

Conception d'une alarme et gestion des risques dans la chimie : vers une approche développementale

Pascal Beguin, Marc Kazmierczak, Patricia Vicot, Robert Cottura

▶ **To cite this version:**

Pascal Beguin, Marc Kazmierczak, Patricia Vicot, Robert Cottura. Conception d'une alarme et gestion des risques dans la chimie : vers une approche développementale. 34e congrès de la SELF. Ergonomie & Relations santé-travail, Fiabilité des systèmes et des organisations, Critère de gestion des entreprises, Joël Maline et Michel Pottier, Sep 1999, Caen, France. ineris-00972187

HAL Id: ineris-00972187

https://ineris.hal.science/ineris-00972187

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception d'une alarme et gestion des risques dans la chimie : vers une approche développementale[1]

P.Béguin*, M.Kazmierczak, P.Vicot**, R.Cottura*.**

* : Laboratoire d'Ergonomie du CNAM, 41 rue Gay Lussac, 75 005 Paris France. +33 1 44 10 78 12, beguin@cnam.fr

** : INERIS, BP 2, direction de la certification, Parc technologique ALATA. 60 550 Verneuil en Halatte +33 3 44 55 63 14, marc.kazmierczak@wanadoo.fr

RÉSUMÉ : Les "*emballements de réaction*" constituent une source majeure d'accidents dans les processus chimiques. On présente ici quelques enseignements issus de l'implantation, dans un site de production de la chimie fine, d'un système de détection des emballements de réaction. On présente quelques arguments qui suggèrent de comprendre le dispositif mis en place pour mener cette implantation comme un processus conjoint de développement des situations de travail et des acteurs qui participent au processus de conception. On tire, en conclusion, quelques enseignements sur la gestion des risques dans la chimie fine.

MOTS-CLEFS : Emballement de réaction, alarme, gestion du risque, implémentation, facteurs humains.

1 - INTRODUCTION

L'analyse et la modélisation des activités et des processus de conception constituent un large champ de recherche (pour une revue de questions on pourra se reporter Béguin & Darses, 98). Un des enjeux actuels de ces travaux porte sur l'appréhension des aspects collectifs de la conception (voir p.e. de Terssac & Friedberg, 96), en particulier du fait de la complexité des produits à concevoir. Les problèmes posés par la conception de ces dispositifs sont trop nombreux, et leur difficulté telle, qu'aucun des acteurs du process ne possède les connaissances et les savoir-faire nécessaires pour les résoudre tous. La division des tâches, et la spécialisation professionnelle permettent de réduire cette complexité. Mais chacun des acteurs possède alors une part de la réalité liée a son activité. Et on sait bien en ergonomie que peuvent co-exister de nombreuses représentations différentes d'un même système complexe et dangereux : celles des physiciens ou des chimistes qui ont une connaissance hypothético-déductive du process, mais qui ne tient pas toujours compte des contingences ou de la singularité du site ; celles de de l'encadrement, qui a la responsabilité de l'atteinte des objectifs de production et, de manière générale, les représentations de ceux qui déterminent les conditions économiques et sociales, celles des opérateurs qui intègrent la variabilité de la production et les aléas du dispositif (Wisner, 97, Daniellou & Garrigou, 93). Il existe donc une diversité de "points de vue", source de divergences ou de désaccords, qui peuvent conduire à l'existence de logiques organisationnelles contradictoires entre objectif de production et de sécurité des personnes (De Terssac, 92), ou à la présence d'incohérences techniques, dont le caractère néfaste ne se révèle que dans les circonstances peu fréquentes, mais aux conséquences dramatiques, comme à Three Miles Island (Perrow, 82). Comment réaliser, durant la conception, une intégration des points de vue favorable à la sécurité des personnes et à leurs conditions de travail ? Tout un ensemble de travaux réalisés en Ergonomie ont montré que l'activité est intégrative (Guérin & Coll., 91). On peut donc

[1] : Cette étude a été financée avec le concours de l'ANVAR et de l'INERIS. Nous remercions Mme G.Baumont (IPSN) pour son concours, ainsi que l'entreprise BBGR chimie à Sezanne

réaliser un examen de cohérence des solutions envisagées par les concepteurs en les faisant expérimenter, dans l'activité, par les opérateurs (Béguin, 97).

On a mis en oeuvre cette démarche en introduisant, dans une situation pilote, un prototype d'une alarme destinée à des sites de production de la chimie fine. Dans un premier temps, nous donnerons des indications sur le site, le dispositif en cours de conception et les méthodes mises en oeuvre. On montrera ensuite que, dans cette situation, l'implémentation de l'artefact est un processus de transformation du dispositif technique et de production conceptuelle. Pour les concepteurs, l'introduction de l'artefact révèle des discordances qui doivent trouver une issue dans des développements nouveaux. Il n'en va pas autrement pour les opérateurs, ni pour leur encadrement lorsqu'il est associé à l'étude. La transformation concrète de la situation, le regard de l'autre, les finalités qu'ils poursuivent, réinterroge et genère un retour réflexif sur l'action, et ses difficultés et suscite l'opportunité et la recherche d'un dépassement. On conclura sur l'intérêt que présente ce processus sur la gestion des risques, et sur ses conséquences pour la conception.

2 - CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

Il s'agissait de développer une alarme afin de prévenir l'occurrence d'accidents majeurs - les emballements de réaction - dans des sites classés SEVESO, avec leurs conséquences Humaines, environnementales, et industrielles. Ce projet est consécutif à une expertise réalisée dans un site nucléaire, où un opérateur était décédé suite à un emballement de réaction. Les cinq opérateurs présents sur le site s'étaient bien rendus compte que quelque chose n'allait pas deux heures avant l'explosion. Mais ils n'avaient tenté de quitter les lieux que quelques seconde avant l'explosion. Quelles que soient les raisons pour lesquelles les opérateurs sont restés sur le site (volonté de "récupérer" la production, souhait d'éviter la destruction des installations, etc...), ce type de résultat (largement confirmé par d'autres analyses) montre que les opérateurs ont des difficultés pour identifier le temps qui leur reste avant une explosion liée à un "*emballement de réaction*".

Nous allons d'abord présenter le site pilote et les caractéristiques du produit, puis le système technique et la méthodologie mise en oeuvre.

2.1 - CARACTÉRISTIQUES DU SITE PILOTE ET DU PRODUIT

L'alarme a été introduite dans une petite unité de production d'un catalyseur, destinée à la production de verres optiques synthétiques. Quelques dizaines de kilogrammes de produit à partir de deux réacteurs en verre. Les opérateurs se trouvent à côté des réacteurs. Le produit peut connaître trois états :
- La synthèse du catalyseur est exothermique : le produit peut augmenter de lui-même en température, en libérant des produits secondaires gazeux. Lorsque ce processus exothermique "s'emballe", la production de gaz peut être telle qu'il y a explosion (c'est "*l'emballement de réaction*").
- Pour éviter l'emballement de réaction, le catalyseur est donc refroidi durant la synthèse. Dans le site pilote, le refroidissement était effectué grâce à une circulation d'eau glycolée dans des serpentins placés dans les réacteurs. En outre, l'homogénéité thermique du catalyseur était assurée par des agitateurs. Un refroidissement trop important du produit peut néanmoins entraîner sa "cristallisation" (précédée d'une phase instable de "surfusion"). Le produit devient alors solide.
- Entre l'état solide de la cristallisation, et l'état gazeux de l'emballement de réaction, le produit est liquide.

2.2- UN SYSTÈME INNOVANT : LE DÉTECTEUR PRONOSTIQUEUR D'EMBALLEMENT DE RÉACTION (DPE).

Il s'agissait de développer un système de sûreté (voir figure 1 ci-dessous) permettant de prédire, étant donné l'évolution de la température du produit, le temps restant avant une explosion imminente liée à un emballement de réaction.

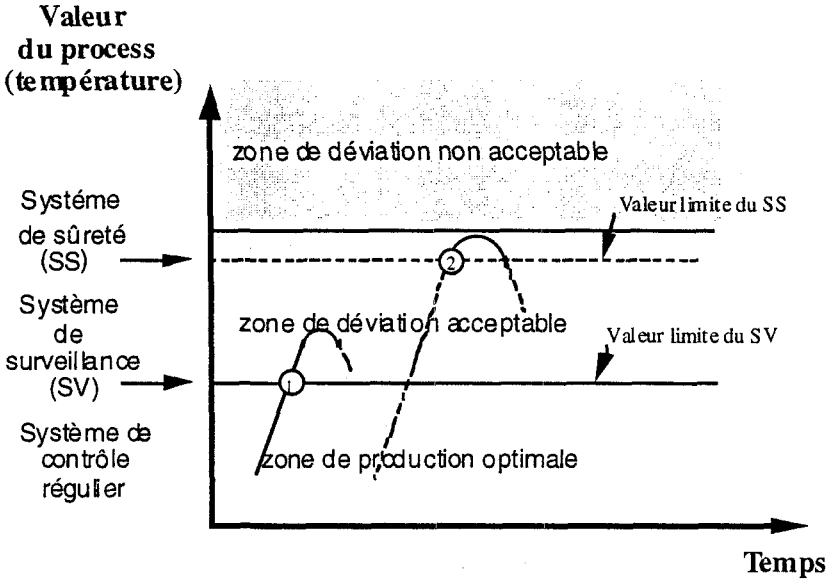


Figure 1 : Diagramme schématique des instrumentations (selon la recommandation NE 31, NAMUR, 95). Trois classes de dispositifs de conduite de processus y sont dintingués : les systèmes de contrôle, les systèmes de surveillance (monitoring system), et les systèmes de sûreté (safety instrumented systems).

Une méthode de détection du moment critique de l'emballement de réaction (i.e. l'explosion) a d'abord été développée, puis implémentée sous forme d'un prototype (version ß). Le système obtenu, appelé "*Détecteur Pronostiqueur d'Emballement de réaction*" (DPE), a été testé en situation expérimentale ("essai en grand") afin d'évaluer sa généricité. Une évaluation a montré que le système détecte environ 60% des accidents décrits dans la base de données de Marss & Coll (1989)[2]., les réactions brutales (erreur de chargement d'un réactif) ou explosives intervenant en moins de quelques minutes étant exclues de son périmètre (sauf adaptation spécifique). Bien entendu, la fiabilité de l'information donnée augmente si l'on dispose d'études sur la cinétique chimique des réactions concernées. Mais le plus souvent, la cinétique des réactions d'emballement peut ne pas avoir été étudiée, soit par un manque d'étude préalable, soit à cause d'un changement de qualité mineur d'un produit de base. L'aspect le plus intéressant du système est qu'il peut évaluer, malgré l'absence d'études spécifiques, le **T**emps **M**oyen **R**estant avant une explosion (TMR) avec une erreur modérée. On peut ajouter que le DPE est un système très innovant, aucun dispositif comparable n'étant actuellement disponible.

Lorsqu'il a été introduit dans le site pilote, le DPE comprenait un afficheur digital de température, un affichage du TMR pour chacun des deux réacteurs, et des alarmes visuelles et sonores qui se déclenchent pour une valeur donnée du TMR.

---

[2] : cette base de donnée fournit la typologie d'environ 200 accidents survenus à des réacteurs chimiques fonctionnant en discontinu

2.3 - MÉTHODOLOGIE

L'introduction du DPE dans le site pilote s'est déroulée en deux phases :

- Une première phase, appelée "*étude exploratoire*", a servi à caractériser le système socio-technique avant l'introduction du système technique. Elle a duré 4 mois. Durant cette étape, nous avons utilisé l'Analyse Ergonomique du Travail (Wisner, A. 95 ; Guérin & Coll. 91).
- Durant la seconde phase, appelée "*expérimentale*", le dispositif était à disposition des opérateurs sur site. Elle a duré 8 mois. Deux types de méthodologie ont été utilisés : l'Analyse Ergonomique du Travail, et des techniques de simulation de la tâche. La simulation de la tâche était ici comprise comme une méthode à finalité cognitive (H.Simon, 81), mais aussi comme une démarche permettant de créer des situations d'échanges entre acteurs ayant des savoirs hétérogènes : concepteurs, encadrement, opérateurs et ergonomistes (Béguin & Weill Fassina, 97).

L'étude a été réalisée en y associant la hiérarchie de l'entreprise (directeur technique), les contremaîtres du site, le responsable sécurité et les opérateurs, en plus des ingénieurs et des ergonomes. Des réunions ont ponctué l'introduction du DPE, tant durant la phase "exploratoire" que durant la phase "expérimentale".

3 - RISQUE QUOTIDIEN ET PARADOXE DES SYSTÈMES À RISQUE

Le DPE repose dans ses principes sur une classe de situation extrêment risquée : l'emballement de réaction. Mais l'analyse de l'activité montrera que les opérateurs ont à gérer un "risque quotidien" : la critallisation.

3.1 - LA CRISTALLISATION : UN RISQUE QUOTIDIEN

L'analyse de l'activité réalisée durant la première phase de l'étude - phase exploratoire - montre que les opérateurs conduisent le processus "au plus près de la cristallisation", à partir du seuil bas de température et non du seuil haut, auquel correspondent le TMR et l'emballement de réaction.

Cette stratégie a plusieurs origines. D'une part, le risque étant situé dans les limites élevées de température du produit, la conduite au plus près de la cristallisation "éloigne" la présence du risque. Les caractéristiques du système de production reposent sur cette même base : le dispositif de refroidissement du produit durant la synthèse, tend spontanément à entraîner le produit vers les seuils les plus bas de température. D'autre part, l'expérience a montré que plus le produit était froid durant la synthèse, et plus le catalyseur obtenu est de bonne qualité du point de vue physico-chimique. Les opérateurs sont donc conduits à maintenir le process au plus près du seuil bas de température pour des raisons de production.

Simultanément, pour que cette stratégie soit efficace, un contrôle très sérieux du dispositif de refroidissement est nécessaire afin d'éviter la cristallisation. Car, bien que cette dernière soit moins risquée que l'emballement de réaction, elle n'en est pas moins considérée par les opérateurs et leur encadrement comme un incident sérieux qu'il faut éviter. Lorsque la cristallisation est atteinte, il faut, d'une manière ou d'une autre, laisser le produit se réchauffer. Avec tous les risques liés à l'instabilité du polymère que ce réchauffement entraîne.

La nécessité de développer des stratégies de conduite au plus près de cristallisation explique les résultats paradoxaux qu'on observera lors de l'introduction de l'alarme. Les opérateurs consulteront de plus en plus souvent l'alarme, ce qui est, a priori, positif. Mais pour prélever les informations de température, et non le TMR, qui constitue pourtant l'intérêt du système.

En effet, plus les opérateurs consultent l'interface du DPE, et moins ils consultent les indicateurs de température qui leur étaient fournis précédemment (Cf. tableau 1).

	1ére semaine	2nd mois	4éme mois
durée des prises d'informations sur le DPE	1,7%	8,1%	31,5%
durée des prises d'informations sur les indicateurs de températures analogiques.	27,3%	24,5%	4,2%

Tableau 1 : Evolution comparée, durant la phase expérimentale, des durées de prises d'informations entre le DPE et les thermomètres précédemment disponibles (en % du temps total de la conduite). La température du DPE est de plus en plus consultée au dépend des afficheurs analogiques moins précis.

Cette catachrèse s'explique par l'insuffisance des instruments disponibles avant l'introduction du DPE. En effet, les capteurs dont disposent les opérateurs fournissent des informations de températures au demi-degré, ce qui oblige les opérateurs à faire des estimations car la conduite au plus près de la cristallisation demande une précision plus importante. Or, l'alarme affiche la température au 10ème de degré. Elle permet donc une plus grande précision dans la conduite du process.

3.2 - FAIRE FACE À L'INCONNU

La conduite du process au plus près du seuil bas de température est un exercice difficile, à partir duquel se développent les compétences des opérateurs. On peut évoquer, à titre d'exemple, les théories de la cristallisation qui ont pu être mises en évidence par l'analyse de l'activité. Dans une première stratégie, on considère que ce qui est important c'est d'éviter la propagation par l'agitateur des "amorces de cristallisation" c'est-à-dire de cristaux qui apparaissent à proximité des serpentins de refroidissement qui circulent dans les réacteurs. Dans cette stratégie, on considère qu'on peut cristalliser à condition de ne pas propager les cristaux par l'agitation. Cette stratégie repose en fait sur une "théorie de la propagation". Dans une seconde stratégie, on considère qu'il faut surtout laisser fonctionner l'agitateur après le dernier coup de froid, afin d'optimiser les échanges thermiques entre le système de refroidissement et le produit. On peut dire de cette seconde stratégie qu'elle repose sur une "*théorie d'équilibration thermique*".

La théorie de la propagation et celle de l'équilibration thermique sont des *théories pour l'action* . D'une part, leur formulation résulte de l'analyse de l'activité. D'autre part, elles reposent moins sur une connaissance scientifiquement validée du processus physico-chimique, que sur l'expérience en situation. Enfin, il s'agit d'une conceptualisation pour l'action : elle porte sur le risque quotidien de la cristallisation.

Le risque majeur de l'emballement ne fait pas l'objet d'une conceptualisation similaire. Et pour cause : la pratique ne le permet pas. Les possibilités de construire une connaissance de l'emballement de réaction dans l'action sont inexistantes : il faut produire, et produire sans risque. Il existe, dans cette situation, une part d'incertitude qui est propre à la situation risquée (et qui ne résulte que partiellement des caractéristiques de la tâche) : plus on veut être efficace et se protéger, moins on peut connaître ! Or, comme on l'a souligné plus haut, l'emballement pourrait apparaître consécutivement à une surfusion mal maîtrisée, ou plus simplement suite à une casse de matériel. Les opérateurs pourraient alors se trouver dans une

autre classe de situation qui ne leur est pas familière, l'emballement de réaction, et pour laquelle ils n'ont pas d'expérience.

En définitive, la conduite du process au plus près de la cristallisation constitue une classe de situations bien connues des opérateurs ou de leur encadrement. Mais en cas d'emballement de réaction, il faudrait faire face à l'inconnu ... La maîtrise d'un tel système pourrait, dans ce cas, être un défi à la raison.

4 - UN SYSTÈME APPRENANT

L'introduction du DPE met en scène un face-à-face entre deux classes de situations à risque, et deux formes d'expertises (fig.2). La première classe de situation porte sur la cristallisation, qui constitue un risque moindre, mais quotidien. C'est dans ce contexte, et pour éviter la surfusion, que se développent les compétences des opérateurs. Ils sont des *experts de la cristallisation*.. C'est cette expertise qui permet de conduire *ce* process, avec toutes ses caractéristiques (taille des réacteurs, variabilité des charges qui dépend de la température extérieure, etc....). La seconde classe de situation a trait à l'emballement de réaction, qui constitue un risque majeur tant pour les personnes que pour les installations ou l'environnement. Le DPE, ou plus exactement les savoirs théoriques sur lesquels il repose et qu'il intègre, relèvent d'une *expertise de l'emballement de réaction*.. Cette expertise, construite sur la base d'études *in vitro* et d'observations minutieuses, de calculs et de formules, est valable pour de nombreux process, elle permet la généralisation. Mais permet-elle la conduite de *ce* process ?

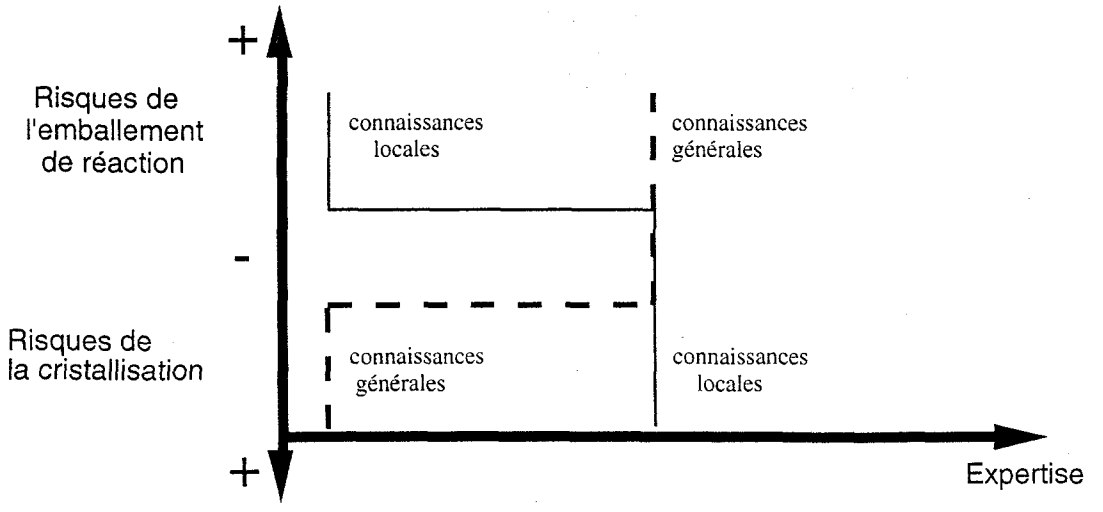


Figure 2 : L'introduction du DPE met en scène un face-à-face entre, d'une part, des concepts scientifiques fortement généralisables, mais qui peuvent se marquer d'une forte extériorité au site, et d'autre part, des stratégies de conduite, qui font des opérateurs des experts de leurs situations de travail, mais une expertise qui s'adresse aux conditions les plus fréquentes de la conduite.

De notre point de vue, il n'est pas possible de rester sur ce face-à-face. Il nous semble, au contraire que tout l'enjeu consiste à inventer des solutions techniques originales et à produire des connaissances utiles à la conduite et à la gestion de *ce* système -quelle que soit la classe de situation dans laquelle il se trouve - connaissances et solutions techniques qui intègrent à la fois les savoirs "*généraux*" de l'emballement et les savoirs "*locaux*" de la cristallisation. Or, l'introduction du système dans la situation représentait une opportunité de mise en raisonnance entre activités hétérogénes, productrices de développements nouveaux, tant au plan de l'artefact et du site pilote que des acteurs du processus.

- L'analyse des stratégies de conduite que développent les opérateurs en situation réinterroge nécessairement les savoirs utiles qui sont manipulés par les spécialistes du risque. L'emballement de réaction ne peut, à lui seul, composer la gamme des connaissances nécessaires. L'expertise de la cristallisation, développée par les opérateurs in situ, constitue un champ de connaissances peu conceptualisée par les spécialistes du domaine, mais pourtant stratégique au regard du risque dans cette situation.

- Prendre acte de l'importance de la cristallisation, et des usages du DPE développé en situation par les opérateurs, a entraîné des modifications de l'alarme. L'importance du seuil bas de température a été pris en compte. Et des développement nouveaux sont prévus : le DPE fournit actuellement un affichage digital de la température, mais un affichage analogique avec mémoire semble nécessaire. Alors que le DPE avait été développé initialement comme système de sûreté (voir fig.1), l'évolution pour les concepteurs a consisté à le rendre opérationnel comme système de surveillance et comme système de contrôle régulier. D'une part, cette évolution a nécessité la prise en compte des connaissances locales disponibles chez les opérateurs. D'autre part, prendre acte des stratégies des opérateurs conduit à remettre en cause les recommandations NE 31, (NAMUR, 95), qui préconisent de distinguer système d'aide et alarme. Le DPE abandonne le principe de séparation du système de sûreté et de contrôle du procédé.

- On vient de voir que l'artefact a été développé "vers" le seuil bas de température. Les implicites de l'artefact, orientés vers le seuil haut, ne se sont pas, pour autant, révélés inintéressants. Une des difficultés posée dans la gestion des emballements de réaction, tient au fait que les opérateurs ne connaissaient pas la cinéthique thermique du process chimique dans les zones élevées de température. Cette méconnaissance est, en fait, une des raisons de mort d'Hommes[3]. Le DPE, parce qu'il permettait de simuler les conditions temporelles d'un emballement de réaction, a été utilisé comme un moyen de les faire expérimenter concrètement dans l'action. Ces simulations ont démontré la nécessité d'une modification matérielle et organisationnelle du système de production. D'une part, on a montré que le nombre d'opérateurs affectés au site était insuffisant. D'autre part, il est apparu durant la simulation que les caractéristiques architecturales de la salle de production devaient être modifiées pour faire face aux situations d'emballement de réaction.

DISCUSSION

En quel sens peut-on parler de développement ? Un des aspects stratégiques de l'introduction de l'artefact dans cette situation porte sur les dynamiques évolutives et de transformation dialectique des situations et des acteurs du processus de conception :
- D'une part, l'introduction de l'artefact en situation met en scène les conceptualisations implicites qui présidaient à sa conception. Pour les concepteurs, cette mise en scène est une mise à l'épreuve qui fait apparaître des discordances, qui génère des développements nouveaux prenant en compte le contexte local. Pour les opérateurs, elle constitue l'opportunité d'appréhender, dans l'action, certains éléments d'une classe de situations peut fréquente, mal connue, et de faire apparaître les limites du quotidien.
- D'autre part, l'introduction de l'artefact favorise des genèses instrumentales (Rabardel, 95). En effet, on observe une imbrication, entre des phases de conceptions institutionnelles prises en charge par les concepteurs, et des phases de conception dans l'usage, d'attribution de fonction nouvelles au DPE et de son usage.

Bref, la dynamique évolutive, mise en oeuvre sous l'impulsion de l'introduction de l'artefact, semble au moins aussi importante que l'adaptation de l'artefact au "réel". En ce

---

[3] : Les opérateurs restent dans les installations jusqu'à l'explosion en cas d'emballement de réaction.

sens, il s'agit moins d'introduction ou de transfert de technologie, que d'appropriation par les acteurs et d'adaptation d'une technologie à la singularité d'une situation donnée. Peut-être, cette dynamique est-elle plus utile encore dans les situations dangereuses qu'ailleurs (C.Guillevic, 91). Il faut néanmoins souligner qu'il s'agit d'un processus exigeant.

Sur le plan temporel d'abord puisqu'il s'agit d'un processus long, composé d'actions concrètes en situation, de mise en oeuvre parfois difficile, puis de retour d'expérience. Quelles sont les conditions de gestion de ces processus dans un contexte ou la conception devient de plus en plus contrainte temporellement ? L'expérience et l'activité en situation semblent jouer un rôle irremplaçable. Mais leur gestion demande qu'elle se déroule sur des périodes suffisamment longues pour que les problèmes puissent être posés, que les enseignements en soient tirés, et les dépassements imaginés.

Sur les exigences de répétitivité ensuite. Quel est le niveau de généralisation des savoirs produits dans une telle situation. Une autre unité de production, un autre système de refroidissement, un autre catalyseur et le rapport aux risques aurait pu être bien différent. "*On ne peut se développer en imitant, il faut être soi-même*" nous dit A.Wisner (Wisner & Coll., 97, p; 8). Mais quelles sont les frontières du "soi-même" : l'ethnie, la catégorie socio-professionnelle, l'équipe de travail ... ? Quoi qu'il en soit, tout artefact doit trouver à s'inscrire dans les structures qui lui pré-existent, et qu'il transforme. Or, la diversité de ces structures est probablement innombrable.

Un tel processus, à la fois long et toujours à renouveler, est donc coûteux. C'est pourquoi, il faut trouver des voies médianes, entre amoindrir la qualité des travaux réalisés et dénoncer les conditions économiques et sociales qui imposent des limites peut-être déraisonnables pour gérer la complexité des questions posées dans la conduite des systèmes dangereux. De façon intermédiaire, on peut progressivement entrer en contact avec la situation de travail en suivant deux voies opposées. La première entrée consiste à réaliser une analyse globale de la sécurité, combinant deux études courtes - d'une dizaine de jours chacunes - réalisées par une ergonome et un spécialiste de la sécurité chimique, en se basant sur des référentiels tels que la typologie d'accidents décrite par Marss & coll. (op. cit.), et le guide de recommandation pour la chimie fine. L'objectif de cette approche est de hiérarchiser les actions en tenant compte des contraintes de temps et des ressources disponibles. Le DPE peut alors faire partie des solutions envisagées. La seconde entrée consiste à présenter dès le départ le DPE, suite notamment à un incident qui remet en question les stratégies de la gestion de la sécurité utilisées jusqu'alors. L'objectif étant d'élargir le questionnement à l'ensemble des problèmes de sécurité de l'unité, pour éviter d'induire un investissement en ressources et en temps sur un problème particulier, au détriment d'autres dangers latents qui ne seraient pas suffisament couverts par les mesures de sécurité.

BIBLIOGRAPHIE

Béguin P., Darses F. (1998) : Le travail des concepteurs et la conception du travail. *Conférence invitée aux deuxièmes journées de recherche "Recherche et Ergonomie" 9, 10 et 11 Février 1998. Université de Toulouse le Mirail, pp 23-38.*

Béguin P., Weill-Fassina A. (1997) : De la simulation des situations de travail à la situation de simulation. La simulation en Ergonomie : connaître, agir, interagir. Béguin P., Weill-Fassina A. (Eds). Octarès Edition, Toulouse, pp 5-28.

Béguin p. (1997) : l'activité de travail : facteur d'intégration durant les processus de conception. L'ingénierie concourante : de la technique au social. Bossart P., Leclair P., Chanchevrier J.C. (eds.). Economica.

Guerin F, Laville A., Daniellou F., Durrafourg J., Kerguelen A., (1991) : Comprendre le travail pour le transformer. Ed de l'ANACT, Paris.

Guillevic, C. (1991) : L'appropriation cognitive de l'outil : conditions de la fiabilité dans des situations de transfert de technologie. *Dans* Les facteurs Humains de la Fiabilité dans les

Systèmes Complexes. Leplat, J., Terssac, de, G. (eds). Octarés ed., Coll. Entreprises. Toulouse.
Simon , H. (1981) : The Sciences of the Artificial. The MIT Press, Cambridge, Mass. 118 pages
Marss G.P.,Lees, F.P.,Barton, J.,Scilly, N. (1989) Overpressure protection of batch chemical reactors Chem Eng Res Des 381-406, vol 67, July 1989
Namur (1995) : Recommandation pour la chimie fine, NE 31.
Rabardel, R. (1995) : Les hommes et les technologies. Approche Cognitive des instruments contemporains. Armand Colins, Paris
Perrow, C. (1982) : The president's commission and the normal accident. *In* Accident at the three miles island. The Human dimensions. Skill, D.L. (ed.). Boulder, Westview.
Daniellou, F., Garrigou, A. (1993) : La mise en oeuvre des situations passées et des situations futures dans la participation des opérateurs à la conception. *Dans* Représentation pour l'action, A.Weill-Fassina, P.Rabardel, D.Dubois. Octarés ed., Toulouse.
Terssac, de, G. (1992) : Autonomie dans le Travail. PUF, 279 pages
Terssac, de, G., Friedberg, E. -eds- (1996) : Coopération et Conception. Octarés ed., Toulouse.
Wisner A. (1995) : Understanding problem building : Ergonomic Work Analysis. Ergonomics 38,8, pp 1542-1583.
Wisner, A., Pavard, B., Benchekroun, T.H., Geslin, P. (1997) : Anthropotechnologie. Vers un monde industriel pluriscentrique. Octarés ed., Toulouse.