



*INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES*

# **Étude et Recherche DRA-16**

## **Retour d'expérience**

*Rapport Final d'Opération b*

### **Intégration des aspects organisationnels dans le retour d'expérience**

-

L'accident majeur, un phénomène complexe à étudier.

*Direction des Risques accidentels*

SEPTEMBRE 2002

# Étude et Recherche DRA-16

## Retour d'expérience

*Rapport Final d'Opération b*

### Intégration des aspects organisationnels dans le retour d'expérience





L'accident majeur, un phénomène complexe à étudier.

SEPTEMBRE 2002

### personnes ayant participé à l'étude

S. LIM, J-C. LECOZE, N. DECHY

Ce document comporte 41 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Rédaction	Vérification	Approbation
<b>NOM</b>	Samantha LIM	Jean-Christophe LECOZE	Bruno GIOVANNINI	Didier GASTON
<b>Qualité</b>	Ingénieurs à l'Unité Prévention des Risques de la Direction des Risques Accidentels		Responsable de l'Unité Prévention des Risques à la Direction des Risques Accidentels	Directeur Adjoint aux Risques Accidentels
<b>Visa</b>				

**Table des matières**

**1. INTRODUCTION ..... 4**

1.1. CONTEXTE ..... 4

1.2. PRESENTATION DU PROGRAMME D’ETUDES ..... 7

    1.2.1. *Objectifs du programme* ..... 7

    1.2.2. *Démarche du programme* ..... 7

    1.2.3. *Objectifs de l’operation b relative à l’integration des facteurs organisationnel et humain dans le retour d’experience* ..... 7

1.3. CONTENU DE L’ÉTUDE ..... 7

**2. PLUSIEURS NIVEAUX COMPLÉMENTAIRES D’ANALYSE ..... 9**

2.1. ANALYSE TECHNIQUE ET ANALYSE DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES ..... 9

    2.1.1. *Représentation* ..... 9

    2.1.2. *Informations requises* ..... 10

2.2. L’ « ERREUR » HUMAINE ..... 10

    2.2.1. *Représentation* ..... 10

    2.2.2. *Informations requises* ..... 11

2.3. CONTEXTE TECHNOLOGIQUE ET ORGANISATIONNEL ..... 11

    2.3.1. *Contexte technologique : la représentation mentale* ..... 11

    2.3.2. *Contexte organisationnel : le système de gestion de la sécurité* ..... 12

    2.3.3. *Représentation* ..... 14

    2.3.4. *Informations requises* ..... 15

2.4. FACTEURS DE RISQUE ..... 15

    2.4.1. *Représentation* ..... 16

    2.4.2. *Informations requises* ..... 17

    2.4.3. *Remarque* ..... 18

**3. LA COMPLEXITÉ DES PHÉNOMÈNES ACCIDENTELS..... 19**

3.1. L’HYPOTHÈSE DES PRÉCURSEURS OU SIGNAUX FAIBLES ..... 20

3.2. LE « COMPORTEMENT » VERS L’ACCIDENT ..... 20

**4. SYNTHÈSE À L’AIDE DE « FILTRES »..... 23**

**5. CLASSIFICATION..... 26**

**6. PRÉSENTATIONS DE CAS ..... 28**

6.1. ACCIDENT DE FLORIFFOUX ..... 28

6.2. BHOPAL ..... 32

**7. CONCLUSION ..... 39**

**8. BIBLIOGRAPHIE ..... 41**

**9. LISTE DES ANNEXES ..... 43**

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. CONTEXTE

En janvier 2002, la Commission européenne a estimé, à partir de la base de données européennes MARS, que le taux d'accidents majeurs<sup>1</sup> était approximativement de  $3 \times 10^{-3}$  par installation et par an<sup>2</sup> dans les installations concernées par la directive Seveso II au niveau européen. En 100 ans d'activité, une installation de ce type a donc 1 chance sur 3 de subir un accident majeur.

Or, dans la majorité des cas, les accidents sont dus à des actions humaines. La base de données européennes MARS, alimentée entre autres par les accidents majeurs de la base de données ARIA du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable DPPR/SEI/BARPI, qui recense les accidents majeurs déclarés survenus dans les pays membres, indique que «l'erreur» humaine représente 64% des causes profondes à l'origine des accidents majeurs - que cette erreur soit directement imputable à un opérateur (11%) ou liée à un dysfonctionnement de l'organisation (53%). Ces données indiquent l'importance des facteurs humains et organisationnels pour la maîtrise des risques d'accidents majeurs (figure 1) :

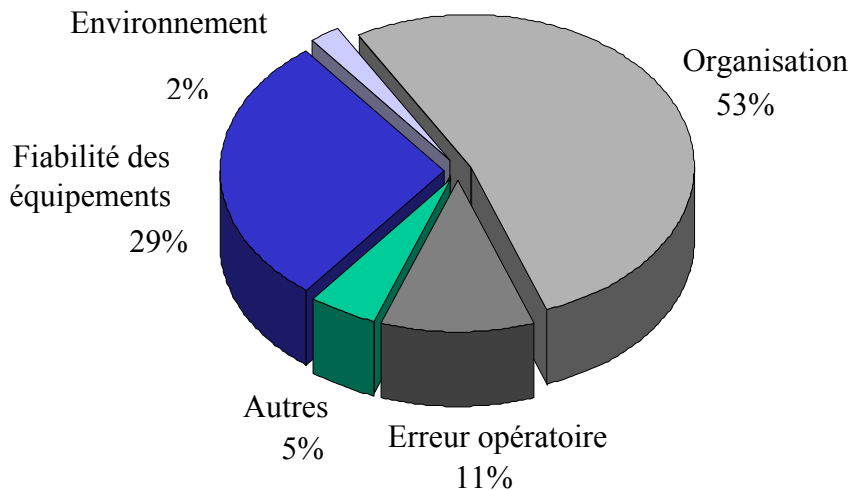


Figure 1 : Répartition des accidents par causes identifiées dans MARS (état au 05/98)

L'analyse des accidents et le retour d'expérience doivent donc aujourd'hui prendre en compte ces aspects facteurs humains et organisationnels.

<sup>1</sup> Selon la directive 96/82/CE du 9 décembre 1996 la définition d'un accident majeur est un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement couvert par la présente directive, entraînant pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et/ou pour l'environnement, un danger grave, immédiat ou différé, et faisant intervenir une ou plusieurs substances dangereuses;

<sup>2</sup> Cf. Rapport sur l'application dans les Etats Membres de la directive 82/501/CEE du 24 juin 1982 concernant les risques d'accidents majeurs de certaines activités industrielles pour la période de 1997-1999 (2002/C 28/01)

Les aspects humains et organisationnels sont bien sûr présents partout dans le système de gestion des risques majeur d'une entreprise mais ils sont aussi présents à d'autres niveaux.

Ces niveaux participent également à la gestion des risques majeurs des entreprises, et à la gestion des risques à d'autres échelles (régionales, nationales, européennes). En effet, les décisions politiques, qui amènent de nouveaux textes réglementaires (système de gestion de la sécurité, effets domino dans le cadre de SEVESO II par exemple...) et qui influencent le niveau de risque des installations, sont le fruit de processus où des gens collaborent et prennent des décisions collectives sur ces sujets.

Ces règlements doivent être appliqués, pour cela, les inspecteurs des installations classées veillent à la qualité de leur mise en place (vademecum des installations classées):

*« Sous l'autorité des directeurs, l'inspection veille à ce que les exploitants – industriels, artisans, agriculteurs, collectivités – respectent les réglementations en vigueur et assument pleinement leurs responsabilités.*

(...)

*L'inspection produit des informations actualisées. Des indicateurs clefs représentatifs des actions et des enjeux lui permettent de maîtriser et de suivre l'adéquation entre les actions prévues et les objectifs fixés.*

(...)

*La vigilance de chacun est essentielle pour déceler les risques présents mais également les problèmes susceptibles d'évoluer vers des situations critiques. L'esprit d'investigation, le recul constructif sont indispensables pour garantir l'efficacité du système. »*

Cette vigilance s'exerce au travers des missions de l'inspection :

- Examens de dossiers d'autorisation d'exploiter.
- Inspections des systèmes de gestion de la sécurité.
- Demandes de tierce expertise.
- Inspections sur sites.
- Enquêtes après accident.

Ainsi l'inspecteur des installations classées fait partie, au travers de ses missions, d'un système, comme indiqué dans l'extrait du Vademecum présenté plus haut.

Ce système, qui contient tous les acteurs de la prévention du risque, est souvent décrit comme socio-technique, car il intègre dans un même « tout » les composantes techniques (les installations, les produits chimiques dangereux ...) et les composantes d'activités humaines, qui gèrent et influencent la partie technique (l'entreprise, l'autorité de contrôle, la création des réglementations de gestion des risques industriels, les contraintes du marché etc ...).

La représentation suivante a pour but d’illustrer cette idée de système global, et les différents acteurs y participant. Il est possible ainsi de clairement identifier la place de l’inspecteur des installations classées au sein de ce système. Dans cette vision systémique, la fonction de l’inspecteur impacte directement sur l’efficacité du système de prévention des risques et ainsi sur la probabilité d’accident majeur (figure 2).

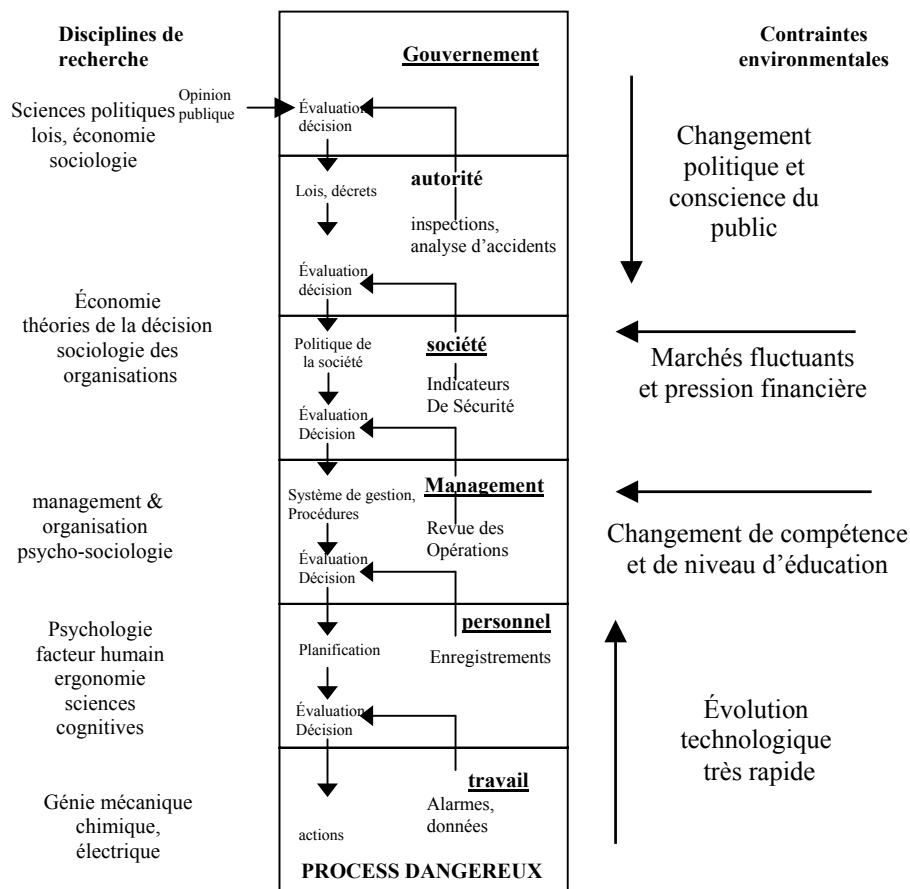


Figure 2 : Représentation du système socio-technique (Rasmussen 1997)

Le but de ce document est donc d’éclairer l’inspecteur sur ce que l’on connaît aujourd’hui du contexte des accidents, du fonctionnement de ce système, afin qu’il puisse jouer son rôle dans le cadre du retour d’expérience avec une analyse de plus en plus approfondie des accidents lorsque cela est possible, mais aussi et surtout en prévention, en étant attentif aux situations « critiques » des industriels et de leurs installations, qui semblent être des pré-requis des accidents majeurs.

## **1.2. PRESENTATION DU PROGRAMME D'ETUDES**

### **1.2.1. Objectifs du programme**

Le programme d'études DRA16 de l'INERIS, relatif au retour d'expérience, financé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, a pour objet de permettre une meilleure exploitation de la richesse des enseignements qui peuvent être tirés des accidents d'un point de vue technique, organisationnel et humain. En effet, pour l'INERIS, il s'agit d'exploiter ces enseignements par type d'installation afin d'enrichir notre connaissance des risques et de leurs conséquences. Concrètement, cette capitalisation du retour d'expérience apportera des éléments nouveaux à l'analyse de risques : caractérisation de certains scénarios accidentels, aide à la définition d'éléments Importants Pour la Sécurité (IPS), des éléments organisationnels notamment pour l'organisation des Systèmes de Gestion de la Sécurité (SGS).

A ce titre, l'INERIS collabore avec le BARPI pour tirer le maximum d'enseignements de certains accidents. Plusieurs rendus sont attendus tout au long du programme :

- Notes synthétiques sur : des études de cas d'accident, des causes organisationnelles d'accident, sur les méthodes de retour d'expérience utilisées à l'étranger, monographie sur un type d'installation particulier,
- Guides portant sur la collecte des informations sur le terrain après les accidents par l'Inspection des ICPE, la méthodologie pour prendre en compte les aspects organisationnels lors d'une analyse d'accident,
- Diffusion supplémentaire des enseignements par des journées thématiques auprès de l'Inspection des ICPE.

### **1.2.2. Démarche du programme**

Le programme d'études DRA16 relatif au retour d'expérience comporte plusieurs opérations :

- Opération a : Amélioration des méthodes de collecte et de traitement des données
- Opération b : Intégration des aspects organisationnels dans le retour d'expérience
- Opération c : Organisation et réalisation de formations à l'intention des DRIRE relativement au retour d'expérience sur des thèmes particuliers
- Opération d : Veille sur les méthodes utilisées à l'étranger

### **1.2.3. Objectifs de l'opération b relative à l'intégration des facteurs organisationnel et humain dans le retour d'expérience**

L'opération b du programme DRA 16, vise à améliorer la qualité des informations disponibles quant aux causes d'accidents d'origine organisationnelle ainsi qu'à réaliser un état de l'art de la prise en compte et du traitement des presque accidents.

## **1.3. CONTENU DE L'ETUDE**

Cette étude présente la nature organisationnelle et humaine des accidents, au travers de la littérature et de cas d'accidents ayant eu lieu durant des phases de travaux ou suite à des

opérations de maintenance. En annexe, sont présentés certaines méthodologies d'analyses d'accidents et des travaux qui ont servi de support à cette étude.



## 2. PLUSIEURS NIVEAUX COMPLEMENTAIRES D'ANALYSE

Les recherches en terme d'accidents majeurs montrent qu'on ne peut pas expliquer un accident sans prendre en compte le **contexte organisationnel** de l'accident.

Qu'est ce que cela signifie ?

### 2.1. ANALYSE TECHNIQUE ET ANALYSE DES PHENOMENES PHYSIQUES

#### 2.1.1. Représentation

Traditionnellement, les analyses d'accidents décrivent la séquence accidentelle au sein de l'installation affectée par le sinistre. Cette séquence accidentelle est représentée par un arbre des causes, dont voici un exemple d'application (figure 2):

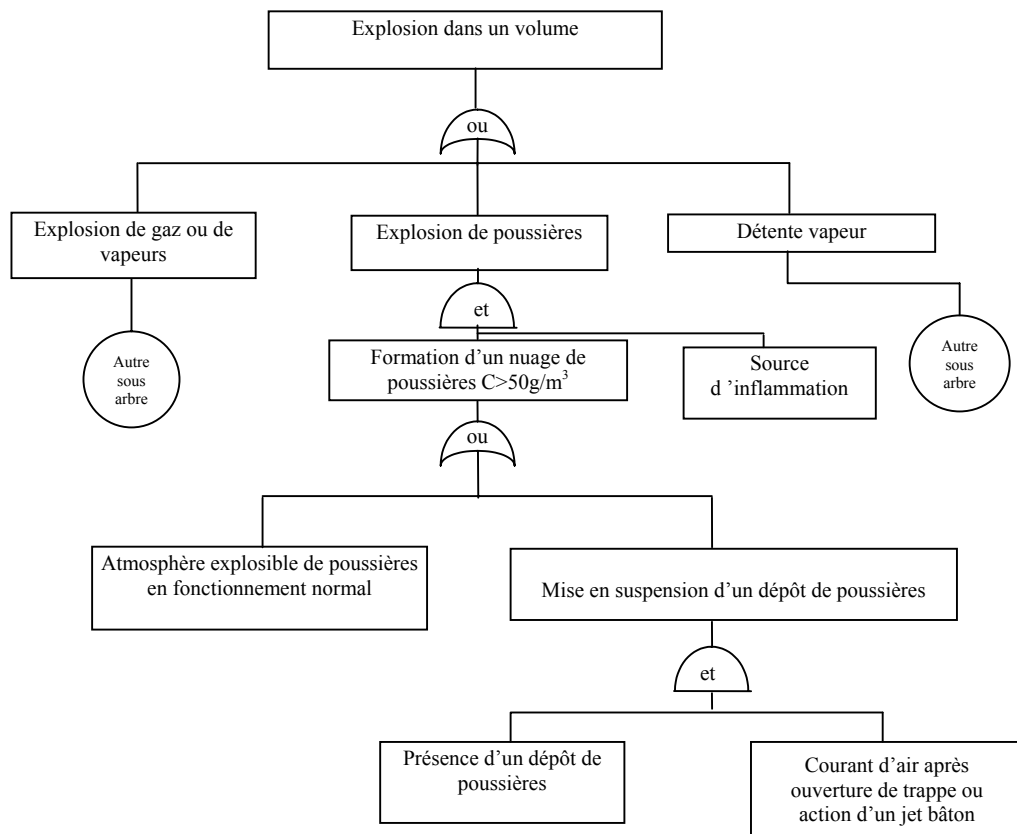


Figure 2 : Arbre des causes

Il s'agit de déterminer, d'un point de vue physique, ce qui s'est passé dans l'installation. Quel enchaînement de causes, à partir d'évènements initiateurs, est susceptible d'avoir amené l'installation à l'accident. Dans le cas de cet exemple, la mise en suspension de poussières crée une atmosphère explosive qui en présence d'une source d'inflammation entraîne une explosion.

### 2.1.2. Informations requises

Pour réaliser une telle analyse, il faut connaître parfaitement le fonctionnement de l'installation, les produits impliqués, leur comportement, les phénomènes physiques mis en jeu dans le process et les barrières de défenses techniques de l'installation (capteurs, alarme etc ...), pour déterminer la séquence accidentelle. Des expérimentations menées en laboratoire permettent de vérifier les hypothèses émises sur les phénomènes impliqués.

## 2.2. L' « ERREUR » HUMAINE

### 2.2.1. Représentation

Bien souvent, ces séquences accidentelles de phénomènes physiques sont initiées par des hommes. Il y a des actions humaines directes, assez proches dans l'espace et dans le temps, que l'on peut caractériser aussi comme immédiates par rapport à l'accident, et qui font partie des événements initiateurs. Dans la représentation de l'arbre des causes, si l'on reprend l'exemple de la figure 2, il est possible de les faire figurer de cette manière (figure 3):

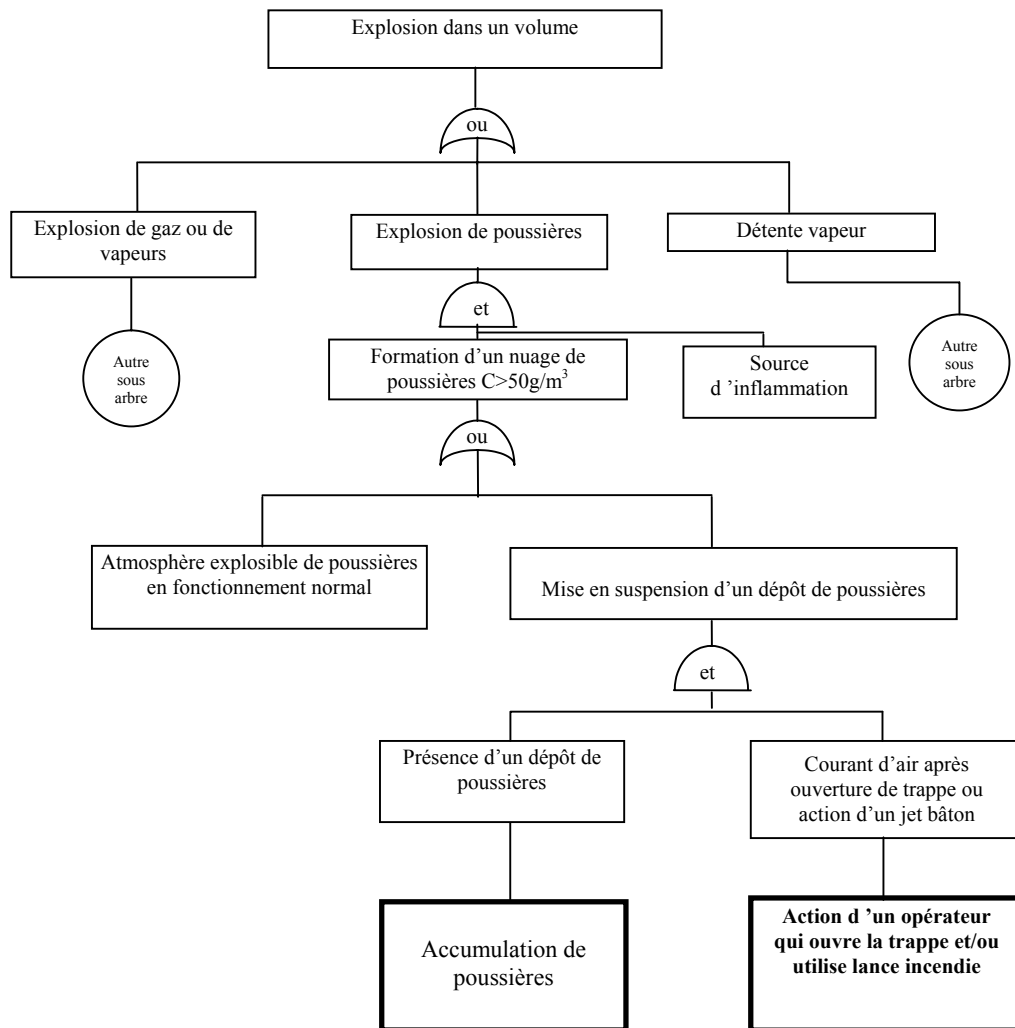


Figure 3 : Arbre des causes et actions humaines

La présence d'un dépôt de poussières dans cette partie de l'installation, qui est une des conditions pour qu'il y ait une possibilité d'explosion, est due à accumulation de poussière.

La mise en suspension des poussières n'est possible que par un courant d'air créé par l'ouverture manuelle de la trappe de visite dans la canalisation ou par un opérateur utilisant une lance incendie et qui met ainsi les particules en suspension.

### 2.2.2. Informations requises

Souvent les actions qui sont liées directement à la séquence accidentelle font partie de l'analyse technique et physique du phénomène. Elles sont donc systématiquement intégrées dans la recherche sur les causes de l'accident.

Bien souvent ces actions humaines sont appelées des « erreurs » humaines. Il faut faire attention à l'utilisation de ce terme qui peut fermer implicitement **l'accès au contexte et à son influence**, et ainsi à une explication qui serait plus élaborée, plus scientifiquement acceptable.

Ce contexte peut être lié à l'installation elle-même, on parle alors, dans le cas de salle de contrôle par exemple, du problème de l'interface homme – machine et **de représentation mentale** (généralement couvert par le domaine de l'ergonomie, des sciences de la cognition, etc ...). Ce contexte est aussi fortement lié à l'état de fonctionnement de l'installation au sein de laquelle se propage la séquence accidentelle qui dépend de la manière dont celle-ci est conçue, construite, exploitée, maintenue. L'opérateur qui initie la séquence est souvent à la fin d'un ensemble de facteurs contribuant à ce que l'accident soit possible (comme la mauvaise maintenance de dispositifs de sécurité, la mauvaise construction de l'installation etc ...). Ce contexte est donc directement et indirectement **lié au management de la sécurité**.

## 2.3. CONTEXTE TECHNOLOGIQUE ET ORGANISATIONNEL

### 2.3.1. Contexte technologique : la représentation mentale

Certains accidents majeurs, comme l'accident de Three Miles Island aux Etats Unis dans l'industrie nucléaire, en 1979, ont bien mis en évidence le problème de la représentation mentale de l'opérateur, comme une limite pour la maîtrise d'installations extrêmement compliquées.

Un opérateur, face à certaines situations imprévues, n'est pas en mesure de comprendre en temps réel ce qui se passe au sein de l'installation. L'interface, les panneaux de contrôle, pour un pilote d'avion, comme pour un opérateur de salle de contrôle pour ce qui est des exemples les plus évidents, ne permettent pas de générer une représentation adéquate de l'état du système. L'opérateur ne réagit donc pas convenablement et c'est l'accident. L'opérateur ne peut percevoir et se forger une représentation des événements qu'à partir de cette interface. L'opérateur peut donc interpréter correctement une situation qui ne lui est accessible que par l'interface. Il s'agit souvent moins d'un problème de représentation mentale que des limites de conception des interfaces.

Dans l'exemple utilisé ici, il est possible que l'opérateur qui utilise sa lance d'incendie n'a pas conscience des conséquences potentielles de son intervention par rapport au risque

d'explosion de poussières. Aurait-il fallu interdire cette opération ? Avait-elle été bien interdite mais finalement non respectée ? Si oui, pourquoi cette activité n'avait-elle pas été respectée ?

La présence de dépôt de poussières dans la canalisation par contre ne semble pas un problème de représentation mentale ici. Il est possible que ce risque n'ait pas été identifié, à savoir qu'il n'était peut-être pas prévu d'opération de nettoyage. Ou peut-être était-elle prévue mais pas, ou mal appliquée ?

En fait, poser ces questions consiste à chercher **quelles mesures organisationnelles auraient peut-être permis d'éviter une telle situation**. « Peut-être » car il ne s'agit pas de prétendre concevoir quelles actions aurait permis d'éviter une telle situation de façon certaine, mais seulement de suggérer, à la lumière de principes connus, ce qu'il manque dans ce cas en terme de gestion de la sécurité.

### 2.3.2. Contexte organisationnel : le système de gestion de la sécurité

Dans cette perspective, les principes énoncés dans les bonnes pratiques, fruit de l'expérience industrielle et inspirés par les méthodes d'assurance qualité et d'amélioration continue, qu'on retrouve aujourd'hui formalisées dans les systèmes de gestion de la sécurité (ex : annexe 3 de la directive SEVESO II, Responsible Care, OHSAS 18001, ISRS etc...) sont de bons repères.

On peut parler ici de « mécanismes organisationnels » ou **d'activités de gestion des risques**, et leur absence est bien une première indication en terme de contexte organisationnel.

Citons les principales activités qui sont indispensables à une gestion du risque majeur (à partir par exemple de l'annexe 3 de la directive SEVESO II): **l'analyse de risque, la formation, la définition des rôles et responsabilités, la maintenance, la gestion des modifications, la maîtrise opérationnelle, la gestion des sous-traitants, le retour d'expérience, l'audit**, appliqués à toutes les phases **du cycle de vie de l'installation**, à savoir: en conception, en construction, en exploitation, en maintenance.

Si ces activités ne sont pas mises en place alors la prise en compte des risques générés par l'installation, au niveau du système de management, n'existe pas a priori<sup>3</sup>.

Dans les deux exemples ci-dessus, les questions qui peuvent découler de cette approche du contexte organisationnel sont :

⇒ Pour la présence de dépôt de poussière dans la canalisation:

- Cycle de vie : exploitation
  - Est-ce que cette activité de nettoyage avait été identifiée dans l'analyse de risque ?
  - Est-ce qu'il existait un mode opératoire décrivant cette opération ?
  - Est-ce que les opérateurs qui étaient chargés de faire cette opération étaient formés ?

---

<sup>3</sup> dans l'absolu, il n'est pas requis que ces activités soient toutes décrites par des documents, il se peut que certaines entreprises où la formalisation de ces activités n'existe pas gèrent pourtant le risque selon ces principes... mais ceci semble plutôt improbable ... comment une entreprise pourrait elle s'organiser aujourd'hui sans un minimum de directives et procédures bâties en accord avec un risque identifié au préalable par une analyse de risque?

- Est-ce que cette opération était auditée pour s'assurer de son bon déroulement ?
- N'y avait il pas de retour d'expérience sur des incidents de ce type ? etc ...

- Cycle de vie : conception :

Est-ce qu'au moment de l'analyse de risque en conception ce problème avait été identifié ?

Est-ce qu'il avait été choisi de ne pas prendre de mesure ? etc ...

⇒ Pour l'intervention de l'opérateur avec la lance incendie :

- Cycle de vie : Exploitation, situation de marche dégradée

- Est-ce que ce risque avait été identifié ?
- Est-ce que cette opération était permise ?
- Est-ce que cette opération faisait l'objet d'une consigne particulière ?
- Etc ...

Ces quelques questions révèlent un point fondamental, **la connaissance du risque**. Les perspectives sont en effet complètement différentes lorsque le risque est identifié et lorsqu'il ne l'est pas. Pourquoi ?

Lorsqu'un risque est identifié, comme par exemple la présence de poussières à un endroit de l'installation, l'analyse d'accident consiste à s'assurer de la manière dont ce risque a été géré et prévenu.

Dans le cas de l'exemple, un traitement possible du risque lié au dépôt de poussière peut être une procédure de nettoyage, ou encore l'amélioration de la conception, qui diminue l'accumulation de ces poussières. Ces deux mesures peuvent être considérées comme **des barrières de défense** car elles réduisent la probabilité d'occurrence de présence de poussière à cet endroit.

Plus haut dans l'arbre, il serait possible d'identifier d'autres barrières de défense potentielles qui préviendraient la présence des sources d'inflammations ou encore la formation d'une atmosphère explosible.

Si de telles barrières existaient, il serait possible de représenter des séquences accidentelles, à l'aide d'un arbre des causes, en représentant les barrières qui auraient dû fonctionner, placées entre les événements de la séquence (exemple figure 4). Si tel est le cas, les questions, les informations concernant l'organisation consistent à permettre de comprendre les raisons du dysfonctionnement de ces barrières (voir le cas de l'accident de Bhopal présenté en 6.3).

Or, si ces risques n'ont pas été identifiés a priori, alors ces barrières sont bien souvent inexistantes (voir le cas de l'accident de florifoux présenté en 6.2).

Il s'agit dès lors de traiter un cas où des barrières de défense n'étaient pas prévues pour prévenir ce scénario.

Il est donc important de comprendre dès à présent que les analyses d'accidents seront différentes, en fonction de la situation de l'entreprise par rapport à sa connaissance du risque induit par son activité, et en particulier du risque révélé par la séquence accidentelle.

Une classification sera présentée plus loin dans cette étude.

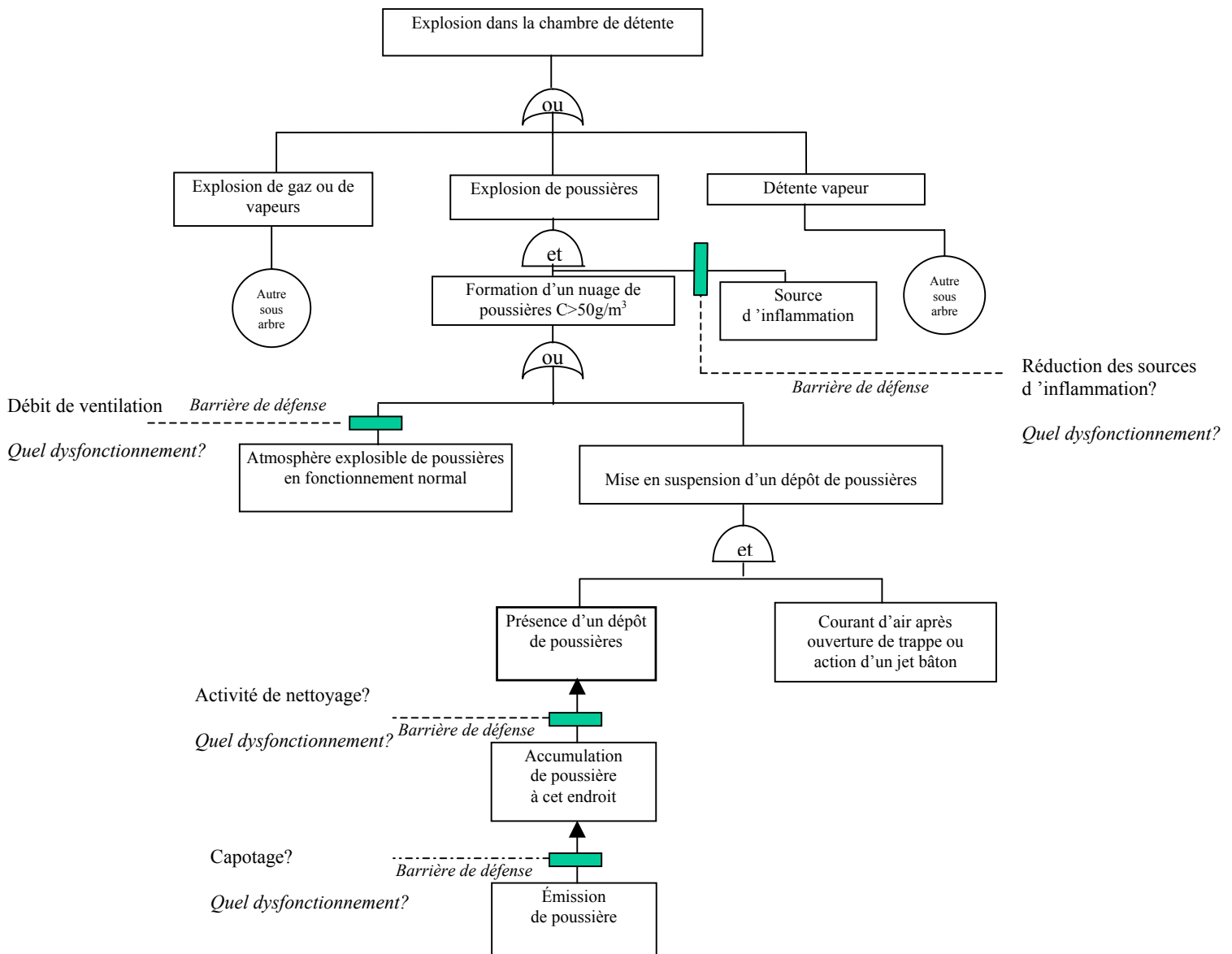


Figure 4: Exemple de représentation de barrières

### 2.3.3. Représentation

La représentation du contexte échappe à la rigueur des séquences accidentelles décrites dans les arbres de causes, car il ne s'agit plus de relations de cause à effet certaines, avec événements initiateurs. Il est impossible de dire ce qui contribue de manière mécaniste (comme dans une installation) à l'action de l'opérateur à ce stade de l'analyse du contexte **organisationnel**. Est-ce le fait que la procédure n'est pas bien décrite? Est-ce qu'il s'agit d'un manque de formation? etc ... Peut-être s'agit-il d'un peu des deux ... peut-être encore que d'autres éléments ont joué ... Une représentation possible est proposée figure 5. Cette représentation est proposée sur la base de l'absence d'informations très précises sur les barrières de défenses existantes.

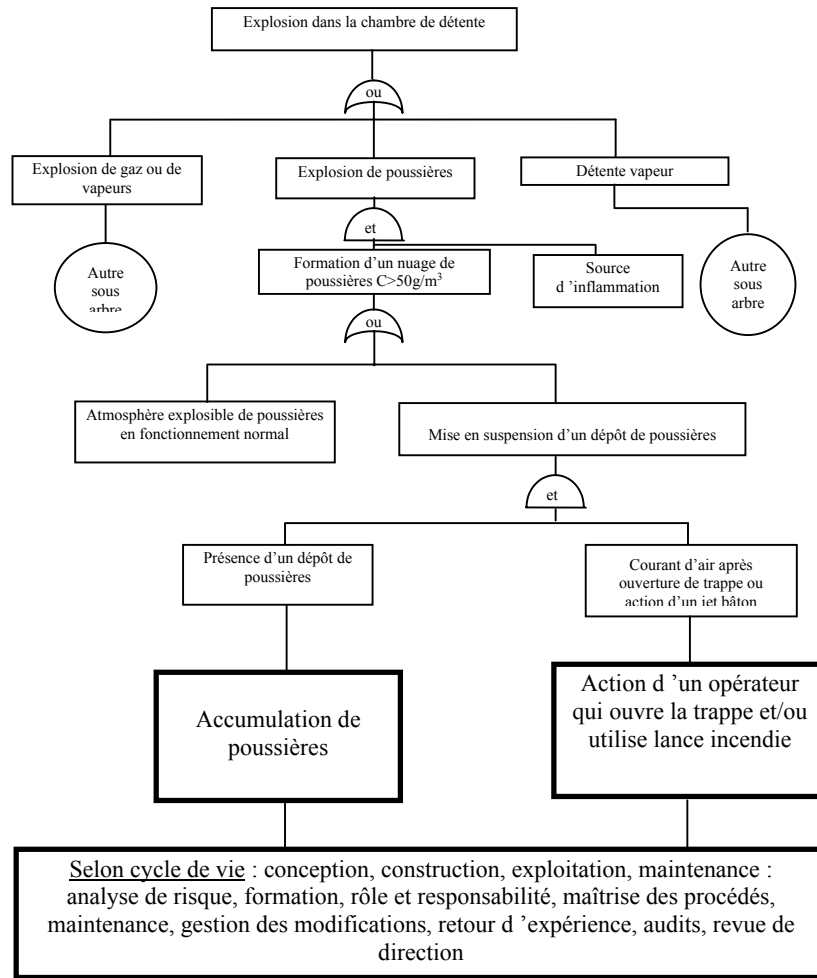


Figure 5 : Influence du management de la sécurité

### 2.3.4. Informations requises

Cette première étape de description du contexte organisationnel, qui se base sur les principes de système de gestion de la sécurité, correspond à un premier niveau d'enquête qui requiert une connaissance des principes de fonctionnement des systèmes de management, de type approche qualité. Il requiert également en terme de collecte d'informations un accès à un certain nombre de pratiques de l'industriel, qui peuvent être décrites dans les documents du système de gestion, mais également par des entretiens avec le personnel. Elle repose essentiellement sur la présence d'une traçabilité sur la mise en place de ces activités. Une telle étape peut se comparer en quelque sorte à une démarche d'audit, mais a posteriori.

### 2.4. FACTEURS DE RISQUE

Cependant, il arrive même que lorsque ces mécanismes organisationnels associés au cycle de vie de l'installation sont mis en place, conçus par le management, l'accident survienne.

Cela signifie que si la mise en place de tels systèmes permet probablement de réduire la probabilité d'un accident majeur, cela ne signifie pas pour autant que le risque zéro est garanti, loin s'en faut. Néanmoins, il s'agit aujourd'hui d'un pré-requis incontournable.

Il est important ici de noter que les recherches sur les facteurs organisationnels ont été surtout développés dans le contexte d'industries où les démarches en terme de sécurité sont déjà assez élaborées, comme la mise en place des systèmes de gestion de la sécurité du type qualité (principe de traçabilité, d'assurance et d'amélioration continue). Ce sont des industries où la performance du système dépend étroitement de son niveau de sécurité ou de sûreté, comme dans le nucléaire ou l'aéronautique.

Néanmoins ces travaux éclairent ceux menés dans d'autres secteurs (comme la chimie), où la survie de l'activité ne semble pas dépendre aussi intrinsèquement de son niveau de sécurité.

C'est le cas par exemple, **lorsque le risque a été identifié**, de la non-application de procédures portant sur des activités de gestion de ce risque (**activités importantes pour la sécurité**). Pourquoi ces procédures qui étaient prévues ne sont elles pas appliquées ? Sont-elles bonnes ou mauvaises, sont elles inadaptées à la situation ? N'y avait-il pas assez de temps à ce moment là pour pouvoir appliquer cette procédure ? Les opérateurs sous le regard consentant des managers ne contournent-ils pas les règles régulièrement pour des objectifs de production ? etc ...

Ce domaine est celui de ce qu'il est régulièrement admis d'appeler dans la littérature les facteurs de risque ou d'influence organisationnelle. Il est nécessaire de s'intéresser au travail en situation normale, en situation précédant l'accident, afin de comprendre davantage les raisons, les explications au travers de critères comme l'autonomie des acteurs, les conditions de travail, la coordination, les contraintes associées au contexte économique, au contexte réglementaire etc ...

#### 2.4.1. Représentation

Il ne s'agit pas non plus ici de causes ou d'événements initiateurs au sens mécaniste du terme mais bien d'influences ou de facteurs qui participent de manière plus ou moins importante à la séquence accidentelle. L'exemple suivi jusqu'à présent est complété par ces facteurs de risque (figure 6).

Cependant il semble que le travail sur ces facteurs de risque nécessite une plus grande finesse d'approche, dans la mesure où les travaux réalisés n'ont jusqu'à présent observé que des symptômes généraux, plutôt factuels, après enquête sur des accidents majeurs, pour lesquels il n'existe pas de réflexion sur leur origine et leur genèse (un travail de ce type est réalisé dans le cadre du développement de MIRIAM, à l'INERIS).

Parmi ces facteurs de risque il serait tentant de rajouter les aspects liés à la culture sécurité, mais la définition souffre encore aujourd'hui d'un manque de consensus au sein de la recherche et il est difficile de savoir comment et où prendre en compte un tel paramètre.



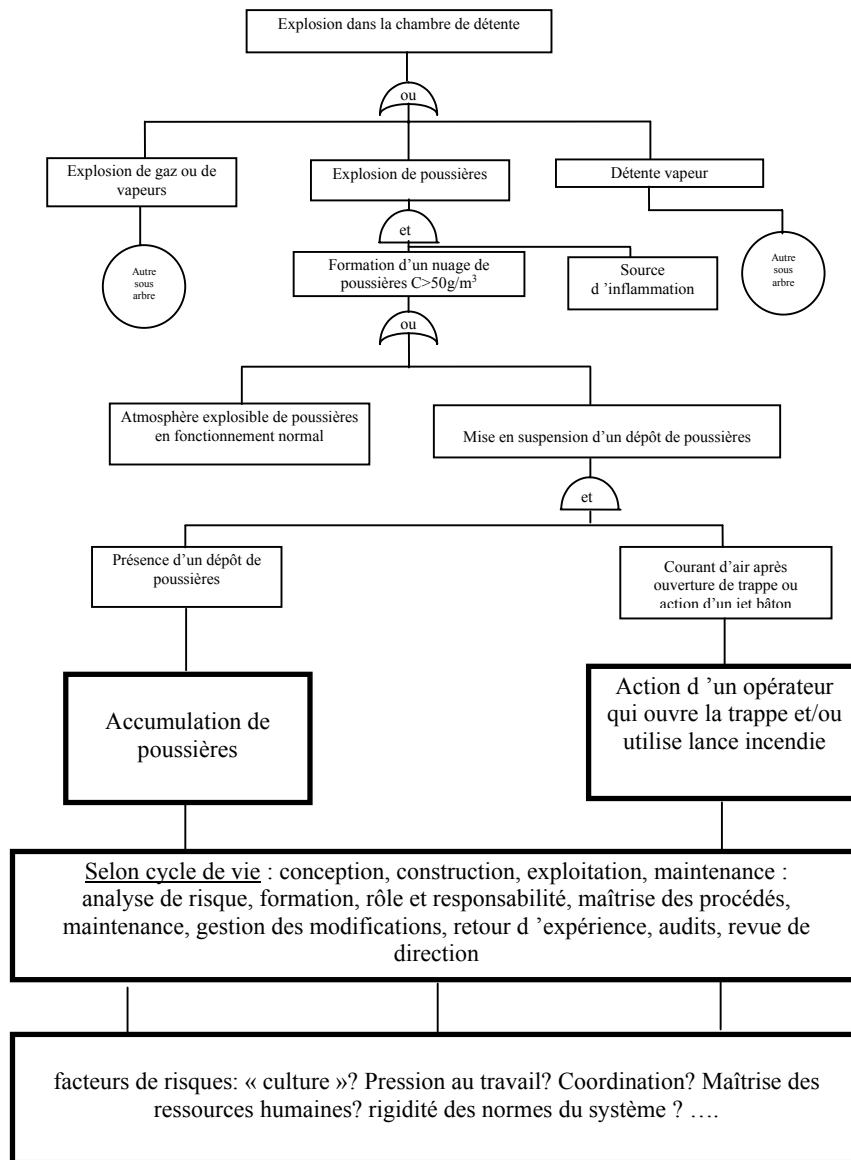


Figure 6 : Facteurs d'influences

### 2.4.2. Informations requises

Dans un tel cas, les informations requises ici sont plus délicates à obtenir que dans le cas d'une expertise technique ou dans le cas de l'observation de la traçabilité. Il faut faire une analyse très fine et longue des conditions de travail, et la collecte des informations requiert une méthodologie particulière, empruntée à la psychologie des organisations, ou à la sociologie des organisations par exemple. De plus, l'accès à de telles informations n'est souvent possible que dans le cadre d'une enquête judiciaire où les moyens de la justice sont déployés.

### **2.4.3. Remarque**

L'analyse des accidents gagnera en qualité d'un point de vue des aspects organisationnels à partir du moment où les informations nécessaires seront disponibles. Il est possible de récupérer ces informations en posant les bonnes questions en ce qui concerne les activités de gestion du risque majeur, en rapport avec les principes de gestion des risques de type SGS-SMS.

L'analyse de facteurs de risques ou organisationnels semble plus délicate pour le moment à recueillir car ne reposent pas sur le principe de traçabilité.

Le chapitre qui suit amène d'autres notions concernant l'analyse des accidents, elle requiert encore un autre niveau de collecte de l'information et encore plus d'expertise complémentaire pour le traitement de cette information. Il semble néanmoins important dans cette étude de présenter ces notions.

### 3. LA COMPLEXITE DES PHENOMENES ACCIDENTELS

Il semble en fait qu'il soit possible d'aller de plus en plus loin dans la recherche d'une explication des accidents majeurs. Intuitivement, il est évident que c'est l'ensemble du fonctionnement d'un système qui permet l'accident majeur, ce sont les contraintes économiques, c'est la manière dont est assuré le contrôle de ses installations par l'autorité, c'est la gestion politique des installations, etc ...

La compréhension des accidents révèle donc la complexité de l'activité humaine et la difficulté d'identifier clairement de potentiels événements initiateurs, comme il est fait dans les arbres des causes en ce qui concerne les séquences accidentelles.

De la défaillance technique en passant par l'erreur humaine, puis par l'organisation et maintenant l'organisation et son contexte, il semble que la compréhension de ces phénomènes nécessite la prise en compte de la dynamique du système. Cette figure illustre l'évolution de la recherche vers la nécessité de plus de recul pour englober le système, et rendre le phénomène accidentel plus intelligible (exemple ici avec le cas du nucléaire, à partir d'un schéma de Fahlbrug et Wilpert, 1997, figure 7).

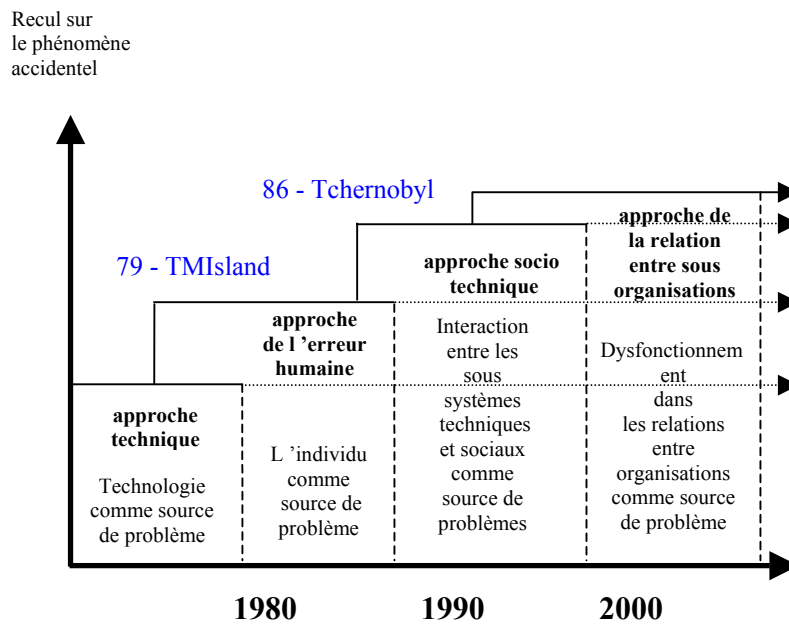


Figure 7 : Evolution de la recherche dans le nucléaire

Ainsi, il est nécessaire d'employer beaucoup de temps et de moyens afin de construire une interprétation intéressante et approfondie de l'accident. Il suffit de regarder pour s'en convaincre les travaux effectués en la matière et qui font référence dans le domaine (D.Vaughan, 1996, Michel Llory, 1996 et le pionnier dans la discipline, B.Turner, 1978). Cela peut prendre des années de collecte et de traitement de l'information.

La difficulté vient de cette approche qui est devenue nécessairement systémique : elle implique que le comportement d'un système ouvert (comme celui d'une entreprise à risque) ne peut se rendre intelligible qu'en considérant le système globalement, à savoir une entreprise et ses interactions internes (opérateurs, managers, directeurs ...) mais aussi externes

(avec son environnement : contractants, contraintes du marché, opinion publique, organismes de contrôle, autorité publique, partenaires économiques...).

« Le tout est plus que la somme des composants » est l'illustration de cette idée de vision systémique des phénomènes perçus complexes comme l'accident majeur ; or ce tout est d'ordre technique, d'ordre sociologique, d'ordre psychologique, d'ordre économique, d'ordre politique etc ... ce sont toutes les disciplines qui décrivent aujourd'hui notre monde au travers de la science qui sont susceptibles de concourir à une explication des phénomènes accidentels. Comme l'écrit justement Gérard Mendel dans la préface de l'ouvrage de Michel Llory « accidents industriels, le coût du silence » : « *un accident de grande ampleur, c'est pourrion dire la revanche de la réalité globale sur la vision réductionniste de la science spécialisée* ».

Une recherche sur la compréhension des phénomènes accidentels qui ne considérerait qu'une partie du système ne ferait que regarder par le « trou de la serrure » une réalité perçue beaucoup plus complexe. Cette démarche est pourtant parfois la seule possible au vu des comptes rendus disponibles sur les phénomènes accidentels.

### 3.1. L'HYPOTHESE DES PRECURSEURS OU SIGNAUX FAIBLES

Les enquêtes judiciaires poussées par exemple (cf. Lord Cullen sur Piper Alpha), fournissent suffisamment de détails pour permettre une reconstitution d'un contexte factuel, décrivant la vie de l'organisation avant (des années avant l'accident), puis au moment de l'évènement. Sans les précisions apportées par cette multitude d'informations reconstituant un contexte factuel, il n'est pas possible de tirer des enseignements de fond.

De ces enquêtes judiciaires sur certains des grands accidents majeurs (Challenger) a été conçue l'hypothèse de précurseurs (auparavant élaborée par B.Turner, 1978 et sa période d'incubation). Ces précurseurs sont des informations concernant des aspects de la sécurité et du niveau de risque d'une installation par exemple, qui existent bien souvent sous forme écrite ou verbale avant les accidents au sein de l'organisation (l'exemple des attentats du 11 septembre en est une illustration).

Une des questions est de savoir pourquoi, alors que visiblement, après coup, ces informations existent au sein de l'organisation, elles ne sont pourtant pas traitées ? C'est-à-dire, comment les informations, ne sont pas, soit combinées pour faire apparaître le risque au travers des processus organisationnels ( **dans le cas en particulier où des risques ne sont pas identifiés à partir de l'analyse de risque** ), soit non prises en compte par les décideurs lorsqu'elles semblent pourtant claires après accident ?

### 3.2. LE « COMPORTEMENT » VERS L'ACCIDENT

Une explication de ce type a été proposée par Diane Vaughan dans le cas de l'accident de la navette Challenger. Sa recherche a nécessité une totale immersion dans la situation pré-accidentelle afin de comprendre à l'aide de méthodologies variées (psychologie, sociologie, ethnologie), dans une démarche qualifiée de « située » (dans le sens où elle s'immerge dans un contexte le plus proche de celui de l'organisation). Sa théorie ou modèle de la normalisation de la déviance explique pourquoi en quelque sorte ces précurseurs ne sont pas traités de manière collective par l'organisation (voir « the challenger launch decision », 1996). Cette interprétation, cette conception d'une explication, tirée de son observation détaillée

d'une réalité perçue complexe, décrit une dynamique, un comportement organisationnel vers l'accident. Il n'y a pas de causalité unique mais un ensemble de facteurs contribuant à la dynamique du système vers l'accident. Son analyse a requis des années de travail.

Il semble en effet plus pertinent de comprendre un phénomène accidentel sous cet angle plutôt que sous l'angle du contexte purement factuel, où les faits (décisions, informations présentes, et actions) ne sont pas projetés dans le contexte dynamique dans lequel ils s'inscrivent, et perdent de leur sens. En effet, il existe des décisions menant à des « erreurs » mais celles-ci n'ont de sens que face à la complexité des situations, à l'incertitude et contraintes auxquelles sont confrontées les décideurs.

Dans une hypothèse où on ne vient pas travailler et prendre consciemment des décisions qui sont susceptibles de générer des accidents majeurs, il est indispensable de se poser la question du pourquoi de ces informations (précurseurs) ignorées (volontairement ou non) par les managers et décideurs lorsqu'elles sont à leur disposition. Trois aspects sont donc possibles ici, un aspect cognitif : quelle représentation mentale se forment les décideurs de la situation de l'état du système par rapport au risque majeur, à partir de laquelle ils prennent leur décision ? Un aspect peut être plus stratégique : quelles contraintes s'exercent sur les décideurs au moment de leurs décisions, qui peuvent expliquer leurs choix par rapport aux objectifs qu'ils se sont donnés ? Enfin un aspect collectif dans la mesure où les décisions sont souvent le produit d'une réflexion collective.

La difficulté est donc de taille ; il s'agit d'expliquer, après coup, un accident en faisant en sorte de « re-contextualiser » les données, de « re-contextualiser » le contexte factuel, afin d'aboutir à une explication plausible, sans bouc-émissaires, de coupables désignés, qui fait régulièrement pencher l'explication de l'accident dans un type de causalité pratiquement unique et déterminée, qui ne permet pas de comprendre le pourquoi du comportement global du système vers l'accident. Cette difficulté de produire une vision systémique de ce type, qui permettrait de rendre intelligible un phénomène perçu complexe, peut être représenté sur ce schéma (figure 8).

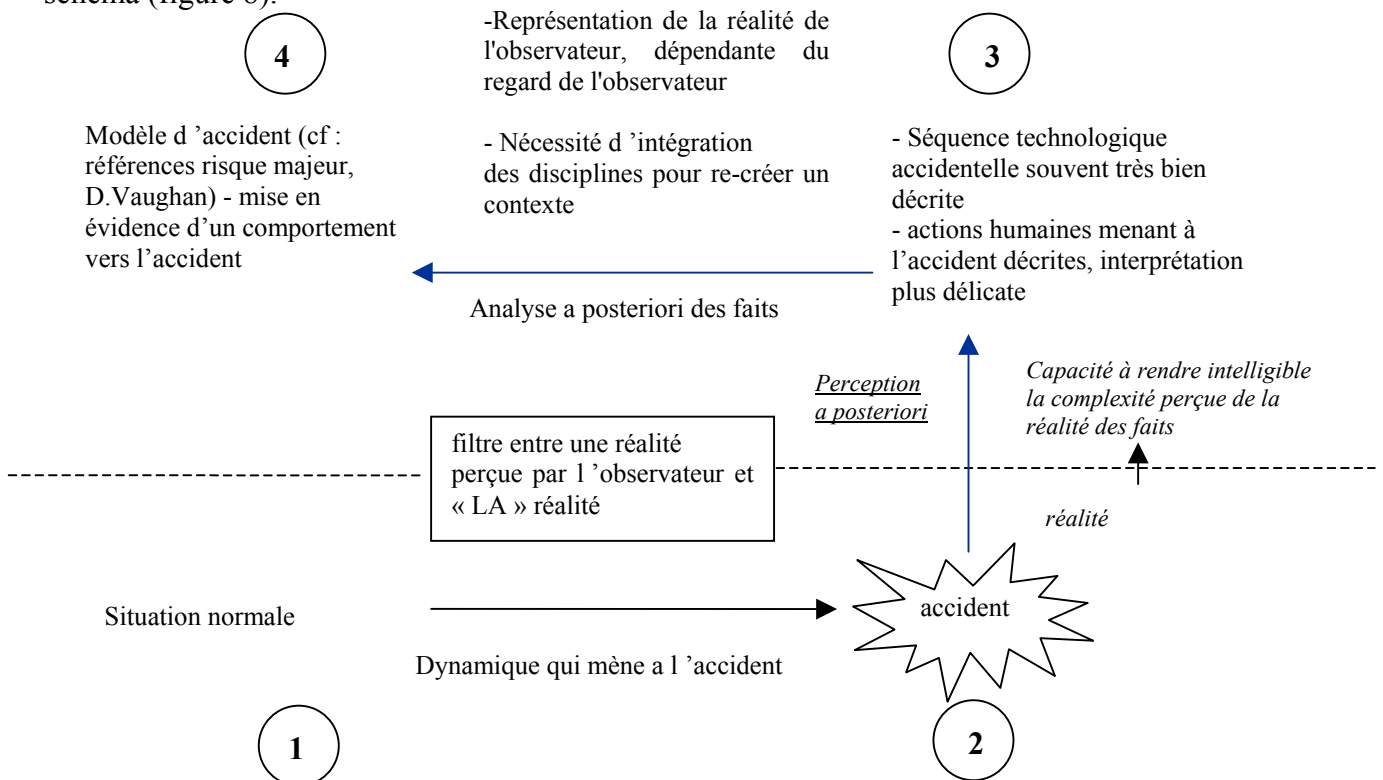


Figure 8 : Conception d'une explication de l'accident

En 1, la situation est normale, l'activité de l'entreprise suit son cours, en 2 c'est l'accident. Entre 1 et 2 une évolution, des changements, un comportement, une dynamique amène l'accident.

En 3, c'est l'analyse de l'accident, le fait technologique est décrit ainsi que les actions humaines qui le précèdent et l'accompagnent. Il est plus difficile de décrire un comportement du système vers l'accident, cela requiert la reconstitution du contexte, puis la compréhension du pourquoi, dans ce contexte, d'une dynamique vers l'accident. Cette compréhension est nécessairement globale. C'est l'étape 4. La transition de l'étape 3 à l'étape 4 requiert l'interdisciplinarité et un travail très important de reconstitution et de re-contextualisation.

Le meilleur exemple jusqu'à ce jour étant le travail de Diane Vaughan sur l'accident de Challenger. Le défi ici est de rendre intelligible la transition d'un fonctionnement normal à un fonctionnement pré-accidentel jusqu'à l'accident<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Il est important de préciser que son analyse porte sur une organisation où la sécurité était intégrée à la gestion du système, dans une industrie de haute technologie, celle de l'exploration spatiale. Ce qui n'est pas le cas de bien des industries comme la chimie par exemple, où le niveau d'exigence réel (par comparaison à celui déclaré) n'atteint pas celui de systèmes où les 2 sont intrinsèquement liés (qualité - sécurité - sûreté, comme dans le nucléaire ou l'aérospatial), et où les risques résiduels ou non identifiés sont « traqués » par rapport au niveau sécurité déjà atteint par ces systèmes, d'où l'hypothèse de précurseurs.

## 4. SYNTHÈSE A L'AIDE DE « FILTRES »

---

Le schéma suivant (figure 9) a pour but de proposer une synthèse des démarches de compréhension du mécanisme des accidents majeurs tel qu'il a été présenté pour partie dans l'exemple (assez simple) précédent sur l'explosion de poussières.

Il a pour but également de bien montrer que les **comptes-rendus d'accidents devront être plus riches en informations** si l'on souhaite approfondir les connaissances sur les accidents majeurs.

Il est possible de tenter de représenter cette démarche sous forme de filtres ou niveaux d'informations, qui dépendent d'une part de la qualité et de la quantité de l'information qui décrit l'accident et d'autre part des moyens d'expertise disponibles pour traiter ces informations.

**Le filtre 1** correspond à la séquence de phénomènes physiques accidentels dans l'installation. Elle requiert une compréhension des mécanismes physiques qui génèrent la libération d'énergie. Cette description est plutôt objective. Il s'agit d'une description mécaniste, modélisée par un arbre des causes, dans une séquence d'enchaînement de causes – effets à partir d'événement initiateurs identifiés (souvent plusieurs hypothèses sont formulées à partir desquelles un consensus scientifique est trouvé).

**Le filtre 2** est la prise en compte des actions humaines qui ont précédé, ont déclenché, ont accompagné, ont permis cette séquence accidentelle. Cette étape est également plutôt objective, relativement factuelle, bien que l'explication d'un point de vue cognitif ou contextuel des actions des opérateurs commence à être délicate.

**Le filtre 3** requiert davantage d'informations sur l'organisation. Il s'agit de générer un contexte qui permet de décrire plus précisément l'organisation du système, dans lequel les opérateurs sont à l'origine d'une séquence accidentelle.

Il y a trois niveaux de proposés ici.

1. Le premier correspond à ce qu'on pourrait assimiler aux systèmes de management de la sécurité. Il s'agit de l'information correspondant à ce qui existe en terme d'activités dédiées à la prévention du risque majeur. Idéalement, il devrait y avoir une analyse de risque qui permette de savoir quels sont les risques liés à l'installation et les fonctions importantes pour la sécurité sur les installations. A partir de là, il serait possible de savoir si les activités qui doivent être assurées le sont (formation, définition des rôles et des responsabilités, maintenance, gestion des modifications, maîtrise d'exploitation, audit, inspection, revue de direction), au travers du minimum requis de traçabilité.

2. Le deuxième est dédié aux organisations qui ont en place des systèmes de management de la sécurité basés sur une analyse de risque et dont les conclusions sont utilisées pour mettre en place les activités requises. Malgré ces pratiques organisationnelles, l'accident survient. La notion des facteurs de risques est introduite ici.

3. Enfin l'hypothèse des précurseurs. Dans le cas où l'analyse de risque est faite mais où le risque n'est pas identifié, il est possible de voir que des précurseurs existaient au sein de l'organisation qui auraient permis de prendre en compte un risque potentiel non identifié.

Cette étape correspondant au filtre 3 doit rester factuelle, mais il est déjà plus difficile de restituer un contexte, il y a déjà ici plus de subjectivité de la part de l'observateur. Les enquêtes judiciaires ont les moyens de fournir un contexte factuel assez poussé. Il n'y a plus de relation mécaniste ou déterministe dans les relations de causes à effets mais plutôt une reconnaissance d'un ensemble de facteurs combinés menant à l'accident.

**Le filtre 4** est le dernier filtre correspondant à la capacité d'intégrer un contexte factuel dans une vue globale qui permet d'apprécier les contraintes exercées sur les acteurs, puis de comprendre davantage leurs décisions dans l'action. Il s'agit d'être capable de concevoir un comportement du système vers l'accident, d'une situation normale à une situation pré-accidentelle, puis à l'accident.

Plus on monte dans les filtres et plus on s'éloigne de la séquence technologique, plus la nécessité d'intégration de disciplines est requise pour rendre intelligible cette complexité apparente, qui requiert une vision globale du phénomène.

La flèche de droite illustre la transition d'un monde mécaniste (positivisme) supportée par l'analyse et l'objectivité (la séparation sujet – objet) et représenté par l'arbre des causes pour la séquence, à un monde non mécaniste supportée par la « conception » d'explication et l'approche systémique, où la subjectivité de l'observateur est reconnue, sans pour autant réfuter la validité des modèles proposés pour rendre intelligible les phénomènes perçus complexes.

En terme de représentation, de modélisation pour l'expertise, l'approche analytique s'applique à un système technique compliqué voire extrêmement compliqué (représentation du type arbre des causes), l'approche systémique devrait s'appliquer à un système perçu complexe (l'activité humaine, représentation encore peu élaborée pour le moment).



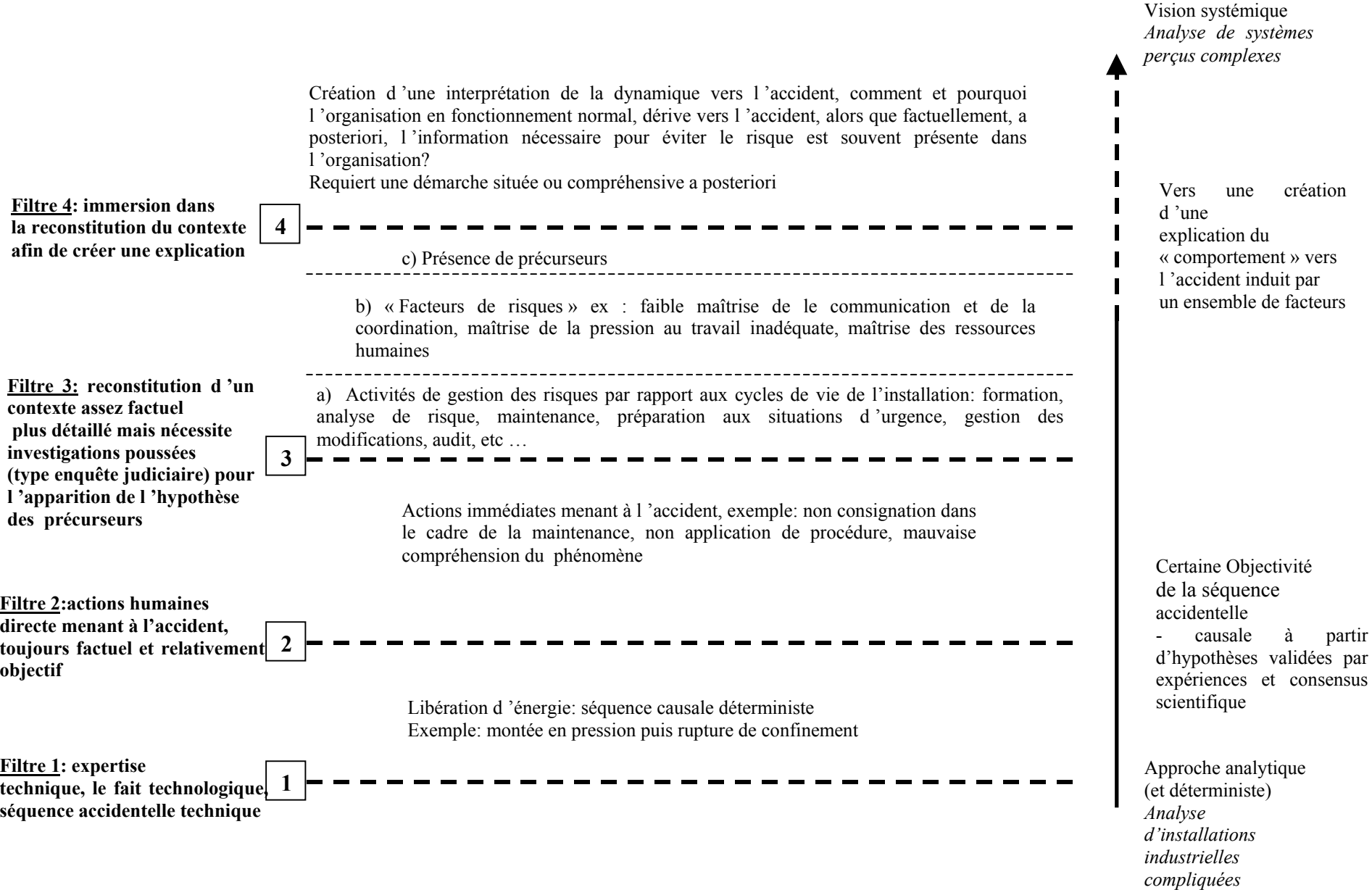


Figure 9 : Synthèse, 4 filtres

## 5. CLASSIFICATION

Il est possible de proposer cette classification pour l'analyse organisationnelle de l'accident (figure 10) :

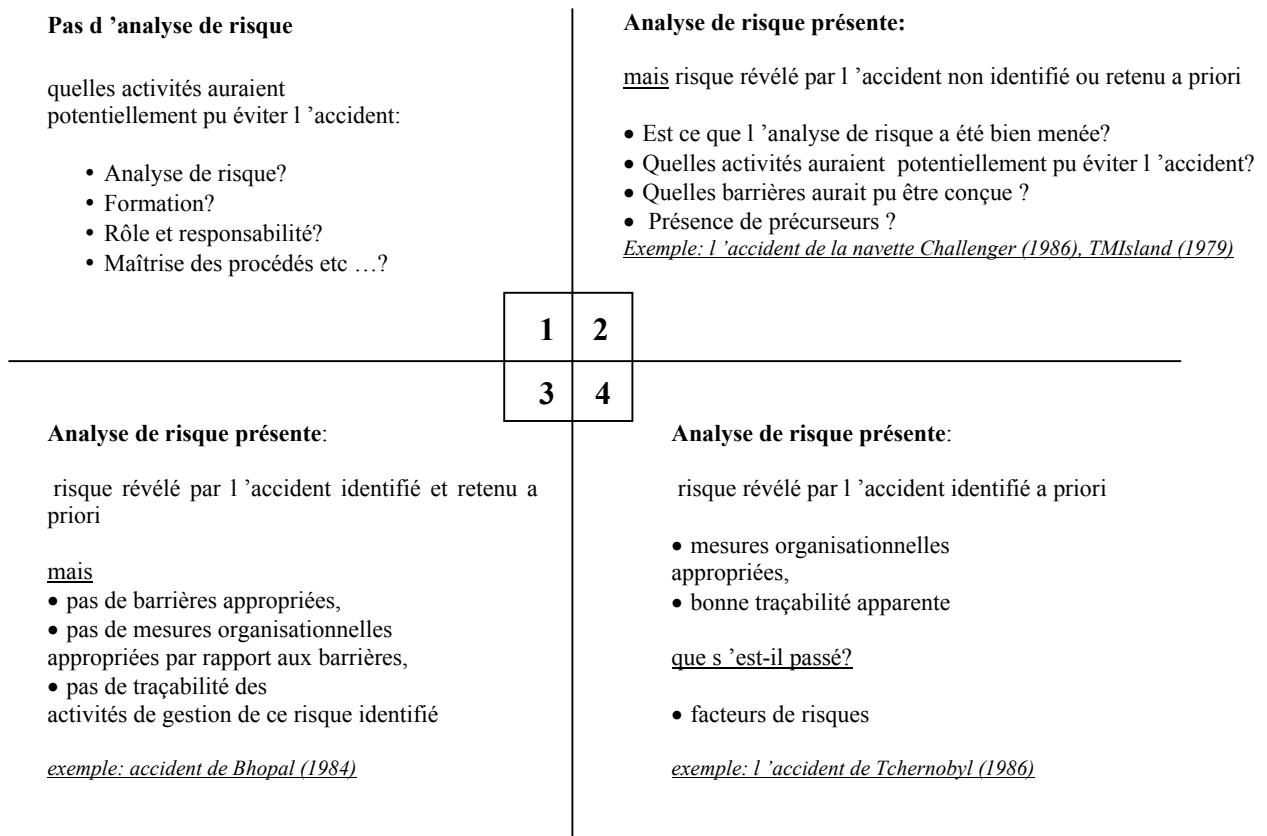


Figure 10 : Classification par rapport à des types de situations

1. L'entreprise qui vient de subir l'accident n'a pas d'analyse de risque de formalisée. Le risque était-il pour autant connu ? Si oui, quelles mesures étaient en place pour prévenir ce risque ? Existait-il des barrières issues de la conception ? Quelles sont les dispositions organisationnelles du type système de management de la sécurité qui auraient permis de réduire la probabilité de l'accident à partir de la gestion de ces barrières? Est-ce qu'une démarche de ce type existe dans l'entreprise ? etc...

2. L'analyse de risque a été faite, mais le scénario de l'accident n'avait pas été envisagé. Comment a été menée l'analyse de risque ? Quel groupe de travail a généré cette analyse ? Est-ce que le retour d'expérience aurait pu permettre de détecter un tel risque non pris en compte a priori ? Est-ce qu'il existe des traces de retour d'expérience en rapport avec des incidents ou accidents de ce type ? etc...

3. L'analyse de risque est présente et ce scénario identifié, cependant l'étude de la mise en place du système de management de la sécurité révèle des carences importantes, du type

manque du suivi de la formation, manque de réflexion sur la maîtrise de situations en mode dégradé etc ...

4. Présence d'une analyse de risque qui a identifié ce scénario, puis mis en place un système de gestion de la sécurité qui apparaît, au travers de la traçabilité, comme étant bien mis en place par rapport aux conclusions de l'analyse de risque (barrières de défense identifiées). La question est de savoir quelles sortes de facteurs de risques ont pesé sur l'organisation qui a amené à défaillir.

Par rapport à la typologie des filtres, cette approche organisationnelle, basée sur la notion de système de management de la sécurité, se situe aux 2 premiers niveaux du filtre 3. Les personnes mettant en place cette démarche doivent maîtriser les principes associés à la mise en place et fonctionnement de système de management de ce type.

Les analyses d'accidents qui seront proposées plus loin en chapitre 4, ne dépassent pas, de la même manière, les aspects liés aux principes des systèmes de management, et intégreront en fonction de l'information disponible un peu du contexte dans lequel se déroule l'activité de l'entreprise (soit aux deux premiers niveaux du filtre 3).

## 6. PRESENTATIONS DE CAS

Les deux cas qui sont présentés dans cette partie mettent en évidence des problèmes organisationnels. Ils ont pu être présentés sous l’angle de l’analyse organisationnelle **grâce à la quantité et la qualité de l’information fournie dans les comptes rendus**. Sans cela une telle approche ne serait pas possible. Dans un des cas, l’accident de silos, il n’y avait pas d’analyse de risque permettant d’identifier les accidents susceptibles de survenir, donc pas de barrières de défense associées en conception, a priori, et spécifiquement pour les scénarios.

Une représentation basée sur les niveaux empruntés à Accimap (voir présentation en annexe) est produite ici dans chaque cas. Dans le cas de l’accident de Bhopal, une représentation du type Accimap est également proposée. Les descriptions des installations techniques ne sont pas présentées, seules les problèmes organisationnels sont mis en évidence dans ces études de cas.

Par rapport à la classification proposée ci-avant, il est possible de positionner ces cas de la façon suivante (figure 11) :

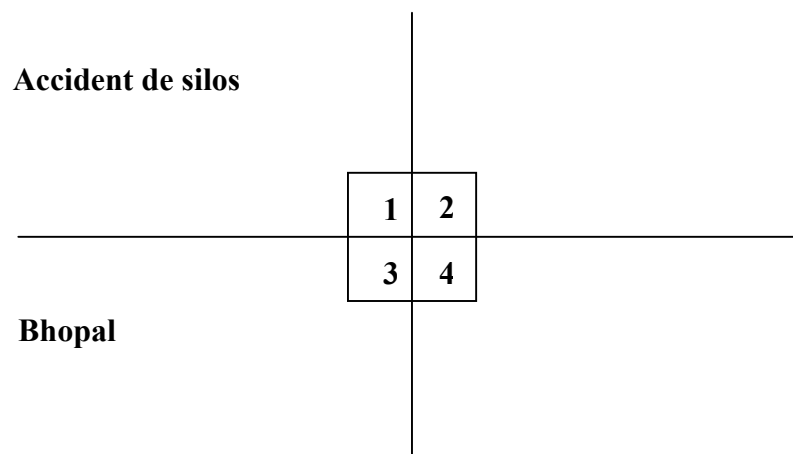


Figure 11 : Classification des accidents étudiés

### 6.1. ACCIDENT DE FLORIFFOUX

Dans un complexe de stockage de céréales, une explosion de silo à grains a eu lieu près de Namur en Belgique faisant 5 morts et plusieurs blessés en 1993.

#### Description de l’événement, des installations et du contexte

Cet accident est consécutif à des opérations simultanées de nettoyage et d’exploitation de l’installation, et des travaux par point chaud : découpe à la disqueuse et au chalumeau. Les dommages se situent principalement au niveau de la partie centrale du silo affectée au travail du grain : nettoyage, séchage et pesage des produits. Cette partie était en cours de nettoyage au moment du sinistre. Des effets de pression importants se sont également produits dans le tunnel de reprise des produits et ses prolongements : dalles de béton arrachées et retournées

sous les cellules rectangulaires. Des projections de bardages métalliques ont eu lieu jusqu'à une distance de 80 à 100 m, dont notamment de l'autre côté de la rivière passant à proximité.

Le site, datant du début des années 70, est l'un des plus importants complexes de stockages de céréales en Belgique. Il comporte un silo horizontal à aération forcée contenant 62 000 tonnes de froment appartenant à l'Office Belge de l'Economie et de l'Agriculture et un ensemble compact constitué de cellules verticales circulaires, d'un bâtiment de traitement des produits et d'un second ensemble de cellules rectangulaires où étaient stockées entre 25 000 et 30 000 tonnes de produits. La hauteur de l'installation est de 60 m.

Les silos sont en béton armé. La tour est constituée d'une charpente métallique fermée par un bardage (qui fera office d'évent lors de l'explosion). Au pied des silos, en sous-sol, des sortes de galeries ("caniveaux") abritent les trémies de vidanges et les bandes transporteuses conduisant le grain aux élévateurs placés dans la tour; une passerelle supportant une bande transporteuse relie la tour au quai de la rivière pour le chargement des bateaux. Au rez-de-chaussée de la tour se trouvent la salle de commande et un atelier, au premier étage un bureau. Au-dessus, il y a cinq étages pour la manutention des grains.

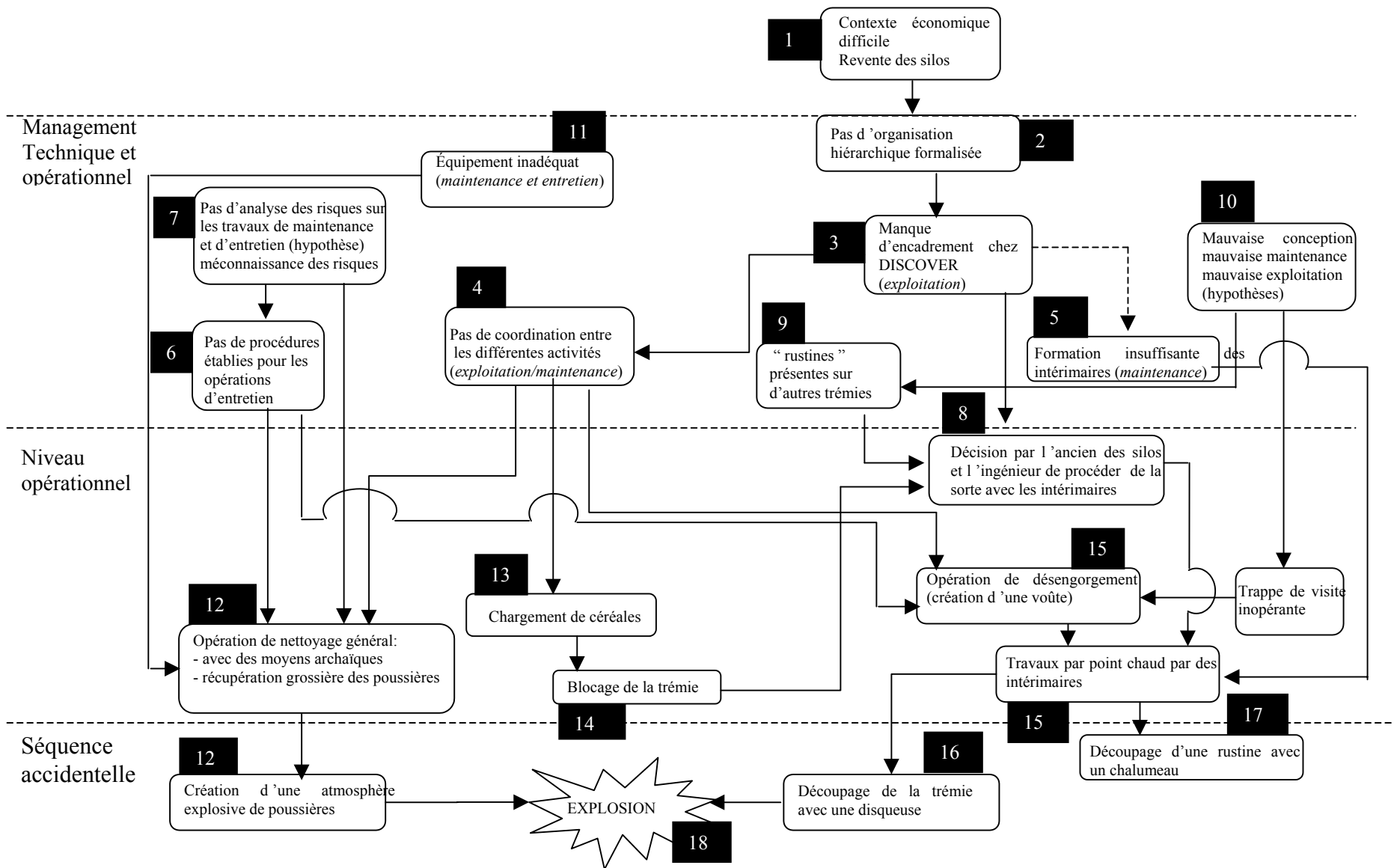


Figure 13 : Représentation de l'accident de Florifoux  
30/45

**Commentaires associés à la représentation (figure 13):**

1. Peu avant l'accident, la situation économique des silos est critique. Le propriétaire, la coopérative INTERAGRI, a déposé le bilan. Une société wallonne, SCAMH, propose de racheter les silos et de réembaucher 3 ouvriers. Le Tribunal de Commerce de la ville accepte l'offre. Mais, en réalité, la société SCAMH agit en sous-main pour une autre société. Sous seing privé, elle revend aussitôt les silos à S.A. DISCOVER qui, étant flamande, craignait de voir son offre écartée. La vente est donc tenue secrète par S.A. DISCOVER qui ne souhaite pas, dans un premier temps, apparaître comme le véritable propriétaire des silos.

2. Cette situation confuse, due à la revente des silos dont les transactions flamo-wallonne, ont conduit à l'indétermination de l'identité de l'exploitant. Ceci expliquera également la difficulté des secours à avoir un interlocuteur et à disposer de la description de l'installation.

3. Par conséquent l'indétermination des rôles et responsabilités ne facilite pas la gestion du site, qui souffre dès lors d'un manque d'encadrement efficace. En tout état de cause une seule personne d'encadrement est prévue pour gérer les opérations d'exploitation et de maintenance.

4. Ainsi, l'un des facteurs qui a conduit à cet accident est le manque de coordination entre les différentes activités, d'autant plus que l'organisation n'est pas formalisée. En effet, sur le site se trouvent 12 personnes de 5 sociétés différentes :

- Dans la tour, 8 nettoyeurs dont 3 intérimaires de 9 mois d'expérience,
- Dans le bureau, l'ingénieur agronome, ancien directeur général d'INTERAGRI réembauché par S.A. DISCOVER,
- Dans la salle de commande, un technicien,
- Enfin sur le quai, un représentant de l'acheteur de grain et une personne affectée à la surveillance du chargement provenant de la SCAMH.

5. On relève également l'inexistence de formation du personnel aux risques de l'installation, alors que la plupart des personnes sur le site au moment de l'accident n'était pas familier au site (intérimaires), d'autant plus que le risque d'explosion de poussières n'est pas un phénomène connu par tous (à contrario du risque d'inflammation de vapeurs d'essence par exemple).

6. Les procédures utilisées pour le nettoyage de la tour de chargement se révèlent grossières et archaïques, et en tout état de cause, inadéquates pour le site. Il existait d'ailleurs d'autres systèmes d'aspiration avec des gaines souples mises en dépression.

7. Ceci laisse à penser qu'aucune analyse de risques relatives à cette opération (hypothèse formulée ici), concernant notamment l'atmosphère explosible de poussières, n'avait été réalisée, ou du moins pas correctement, cela dénote l'absence d'organisation de sécurité de l'entreprise et la méconnaissance du phénomène d'explosion de poussières.

8. A la lumière de la séquence accidentelle reconstituée, une hypothèse formulée est qu'il y ait eu une estimation erronée du danger lorsque la décision a été prise de travailler par point chaud pour désengorger la trémie alors même que l'atmosphère était poussiéreuse.

9. De plus, la présence d'autres rustines sur d'autres trémies montre que cette pratique était courante.

10. Elle témoigne d'une part probablement (hypothèse) de la mauvaise conception de l'installation pour traiter le problème d'engorgement au niveau du pied des trémies, et d'autre part (seconde hypothèse) d'une pratique potentiellement dangereuse qui n'a jamais été interdite ou dans le cas contraire, peut être jamais respectée. De tels problèmes de conception ou de maintenance surgiront comme hypothèses également à propos de la trappe de visite inopérante, qui participera directement à la séquence accidentelle.

11. A l'origine, l'installation était équipée d'un système d'aspiration des poussières, mais sans filtre. Afin d'éviter les nuisances dues à ces rejets dans l'environnement, le dispositif a été modifié, deux ans auparavant pour rejeter les poussières au rez-de-chaussée du bâtiment central. Puis le système est tombé en panne sans avoir été réparé. Les installations au rez de chaussée sont donc remplies de poussières et leur nettoyage n'a pas été fait depuis plusieurs années.

12. Les nouveaux propriétaires, décident, tout en poursuivant l'exploitation, de nettoyer les installations et notamment les sept étages de la tour de chargement. Après seize jours d'opération de nettoyage, les ouvriers en sont au premier étage. Les méthodes employées sont archaïques (balai, pelle, ..). Les poussières sont chargées sur des brouettes et déversées dans une manche en plastique débouchant au rez-de-chaussée au-dessus d'une benne. Un véritable nuage de poussières a rempli l'installation.

#### Séquence accidentelle :

13. Vers 10h, on entreprend le chargement d'une péniche à partir du silo 4 de 600 tonnes de céréales, stockées depuis 4 ans, sèches et poussiéreuses. (proportion de particules fines importantes).

14. Soudain, le grain ne s'écoule plus dans la péniche car une voûte s'est formée dans la trémie.

15. Une opération de désengorgement débute alors.

16. Il s'agit de découper à la disqueuse une petite fenêtre dans la trémie afin de passer une barre de fer pour percer le dôme (trappe de visite inopérante)

17. et, parallèlement de découper une rustine au chalumeau. Ces deux opérations sont réalisées par les intérimaires.

18. Cependant la gerbe d'étincelles provoquée par la disqueuse enflamme les poussières en suspension. Cette explosion soulève les poussières déposées alentour et par déflagrations successives, tous les silos explosent.

## **6.2. BHOPAL**

Tôt dans la nuit du 3 décembre 1984, la fuite accidentelle de MIC (isocyanate de méthyle), composé hautement toxique d'un réservoir de stockage, à l'usine de l'Union Carbide à Bhopal en Inde, a causé la mort d'environ 3000 personnes et des blessures et séquelles permanentes de plus de 200 000 personnes, avec des effets qui ont perduré dans les années qui ont suivi.



L'usine de Bhopal était située dans une zone dense de population car l'usine avait attiré énormément de populations.

L'UCIL (Union Carbide of India Limited), filiale indienne d'Union Carbide, met en service l'usine à Bhopal en 1969. Elle était initialement destinée à la formulation de pesticides à partir de substances concentrées importées de la maison mère aux États-Unis. Puis à partir de 1974, après autorisation du gouvernement central de l'Inde, elle s'est mise à fabriquer industriellement des pesticides, dont le SEVIN, en important le MIC de la maison mère. A partir de 1980, l'usine de Bhopal produit le MIC nécessaire à la fabrication des pesticides, ce qui a nécessité des extensions de l'usine.

#### Procédé de fabrication et de stockage du MIC

Le monométhylamine réagit avec un excès de phosgène en phase gazeuse pour produire du MIC et de l'acide chlorhydrique. Les produits de la réaction sont absorbés dans du chloroforme.

Le phosgène qui n'a pas réagi est séparé par distillation du liquide absorbé puis est remis en circulation dans le réacteur. Le liquide provenant de la distillation alimente la section de pyrolyse où la production de MIC a lieu. Puis le MIC est envoyé dans un distillateur puis stocké.

Le système de stockage du MIC est constitué de trois réservoirs, deux pour un usage normal (réservoirs 610 et 611) et un pour un usage de secours (réservoir 619). Les caractéristiques du réservoir sont les suivantes.

Dimensions	Diamètre : 2,4 m Longueur : 12 m Capacité nominale : 60 m <sup>3</sup>
Matériau	Acier inoxydable 304
Conditions de stockage	Pression d'utilisation : 40 psig (2.75 bar) à 121°C Pression de test hydrostatique : 60 psig (4 bar)

#### Caractéristiques des réservoirs de stockage du MIC

Un système de réfrigération de 30 tonnes permet de conserver le contenu du réservoir à 0°C en faisant circuler du fréon à travers un échangeur externe de chaleur.

Chaque réservoir est muni:

- D'un contrôleur de pression qui contrôle la pression dans le réservoir nécessitant la manipulation de deux vannes : une vanne d'alimentation en azote et une vanne de purge de vapeur,
- D'une soupape de sécurité protégée par un disque de rupture,
- D'une alarme sur la température
- D'alarmes de niveau haut et bas.

Une tour de neutralisation et une torchère permettent de traiter les gaz d'événement. La tour de lavage neutralise les gaz avec de la soude. Il y a deux entrées dans la colonne, l'une collectant les gaz des événements du réservoir (PVH) et l'autre collectant les rejets des soupapes de sécurité (RVVH). Les deux circuits sont également reliés à la torchère. La mise à l'atmosphère après passage dans la tour de lavage se fait à une hauteur de 33 m.



# Bhopal

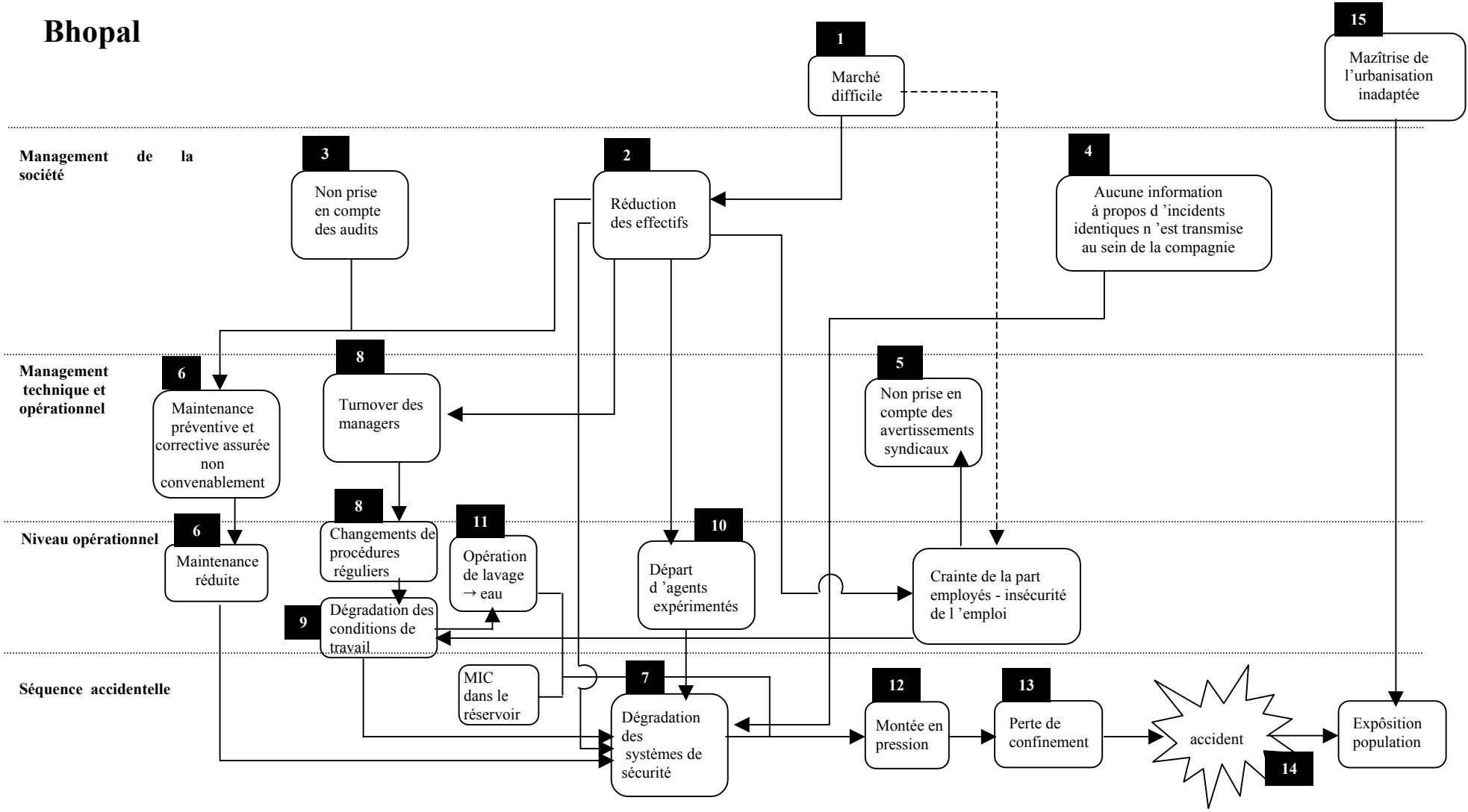


Figure 14 : Représentation de l'accident de Bhopal

## Commentaires associés à la représentation (figure 14)

1. Au début des années 80, l'usine se heurte à une crise économique : prolifération de la concurrence de petits fabricants de pesticides, conditions météorologiques défavorables, d'autres pesticides moins dangereux sont apparus sur le marché. Suite à cela, la direction de l'UCIL est modifiée en 1982 et l'usine de Bhopal est soumise à une politique économique drastique sous la pression de la maison mère.

2. Ainsi 300 employés sont congédiés et 150 employés permanents sont affectés à des travaux pour lesquels ils n'étaient pas forcément qualifiés. L'équipe de production du MIC est passée de 12 à 6 personnes.

3. En 1982, un audit a eu lieu sur le site de Bhopal. Malgré une visite globalement positive, le rapport d'audit faisait état de 10 motifs importants de préoccupation relatifs à des possibilités de fuite de MIC ou de phosgène, à la fluctuation du personnel et à des carences en dispositifs de protection (pulvérisation d'eau), en dispositifs de sécurité (soupapes, capteurs, ..), en application de procédures diverses.

Parmi les 10 motifs de préoccupation jugés importants, on en relève cinq :

- *Point 3* : Des possibilités de fuites de substances toxiques dans l'unité de fabrication du phosgène et du MIC, ou dans les dispositifs de stockage.

- *Point 4* : Le manque d'une installation fixe de protection par pulvérisation d'eau dans plusieurs secteurs de l'usine, permettant en cas de fuite de dissoudre les gaz toxiques et d'éviter leur diffusion, y compris à l'extérieur de l'enceinte de l'usine.

- *Point 7* : Des carences relatives à l'état de certains matériels (soupapes de sécurité) et aux programmes de maintenance des dispositifs d'instrumentation (capteurs de température, de pression, ..).

- *Point 8* : Des carences dans l'application des procédures de consignation, de verrouillage, de certains matériels en panne et/ou en maintenance. En particulier, dès 1982, il avait donc été reconnu des déficiences dans l'application de la procédure du "master tag", consistant à placer des fonds coulissants dans certaines tuyauteries, afin de les obstruer complètement et de façon sûre, avant de procéder à des opérations de nettoyage en amont ou aval de ces fonds.

- *Point 10* : Les experts avaient attiré l'attention sur les conséquences néfastes liées aux fluctuations importantes du personnel dans l'usine, en particulier dans le secteur de la production.

4. D'autre part, au moins cinq accidents ont eu lieu entre 1981 et 1984 à Bhopal causant la mort d'un ouvrier et de nombreux blessés, suite à des fuites toxiques dont une fuite de MIC, d'acide chlorhydrique et chloroforme en 1982. De plus, le retour d'expérience concernant la sécurité d'installations identiques dans des usines de la compagnie aux Etats-Unis n'a jamais été transmis à l'usine de Bhopal.

5. Dès 1976, les syndicats des ouvriers de Bhopal ont émis des plaintes concernant la sécurité non seulement à la direction du site mais également au ministre du travail de l'Etat de Madhya Pradesh.
6. Du fait de la situation économique et de la politique de restriction de l'usine, la maintenance n'est pas assurée convenablement, et peu à peu les barrières de sécurité ne sont plus maintenues.
7. Par exemple, sont hors service le système de réfrigération en juin 1984, la tour de lavage en octobre 1984 dans la mesure où le MIC n'était plus produit mais uniquement stocké et la torchère au cours de ce même mois car une section de canalisation corrodée menant à la torchère a été enlevée (voir liste des barrières de défense sur la figure 15).
8. Enfin, selon les ouvriers, il y avait des défaillances au niveau de l'instrumentation, telles que sur l'alarme de température haute, sur le contrôleur de pression et l'indicateur de niveau. Par ailleurs, les ouvriers ne prennent plus en compte ces alarmes, ils finissent par douter du fonctionnement en marche correcte des installations.
9. Ainsi, dans l'usine règne un état de dégradation du climat de travail dû à plusieurs facteurs énoncés précédemment : désintérêt manifeste des Directions pour l'usine, peu d'intérêt accordé par les managers à la sécurité et à la sûreté, et remplacement fréquent (*turnover*) de ceux-ci qui entraîne des changements dans les procédures de la gestion des installations, ce qui n'aide pas les opérateurs,
10. Le départ de nombreux agents et la diminution des effectifs conduisant à la suppression de postes cruciaux. La méconnaissance des particularités et difficultés par les responsables, a pu les conduire à une accumulation de décisions (ou d'absences de décisions) inhabituelle.
11. Au matin du 2 décembre 1984, les opérations de lavage ont été menées afin de dissoudre le trimer, produit de polymérisation du MIC avec l'eau résiduelle. Pour cela, les vannes ont été manipulées dans le cadre de l'opération de lavage. Ces manipulations ont entraîné l'introduction d'eau dans le réservoir (les raisons du mauvais maniement des vannes ne sont pas claires).
12. La réaction entre le MIC et l'eau a lieu à l'insu des opérateurs. A 22h45, une relève de quart a lieu. A 23h00, l'opérateur de la salle de commande remarque que la pression dans le réservoir augmente mais qu'elle reste dans la gamme de valeurs acceptable. Vers 0h15, un opérateur se trouvant près de l'épurateur entend un bruit de fuite et, après inspection, on constate qu'un mélange d'eau et de MIC s'écoule d'un piquage de la vanne de décharge principale (vanne 11). Au même moment, l'opérateur de la salle de commande constate que la pression dans le réservoir est passée de 1,8 à 2,1 bar et qu'elle augmente encore. Il va vérifier sur place. En revenant à la salle de commande, il actionne la tour de lavage mais elle ne fonctionne pas (7).
13. Des opérateurs voient des nuages s'échapper de l'unité. Des contremaîtres appellent le responsable de l'usine qui arrive immédiatement, suspend les opérations de lavage et met en route l'alarme pour prévenir les populations environnantes du danger. Il est alors environ 0h30. Quelques minutes plus tard, l'alarme est interrompue, seule demeure la sirène qui prévient uniquement les travailleurs à l'intérieur de l'usine

14. Le dispositif de pulvérisation d'eau n'est pas suffisant, le jet de gaz s'échappe à 35 m de hauteur. C'est l'accident. (représentation de type « nœud papillon » de la séquence accidentelle MIC figure 15 )

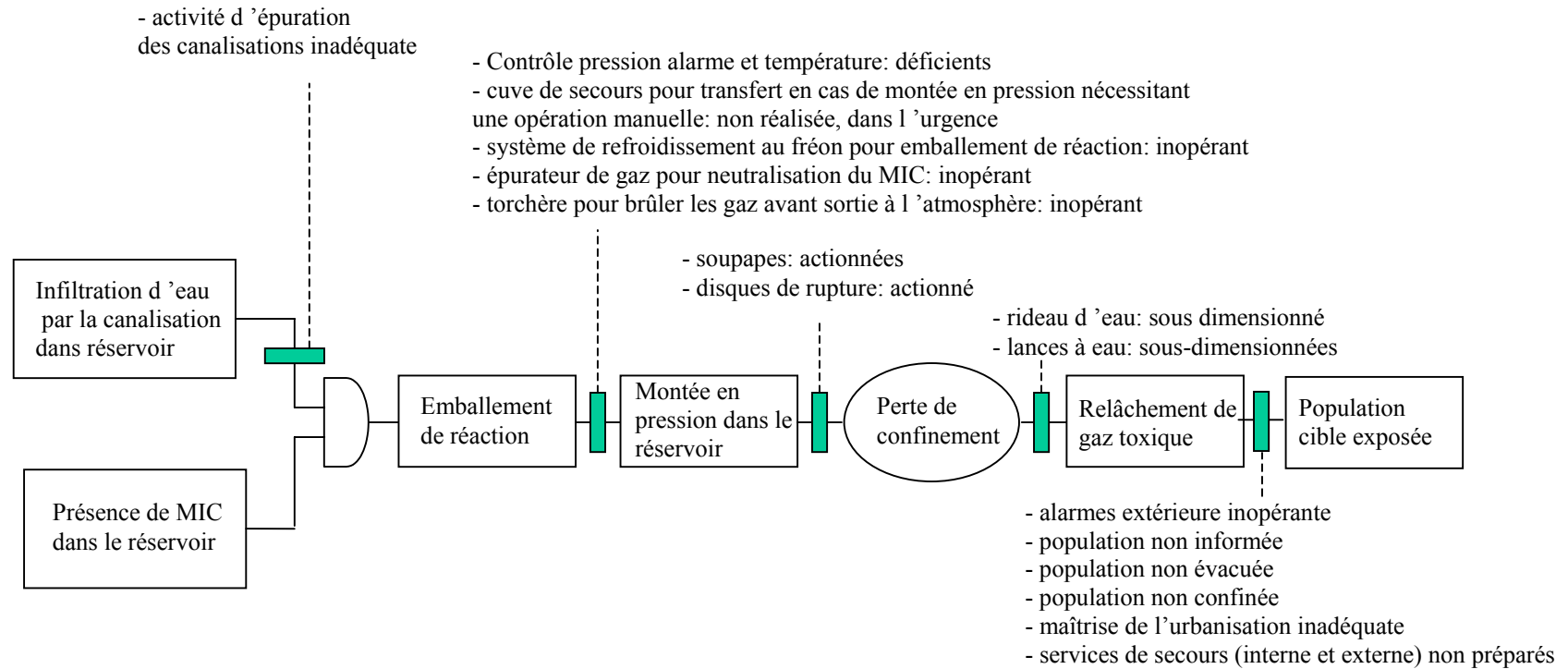


Figure 15 : Représentation de la séquence des évènements en tenant compte des barrières prévues

15. Suite aux extensions de l'usine en 1974 pour passer de la formulation de pesticides à leur production, la maîtrise de l'urbanisation n'a pas pour autant été adaptée aux nouveaux risques et la ce après autorisation du Gouvernement Central de l'Inde.

## 7. CONCLUSION

---

Les objectifs de ce rapport étaient de révéler, au travers de la littérature mais aussi d'exemples concrets, la nature organisationnelle et humaine des accidents.

La première conclusion de cette étude porte sur l'information disponible pour les analyses d'accident. Il faut en effet souligner que sans les comptes rendus d'accidents majeurs (comme Bhopal, Floriffoux), où la quête de responsabilité et de compréhension des mécanismes impliqués a contraint la justice à faire des enquêtes minutieuses, les présentations de cas insistant sur les aspects organisationnels n'auraient pas été possible.

Cette problématique de l'information a été synthétisée à l'aide de filtres (figure 9). Un premier filtre correspond à la séquence accidentelle, le filtre 2 concerne les actions humaines qui accompagnent directement l'accident, le filtre 3 intègre les aspects organisationnels et le filtre 4 conçoit une explication du comportement du système vers l'accident. Chaque filtre correspond à des étapes en terme de collecte de l'information. D'une part en terme de quantité pour alimenter le contexte dans lequel l'accident s'est déroulé, puis en qualité pour disposer des informations appropriées permettant de décrire ce contexte.

Ainsi il semble être important de s'interroger sur **la connaissance par l'entreprise du risque révélé par la séquence accidentelle**. Dans le cas où le risque était connu, grâce à une analyse a priori, il faut s'intéresser à **la gestion des barrières de défense associées**, selon des principes décrits dans les **systèmes de management des risques, selon les cycles de vie de l'installation**. **Les facteurs de risque** peuvent être abordés dans le cas où cette étape ne suffit pas. En notant cependant que la recherche sur les facteurs de risques tels que décrits dans cette étude est plus délicate et nécessite probablement des moyens que les analyses d'accidents ne peuvent pas toujours déployer.

Dans le cas où le **risque n'était pas identifié**, la question de la qualité de l'analyse de risque est soulevée, mais aussi de l'identification et l'analyse des précurseurs. En sachant encore une fois, à l'instar des facteurs de risques, qu'une telle approche semble nécessiter davantage d'informations, car la recherche de précurseurs signifie parfois qu'il faut remonter très loin dans le temps et étudier la vie de l'entreprise en profondeur. Une telle approche n'est souvent possible que dans le cas d'enquêtes judiciaires, ou dans le cadre de la recherche, suite à des accidents majeurs.

La deuxième conclusion porte sur la manière de collecter ces informations. Il faut définir de manière plus précise les méthodologies. Celles-ci ont été évoquées au travers de l'arbre des causes et quelques approches, telles que celle de Reason, Manager, Pate-Cornell, MORT et Accimap, qui sont présentées en annexe. Il est possible de définir ces méthodologies comme des approches d'audits, a posteriori. Une étude complémentaire permettra d'approfondir ces méthodes et d'en sélectionner les plus efficaces en rapport avec les cas rencontrés, puis de proposer une méthode transférable ou des recommandations qui puisse servir de support aux enquêtes organisationnelles.

Aujourd'hui, les audits des systèmes de gestion de la sécurité, fruits des enseignements tirés du retour d'expérience de telles méthodologies, font partie intégrante de la démarche de

prévention des DRIRE et doivent servir à déceler des situations de dérive vers les accidents majeurs.

La troisième conclusion porte sur la difficulté de représentation des chaînes de causalité en dehors de la séquence d'enchaînement de phénomènes accidentels. Si pour la partie physique ou technique, la séquence peut être représentée par un arbre des causes, en ce qui concerne les aspects organisationnels, il sera difficile d'élaborer une représentation semblable si l'on souhaite se rapprocher d'une explication scientifique du phénomène. Il est possible de montrer quelles sont les décisions qui ont permis aux actions d'être menées et ainsi d'établir une forme de séquence. Cependant celle-ci se ferait en dehors de tout contexte, qui permet d'expliquer le pourquoi de ces décisions et actions, et qui sont la clé de la compréhension des accidents, révélant probablement une dynamique propre au système (voir partie 3 sur la complexité des phénomènes accidentels).

Néanmoins dans le souci de fournir une représentation, l'Accimap a été choisie, mais seulement dans le cadre de cette étude pour le moment, parce qu'elle permet de mettre en évidence plusieurs niveaux de décisions et actions qui ont un impact sur la séquence accidentelle, en gardant à l'esprit qu'il faut beaucoup d'informations pour réaliser un schéma assez complet.



## 8. BIBLIOGRAPHIE

---

Directive 96/82/CE du 9 décembre 1996 dite « Directive Seveso II » transposée en droit français par l'Arrêté Ministériel du 10 mai 2000 et sa circulaire d'application.

Bellamy.L, Tinline.G, *Development of a safety management system audit which addresses loss of containments risks on major hazard installations*, paper presented to 3ASI Conference, Milan, Italy, 23 november 1993.

Bellamy.L, Geyer.T, *Pipework failure, Failures causes and the management factor*, 1993.

Hopkins, A ; *An accimap of the Esso Australia gas plant explosion*, paper presented at the 18<sup>th</sup> ESReDA seminar, Karlstad, Sweden, June 15-16, 2000

Hurst, W, Williams, J, A comparative study of the management effectiveness of two technically similar major hazard sites, Icheme symposium series n°130.

International Safety Rating Standard

Llory, M , *Accidents industriels : le coût du silence, opérateurs privés de parole et cadres introuvables* , 1996, édition l'Harmattan.

OHSAS 18001

Pate-Cornell, E, Murphy, D, *Human and management factors in probabilistic risk analysis : the SAM approach and observations from recent applications*, Reliability engineering and system safety, n° 53, 1996

Pate-Cornell, E, Bea, R, *Managment errors and system reliability : a probabilistic approach and application to offshore platforms*, Risk analysis, vol. 12, 1992

Pate-Cornell, E, *Organisational aspects of engineering system safety : the case of offshore platforms*, Science, vol. 250.

Pate-Cornell, E, *Learning from the Piper Alpha accident : a postmortem anlysis of technical and organisational factors*, dans Risk analysis, vol.13, n°2, 1993

Perrow, C, *Normal accident, with new afterwords* , 1999, Princeton :princeton U.P

Rasmussen, J, Svedung, *Organisational decision making and risk management under pressure from fast technological change*, 1997, dans « Safety management, the challenge of change », édition Pergamon.

Rasmussen, J, Svedung,I, *Proactive Risk management in a dynamic society*, Raddningsverket, Swedish Rescue Services Agency, 2000

Rasmussen, J, Svedung, I, *Graphic representation of accident scenarios : mapping system structure and the causation of accidents*, 2002, Safety Science 40.

Turner, B ; Pidgeon, N, *Man-made disaster*, 2<sup>nd</sup> edition ; 1997, Rothstein.

Reason, J, *L'erreur humaine*, 1993, Le travail humain

Reason, J, *Managing the risk of organisational accidents*, 1997, Ashgate.

Safety Science, *Special issue on Safety Climate and Culture*, n° 34, 2000.

Vaughan, D, *The challenger Launch decision risky technology, Culture and deviance at NASA*, University of Chicago press, 1996.

Wilpert, B, Fahlbruch, B, *Safety related interventions in inter-organisational fields*, 1997, in Safety management, the challenge of change.

NRI MORT User's manual, rev 0.1 February 2002, www.nri.eu.com

### **Analyses d'accidents :**

#### BHOPAL :

- *Loss Prevention in the Process Industries – Hazard Identification, Assessment and Control*, Frank P. Lees, 2<sup>nd</sup> Edition, Volume 3, 1996 – Appendix 5
- *Accidents industriels : le coût du silence – opérateurs privés de parole et cadres introuvables*, Michel Llory, éd. L'Harmattan, 1996
- *Il est minuit cinq à Bhopal*, Dominique Lapiere, Javier Moro, éd. R. Laffont, 2001
- *Des risques et des hommes, Bhopal*, Les films Roger LEENHARDT

#### Accident de Floriffoux :

- *Des risques et des hommes*, Les films Roger LEENHARDT
- *Compte rendu INERIS*, EXI-JlcAP11, mai 1993

#### Papeterie:

- *Expertise de l'explosion de la Papeterie X, expertise INERIS.*

## 9. LISTE DES ANNEXES

---

---

<b>Repère</b>	<b>Désignation précise</b>	<b>Nb. de pages</b>
A	Présentation de quelques methodologies d'analyse ou de représentation des accidents.	27

**ANNEXE A :**

**PRESENTATION DE QUELQUE METHODOLOGIES D'ANALYSES  
OU DE REPRESENTATIONS DES ACCIDENTS**

## **PRESENTATION DE QUELQUE METHODOLOGIES D'ANALYSES OU DE REPRESENTATIONS DES ACCIDENTS**

Dans cette annexe sont présentés quelques uns des travaux portant sur l'influence de l'organisation dans les accidents majeurs, et qui ont permis cette synthèse:

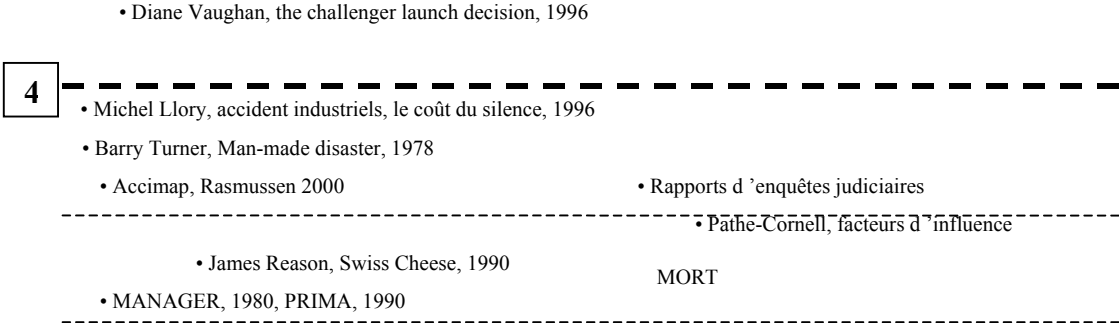
1. Les travaux de James Reason dont la méthode TRIPOD.
2. Les travaux menés en Angleterre et Hollande dans le cadre de développement de système d'évaluation des organisations, qui s'appuient au départ sur l'étude d'accidents majeurs et l'étude statistique d'accident sur des canalisations.
3. Les travaux de Pate-Cornell notamment sur le cas de l'accident de Piper Alpha.
4. Les travaux de Jens Rasmussen et Inge Svedung.
5. L'outil d'analyse des accidents MORT.

Le schéma (figure 1) suivant localise (de manière subjective) différents travaux qui ne sont pas forcément présentés ici, mais qu'il peut être intéressant de connaître. Il n'y a pas de hiérarchie dans cette présentation, tous ces travaux contribuent de manière significative à la compréhension des accidents.

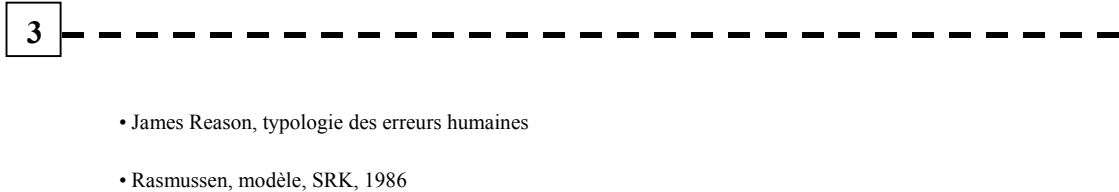
Ils ont contribué de manière significative à définir l'importance de l'organisation dans la genèse des accidents majeurs.

La difficulté de représentation de l'accident, en y intégrant des aspects organisationnels est présente dans tous ces travaux, étant donnée la relation non mécaniste des événements (comme on peut le trouver dans un arbre des causes), en dehors de la séquence accidentelle technologique. Il y a des liens qui sont établis mais n'ont de valeur que dans une représentation dynamique du système.

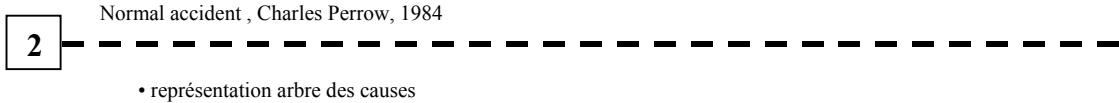
**Filtre 4: immersion dans la reconstitution du contexte afin de créer une explication**



**Filtre 3: reconstitution d'un contexte assez factuel plus détaillé mais nécessite investigations poussées (type enquête judiciaire) pour l'apparition de l'hypothèse des précurseurs**



**Filtre 2: actions humaines directe menant à l'accident, toujours factuel et relativement objectif**



**Filtre 1: expertise technique, le fait technologique, séquence accidentelle technique**



Figure 1 : Positionnement de travaux et méthodologies dans le tableau de synthèses

### 1. James Reason et son approche sur l’erreur humaine et défaillance organisationnelle

Les travaux du psychologue James Reason sont incontournables. Il est un des précurseurs, en provenance de la psychologie, à reconnaître le champ trop limité de sa discipline pour l’investigation des accidents. Il propose le saut paradigmatique de l’erreur humaine à celui de la défaillance organisationnelle. Il propose une typologie d’erreurs humaines (figure 2) qu’il introduit dans un contexte, le système technique et organisationnel.

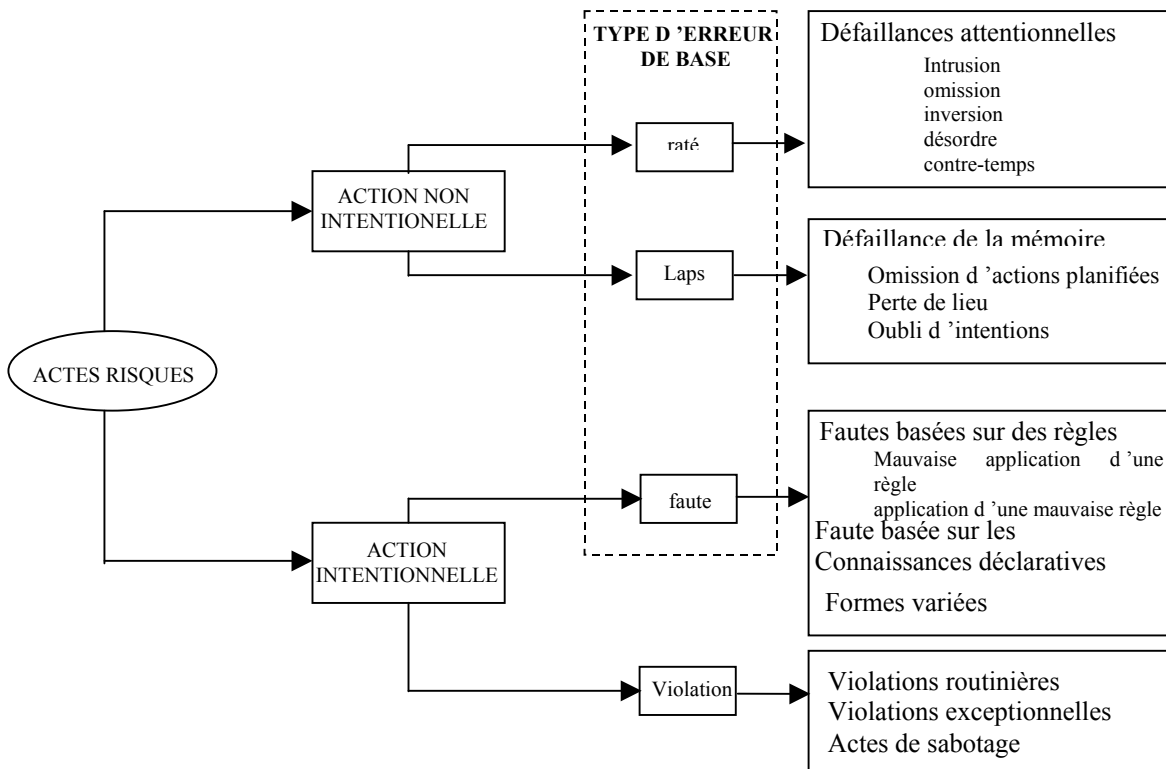


Figure 2 : Typologie des erreurs de J.Reason

Son effort de contextualisation se base sur une idée empruntée à la médecine, à la manière de l’épidémiologie. Il y a des facteurs pathogènes dans le système qui se combinent et créent un cheminement possible vers l’accident au travers les barrières du système (figure 3). Il faut donc partir à la recherche de ces agents pathogènes, et les éliminer.

Cette conception, très intéressante, considère le système socio-technique de manière plus globale que des démarches centrées sur les opérateurs, cependant la notion d’erreur est toujours au cœur de la création du modèle, qu’elle soit latente ou active, humaine ou organisationnelle. Or, une erreur n’est décelable qu’après une séquence accidentelle, dont le support est une représentation de causalité relativement mécaniste de l’accident dans son ensemble. Il n’y a pas de questionnement sur le pourquoi des actions, qui ne sont pas des erreurs a priori pour les acteurs du système, à quelque niveau que ce soit du système.

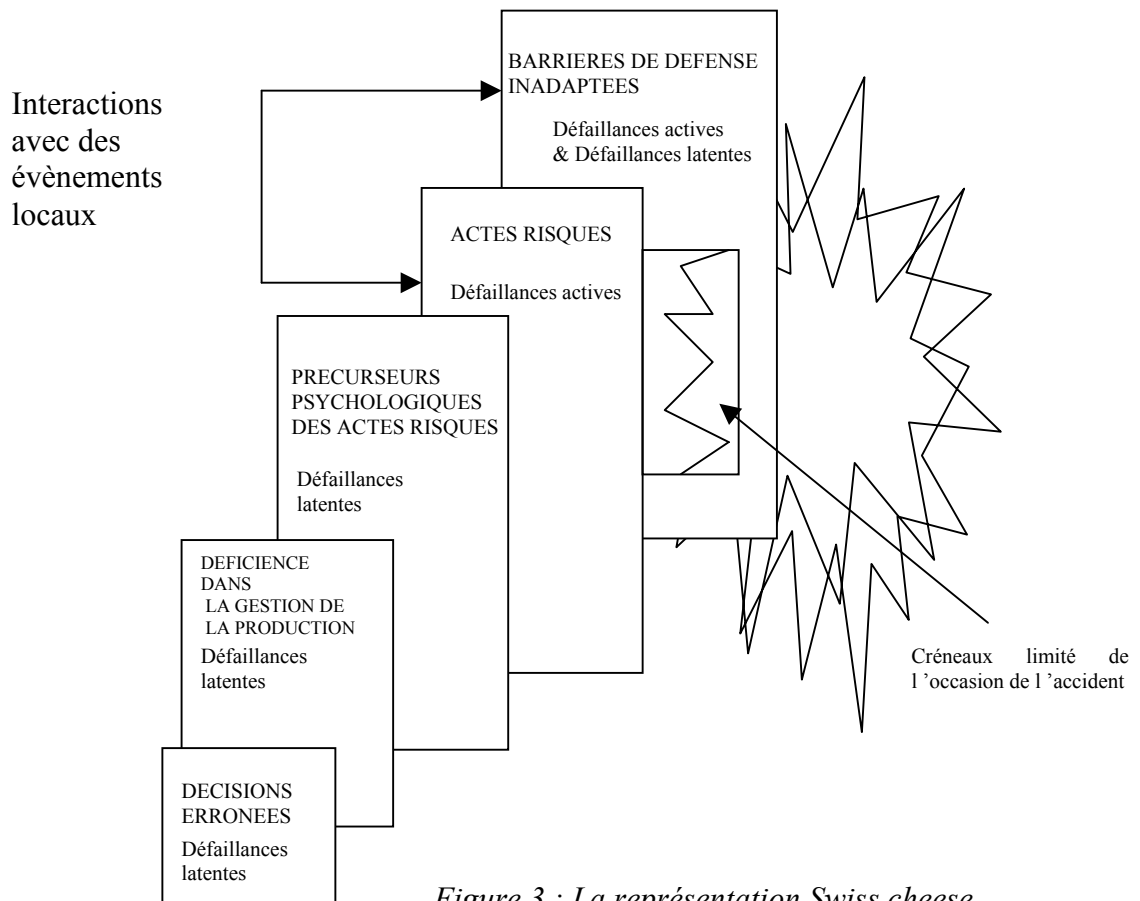


Figure 3 : La représentation Swiss cheese

Pour James Reason, l'idée centrale est donc de focaliser sur les barrières et de surveiller pro-activement leur état, afin d'assurer la traque des erreurs latentes dans le système.

L'idée est efficace : poser des indicateurs proactifs sur des barrières. Cette approche est intéressante pour des barrières techniques, cependant pour les barrières humaines, si sa typologie permet de produire des types d'actes risqués, il n'en demeure pas moins que les raisons de ces comportements (ce que J.Reason qualifie de violations en terme d'action intentionnelle par exemple et qui se traduisent en terme d'erreur dans une séquence accidentelle), ne sont pas expliquées. Il y a là un dépassement du champ de la psychologie vers celui de la sociologie des organisations par exemple ou de la psycho-sociologie ou du management, (l'art de mettre en place des dispositifs organisationnels). De plus, en ce qui concerne les erreurs organisationnelles, la question reste entière par rapport aux décisions prises à des niveaux plus hauts que ceux des opérateurs. Quel type d'erreur les managers font-ils ? Cette question doit en effet être posée dans la mesure où, même si ces managers ne sont pas impliqués directement dans la séquence accidentelle, ils encadrent les opérateurs qui en sont à l'origine.

En terme d'analyse des accidents, une représentation classique est la suivante (figure 4):



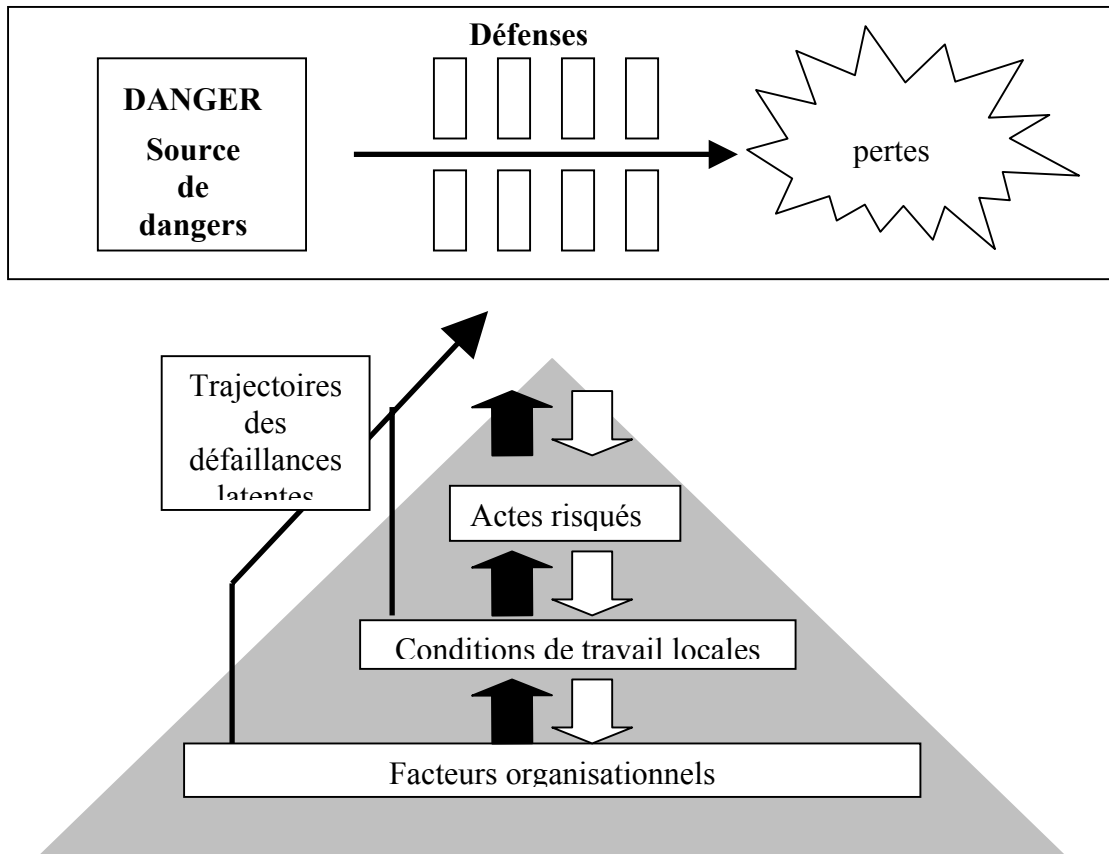


Figure 4 : Représentation d'accident organisationnel

Il y a des actes risqués qui ont enclenché une séquence accidentelle. Quelles étaient les conditions locales qui ont permis cet accident, puis les facteurs organisationnels qui ont permis à ces conditions locales d'exister ? Ce type de représentation est intéressant du point de vue de la classification des événements. Il y a une trajectoire plus ou moins comprise, mais cette trajectoire est plutôt statique, elle n'explique pas quelle dynamique, ou quel comportement ont permis à ces faits, en terme de facteurs organisationnels ou de conditions locales, de venir enclencher une séquence accidentelle. Voici un exemple de représentation de l'accident de TOKAIMURA au Japon, sous cette forme (figure 5):

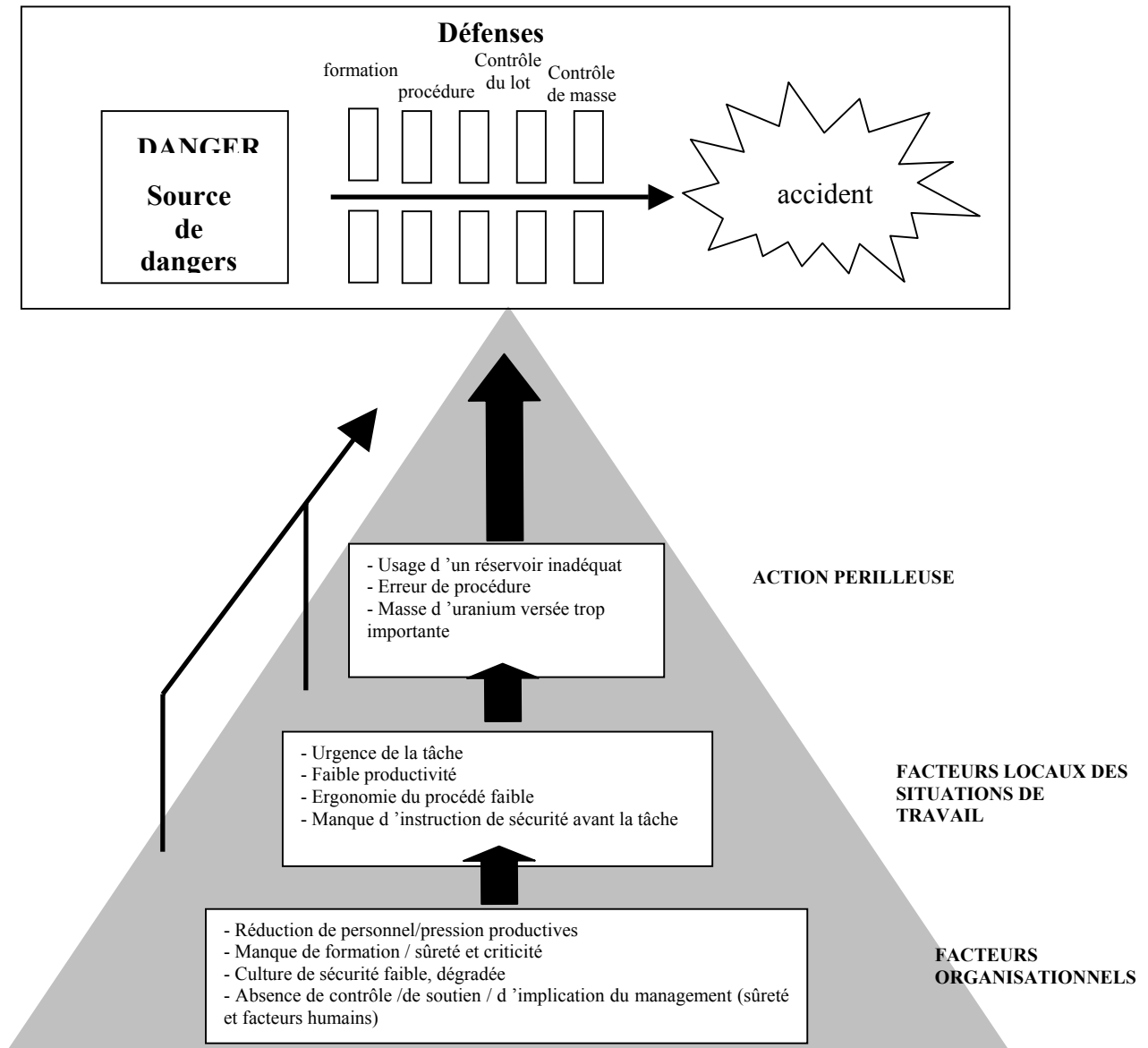


Figure 5 : Exemple d'accident organisationnel

L'outil d'analyse des accidents TRIPOD créé à partir de cette conception de l'accident, a été utilisé dans l'industrie de manière appliquée, et fournit des résultats intéressants.

La méthode TRIPOD place l'opérateur et son potentiel d'erreur au centre du système.

Ce modèle propose d'être le support à des analyses permettant de repérer de manière réactive mais aussi proactive les défaillances qui ont ou pourraient causer un incident ou accident (figure 6).

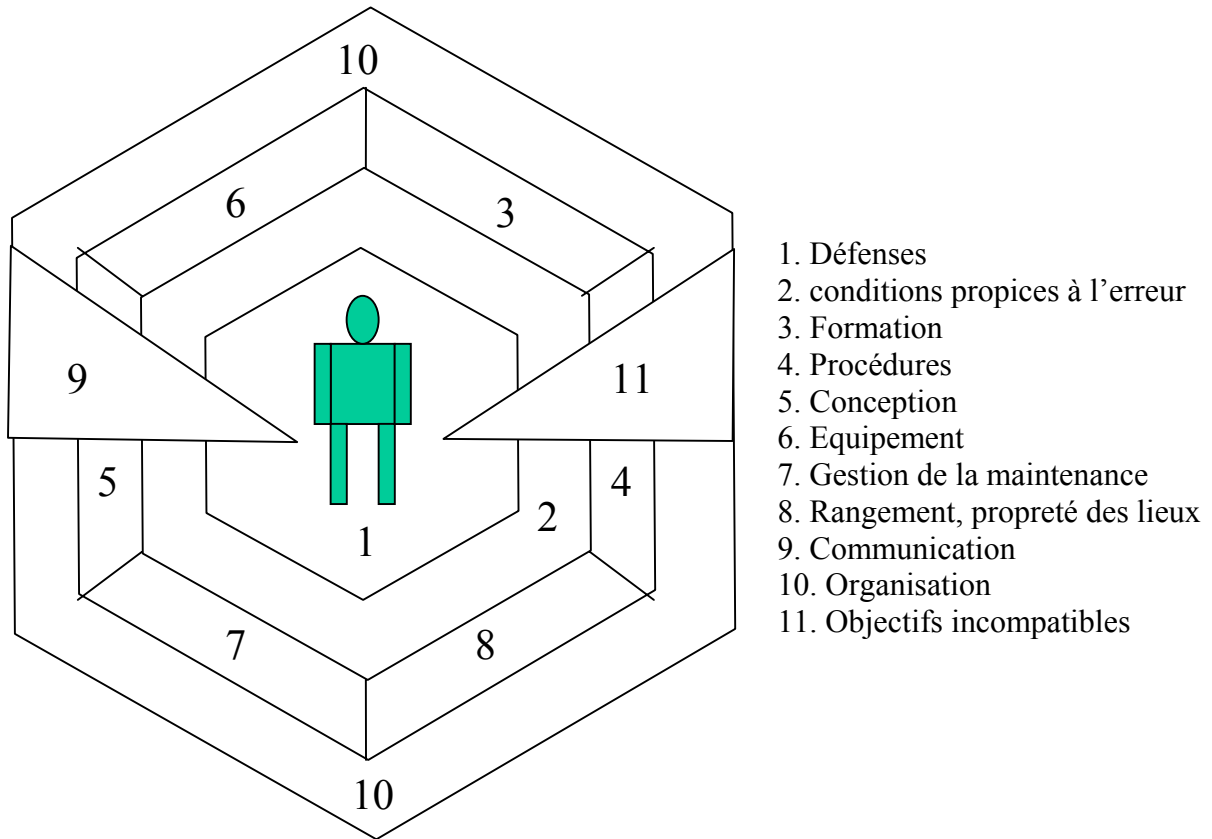


Figure 6 : Représentation TRIPOD

Les éléments distingués sur le schéma TRIPOD sont au nombre de 11, ils sont appelés *general failure types*, ils permettent de distinguer des défaillances de type latente ou active.

- l'élément 1, correspond aux mesures de prévention prise en cas de défaillance d'un équipement ou d'une action humaine inadaptée,
- l'élément 2 est connecté directement dans le temps avec l'incident, ce sont des *errors enforcing conditions*, des conditions qui poussent l'opérateur à commettre une faute, comme les conditions de travail (froid, bruit, chaleur), ou le manque de connaissance de l'activité, ces conditions impliquent d'autres niveaux d'influence, qui sont les prochains niveaux :
- les éléments 3 à 8 sont connectés de manière très proches avec le niveau 2, ils s'agit des conditions qui rendent propices ces situations ou l'opérateur va commettre une erreur :
  - la formation (inadaptée, non présentes etc ...)
  - les procédures (peu claires, mal écrites...)
  - la conception (incluant les équipements, l'installation etc ...)=
  - équipement et installation (qualité inadéquate des équipements et installation, usure, disponibilité ...)
  - gestion de la maintenance (corrosion, essais des dispositifs de sécurité ...)
  - rangement, propreté des lieux

- Les éléments 9 à 11 sont des défaillances latentes de plus haut niveau qui influencent l'ensemble des autres niveaux :
    - communication (transmission d'information concernant des aspects de sécurité non appropriée)
    - organisation (definition des responsabilités ...)
    - objectifs incompatibles (mauvaise gestion de conflit, production-sécurité par exemple...)
- > Utilisé de manière réactive le modèle est relativement simple.

Exemple :

Une fuite de gaz n'a pas été identifiée à cause d'un détecteur non maintenu correctement et non en service. Les défaillances latentes du système sont les raisons pour lesquelles l'incident est arrivé :

- conception, élément 5, parce qu'il n'était pas possible de tester le système,
- des objectifs incompatibles, élément 11, parce que le système devait être testé pendant l'arrêt de l'installation, mais cet arrêt n'était pas autorisé,
- organisation, élément 10, parce que le système de fourniture de permettait pas l'approvisionnement de gaz tests,
- la gestion de la maintenance, élément 7, parce que le système de management n'a pas planifié le test du système de détection.

-> Utilisé de manière proactive, il pose un certain nombre de limites

Les 11 éléments du modèle sont évalués de manière proactive par l'intermédiaire d'un certain nombre de questions indicateurs (base de données de 2200 questions) qui statue « défaillant » lorsque la réponse n'atteint pas un niveau d'acceptabilité requis. Une sélection de ces questions est faite pour correspondre à la situation auditée. 220 questions sont sélectionnées par un logiciel, les répartissant de manière uniforme sur les 11 éléments, correspondant de manière spécifique à la situation inspectée.

Exemple de questions :

- Est-ce que dans le mois précédent vous avez eu une formation d'annulée sans en être informé au préalable ? *qui correspond à l'élément communication.*
- Est-ce que les objectifs d'un quart sont passés à un autre quart lors du changement ? *qui correspond à l'élément objectifs incompatibles.*

Les questions sont interprétées et déterminent un état de la situation par rapport aux défaillances probables. Cet état est représenté par un histogramme qui rend compte des 11 éléments.

Ce modèle a pourtant ses limites lorsqu'il est utilisé de manière proactive, il est en effet utilisable sur des petites organisations, au niveau local simplement, puis est utilisable seulement lorsque l'organisation audité a déjà un très faible taux d'accidents et d'incidents.

Une autre limite est la difficulté de mesurer certains aspects à l'aide des questions, qui ne sont révélés certainement que lorsque la confidentialité de l'interviewé est assurée avec des questions du type :

« Est-ce que les décisions sont souvent remises à plus tard ? »

« Est-ce que les cadres ont déjà ignoré des messages importants concernant des déficits en terme de sécurité ? »

« Est-ce que les cadres ont montré aucun intérêt au problème de sécurité confronté par leurs subordonnés ? »

L'approche de James Reason est donc très utile a posteriori pour tenter de dépasser le cadre de l'erreur humaine, et permettre de représenter des trajectoires accidentelles qui trouvent leur origine dans des « facteurs organisationnels » du type réduction de personnel/pression productives, manque de formation, culture sécurité dégradée, absence d'implication du management (à partir de l'exemple de TOKAIMURA).

Les travaux qui sont présentés ci-après abordent également directement le problème de la définition des facteurs organisationnels. MANAGER ET PRIMA sont des outils élaborés à partir du retour d'expérience d'accident majeurs pour MANAGER et d'une exploitation originale d'accidents / incidents pour PRIMA.

## **2. MANAGER et PRIMA**

### **2.1 Manager**

Les questions de l'influence du management et de l'organisation ont été soulevées dès le début des années 80 en Grande-Bretagne. Les projets de recherche soutenus par le HSE Britannique notamment, MANAGER (Bellamy, Hurst, 1983) puis PRIMA (Bellamy, 1993) ont été développés à la suite du constat que les causes des accidents avaient toujours une origine plus profonde que la défaillance technique ou humaine. Il est apparu en effet clair, à partir de l'étude d'accidents majeurs - Flixborough, 1974 (Parker, 1975) ; Bhopal, 1984 (Bellamy, 1986) ; Piper alpha, 1988 (Cullen, 1990) - que ces événements aurait pu être prévenus par le management et l'organisation.

Le type de problèmes organisationnels observés dans ces accidents majeurs ont permis de mettre en évidence 4 grands domaines « sensibles » de l'organisation et du management (Bellamy, 1993):

#### 1. Faible maîtrise de la communication et de la coordination :

- entre changement de quart,
- entre niveaux hiérarchiques (descendant et ascendant),

- entre groupes fonctionnels (exploitation et maintenance, électricien, mécanicien...),
- dans les relations interrelations comme l'utilisation de sous contractants, ou des activités qui requièrent la coordination de plusieurs organisations différentes dans un même espace,
- signaux faibles non traités.

## 2. Maîtrise de la pression au travail inadéquate

- pression sociale ou du groupe,
- maîtrise des charges de travail et des contraintes de temps de la production,
- conflits d'objectifs (sécurité / production).

## 3. Maîtrise des ressources humaines et des équipements inadéquate

- lorsqu'il faut partager des ressources (quand plusieurs groupes travaillent avec le même équipement), couple avec des problèmes de communication (ex : manque de permis de travail),
- quand les compétences des personnels sont inadéquates ou quand il y a un manque de personnel,
- quand l'équipement et l'information sont inadéquates pour faire le travail (interaction homme -machine mais aussi contenu et qualités des procédures).

## 4. Rigidité des normes du système au point que le système ne peut :

- évaluer les effets et les spécifications d'un changement de situation (nouvel équipement, nouvelle situation),
- améliorer et mettre en place de nouvelles procédures dans le cas d'un changement (tout type),
- assurer que les procédures sont en place et suivies,
- intervenir quand le sentiment des personnels diverge par rapport aux normes,
- maîtriser le processus informel d'apprentissage qui maintient l'efficacité de l'organisation.

L'audit MANAGER est basé sur ces 4 grands domaines du management et de l'organisation, avec une échelle à trois critères - mauvais - moyen - bon - qui sont précisés par des phrases types pour assurer suffisamment de cohérence aux jugements formulés par les auditeurs. A partir des données de cet audit, un traitement est fait permettant un réajustement de la probabilité issues de l'analyse technique. Cette exploitation est réalisée à partir d'un genre d'abaque.

Cette première approche se révélant encore trop générale, elle a été suivie par le développement de PRIMA 1993-1995, soutenu par le HSE, le ministère Hollandais et Norsk Hydro et BP.

## 2.1 PRIMA – l’analyse des accidents

Pour aller un peu plus loin dans la précision de l’influence (pondérer par exemple davantage les 4 domaines « sensibles » de MANAGER) du management et de l’organisation sur la probabilité des événements, une analyse statistique particulière d’événements accidentels (à potentiel majeur) a été réalisée, à partir de données concernant trois types d’équipement technique : des réacteurs, des canalisations et des flexibles, tous provenant d’installations chimiques.

Pour cela, deux approches combinées ont permis d’évoluer en matière de compréhension de l’influence du management sur la probabilité des événements accidentels. Tout d’abord un modèle en 3 dimensions pour l’analyse des accidents et le traitement de l’information contenue dans les rapports d’accidents, ainsi qu’un modèle socio-technique.

### 2.1.1 Modèle 3D – grille d’analyse des accidents

Le problème avec les analyses d’accidents est le manque de données par rapport aux causes plus profondes (management et organisation par exemple) qui peuvent influencer les défaillances directes. L’idée de ce modèle en 3-D est d’apporter un autre regard sur les accidents en ajoutant ce qui aurait permis à l’accident de ne pas se dérouler si le management et l’organisation avaient été efficaces. Ce sont en quelque sorte des mécanismes organisationnels préventifs potentiels. Ils se distinguent en fonction du cycle de vie des équipements de l’installation, comme présenté ci-après. C’est aussi en partie pour cela que l’approche est novatrice. L’organisation n’agit en effet pas seulement au niveau de l’exploitation, mais au niveau **de toutes les phases de vie de l’équipement considéré**.

Pour cela 3 dimensions sont envisagées pour l’accident:

#### Les causes directes :

- corrosion,
- érosion,
- surcharge extérieure,
- impact,
- surpression,
- vibration,
- température,
- mauvais équipement,
- erreur d’opérateur,
- tuyauterie défectueuse,
- inconnu,
- autre.

#### Les origines de la défaillances (par rapport au cycle de vie de l’installation) :

- conception,
- manufacture/assemblage (*qualité des produits utilisés*),
- construction/installation,
- en cours d’exploitation,

- maintenance,
- origine inconnue,
- malveillance,
- domino.

Les mécanismes préventifs qui auraient permis de prévenir les défaillances à l'origine directe des accidents :

- pas récupérable,
- analyse de risque,
- revue des facteurs humains (ergonomie),
- vérification de l'activité une fois accomplie,
- surveillance routinière,
- moyen de prévention inconnu.

A partir de l'exploitation d'accidents de pipeline (921 au total de 5 bases de données internationales), voici ce qui a pu être établi (sans rentrer dans les détails des principes de classifications):

Causes directes (524 événements exploitables):

- Causes directes humaines<sup>5</sup> :
  - Erreur d'un opérateur (au sens large tous les personnels travaillant sur l'installation comme personnel de maintenance, sous traitants etc...) : 30,9%, dont :
    - nettoyage inadéquat des lignes avant intervention : 24%
    - mauvaise configuration des vannes : 17%
    - procédures incorrectes utilisées : 16%
  - Choc initié par l'activité humaine autour de l'installation (ex: outil qui tombe): 5,6 %
  - Installation incorrecte d'un équipement sur un endroit correct : 4,5%

Ce qui représente un total de 41 % pour les causes humaines directes.

- Autres causes directes importantes :
  - Surpression
  - Corrosion

Origines de la défaillance et mécanismes préventifs (respectivement 502 et 492 événements exploitables) :

Origine (cycles de vie)

Maintenance : 38.7 %

---

<sup>5</sup> Il y a des recouvrements dans les pourcentages, le total n'est pas 100%



conception : 26.7%

Mécanismes preventifs (potentiels)

Revue des facteurs humains 29.5%

Analyse de risques 25.4%

Vérification de l'activité 24.4%

A partir de ces données le tableau suivant a été établi. Il y a des mécanismes preventifs, à différents cycles de vie de l'installation, qui auraient permis potentiellement de prévenir l'accident. Ces mécanismes, en rapport avec des cycles de vie de l'équipement ou installation, sont les zones représentées en gras dans le tableau suivant. Elles ont le plus de poids en terme de potentiel pour prévenir les accidents, à partir de l'exploitation des données.

	Conception 26,7%	construction	Exploitation	Maintenance 38,7%
étude des risques 25,4%	<b>Analyse de risque en conception</b>			
revue des facteurs humains 29,5%	<b>Facteur humain en conception</b>		<b>Facteur humain en exploitation</b>	<b>Facteur humain en maintenance</b>
vérification de l'activité une fois accomplie 24,4%		<b>vérification de la construction</b>	<b>Vérification de de l'exploitation</b>	<b>vérification des activités de maintenance</b>
surveillance routinière				<b>Inspections régulières</b>

Il y a donc 8 domaines du management et de l'organisation, en tenant compte du cycle de vie de l'installation, qui priment.

**2.1.2 Le modèle du système socio-technique**

En parallèle à cette exploitation basée sur un modèle 3D des données en terme d'événements accidentels, un modèle socio-technique – *socio technical pyramid* - a été élaboré (figure ). Il permet de mettre en évidence des niveaux dans l'exploration des causes et facteurs d'accident, des causes directes dans le temps (base de la pyramide) au plus éloignes (haut de la pyramide). Dans ce modèle, 5 niveaux sont décrits, ils permettent de remonter dans la chaîne des causes et facteurs qui ont conduit a l'évènement accidentel (figure 7):

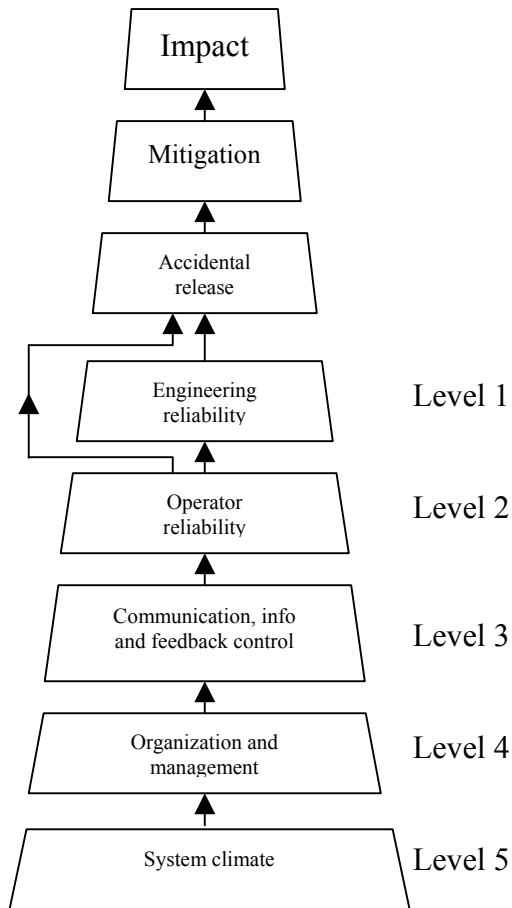


Figure 7 : Pyramide socio-technique

**• Niveau 5 : Le contexte (*climate*) dans lequel une usine produit**

- les savoirs faire technologiques,
- le retour d’expérience des accidents passés,
- les normes des industries, standards,
- l’opinion publique et pression,
- le climat politique,
- les ressources disponibles (personnels, équipements...),
- les interfaces avec les autres systèmes (les services d’urgence, les DRIRE etc...),
- le contexte économique,
- la nature du danger,
- la position de l’usine en rapport avec la population, les risques naturels etc...

Le niveau 5 exerce des influences en terme de priorités, d’allocation des ressources, cependant ces paramètres sont complexes et souvent non spécifiés très précisément.

**• Niveau 4 : Management et organisation**

- les objectifs de l’entreprise,
- les fonctions pour atteindre ces objectifs,
- la mise en place des standards pour atteindre ces objectifs,
- la création de groupes spécialisés (conception sécurité, comités sécurité...),

- la co-ordination des fonctions,
- l'allocation des ressources, budgets, temps,
- l'établissement et le maintien des structures pour : la récolte des informations, la conservation des enregistrements, la diffusion des informations, les revues et audits, la surveillance des performances,
- la détermination des ressources, compétences, rôles, activités pour atteindre les spécifications attribuées à chaque fonction,
- la définition des responsabilités.

**• Niveau 3 : Communication, information et feedback de maîtrise**

- la communication formelle et informelle (réunions, cahiers de notes, instructions...),
- la durée et la fréquence des communications,
- la documentation comme les procédures, les enregistrements, les rapports d'accidents, les supports de formation etc...,
- l'information rendue disponible aux interfaces (jauges, alarmes, étiquettes etc...),
- les données de performance (performance des unités etc...).

**• Niveau 2 : Fiabilité humaine**

Ce niveau correspond à l'approche facteur humain envisagée dans les approches « classiques »

- l'adéquation des moyens vis-à-vis de la tâche à réaliser,
- la compréhension par l'opérateur, compétence, connaissance, incertitude,
- la qualité de l'interface homme-machine, conception de la procédure, communication,
- le stress, pression temporelle, nature du danger etc...,
- l'effet social,
- l'environnement (thermique, acoustique, visuel etc...),
- l'accès à l'information (tableau de contrôle, procédure etc...).

Une erreur de la part d'un opérateur peut mener directement à une perte de confinement (mauvaise vanne ouverte). Ceci est illustré figure 8 par une double flèche à ce niveau.

**• Niveau 1 : Niveau de la sûreté de fonctionnement**

- utilisation des données de sûreté de fonctionnement pour le calcul des probabilités.

Les autres éléments de la représentation correspondent à la séquence accidentelle et à son impact :

**Le rejet accidentel** va être exprimé en fonction des paramètres comme :

- la masse par unité de temps,
- la température,
- la pression,
- instantané ou continu.

**Mesure de protection et d'intervention**, le rejet va être dépendant de paramètres comme :

- les arrêts d'urgence automatiques etc...
- l'arrêt d'urgence actionnés par les opérateurs,
- la présence de sources d'ignition,
- la lutte incendie,
- les torchères, laveurs, épurateurs, rideaux d'eau, sprinklers.

**Impact**, l'impact du rejet va varier en fonction de la présence de gens et des mesures d'évitement comme :

- les issues de secours,
- l'évacuation et confinement,
- utilisation d'équipement de protection.

Ces approches mettent en évidence des facteurs d'influence avec MANAGER, puis l'importance des cycles de vie de l'installation avec PRIMA : Conception, Installation/construction, Exploitation et Maintenance/inspection, qui jouent un rôle dans l'accident.

La présentation qui suit montre également l'intérêt de la prise en compte des cycles de vie de l'installation dans la participation aux accidents. Des facteurs de risques sont également proposés dans l'approche suivante. Ils recoupent certains des facteurs organisationnels issus de MANAGER.

### **3. Elisabeth Paté-Cornell et l'analyse de l'accident de Piper Alpha**

La recherche sur les facteurs organisationnels est abordée par Paté-Cornell dans le cadre de l'analyse de l'accident de Piper Alpha, puis dans le cadre du développement d'un outil d'évaluation de la probabilité d'accident majeur, la méthode SAM (system-action-management), prenant en compte des influences organisationnelles. Le but de cette approche est de mettre en évidence que les défaillances techniques sont associées à des décisions et actions humaines et que ces dernières sont fortement influencées par des facteurs organisationnels. La représentation sur laquelle s'appuie Paté-Cornell est la suivante (figure 8):

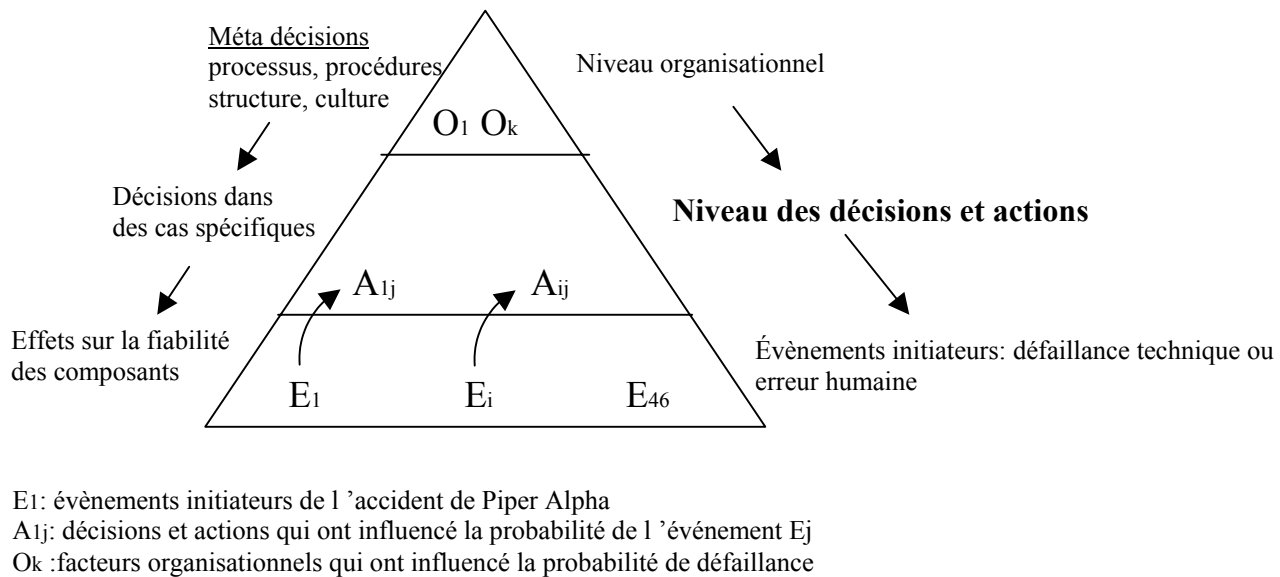


Figure 8 : Représentation de l'accident

Dans ce travail, elle décompose l'ensemble des évènements initiateurs, qui participent à la séquence technologique accidentelle (46 au total) et les relie avec des décisions et actions prises à certains moments du cycle de vie de l'installation (68 au total). Ces cycles de vie sont la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance/inspection.

Ensuite, elle associe ces décisions et actions au niveau des cycles de vie de l'installation à des influences provenant de l'organisation en général : pression économique, problème lié à la gestion du personnel, une attention insuffisante portée à la maintenance et à l'inspection, des problèmes d'approche en terme de conception qui est inappropriée pour les plate-formes.

Voici les exemples de lien entre évènement ( $E_i$ ) et décisions et actions ( $A_i$ ) concernant les deux évènements initiateurs de la séquence accidentelle lors de Piper Alpha :

E1 : perturbation dans le process.

- A1.1 : décision de produire en mode de phase 1 (mode de fonctionnement en pression plus importante) (cycle de vie : exploitation),
- A1.2 : décision de rendre interdépendant le réseau technique et organisationnel sur la plate-forme (conception et construction),
- A1.3 : décision de promouvoir temporairement du personnel à des tâches critiques (exploitation),
- A1.4 : signaux de fonctionnement anormal provenant du système technique manqués (exploitation),
- A1.5 : décision de ne pas redonner les reports d'alarme (conception).

E2 : défaillance des deux pompes d'injection dans le module C.

- A2.1 : mauvaise maintenance des deux pompes A et B (maintenance),

A2.2 : décision de démonter la vanne PSV 504 dans la pompe A et de la remplacer par un bouchon obturant la canalisation (maintenance),

A2.3 : défaillance en terme de communication : l'équipe de maintenance ne prévient pas le quart suivant que la pompe A est hors service et que la vanne manque (maintenance).

E3 : défaillance de l'installation du bouchon d'obturation à la place de la vanne PSV 504

A3.1 : erreur de mise en place du bouchon (maintenance)

A3.2 : pas d'inspection du travail effectué (maintenance)

E4 : non détection de fuite de vapeur dans le module C

A4.1 : fausse alarme concernant la fuite de gaz (conception, construction)

A4.2: le système n'est pas amélioré après les fausses alertes (maintenance)

A4.3 : erreur de lecture et d'interprétation de l'opérateur de la salle de contrôle (exploitation)

De la même manière que PRIMA, il y a identification des décisions à un moment donné du cycle de vie de l'installation qui ont influencé directement les événements de la séquence accidentelle.

La représentation suivante synthétise de manière très macroscopique, dans le cas de l'accident de Piper Alpha (figure reprise telle quelle à partir de l'exemple de Pate-Cornell), les liens entre événements initiateurs et les deux autres niveaux du triangle.

Dans la partie inférieure, est représentée la séquence accidentelle, et au niveau intermédiaire, les actions et décisions qui sont clairement liées aux événements de base de la séquence (selon les cycles de vie), puis le niveau supérieur qui influence fortement le niveau intermédiaire. Il ne s'agit pas ici d'un arbre des causes au sens traditionnel avec un enchaînement «mécaniste » de causes mais bien d'influences diffuses, qui ont un impact sur plusieurs décisions et actions qui conditionnent la survenue des événements de base (figure 9).

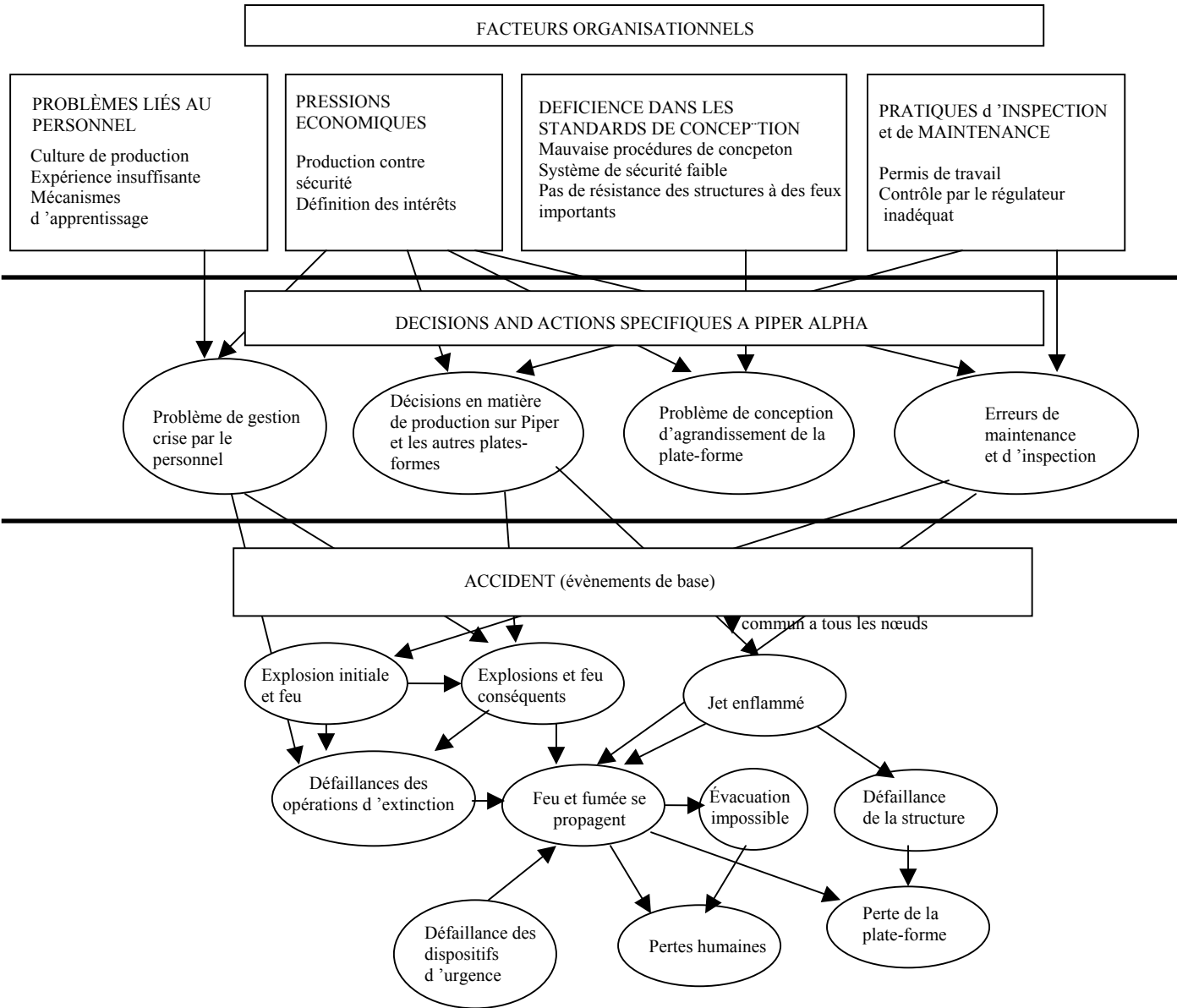


Figure 9 : Représentation de l'accident avec des facteurs d'influence A63/A29

Paté-Cornell retient donc finalement un certain nombre de facteurs organisationnels qui jouent un rôle dans la survenance d'événements majeurs :

A tous les niveaux du cycle de vie, les facteurs suivants augmentent la probabilité d'erreur :

- Les contraintes de temps : augmentent les chances d'erreurs, et diminuent également les chances qu'elles soient récupérées,
- L'observation de signaux de détériorations manqués (ceci peut être dû à un problème de maintenance et d'inspection),
- Le conflit production – sécurité,
- Le retour d'expérience, l'apprentissage par le personnel dans un système où les erreurs sont généralement masquées au niveau de l'organisation,
- La communication et le traitement de situations incertaines.

L'approche de Paté Cornell est intéressante pour deux aspects. Tout d'abord pour la recherche de facteurs organisationnels qui influencent une probabilité des erreurs, puis ensuite pour l'effort de représentation, qui tente de montrer des liens entre un environnement technologique et un environnement d'activité humaine.

La méthode MORT propose une approche qui réunit également ces deux aspects, avec un souci de représentation des éléments qui jouent un rôle dans la survenue d'un accident et un souci d'exhaustivité dans la recherche des éléments qui ont pu contribuer à un accident.

#### 4. La méthode MORT « Management Oversight and Risk Tree »

Le principe de MORT repose sur une investigation de l'accident à partir d'un arbre de connaissance – “knowledge tree” – qui réunit un ensemble de paramètres qui peuvent expliquer pourquoi l'accident est survenu, ou plutôt quelles **explications potentielles** peuvent être conçues pour rendre intelligible des facteurs qui ont influencé la survenue de l'accident. Cet outil a été développé dans les années 70 aux Etats Unis dans l'industrie du nucléaire et était destiné aux inspecteurs des centrales nucléaires. Cet arbre a été construit à partir d'une synthèse des méthodes de l'époque en terme d'identification des facteurs organisationnels. L'avantage de MORT est le nombre important de paramètres couverts et organisés dans un arbre, qui remonte jusqu'à des aspects organisationnels ainsi que des actions humaines. Cependant cet arbre ne doit pas être considéré comme un arbre des causes tel qu'on le trouve dans les représentations des séquences accidentelles techniques, au sens strict de leurs relations de cause à effet mécanistes.

Très succinctement, MORT s'applique de la manière suivante : l'accident peut être défini comme un flux d'énergie libéré qui impacte des cibles (humaines ou matériels). Cette énergie crée des dommages, des pertes. Dans les installations industrielles, pour se prévenir de telles situations, la conception prévoit des barrières de défenses techniques, qui s'interposent entre la cible et la source. MORT focalise sur ces barrières de contrôle du risque afin de produire une explication, d'un point de vue humain et organisationnel, à propos de ce qui s'est passé, quel élément a contribué à la séquence des événements (figure 19). C'est la branche « Specific Control Factors » et « What happened ? ». Il s'agit de faire une description la plus complète possible de l'accident à partir de paramètres décrits dans cet arbre.



Ensuite, une fois l'accident décrit selon les critères de MORT, des aspects organisationnels sont passés en revue, c'est la partie « management system factors » et la question « Why ? ». Il s'agit cette fois de savoir pourquoi les événements décrits ont pu arriver, et quelles mesures organisationnelles auraient potentiellement pu réduire la probabilité de la séquence (figure 10).

Cet arbre comporte environ 300 questions ramifiées en branches et sous-branches. Un exemple est présenté ici. Dans la branche, "What happened?", la partie "barriers and controls LTA"<sup>6</sup> est décomposée en 6 sous branches:

- le système technique d'information,
- la vérification de l'opérabilité des activités,
- la maintenance,
- l'inspection,
- la supervision et la performance du personnel,
- le support à la supervision.

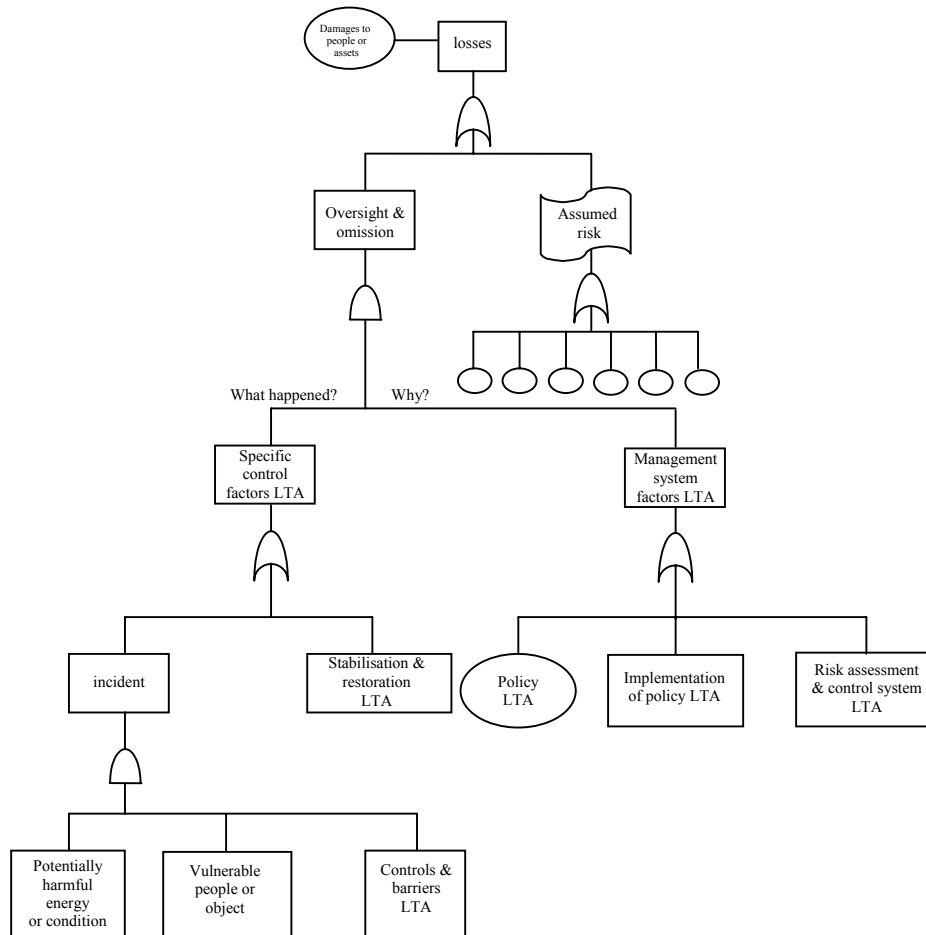


Figure 10 : MORT – arbre de base

En prenant l'exemple de la supervision et de la performance du personnel par exemple, voici une partie des questions associées à cette branche de l'arbre. Les branches sont décomposées

<sup>6</sup> LTA signifie « less than adequate »

en sous-branches, notées a<sub>i</sub>, b<sub>i</sub>, c<sub>i</sub>. Ainsi, cette sous-branche est de nouveau décomposée en plusieurs autres sous-branches. Elle examine la supervision qui doit assurer que les activités se déroulent le mieux possible. Il faut donc considérer la supervision en terme de :

- niveau hiérarchique,
- limites et interfaces de la supervision,
- devoirs et motivations,
- circonstances au moment des faits, pour quelque superviseur que ce soit.

- a1: Aide et formation inadéquates

Est-ce que le problème a à voir avec l'aide et la formation dispensée aux superviseurs pour leur permettre de faire leur travail?

Est-ce qu'une évaluation de ses performances lui ont été communiquées?

Est-ce que le superviseur a reçu la formation nécessaire pour son poste de superviseur?

Est-ce que le superviseur a reçu une formation en sécurité et gestion des risques?

- a2: Temps inadéquat

Est-ce que le superviseur avait suffisamment de temps pour examiner les activités impliquées?

- a3: continuité dans la supervision mal assurée

Est-ce qu'il y avait des transferts de responsabilités dans la supervision qui n'étaient pas clairs, comme par exemple lors d'un permis de travail, ou lors d'un changement de quart?

Si le superviseur a été remplacé récemment, est-ce que les procédures de passage de relais entre l'ancien et le nouveau superviseur ont été définies et mises en place?

- a4: n'a pas détecté/corrigé les dangers

Cette branche permet d'analyser si le superviseur faisait des efforts systématiques et adéquats pour détecter et traiter des risques.

- b1 n'a pas détecté le risque

- c1 connaissance des risques inadéquate

Est ce que l'absence de checklist sur les risques de cette activité ou process contribue au problème en question ?

Si il y avait une check-list, était-elle utilisée correctement ?

Etc ...

Cette démarche s'apparente en quelque sorte à celle d'un audit a posteriori.

Si on utilise la typologie des filtres proposés, on reste à un niveau qui correspond au système de management (on retrouve ainsi des thèmes tels que formation, définition des responsabilités, maintenance, maîtrise des procédés, gestion des modifications etc ....), et quelques facteurs de risques apparaissent également. Il y a de nombreux paramètres définis pour chaque branche. Cela signifie qu'en terme d'informations, l'utilisation de MORT requiert un grand nombre de détails sur l'organisation de l'entreprise où est survenu l'accident.

### 5. La représentation Accimap

L' « accimap » est une tentative de représentation qui prend en compte un maximum de paramètres contribuant à l'accident au sein d'un système socio-technique, basé sur l'approche de J.Rasmussen et de sa représentation du système socio-technique en tranches (figure 11) :

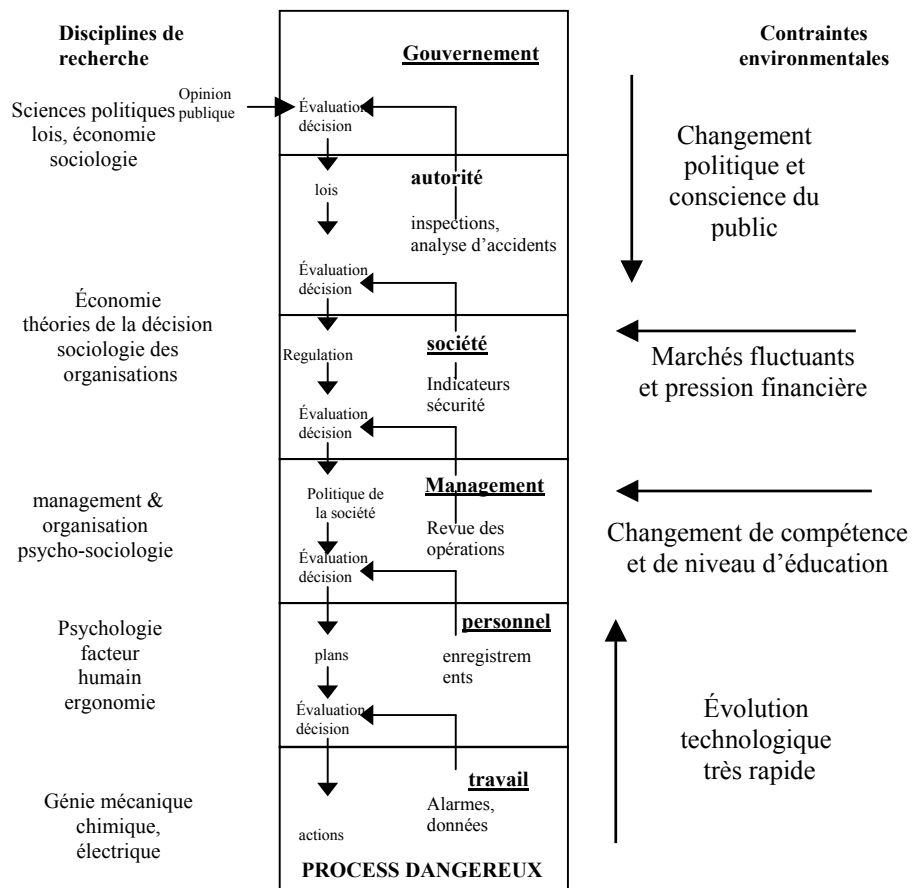


Figure 11 : Représentation du système socio-technique

Cette représentation du système socio-technique met en évidence un certain nombre de niveaux, qui ont tous une influence de près ou de loin sur l'accident :

- 1. Niveau du gouvernement :** Le type de loi imposée par l'état a un impact sur le niveau de sécurité, on voit aujourd'hui en France la différence avec SEVESO 2 et son approche organisationnelle.

**2. niveau de l'autorité** : le contrôle exercé par l'autorité (DRIRE en France) quant à l'application de la loi sur les installations industrielles en terme de sécurité a un impact sur le niveau de sécurité de celle-ci.

**3. niveau de l'entreprise** : la politique de l'entreprise en matière de gestion des risques majeurs a bien entendu un impact sur son niveau de risque, et cette politique se définit en fonction de son contexte, notamment le contrôle administratif.

**4. niveau du management** : la manière dont est assuré le management des risques d'une entreprise a un impact sur son niveau de sécurité comme il est démontré dans cette étude.

.

.etc ...

.

Ces niveaux correspondent à des disciplines différentes, qui vont de la psychologie, en passant par la sociologie, l'économie, la politique etc ... c'est l'ensemble des connaissances qui seraient nécessaires pour comprendre le fonctionnement du système qui sont décrites à la gauche de la représentation de la figure, et qui nécessitent d'être intégrées.

Le travail de Rasmussen et de Inge Svedung porte donc sur le caractère global de l'accident. Ces deux auteurs cherchent à élaborer des moyens de représenter cette complexité de relations entre faits et décisions, de facteurs influençant une dynamique vers l'accident. Cette approche pose la question de la représentation de système complexe.

C'est le but de la représentation Accimap.

Accimap est relativement factuel, il y a relativement peu d'informations concernant le pourquoi des décisions, des actions, ce qui correspondrait à l'étape matérialisée par le filtre 4 qui consiste à re-contextualiser un contexte factuel afin de comprendre d'avantage le pourquoi des actions et la dérive du système.

Néanmoins ce travail sur la représentation pourra servir de support pour démontrer le caractère forcément global de l'accident, même si les compétences requises pour analyser les faits et ainsi les re-contextualiser ne sont pas toujours disponibles. A noter qu'une représentation du type d'Accimap nécessite une quantité d'information importante, du type enquête judiciaire ou enquête interne aux entreprises, révélant des informations inaccessibles autrement.

Il ne s'agit pas d'une méthodologie d'enquête ou d'analyse particulière qui permet d'identifier des défaillances organisationnelles. C'est une tentative de représentation plus globale que le traditionnel arbre des causes, à partir des informations concernant les conditions dans lesquelles se sont déroulées les accidents.

L'exemple suivant est la représentation de l'accident du Herald Free of Enterprise. Cette représentation essaie de faire apparaître l'ensemble des événements qui contribuent à l'accident.

L'accident de Zeebrugge se déroula le 6 mars 1987. Le ferry, Herald free of enterprise faisait route vers Douvres, avec à bord 459 passagers ainsi que 81 voitures et 47 véhicules de fret. L'équipage était constitué de 80 personnes. Le temps était bon avec une légère brise d'Est ainsi qu'une mer belle à peu agitée. Le ferry quitte le port et chavire 4 minutes après le passage de la première bouée.

Les numéros figurant sur la représentation (figure 12) se rapportent aux explications plus approfondies des éléments présents sur le schéma. Voici les premiers commentaires associés à l'Accimap de Zeebrugge.

1 : Le ferry a été construit pour la connexion Douvres – Calais et ces deux ports ont des infrastructures adaptées pour le chargement des deux plates-formes de chargement des voitures. Zeebrugge n'est pas équipé de la sorte, et il fallait donc élever la rampe afin d'atteindre la seconde plate-forme. A marée haute, il fallait alourdir le ferry par ballasts afin de permettre à la rampe d'atteindre la seconde plate-forme du ferry.

2 : La pratique générale consistait à remplir les ballasts deux heures avant le chargement dans le but d'équilibrer convenablement par l'avant du ferry,

3 : Les réservoirs avant étaient sur la ligne principale de ballast mais n'étaient pas connectés aux pompes de grande capacité.

4 : Le ferry était plus lourd de 250 tonnes, dû à des modifications, par rapport à la conception originale.

5 : La moyenne de d'excès de chargement en terme de véhicule était de 13%. C'était le cas pour tous les ferrys de la compagnie.

6 : « Une probabilité est que le bateau approchait les conditions limites et qu'il était en fait surchargé au départ du port ». Ca n'a été en aucun cas une cause directe, mais l'intérêt est dans la leçon à en tirer, à savoir dans le contexte présent, la recherche des limites d'adaptation d'une activité par rapport aux opérations quotidiennes.

7 : Il était de la responsabilité de Mr S de fermer les portes avant. Il a ouvert les portes puis a été occupé avec la maintenance et le nettoyage. A la suite de cela, il s'est endormi dans ses quartiers et n'a été réveillé qu'au moment du chavirement.

8 : Pourquoi l'officier ne pouvait-il pas attendre les trois minutes que dure la fermeture des portes ? En fait il existait une pression importante pour quitter le port, ainsi les officiers se rendaient sur le pont immédiatement après le chargement. Fréquemment, l'ordre d'appareiller était donné avant la fin du chargement. Une pression considérable par la compagnie était très clairement signifiée par un memorando sur la nécessité de partir le plus tôt possible à cause d'horaires très serrés à Douvres qui causaient des retards à Zeebrugge. « Disons les choses franchement, on ne peut pas partir tard de Zeebrugge. C'est 15 minutes plus tôt pour nous ». Ce jour là, le ferry est parti en retard de 5 minutes.

Etc ...

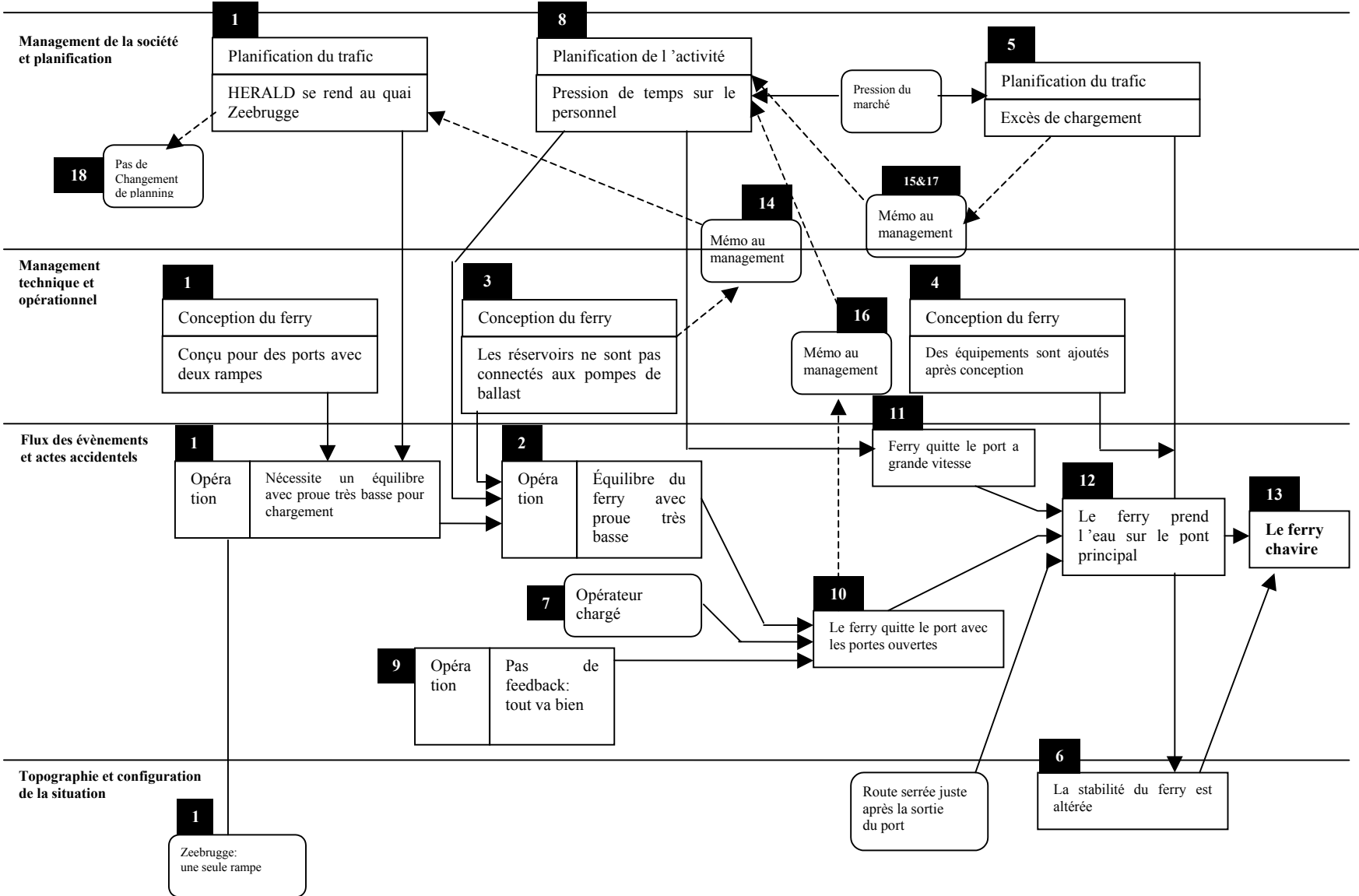


Figure 12 : Accimap de l'accident de Zeebrugge