



## Explosion dans un réacteur batch

Une explosion a eu lieu dans un réacteur après l'ajout de matières premières solides. De ce fait, le couvercle du trou d'homme à travers lequel l'ajout a eu lieu et qui n'était pas encore complètement fixé, a été catapulté. En conséquence, l'opérateur qui était occupé à boulonner le couvercle du trou d'homme, a été blessé mortellement.

### **Relation des faits**

#### **Description de l'installation**

Le procédé de production est constitué de différentes étapes successives dans différents équipements d'installation. Le réacteur où l'explosion a eu lieu, est la première étape dans le procédé. Dans ce dernier, des polyols sont estérifiés avec de l'acide acrylique à une température d'environ 100°C.

Le procédé de production nécessite toute une série d'interventions manuelles des opérateurs.

L'explosion a eu lieu pendant la phase de chargement du réacteur. Pendant cette phase, trois sortes de substances sont ajoutées au réacteur:

- du catalyseur liquide à partir d'un IBC (pour ce faire, l'opérateur met le réacteur sous vide);
- une série de seaux avec des petites quantités de matières premières solides, pesées et préparées au préalable, qui sont ajoutés manuellement via le trou d'homme du réacteur; et
- un solvant facilement inflammable, alimenté à partir d'un réservoir vrac, le tout avec la quantité et le débit régulés par l'ordinateur de conduite du procédé.

Ensuite, l'acide acrylique est ajouté via l'ordinateur de conduite du procédé à partir d'un réservoir vrac. La réaction est conduite en régulant le débit d'acide acrylique et la température du réacteur.

Entre deux batchs différents, le réacteur est rincé avec une grande quantité de solvant. Cette opération est initiée manuellement par l'opérateur. Ce "solvant de rinçage" est poussé avec de l'air comprimé vers l'équipement suivant.

#### **Description de l'accident**

Après un premier batch, le réacteur a été rincé avec du solvant. Le démarrage du deuxième batch n'avait pas encore été introduit dans l'ordinateur de conduite du procédé, cependant l'opérateur avait déjà introduit le catalyseur liquide et les matières premières solides. Lors du boulonnage du couvercle de trou d'homme, une explosion a eu lieu dans le réacteur, suivie par un jet élevé de flamme. Le couvercle du trou d'homme a été catapulté et l'opérateur a été mortellement touché.

#### **Causes de l'accident**

Pour avoir un incendie ou une explosion, il faut de l'oxygène, une substance combustible et une source d'ignition:

- Le procédé a eu lieu dans une atmosphère riche en oxygène. Lors de la conception à l'origine du procédé, cela avait été considéré comme nécessaire pour

le fonctionnement de l'inhibiteur se trouvant dans l'acide acrylique, pour prévenir toute autopolymérisation non désirée.

- Entre deux batchs, le réacteur est rincé avec le solvant facilement inflammable. Ce solvant est bien transféré dans l'équipement suivant, mais il reste des vapeurs de solvant dans le réacteur. Les limites d'explosivité de ce solvant à 20°C sont 1,2 et 7 vol%. Des calculs réalisés par l'entreprise avant l'accident ont montré qu'après le rinçage, il y avait 5 vol% de vapeurs de solvant dans le réacteur. Au moment où l'opérateur a ouvert le trou d'homme pour ajouter les substances solides, le réacteur contenait donc un mélange air/solvant explosif.
- L'ignition du mélange air/solvant a été attribuée à une réaction chimique non désirée entre les substances solides ajoutées manuellement au réacteur via le trou d'homme. Les tests de laboratoire réalisés lors de l'enquête d'accident, ont identifiés une réaction entre trois des matières premières solides. La réaction est lente à température ambiante, mais la production de chaleur s'accélère à partir de 40-75°C. Entre 90° et 100°C, une réaction fortement exothermique a lieu, avec formation d'un gaz pyrophorique contenant du phosphore avec une température d'auto-inflammation de 100°C. Le scénario le plus plausible et retenu pour l'accident est que les substances solides ajoutées ont réagi ensemble et que le gaz pyrophorique formé s'est enflammé et c'est ainsi que le mélange solvant/air a été allumé.

Le jour de l'accident, une réaction exothermique entre les matières premières solides était possible parce que:

- D'une part, les matières premières solides ont été ajoutées à un réacteur quasi vide (rempli seulement de quelques dizaines de litres de catalyseur liquide), de sorte qu'elles se sont accumulées à la paroi du réacteur sous le trou d'homme où elles ont été ajoutées; et
- D'autre part, la température de la paroi du réacteur s'élevait à approximativement 80°C. Le produit du précédent batch avait été pompé, après refroidissement jusqu'à 80°C, vers l'équipement suivant. Le réacteur a ensuite été rincé avec du solvant à température ambiante. Le système de refroidissement du réacteur n'a pas été activé lors du démarrage du batch suivant.

La séquence de chargement souhaitée prévoyait que d'abord, un tiers du solvant soit pompé avant d'ajouter manuellement les matières solides. Ceci aurait empêché l'accumulation des substances solides.

Si l'on avait introduit le démarrage du deuxième batch dans l'ordinateur de conduite du procédé avant les chargements manuels, le réacteur aurait de plus été automatiquement refroidi sous la température de démarrage de la réaction non désirée.

La séquence de chargement souhaitée n'était pas non plus clairement fixée dans la fiche de batch, ni dans l'instruction sous-jacente vieille de 13 ans. Le logiciel de l'ordinateur de conduite du procédé ne concordait pas non plus avec cette séquence de chargement souhaitée.

Depuis la mise en service de l'installation, plusieurs modifications avaient été apportées à la séquence de chargement. Le procédé prévoyait à l'origine que la quantité totale de solvant soit ajoutée en premier. Quelques années avant l'accident, cette étape a été modifiée parce que l'ajout de catalyseur – alors encore sous forme solide et en gros blocs – donnait lieu à de éclaboussures de solvant. Il a alors été décidé de ne charger qu'un tiers de la quantité de solvant dans le réacteur, en tant que première étape et de seulement ajouter la quantité restante de solvant à la fin de la phase de chargement. Ce chargement en deux phases n'était repris ni dans le logiciel, ni sur la fiche de batch. En pratique, l'opérateur devait stopper manuellement la quantité après transfert de la première partie du solvant ou avant chaque batch, adapter manuellement la quantité dans l'ordinateur de conduite du procédé. La séquence et le logiciel n'avaient pas non plus été modifiés suite au passage récent d'un catalyseur solide à un catalyseur liquide.

Vu que pour le chargement du catalyseur liquide à partir d'un IBC, le réacteur devait être mis sous vide, c'était en pratique toujours la substance ajoutée en premier lieu depuis cette modification.

Cette séquence de chargement souhaitée impliquait cependant que l'opérateur était exposé à des vapeurs de solvant lors de l'ajout des matières premières solides. Ce risque avait été identifié par l'entreprise et les opérateurs étaient supposés porter une protection respiratoire pendant cette manipulation. Cette obligation n'était cependant pas formellement fixée dans les instructions et elle n'était pas non plus surveillée par la ligne hiérarchique.

Le tout avait pour conséquence que la manière de charger était différente d'une équipe à l'autre et parfois au sein d'une même équipe. L'exposition aux vapeurs de solvant était apparemment évitée par certains opérateurs en ajoutant le solvant en dernier, après chargement du catalyseur et des matières premières solides.

De plus – vu que seul le chargement de solvant et d'acide acrylique sont réglés par l'ordinateur de conduite du procédé – il n'y avait rien qui empêchait techniquement, ni de manière opérationnelle, que les opérateurs n'introduisent le démarrage d'un nouveau batch dans l'ordinateur de conduite du procédé qu'après le chargement manuel du catalyseur et des matières premières solides. De ce fait, le refroidissement du réacteur entre deux batchs n'était plus assuré automatiquement.

L'analyse de risques sur le procédé batch était incomplète et de qualité insatisfaisante:

- L'étape de rinçage avec du solvant entre deux batchs successifs n'était pas traitée;
- La présence d'une atmosphère explosive dans le réacteur avait été identifiée, mais par contre, il n'avait pas été évalué comment celle-ci pouvait être évitée. Ainsi la nécessité de travailler dans une atmosphère riche en oxygène à cause de l'inhibiteur de l'acide acrylique – et ce à partir du chargement – n'avait pas été remise en question. Seules des mesures pour éviter les sources d'ignition avaient été définies;
- La séquence de chargement n'a pas été remise en question et on était persuadé que cette dernière était fixée de manière univoque dans la fiche de batch;
- Tous les dangers et les risques n'avaient pas été identifiés, telles que les interactions potentielles entre les matières premières solides et l'utilisation d'air comprimé pour le pompage du solvant facilement inflammable entre les équipements; et
- Le département de production n'avait pas participé à l'analyse de risques.

Trois années auparavant, il y a eu un incident dans un réacteur similaire du même département de production. Un rapport de test signalait les réactions dangereuses possibles entre les matières premières. Les conclusions de l'enquête d'incident n'ont pas été suffisamment suivies et n'ont pas donné lieu à une réévaluation de la manière dont le procédé de production était conduit.

Un an avant l'accident, l'entreprise a été reprise. Dans la période précédant et suivant la reprise, il y a eu beaucoup de modifications de personnel au niveau du management, aussi bien dans les fonctions opérationnelles que techniques. Ces modifications organisationnelles ont entraîné un ralentissement dans les projets et actions en cours. Ainsi, avant l'accident, un projet avait été initié afin d'ajouter au réacteur les matières premières solides via un système fermé, afin d'éliminer le problème d'exposition au solvant. Ce projet a été abandonné lorsque le leader du projet a quitté l'entreprise. Quelques mois avant l'accident, le projet a été redéfini avec pour objectif de mener le procédé dans une atmosphère pauvre en oxygène.

Le système de gestion de la sécurité de l'entreprise n'assurait pas que l'impact sur la sécurité de modifications organisationnelles de ce type soit systématiquement évalué et minimisé.

## Leçons

- Le chargement de produits via un trou d'homme ouvert d'un réacteur contenant des vapeurs inflammables est une mauvaise pratique et ne doit pas être autorisée.
- Les procédures pour l'exécution d'analyses de risques sur des installations avec des risques d'accident majeur doivent assurer que:
  - Tous les dangers du procédé, y compris toutes les interactions possibles entre substances chimiques, soient identifiées;
  - Pour les procédés batch, toutes les étapes du procédé et toutes les circonstances soient analysées;
  - La possibilité d'élimination d'un risque soit systématiquement examinée et que la priorité soit donnée aux mesures de prévention par rapport aux mesures limitant les dommages; et
  - Le département de production participe aux analyses de risques.
- L'exécution de recommandations et d'actions issues d'analyses de risques, d'analyses de postes de travail et d'enquête d'incident est à suivre périodiquement.
- Chaque modification à un procédé doit être contrôlée, de manière à assurer que l'impact de la modification sur toutes les instructions, fiches de batch ainsi que la conduite du procédé y afférant soit évalué et traité (management of change).
- Les instructions de travail doivent être claires, revues et actualisées périodiquement.
- La ligne hiérarchique doit veiller au respect correct des instructions de travail. Ses responsabilités et tâches sur le plan du bien-être des travailleurs lors de l'exécution de leur travail et du système de gestion de la sécurité, doivent être fixées (par exemple via des descriptions de fonction).
- Toutes les modifications sur le plan de l'organisation d'une entreprise – parmi lesquelles certainement des reprises et restructurations – doivent être évaluées du point de vue de leur impact sur la politique de sécurité et de sa mise en pratique. Lors de modifications sur le plan du personnel, il faut en outre prévoir un transfert des tâches et des responsabilités sur le plan du bien-être des travailleurs et du système de gestion de la sécurité, ainsi qu'un transfert des actions et projets en cours.

Cette note est publiée dans la série "Leçons tirées des accidents". Des incidents et accidents survenus dans des entreprises Seveso belges et enquêtés par la Division du contrôle des risques chimiques sont décrits dans cette série. L'objectif de ces notes est de mettre à disposition pour un grand public les leçons tirées de ces incidents et accidents.

Cette note a été rédigée en collaboration avec l'entreprise où l'incident ou l'accident a eu lieu. Pour des raisons de vie privée et de confidentialité, les données rendant l'identification de l'entreprise concernée possible et qui ne sont pas nécessaires pour la clarté des leçons, n'ont pas été reprises (telles que le lieu et la date de l'accident, certaines données spécifiques de l'installation).

Vous trouverez plus de "Leçons tirées des accidents" et d'informations sur la prévention des accidents majeurs sur: [www.emploi.belgique.be/drc](http://www.emploi.belgique.be/drc)

Cette note peut être distribuée librement à condition qu'il s'agisse de la note entière.  
Deze nota is ook verkrijgbaar in het Nederlands.

Référence: CRC/ONG/016-F

Editeur responsable: SPF Emploi, Travail et Concertation sociale

Date de publication: septembre 2008