

# Surpression dans un réacteur dans un atelier de synthèses organiques

Le 23 mars 2004

Montluçon – [Allier]

France

Rejet gazeux  
Chimie  
Cyanure  
E.S.P.  
Disque de rupture  
Soupape  
Domaine de sûreté  
Organisation / facteur humain

## LES INSTALLATIONS ET OPÉRATIONS CONCERNÉES

L'établissement, situé en zone urbaine, emploie 56 personnes. L'essentiel de sa production est dédié aux industries pharmaceutique et électronique, tandis que celle destinée au secteur agrochimique diminue. L'usine dispose de deux ateliers de synthèse dénommés "atelier de synthèse organique I et II" équipés de matériel polyvalent représentant un volume total de réacteur de 115 m<sup>3</sup>, d'un atelier de finition (séchage et cristallisation) et de différents stockages.

L'accident a lieu dans l'atelier de synthèse organique I. Bien que relativement ancien et petit (superficie 420 m<sup>2</sup>, hauteur au faite 13 m), cet atelier qui abrite 8 réacteurs et toutes les utilités (vapeur, centrale froid, tour d'abattage, système de détection incendie et d'extinction automatique), assure un bon nombre d'opérations classiques de chimie organique réalisées en milieux aqueux ou solvants, ainsi que des opérations physico-chimiques.

## L'ACCIDENT, SON DÉROULEMENT ET SES CONSÉQUENCES

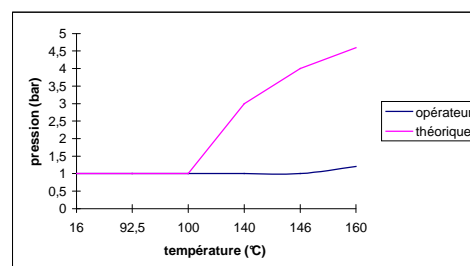
### L'accident :

Le 23 mars 2004 à 14 h, le réacteur R201 est chargé avec les effluents cyanurés des tours d'abattage contenus dans 3 cuves d'un volume total de 4,4 m<sup>3</sup>, pour les détoxifier. Une concentration en cyanure de 6 ppm est analysée sur l'une des cuves.

A 15h40, le chargement terminé, le chauffage du milieu par circulation de vapeur dans la double enveloppe est mis en service. Les relevés opérateurs de la montée en température du milieu réactionnel et la pression indiquée au manomètre sont alors les suivants :

- ◆ 15h40 T= 16 °C P = P atmosphérique (1 bar)
- ◆ 17h00 T= 95,2 °C P = P atmosphérique (1 bar)
- ◆ 18h30 T= 146 °C P = 1 bar
- ◆ 19h30 T= 160 °C P = 1,2 bar

La consigne en pression n'étant pas atteinte en apparence, les opérateurs ne stoppent pas la chauffe du milieu réactionnel et ne relève pas l'incohérence des valeurs entre pression et température, comme le montre le graphique ci-contre.



Lors du relevé de 19h30, peu avant l'accident, un opérateur constate une fuite sur le trou d'homme du réacteur et resserre les boulons de celui-ci sans tenir compte de ce signal d'alarme indirect. Le disque de rupture éclate 3 min plus tard, libérant la vapeur dans l'atelier ; une partie de la toiture en fibrociment est soufflée.

Les 3 opérateurs, à 20 mètres du réacteur, évacuent l'atelier après un temps de surprise qu'ils évaluent à 10 s.

Le bruit de la vapeur s'échappant par le disque éclaté est perçu, semble-t-il, pendant 2 à 3 minutes. A l'issue de cette période, les opérateurs pénètrent dans l'atelier, mettent le réacteur en sécurité (coupure chauffe et isolation) et aèrent les lieux (extracteur).

1 350 litres d'eau transformée en vapeur sont relâchés dans l'accident (soit 1680 m<sup>3</sup> de vapeur d'eau).

## Les conséquences :

Les conséquences directes sont uniquement matérielles :

- ✓ un disque de rupture éclaté,
- ✓ quelques calorifugeages de canalisation détériorés,
- ✓ plusieurs m<sup>2</sup> de toiture en fibrociment soufflés (voir photo).

Les dommages sont évalués à 8 k€.

Les conséquences environnementales sont faibles : les cyanures étaient complètement détruits (non détectés dans le reliquat du milieu réactionnel) et les mesures effectuées dans le ciel gazeux du réacteur et dans l'environnement n'ont révélé aucune trace d'acide cyanhydrique. Pour mémoire, la concentration dans les effluents à traiter était déjà faible (6 ppm).

Les conséquences humaines sont également faibles. Les opérateurs surpris par l'explosion ont été choqués, mais n'ont pas souhaité être conduits à l'hôpital comme le proposaient les secours publics. Malgré la relative faible surface de l'atelier, ils étaient suffisamment éloignés du réacteur lors de l'explosion pour ne pas être atteints. Cependant, les conséquences auraient pu être beaucoup plus grave pour l'opérateur resserrant les boulons du trou d'homme si l'explosion s'était produite 3 min plus tôt.

L'explosion ayant été perçue à l'extérieur du site, les pouvoirs publics ont dans un premier temps été alertés par les riverains. Les sapeurs pompiers sont arrivés 11 minutes après l'explosion de vapeur avec des moyens considérables : deux camions d'incendie, un camion dévidoir et un véhicule de risques chimiques. La police municipale a bouclé la rue d'accès au site et fait évacuer pendant près de 30 min la salle des sports voisine, le temps que les mesures atmosphériques ne révèlent aucune pollution. Un adjoint au Maire et le sous-préfet de Montluçon se sont rendus sur place.



Dégâts en toiture – Source : DRIRE Auvergne

La gestion de la crise post-accidentelle aura développé des conséquences médiatiques et sociales détériorant l'acceptation de l'activité par les riverains.

## Echelle européenne des accidents industriels

En utilisant les règles de cotation des 18 paramètres de l'échelle officialisée en février 1994 par le Comité des Autorités Compétentes des États membres pour l'application de la directive 'SEVESO', l'accident peut être caractérisé par les 4 indices ci-après, compte-tenu des informations disponibles :

Matières dangereuses relâchées		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences humaines et sociales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences environnementales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences économiques		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>

Les substances chimiques en cause ne sont pas classées au titre de la directive SEVESO et l'accident n'a eu aucune conséquence suffisamment importante pour être coté sur l'échelle européenne des accidents industriels. L'évacuation de la zone et du centre sportif à proximité pendant moins de 2 h n'a pas d'impact sur l'indice 'conséquences humaines et sociales' (critère H7). Par ailleurs, l'évaluation des dommages matériels internes est inférieure à 100 K€ (critère €15).

## L'ORIGINE, LES CAUSES ET LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

### Les circonstances :

Le réacteur accidenté est un matériel neuf, installé dans l'atelier depuis l'été 2003. Conformément au cahier des charges de l'exploitant, il a été livré sans équipement ou dispositif de sécurité.

L'exploitant est donc responsable du choix et du montage des accessoires.

Les équipements de sécurité montés en parallèle sur le réacteur lors de son installation comprennent :

- ◆ une soupape 6,5 bar (à cette pression le débit en vapeur saturée est de 1800 kg/h, soit environ 30 kg/min).
- ◆ un disque de rupture 6 bar DN 150 mm (à une température de fonctionnement de 20°C) ( *sic*).



Source : DRIRE Auvergne

Ces équipements résultent d'une réflexion globale sur la protection des réacteurs de l'ensemble du site contre les surpressions et constituent une réponse technique standardisée. Au moment de l'accident, la canalisation à l'aval du disque de rupture du réacteur n'avait pas encore été reliée au réseau « crash tank » de l'atelier de synthèse organique I. Seul un élément tubulaire d'un mètre environ prolongeait le piquage verticalement.

L'établissement dispose d'une autorisation préfectorale AP n°2168/93 en date du 11 mai 1993 qui fixe, notamment pour les cyanures une valeur limite journalière de rejet, en concentration de 0,001 mg/l et en flux de 14 g. Avant de rejeter des eaux usées pouvant contenir des cyanures au réseau communal, l'exploitant analyse la concentration et, le cas échéant, traite ses eaux de façon à abaisser leur teneur en cyanure.

Pour cela, les effluents subissent un traitement thermique de quelques heures en milieu sodé (NaOH) pour oxyder et dégrader le groupement cyanure C:N. Les eaux des tours d'abattage sont introduites dans un réacteur avec de la soude, puis maintenues en température pendant 2 h par pilotage de la pression qui est maintenue à 3 bar. Cette opération (effectuée uniquement 4 à 5 fois par an) n'est pas considérée comme dangereuse par l'exploitant et ne fait pas l'objet de consignes particulières.

Trois opérateurs sont en poste dans l'atelier au moment de l'accident. Les opérations en cours sur le réacteur relèvent d'un fonctionnement normal de l'atelier, sans caractère exceptionnel ; relativement basiques (montée en température du milieu et maintien pendant 2 heures), elles restent cependant peu fréquentes.

### Les causes :

L'arbre des causes établi par l'exploitant relève deux causes principales et un événement aggravant :



Source : DRIRE Auvergne

- ◆ Le manomètre utilisé par les opérateurs pour piloter la chauffe par vapeur du réacteur étant bouché au niveau d'un coude, ceux-ci ne disposaient pas d'une indication correcte de la pression. La chauffe du réacteur étant pilotée à partir de cette information, le chauffage du réacteur n'a pas été stoppé et la pression effective dans le réacteur a augmenté.
- ◆ Le tarage de la soupape étant supérieure à la pression d'éclatement du disque de rupture, il n'y a pas eu de décompression du réacteur par la soupape avant l'éclatement du disque de rupture.
- ◆ L'absence de collecte au niveau du rejet du disque de rupture a aggravé la situation.

L'arbre des causes remis par l'industriel met l'accent uniquement sur le problème technique. Le rapport conjoint (Inspection des Installations Classées et division des Contrôles Techniques), et Inspection du Travail, souligne les questions organisationnelles : le problème de la conception (dimensionnement des dispositifs de sécurité contre la surpression) et l'absence de réaction pertinente des opérateurs face aux signaux précurseurs de l'accident.

✓ Une anomalie de conception des dispositifs de sécurité :

Les équipements de sécurité installés au cours de la mise en place fin août / début septembre 2003 du réacteur comprenaient :

- ◆ une soupape 6,5 bar
- ◆ un disque de rupture 6 bar (20°C).

Les deux valeurs seuils de déclenchement étant très proches, il est difficile de prévoir, en cas de montée en pression, lequel des équipements fonctionnera en premier, compte tenu de la précision des tarages et des variations de seuils de rupture des disques avec la température.

Généralement, les synthèses sont réalisées à la pression atmosphérique ; sur toutes les fabrications répertoriées seulement 6 phases se réalisent en pression. La conception de la protection contre les surpressions et le choix des organes de sécurité répondent aux exigences de la réglementation du point de vue des performances. L'exploitant a mis en place une protection standard de ses réacteurs (-1/+6 bar), fondée sur la pression de service demandée au constructeur d'équipements sous pression, sans affiner sa réflexion. Un examen plus approfondi aurait permis de lever ce défaut de conception.

- ✗ Les seuils de déclenchement des deux organes sont proches et aucune réflexion préventive sur leur fonctionnement n'a été conduite d'où l'absence d'une stratégie de défense clairement établie.
- ✗ Les seuils de déclenchement des deux organes sont proches de 6 bar alors que la pression nominale de la réaction est deux fois moindre (3 bar).
- ✗ La canalisation de décharge du disque de rupture doit être reliée au réseau de décharge de l'atelier.

✓ Un pilotage de l'opération défaillant :

- ✗ Les opérateurs pilotent la montée en température à partir d'un indicateur de pression défectueux. Ils notent régulièrement mais sans les analyser, les températures et les pressions dans le réacteur et ne s'aperçoivent pas de l'incohérence des deux paramètres.
- ✗ Les opérateurs ne réagissent pas aux signaux d'alerte précurseurs comme la durée anormale de montée en pression et la fuite au trou d'homme.

Par ailleurs, le réflexe de l'opérateur lors cette fuite au niveau du trou d'homme démontre un défaut de connaissance du risque des appareils à pression. En resserrant les écrous, des efforts sont introduits sur les goujons déjà sous la contrainte de la pression interne du réacteur. En cas de rupture du goujon, la contrainte se répartissant alors sur les autres goujons, l'ensemble du trou d'homme est fragilisé et par phénomène successif, peut être conduit à la rupture. Le risque de blessure est alors important pour l'opérateur en train de manipuler. De plus, la montée en pression de l'enceinte n'est pas stoppée mais favorisée du fait de la diminution du débit de fuite.

## LES SUITES DONNÉES

---

Un rapport en date du 21 juin 2004 de l'inspection des installations classées, de la division des contrôles techniques (DRIRE) et de l'inspection du travail est transmis au procureur de la république.

Une fois les causes de l'accident clairement établies, plusieurs actions sont entreprises :

✓ Information du personnel :

- ✗ le rapport est communiqué aux membres du CHSCT, et est présenté en réunion pour que cette instance puisse donner son avis.
- ✗ les formations et les rappels à destination du personnel prévus pour améliorer le comportement et les connaissances des opérateurs suite au retour d'expérience de cet accident sont également présentés en CHSCT.

✓ Rappel de la réglementation des équipements sous pression (arrêté ministériel du 15 mars 2000) :

× l'exploitant doit faire montre de plus de rigueur dans l'application de la réglementation des équipements sous pression. L'article 8 fixe des obligations strictes : « le personnel chargé de la conduite d'équipements sous pression doit être informé et compétent pour surveiller et prendre toute initiative nécessaire à leur exploitation sans danger » et « le personnel doit être reconnu apte à la conduite des équipements sous pression et périodiquement confirmé dans cette fonction ».

× l'exploitant doit fournir un échancier pour répondre à l'obligation de l'article 6 paragraphe 5 « les mesures nécessaires doivent être prises pour que l'échappement du fluide éventuellement occasionné par leur fonctionnement (NDR : en l'occurrence, il s'agit du fonctionnement du disque de rupture) ne présente pas de danger ».

Une vérification, sur tous les réacteurs du site, du tarage des pressions d'ouverture des soupapes et un contrôle de l'ensemble des disques de rupture sont effectués. Cette action menée dans les jours suivant l'accident ne permettra pas de déceler d'anomalies. D'autres actions sont entreprises dans un deuxième temps:

- × modification du mode opératoire de telle sorte que :
  - la surveillance du fonctionnement du réacteur soit réalisée à partir des deux informations (pression et température) disponibles et non plus d'une seule (pression).
  - une vérification par redondance du manomètre du réacteur avec celui de la ligne d'alimentation soit effectuée pendant les tests d'étanchéité à l'azote avant chargement,
- × recensement des phases réactionnelles réalisées sous pression et mise en place d'une redondance pour la mesure de la pression sur toutes les réactions ainsi identifiées,



Réacteur relié au réseau crash tank –  
Source : DRIRE Auvergne

× programmation des travaux permettant la collecte des éventuels fluides relâchés par les disques de rupture vers un crash tank à l'été 2004.

× 30 opérateurs bénéficient d'une formation de base.

× Enfin, l'exploitant mène une réflexion approfondie sur la stratégie de défense contre les surpressions dans les réacteurs. Ainsi, pour le réacteur R201, après avoir analysé les conditions d'exploitation en pression et température en laboratoire, l'exploitant définit le disque de rupture [pression d'éclatement 6 bar à 120 °C] comme une barrière ultime de protection du réacteur, le tarage de la soupape à 5,3 bar permettant de discriminer les seuils de déclenchement. La soupape doit donc fonctionner en premier et limiter la pression interne donnant du temps aux opérateurs pour intervenir. Le travail d'étude des accessoires de sécurité aura donc été mené a posteriori.

Plus récemment, la société a changé le mode de traitement de ses effluents ; elle n'utilise plus de phase sous pression pour la destruction des traces de cyanures.

## LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

Les éléments de retour d'expérience à retenir, bien que très basiques, méritent cependant d'être rappelés :

✓ **concevoir les dispositifs de sécurité en fonction des objectifs de sécurité** : cela suppose une stratégie définie, subordonnée aux objectifs de sécurité. Le simple respect d'une réglementation (ici sur les équipements sous pression) ne suffit pas. La bonne stratégie consiste à définir le domaine de sûreté de fonctionnement de l'équipement et les objectifs à atteindre pour les barrières de sécurité, puis, ensuite, choisir et dimensionner les composants de ces barrières pour atteindre ces objectifs.

✓ **le pilotage de toute opération dangereuse ne doit pas reposer sur un système unique** : systématiser la redondance sur tous les paramètres importants de conduite ou favoriser le recoupement des barrières de sécurité pour une défense en profondeur. Mais toujours consolider sa sûreté de fonctionnement sans l'alourdir ni la déséquilibrer, reste un vrai défi permanent pour tous les acteurs,

✓ **la place du facteur humain en sécurité industrielle, de la conception à l'exploitation** : cet incident démontre encore une fois, toute l'importance du facteur humain. Du choix des dispositifs de sécurité pour équiper le réacteur jusqu'à la compétence et la disponibilité dans la façon de l'exploiter, l'homme est au cœur des décisions essentielles.