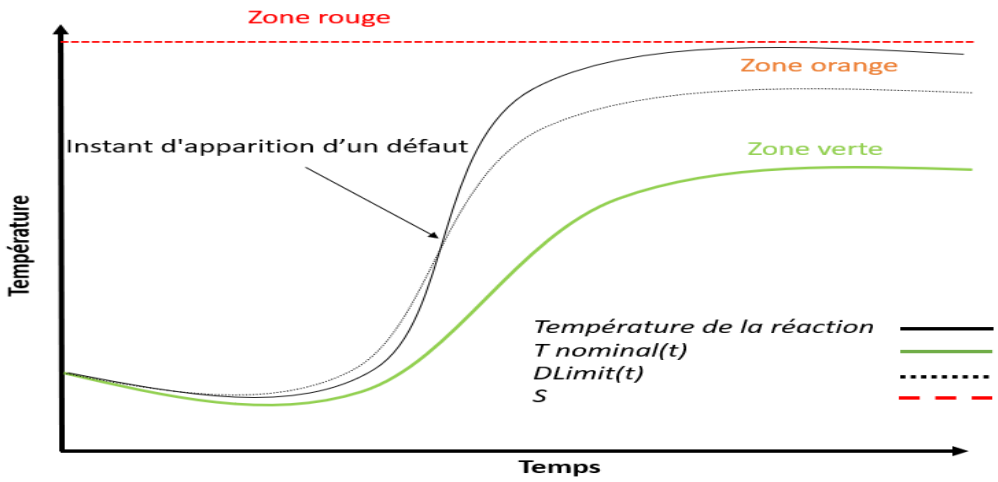

Figure 2 : Division du profil de température en différents seuils

Conclusion

Cette approche a permis de détecter d'une façon précoce les dérives de la température du milieu réactionnel lors de l'apparition de défauts tels que : les erreurs sur les concentrations, les erreurs liées au système de refroidissement, etc. Dans les perspectives de ce travail une méthode sera développée afin d'identifier l'origine de chaque dérive de la température du milieu réactionnel.

Références

Bhagwat, A., Srinivasan, R., Krishnaswamy, P. R. (2003). Fault detection during process transitions: a model-based approach. *Chemical Engineering Science*, 58(2), 309–325. https://doi.org/10.1016/S0009-2509(02)00520-1

Dakkoune, A., Vernières-Hassimi, L., Leveneur, S., Lefebvre, D., Estel, L. (2019). Analysis of thermal runaway events in French chemical industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 62, 103938. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.103938

Dakkoune, A., Vernières-Hassimi, L., Lefebvre, D., Estel, L. (2020). Early detection and diagnosis of thermal runaway reactions using model-based approaches in batch reactors. *Computers and Chemical Engineering*, 140, 106908. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.106908