HAL
open science

# Methodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels

Georgio Marios Karagiannis

## To cite this version:

Georgio Marios Karagiannis. Methodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels. Autre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2010. Français. NNT : 2010EMSE0590 . tel-00669712

**HAL Id: tel-00669712**

**https://theses.hal.science/tel-00669712**

Submitted on 13 Feb 2012

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

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

NNT : 2010 EMSE 0590

# THÈSE

présentée par

Georgios Marios KARAGIANNIS

pour obtenir le grade de
Docteur de l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne

Spécialité : Sciences et Génie de l'Environnement

# METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE DE LA ROBUSTESSE DES PLANS DE SECOURS INDUSTRIELS

soutenue à Saint-Etienne, le 10 décembre 2010

Membres du jury

| | | |
|---|---|---|
| Président : | Henry LONDICHE | Maitre de Recherche, ENSM-SE |
| Rapporteurs : | Laurent PERRIN | Professeur, ENSIC de Nancy |
| | Emmanuel GARBOLINO | Maitre-Assistant, ENSMP |
| Examinateur(s) : | Gilles DUSSERRE | Directeur de Recherche, Ecole des Mines d'Alès |
| | Bruno DEBRAY | Délégué Scientifique, INERIS/DRA |
| Directeur(s) de thèse : | Jean-Marie FLAUS | Professeur, Grenoble INP |
| | Eric PIATYSZEK | Chargé de Recherche, ENSM-SE |
| Invités: | Jean-Luc LAUBE | Responsable Sécurité, Sanofi-Aventis |
| | Damien REY | Responsable Sécurité, Plateforme Chimique du Pont-de-Claix |

| **Spécialités doctorales :** | **Responsables :** |
|---|---|
| SCIENCES ET GENIE DES MATERIAUX | J. DRIVER Directeur de recherche – Centre SMS |
| MECANIQUE ET INGENIERIE | A. VAUTRIN Professeur – Centre SMS |
| GENIE DES PROCEDES | G. THOMAS Professeur – Centre SPIN |
| SCIENCES DE LA TERRE | B. GUY Maître de recherche – Centre SPIN |
| SCIENCES ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT | J. BOURGOIS Professeur – Centre SITE |
| MATHEMATIQUES APPLIQUEES | E. TOUBOUL Ingénieur – Centre G2I |
| INFORMATIQUE | O. BOISSIER Professeur – Centre G2I |
| IMAGE, VISION, SIGNAL | JC. PINOLI Professeur – Centre CIS |
| GENIE INDUSTRIEL | P. BURLAT Professeur – Centre G2I |
| MICROELECTRONIQUE | Ph. COLLOT Professeur – Centre CMP |

**Enseignants-chercheurs et chercheurs autorisés à diriger des thèses de doctorat** (titulaires d'un doctorat d'État ou d'une HDR)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| AVRIL | Stéphane | MA | Mécanique & Ingénierie | CIS |
| BATTON-HUBERT | Mireille | MA | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| BENABEN | Patrick | PR 1 | Sciences & Génie des Matériaux | CMP |
| BERNACHE-ASSOLANT | Didier | PR 0 | Génie des Procédés | CIS |
| BIGOT | Jean-Pierre | MR | Génie des Procédés | SPIN |
| BILAL | Essaïd | DR | Sciences de la Terre | SPIN |
| BOISSIER | Olivier | PR 1 | Informatique | G2I |
| BOUCHER | Xavier | MA | Génie Industriel | G2I |
| BOUDAREL | Marie-Reine | PR 2 | Génie Industriel | DF |
| BOURGOIS | Jacques | PR 0 | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| BRODHAG | Christian | DR | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| BURLAT | Patrick | PR 2 | Génie industriel | G2I |
| COLLOT | Philippe | PR 1 | Microélectronique | CMP |
| COURNIL | Michel | PR 0 | Génie des Procédés | SPIN |
| DAUZERE-PERES | Stéphane | PR 1 | Génie industriel | CMP |
| DARRIEULAT | Michel | IGM | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| DECHOMETS | Roland | PR 1 | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| DESRAYAUD | Christophe | MA | Mécanique & Ingénierie | SMS |
| DELAFOSSE | David | PR 1 | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| DOLGUI | Alexandre | PR 1 | Génie Industriel | G2I |
| DRAPIER | Sylvain | PR 2 | Mécanique & Ingénierie | SMS |
| DRIVER | Julian | DR 0 | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| FEILLET | Dominique | PR 2 | Génie Industriel | CMP |
| FOREST | Bernard | PR 1 | Sciences & Génie des Matériaux | CIS |
| FORMISYN | Pascal | PR 1 | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| FORTUNIER | Roland | PR 1 | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| FRACZKIEWICZ | Anna | DR | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| GARCIA | Daniel | MR | Génie des Procédés | SPIN |
| GIRARDOT | Jean-Jacques | MR | Informatique | G2I |
| GOEURIOT | Dominique | MR | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| GRAILLOT | Didier | DR | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| GROSSEAU | Philippe | MR | Génie des Procédés | SPIN |
| GRUY | Frédéric | MR | Génie des Procédés | SPIN |
| GUY | Bernard | MR | Sciences de la Terre | SPIN |
| GUYONNET | René | DR | Génie des Procédés | SPIN |
| HERRI | Jean-Michel | PR 2 | Génie des Procédés | SPIN |
| INAL | Karim | PR 2 | Microélectronique | CMP |
| KLÖCKER | Helmut | DR | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| LAFOREST | Valérie | CR | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| LERICHE | Rodolphe | CR CNRS | Mécanique et Ingénierie | SMS |
| LI | Jean-Michel | EC (CCI MP) | Microélectronique | CMP |
| LONDICHE | Henry | MR | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| MALLIARAS | George Grégory | PR 1 | Microélectronique | CMP |
| MOLIMARD | Jérôme | MA | Mécanique et Ingénierie | SMS |
| MONTHEILLET | Frank | DR 1 CNRS | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| PERIER-CAMBY | Laurent | PR 2 | Génie des Procédés | SPIN |
| PIJOLAT | Christophe | PR 1 | Génie des Procédés | SPIN |
| PIJOLAT | Michèle | PR 1 | Génie des Procédés | SPIN |
| PINOLI | Jean-Charles | PR 0 | Image, Vision, Signal | CIS |
| STOLARZ | Jacques | CR | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| SZAFNICKI | Konrad | MR | Sciences & Génie de l'Environnement | SITE |
| THOMAS | Gérard | PR 0 | Génie des Procédés | SPIN |
| TRIA | Assia | | Microélectronique | CMP |
| VALDIVIESO | François | MA | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| VAUTRIN | Alain | PR 0 | Mécanique & Ingénierie | SMS |
| VIRICELLE | Jean-Paul | MR | Génie des procédés | SPIN |
| WOLSKI | Krzysztof | DR | Sciences & Génie des Matériaux | SMS |
| XIE | Xiaolan | PR 1 | Génie industriel | CIS |

**Glossaire :**

| | |
|---|---|
| PR 0 | Professeur classe exceptionnelle |
| PR 1 | Professeur 1ère catégorie |
| PR 2 | Professeur 2ème catégorie |
| MA(MDC) | Maître assistant |
| DR | Directeur de recherche |
| Ing. | Ingénieur |
| MR(DR2) | Maître de recherche |
| CR | Chargé de recherche |
| EC | Enseignant-chercheur |
| IGM | Ingénieur général des mines |

**Centres :**

| | |
|---|---|
| SMS | Sciences des Matériaux et des Structures |
| SPIN | Sciences des Processus Industriels et Naturels |
| SITE | Sciences Information et Technologies pour l'Environnement |
| G2I | Génie Industriel et Informatique |
| CMP | Centre de Microélectronique de Provence |
| CIS | Centre Ingénierie et Santé |

Dernière mise à jour le : 9 mars 2010

# Résumé

Ce travail de recherche vise à développer une méthode pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels. Ces plans définissent le dispositif opérationnel mis en place d'un côté par l'industriel afin de gérer les accidents industriels majeurs en interne de son installation, de l'autre par les autorités publiques afin de répondre aux menaces induits par ces accidents sur les personnes, les biens et l'environnement. Des défaillances peuvent survenir lors de la mise en œuvre de ces plans, qui peuvent entrainer à un fonctionnement en mode dégradé des dispositifs. Une méthode d'analyse de ces dysfonctionnements est le retour d'expérience effectué sur les accidents industriels, qui cependant ne permet pas une analyse structurée du dispositif de gestion de crise. Dans le cadre de ce travail, une approche d'analyse des systèmes organisationnels est utilisée. En effet, la méthodologie développée repose sur une formalisation structuro-fonctionnelle et générique des plans de secours industriels, décrivant à la fois les fonctions et les ressources permettant la réalisation de ces fonctions. De plus, ce travail s'est accompagné de retours d'expérience à partir de 159 rapports d'accidents et de 61 exercices POI/PPI, qui ont permis d'identifier des défaillances pouvant survenir lors de la mise en œuvre des POI/PPI. Le modèle développé et les informations obtenus par le retour d'expérience permettent de structurer l'analyse des dysfonctionnements pouvant se manifester lors de la mise en œuvre des plans. Cette analyse de la robustesse est basée sur une évaluation du risque de défaillance des fonctions du plan. La probabilité de défaillance est estimée à partir des questions d'évaluation et des arbres de défaillances des ressources et des fonctions. La gravité de la défaillance de chaque fonction est déterminée en utilisant les études de dangers de l'installation, en suivant la règle des dommages maximum qu'elle peut provoquer. La criticité de défaillance de chaque fonction est ainsi obtenue, et la criticité du plan résulte de l'agrégation des criticités de ses fonctions. L'approche suivie est ainsi basée sur une analyse des risques de dysfonctionnement des plans reposant elle-même d'une part sur les retours d'expérience et d'autre part sur une analyse critique du modèle structurel et fonctionnel des plans. Cette méthodologie constitue ainsi une boite à outils qui peut être utilisée à la fois pour l'évaluation des plans existants, mais aussi pour l'élaboration du dispositif défini dans un plan de secours industriel.

# Abstract

The objective of this research thesis is to develop a methodology for the analysis of robustness of industrial emergency plans. These plans define the operational mechanism established by the operator in order to respond to major industrial accidents in the interior of the facility, but also by public authorities in order to respond to the threats induced by these accidents to people, goods and the environment. Failures can occur when these plans are put into action; they can result to deteriorated operating conditions for these systems. Lessons learned from major industrial accidents are one approach to the analysis of these failures, but they do not allow for a structured analysis of the emergency response mechanism. An organizational systems analysis approach is used in this project. As a matter of fact, the methodology developed is based on a structuro-functional and generic formalization of industrial emergency plans, which describes both the functions of the plans and the resources necessary for accomplishing them. Furthermore, lessons learned through the analysis of 159 industrial accidents and 61 internal and external industrial emergency plan exercises have led to the identification of failures that may occur during the use of industrial emergency plans for emergency response. The model that was developed and the information obtained through experience feedback result in a structured analysis of failures of these plans. This robustness analysis is based on the failure risk assessment of the plan's functions. The failure probability is estimated through assessment questions and the plan's functions and resources fault trees. The failure severity of each function is determined by using the facility's hazard study and by applying the maximum damage rule. The failure criticality of each function is hence obtained, and the plan's criticality results from the aggregation of the criticalities of the plan's functions. The approach followed is hence based on a failure risk analysis, which in turn is built upon lessons learned and the critical analysis of the plan's model. This methodology therefore constitutes a toolbox that can be used both for the analysis of existing plans and the development of emergency response mechanism.

Ce travail de recherché a bénéficié d'un financement par le Cluster de Recherche Environnement, mis en place et soutenu par la Région Rhône-Alpes.

# Sommaire

1. Introduction ..... 1
2. Gestion des risques et plans d'urgence ..... 5
2.1. Notions de risques ..... 7
2.1.1. Les risques majeurs ..... 8
2.1.2. Le risque industriel majeur ..... 9
2.2. Gestion des risques ..... 10
2.2.1. Processus général de gestion des risques ..... 10
2.2.2. La gestion du risque industriel ..... 12
2.3. Intervention d'urgence et gestion de crise ..... 13
2.3.1. La dynamique de la crise ..... 14
2.3.2. Gestion de crise ..... 15
2.4. Plans de secours ..... 20
2.4.1. Principes et méthodes de planification ..... 21
2.4.2. Processus de développement des plans de secours ..... 23
2.4.3. Plans de secours industriels ..... 26
2.5. Analyse des plans de secours ..... 36
2.5.1. Méthodes d'analyse existantes ..... 37
2.5.2. Formalisation des plans ..... 39
2.6. Conclusion ..... 39
3. Modélisation et analyse des systèmes organisationnels ..... 41
3.1. Modélisation des systèmes organisationnels pour la détection des défaillances .. 44
3.1.1. Description de quelques méthodes de modélisation de processus ..... 47
3.1.2. Choix d'une méthode de modélisation de processus ..... 49
3.1.3. Démarche générique de modélisation ..... 50
3.1.4. Approche de modélisation FIS ..... 52
3.2. Méthode d'analyse de la robustesse d'un système organisationnel avec le modèle FIS ..... 62
3.2.1. Estimation du taux de défaillance des ressources ..... 63
3.2.2. Calcul du taux de défaillance des fonctions ..... 64
3.2.3. Estimation de la gravité de défaillance des fonctions ..... 65
3.2.4. Estimation de la criticité ..... 67

3.3. Conclusion ..... 69
4. Développement d'une méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels ..... 71
4.1. Démarche suivie pour le développement d'une méthode d'analyse de la robustesse des plans de secours industriels ..... 73
4.2. Modèle structuro-fonctionnel FIS des plans de secours industriels ..... 75
4.2.1. Dispositif de réponse opérationnelle aux accidents industriels majeurs ..... 76
4.2.2. Le site industriel ..... 77
4.2.3. Le Plan d'Opération Interne ..... 79
4.2.4. Dispositif de gestion de crise en interne ..... 81
4.3. Exploitation du retour d'expérience ..... 84
4.3.1. Base de données ARIA ..... 85
4.3.2. Suivi d'exercices POI et PPI sur le terrain ..... 86
4.3.3. Analyse des rapports d'exercices PPI ..... 86
4.3.4. Exploitation statistique des défaillances identifiées ..... 87
4.4. Taxonomie des ressources du POI ..... 90
4.4.1. Ressources Humaines ..... 93
4.5. Arbres de défaillances des fonctions du POI ..... 101
4.5.1. Fonction E2 : Diriger les Opérations Internes ..... 101
4.6. Evaluation de la robustesse du POI ..... 103
4.7. Conclusion ..... 104
5. Utilisation de la méthodologie pour l'analyse des POI de 2 sites SEVESO seuil haut107
5.1. Présentation des sites d'étude et modalités d'application ..... 108
5.2. Analyse du POI du Site Alpha ..... 109
5.2.1. Taux de défaillance des ressources ..... 110
5.2.2. Criticité de la fonction E2 : Diriger les opérations internes ..... 145
5.2.3. Criticité du POI ..... 146
5.2.4. Discussion des résultats de l'analyse ..... 149
5.3. Conclusions ..... 150
6. Conclusion ..... 153
Références bibliographiques ..... 159
Annexes ..... 175

Annexe 1 : Modèle structuro-fonctionnel du dispositif d'intervention face à un accident industriel majeur ..... 177

Annexe 2 : Défaillances observées dans la mise en œuvre des POI ..... 236

Annexe 3 : Défaillances observées dans la mise en œuvre des PPI ..... 249

Annexe 4 : Taxonomie des ressources du POI ..... 260

Annexe 5 : Arbres de défaillances des fonctions du POI ..... 304

Annexe 6 : Organisation de la démarche ..... 319

# Remerciements

La soutenance d'une thèse est l'aboutissement d'un travail de recherche de trois ans. Ces quelques lignes présentent ma reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué à l'accomplissement de ce travail au cours de ces trois ans.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude à mon directeur et co-directeur de thèse, Jean-Marie FLAUS et Eric PIATYSZEK. Leurs directions, remarques et conseils tout au long de ce travail m'ont permis d'acquérir des savoirs et des savoirs-être, non seulement indispensables à la conduite de ce projet, mais aussi très précieux. Enfin, leur disponibilité sans faille a été génératrice d'une ambiance d'un vrai travail d'équipe dans ce projet de recherche qu'ils ont dirigé.

Je présente toute ma reconnaissance à Henry LONDICHE, qui a été non seulement mon collègue de bureau au cours de ces trois ans, mais il a suivi de près ce travail de recherche pendant toute sa durée, apportant toujours des parcelles de ses connaissances et de son expérience. En effet, il a été une source d'apprentissage au quotidien.

Je souhaite remercier tout particulièrement Emmanuel GARBOLINO et Laurent PERRIN, de m'avoir fait l'honneur de juger ce travail en tant que rapporteurs. Leurs remarques et suggestions lors de la lecture de ce rapport ont permis d'améliorer la qualité de celui-ci.

Merci à Gilles DUSSERRE et Bruno DEBRAY d'avoir fait partie de ce jury de thèse, en apportant leur regard critique sur ce travail.

Je tiens à remercier Jean-Luc LAUBE et Damien REY, d'avoir accepté de faire partie de ce jury, ainsi que pour leurs contributions et disponibilité au cours de ces trois ans.

Je voudrais exprimer mes remerciements à Didier GRAILLOT, Directeur du Centre SITE, de m'avoir permis de réaliser ce projet de recherche au sein de ce centre de recherche, ainsi que pour ces conseils éclairés pendant ces trois années.

Je tiens à remercier Jacques BOURGOIS, Responsable de cette spécialité doctorale, de ses suggestions fort appréciées.

Un grand merci à tous mes collègues du Centre SITE : Zahia MAZER, Christiane RETRUS, Mamy TOMBOZAFY, Loic PERRIN, Anne CIKANKOWITZ, Aurélien GENTILS, Jordan RE-BAHUAUD, Gaël BOURON, Valentine MOREAU, Marianna MEAVE, Christian BRODHAG, Mireille BATTON-HUBERT, Natacha GONDRAN, Djamel MIMOUN, Fred PARAN, Florence DUJARDIN, Florent BREUIL. Je passe le relais à Juan-Ramon JACOB CANO ; mes meilleurs vœux pour l'aboutissement de tes efforts !

J'exprime enfin et surtout ma gratitude la plus profonde à ma famille de m'avoir soutenu continuellement lors de cette thèse et de m'avoir encouragé dans les moments difficiles comme dans les bons.

# Liste des acronymes

| | |
|---|---|
| CHU | Centre d'Hébergement d'Urgence |
| CMIC | Cellule Mobile d'Intervention Chimique |
| COD | Centre Opérationnel Départemental |
| CODIS | Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et des Secours |
| COS | Commandant des Opérations de Secours |
| CRF | Croix-Rouge Française |
| CS | Centre de Secours |
| CTA | Centre de Traitement des Appels |
| DDSC | Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles |
| DSC | Direction de la Sécurité Civile |
| DIR | Direction Interdépartementale des Routes |
| DREAL | Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement |
| DOI | Directeur des Opérations Internes |
| DOS | Directeur des Opérations de Secours |
| FEMA | Federal Emergency Management Agency |
| FIS | Fonctions – Interactions – Structure |
| FNSPF | Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers de France |
| GN | Gendarmerie Nationale |
| IFRC | International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies |
| MRT | Méthode de Raisonnement Tactique |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| NFPA | National Fire Protection Association |
| PC | Poste de Commandement |
| PC Ex | Poste de Commandement Exploitant |
| PCO | Poste de Commandement Opérationnel |
| PN | Police Nationale |
| POI | Plan d'Opération Interne |
| PPI | Plan Particulier d'Intervention |
| REX | Retour d'Expérience |

| | |
|---|---|
| SAMU | Système d'Assistance Médicale d'Urgence |
| SIDPC | Service Interministériel de Défense et de Protection Civiles |
| SEI | Seuil des Effets Irréversibles |
| SELS | Seuil des Effets Létaux Significatifs |
| SEL | Seuil des Effets Létaux |
| SDIS | Service Départemental d'Incendie et de Secours |
| SNCF | Société Nationale des Chemins de Fer |
| VNF | Voies Navigables de France |

# Table des figures

Figure 1 : Représentation schématique des composantes du risque (adapté depuis IFRC, 2004) ..... 8

Figure 2 : Procédure générale de gestion des risques (IFRC, 2008) ..... 11

Figure 3 : Représentation schématique de la Méthode de Raisonnement Tactique (adapté depuis SKK, 2000) ..... 19

Figure 4 : Procédure de mise en place de plans de secours (adapté depuis FEMA, 2009) ..... 24

Figure 5 : Le système canonique d'après Jean-Louis LE MOIGNE (Perilhon, 2007) ..... 45

Figure 6 : Elément de base SADT (adapté depuis Lissandre, 1990) ..... 49

Figure 7 : Structure de démarche de formalisation des systèmes organisationnels ..... 51

Figure 8 : Modélisation FIS d'un système (adapté depuis Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010) ..... 52

Figure 9 : Graphe fonction-ressource dans la méthode FIS ..... 54

Figure 10 : Principe de décomposition hiérarchique dans la méthode FIS (Flaus, 2007) ..... 55

Figure 11 : Propagation des défaillances à travers un système (Flaus, 2007) ..... 55

Figure 12 : Taxonomie des ressources ..... 57

Figure 13 : Représentation schématique des attributs d'une ressource ..... 58

Figure 14 : Démarche d'évaluation du taux de défaillance des ressources et des fonctions définies dans un système organisationnel ..... 63

Figure 15 : Règles d'exploitation semi-quantitative des arbres de défaillances (UIC 1981) ..... 64

Figure 16 : Démarche pour la mise en place d'une méthode d'analyse de la robustesse des plans de secours industriels ..... 74

Figure 17 : Modèle structurel-fonctionnel du dispositif d'intervention d'urgence face aux accidents industriels majeurs (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010) ..... 77

Figure 18 : Modèle structuro-fonctionnel d'une installation industriel dans le cadre de la réponse aux accidents industriels majeurs ..... 78

Figure 19 : Modèle structuro-fonctionnel d'un Plan d'Opération Interne ..... 79

Figure 20 : Modèle structuro-fonctionnel du dispositif mis en place en interne pour la gestion de crise résultant d'un accident industriel majeur ..... 82

Figure 21 : Modèle « boite-noire » du système DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES ..... 83

Figure 22 : Défaillances dans la mise en œuvre des Plans d'Opération Interne, identifiées par des exercices POI et l'analyse des rapports d'accidents (réparties par fonction du modèle POI) ..... 87

Figure 23 : Défaillances dans la mise en œuvre des Plans Particuliers d'Intervention, identifiées par des exercices POI et l'analyse des rapports d'accidents et d'exercices (réparties par fonction du modèle PPI) ..... 89

Figure 24 : Taxonomie des ressources ..... 91

Figure 25 : Arbre de défaillance des ressources humaines ..... 95

Figure 26 : Arbre de défaillances de la fonction E2 : Diriger les opérations internes ..... 102

Figure 27 : Structure de démarche de formalisation des plans de secours industriels ..... 104

Figure 28 : Arbre de défaillances de la ressource « Personnels de coordination » et calcul effectué dans l'application de la méthode. ..... 114

Figure 29 : Arbre de défaillances de la ressource « Locaux » et calcul effectué dans l'application de la méthode. ..... 118

Figure 30 : Arbre de défaillances de la ressource « Moyens de communication » et calcul effectué dans l'application de la méthode. ..... 123

Figure 31 : Arbre de défaillances de la ressource « Téléphones GSM » et calcul effectué dans l'application de la méthode. ..... 128

Figure 32 : Arbre de défaillances de la catégorie « Moyens de traitement de l'information » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha ..... 132

Figure 33 : Arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha ..... 138

Figure 34 : Arbre de défaillances de la catégorie « Ressources Organisationnelles » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha ..... 142

Figure 35 : Arbre de défaillances de la catégorie « Ressources Informationnelles » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha ..... 144

Figure 36 : Arbre de défaillances de la fonction E2 : Diriger les opérations internes et calcul effectué dans le cadre de l'exemple de l'application de la méthode ..... 145

[Cette page a été intentionnellement laissée vide]

# 1.Introduction

# 1.Introduction

La directive 96/82/CE de l'Union Européenne, dite « Seveso II » promulguée le 9 décembre 1996 et modifiée en 2003 et la législation française des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (I.C.P.E.) et le Code Minier pour les stockages souterrains imposent aux exploitants et aux autorités locales de maintenir des plans d'urgence afin de pouvoir gérer les accidents industriels. Ces plans sont les Plans d'Opération Interne (POI) pour l'exploitant et les Plans Particuliers d'Intervention(PPI), annexés au dispositif ORSEC, pour les autorités préfectorales.

Ce travail de recherche porte sur l'analyse de ces plans en vue de leur amélioration. Des dysfonctionnements peuvent survenir lors de l'intervention d'urgence face à un accident industriel majeur et rendre la gestion de crise plus délicate. Les défaillances pouvant survenir lors de la mise en œuvre d'un plan de secours industriel vont entrainer un fonctionnement en mode dégradé de ce système. Il est donc pertinent d'identifier ces dysfonctionnements, d'en rechercher les causes et de connaître les facteurs aggravants qui peuvent venir perturber le déroulement prévu de ces plans. A l'heure actuelle, peu de travaux se sont intéressés à ces questions, hormis les retours d'expérience ponctuels suite aux grands sinistres et des exercices d'intervention face aux accidents industriels. De par leur nature, ces retours d'expérience permettent d'identifier des dysfonctionnements survenus par le passé et ne permettent pas d'analyses systémiques et exhaustives.

L'enjeu de ce travail est de permettre l'amélioration de la gestion de crise et de l'organisation des secours en travaillant en amont au niveau de la validation des plans de secours. L'objectif est donc de fournir une méthodologie pour l'étude de la pertinence et la robustesse des plans de secours et de fournir une aide à la décision aux responsables de leur préparation. Nous proposons dans ce travail d'effectuer cette analyse par le moyen d'une grille d'analyse de la robustesse des plans de secours.

Cette grille d'analyse est basée sur l'analyse des risques de défaillance des fonctions des plans de secours industriels. Pour cela, un modèle structuro-fonctionnel du dispositif de réponse à des situations d'urgence résultant d'accidents industriels majeurs est créé en utilisant des méthodes de modélisation de processus. Ce modèle permet de structurer l'analyse et le retour d'expérience. Ensuite, l'application des méthodes d'analyse du risque de défaillance (comme par exemple l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de Leur Criticité, l'Analyse par Arbres de Défaillance et les matrices de risque) sur ce modèle permet d'évaluer la criticité de défaillance des différentes fonctions du plan.

Ce document est organisé en six parties, dont cette première constitue l'introduction. La partie **2. Gestion des risques et plans d'urgence** présente l'état de l'art dans la préparation à la gestion des accidents technologiques majeurs par la mise en place de plans de secours

adaptés. Elle permet de poser le problème et d'expliciter le besoin d'une méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels. La partie **3. Modélisation et analyse des systèmes organisationnels** présente en détail la démarche suivie pour mettre en place une méthodologie pour l'analyse de la robustesse de systèmes organisationnels. La partie **4. Développement d'une méthodologie pour l'analyse de la robustesse** illustre l'utilisation de l'approche présentée dans la partie 3 au cas de systèmes organisationnels particuliers, à savoir les plans de secours industriels. Elle présente le modèle structuro-fonctionnel, le retour d'expérience effectué et les éléments nécessaires à l'analyse des risques de défaillance des fonctions du plan. Un exemple de l'utilisation de la méthode pour l'analyse d'un Plan d'Opération Interne est présenté dans la partie **5. Utilisation de la méthodologie pour l'analyse du POI d'un site SEVESO seuil haut**. Enfin, les conclusions et perspectives de ce travail de recherche font l'objet de la partie **6. Conclusions**.

# 2.Gestion des risques et plans d’urgence

# 2.Gestion des risques et plans d'urgence

L'homme s'est retrouvé face aux risques depuis le début de l'histoire. Il en résulte que la gestion des risques fait l'objet des préoccupations de l'humanité depuis l'aube de la civilisation. Les stratégies de gestion des risques ont historiquement été dépendantes de la perception des risques par les personnes à travers les temps. La première perception historique du danger est celle de la déification des catastrophes, et le sacrifice d'animaux et d'êtres humains aux dieux, afin d'apaiser ces derniers et ainsi éviter la répétition ou la survenue de la catastrophe. Cette époque est dite « l'âge du sang ». Après la diffusion du christianisme, une nouvelle époque de gestion du risque » commence, celle dite « l'âge des larmes » : la catastrophe peut être évitée moyennant des prières et des processions. Depuis la polémique entre Voltaire et Rousseau, après le tremblement de terre de Lisbonne en 1755, et jusqu'à nos jours, nous nous trouvons dans l'âge « des neurones ». Le principe de cette époque est que l'individu et la société peuvent agir pour éviter les catastrophes ou diminuer les dégâts qu'elles provoquent (Kervern, 1995).

Ce chapitre présente le cadre général de la gestion des risques dans lequel se positionne ce travail de recherche. La partie 2.1 présente les notions de base utilisées en gestion des risques en général et du risque industriel en particulier ; la gestion de ces risques fait l'objet de la partie 2.2. L'état de l'art concernant la gestion de crise est exposé dans la partie 2.3, alors que la partie 2.4 présente les plans d'urgence en général ainsi que les modalités et les missions prises en compte dans les plans de secours industriels. Ensuite, la partie 2.5 traite de l'analyse des plans de secours et présente l'objectif de ce travail de recherche. Enfin, la partie 2.6 présente le bilan de ce chapitre.

## 2.1.Notions de risques

Le **risque** qualifie les pertes escomptées ou anticipées (vies humaines, blessés, biens endommagés et activités ou moyens d'existence perturbés) par suite de l'impact d'un danger donné sur un élément particulier qui est exposé à un risque, au cours d'un laps de temps déterminé (IFRC, 2004).

Un risque est le produit de la combinaison d'un aléa et de la vulnérabilité des enjeux (fig.1). Un **aléa** est défini comme l'occurrence potentielle, en un temps et en un lieu géographique déterminé, d'un phénomène, d'origine naturelle, technologique, sanitaire ou autre, susceptible de nuire à la vie, aux biens ou aux activités humaines au point de provoquer un accident ou une catastrophe. Deux paramètres sont utilisées pour évaluer un aléa : le phénomène dangereux (nature, intensité, localisation…) et sa probabilité (ou fréquence) d'occurrence (IFRC, 2000).

Les enjeux consistent en tous les éléments constituant une société – les personnes, leurs biens, l'environnement, mais aussi les activités économiques, les infrastructures. Les pertes provoquées par la survenue d'un aléa vont dépendre du nombre et de la vulnérabilité des enjeux. D'après Bethke et al. (2000), deux types de vulnérabilité peuvent être définis :

- La **vulnérabilité humaine** désigne le manque relatif de capacités pour une personne ou pour un groupe social à anticiper l'impact d'un aléa, à y faire face, à y résister et à s'en remettre. Il y a deux dimensions à cette fragilité : l'exposition aux aléas (par exemple à un tremblement de terre) et la difficulté de s'y adapter et de récupérer (par manque de ressources).
- La **vulnérabilité structurelle** représente la mesure de la susceptibilité d'une structure ou d'un service à être endommagé ou perturbé par un phénomène aléatoire.

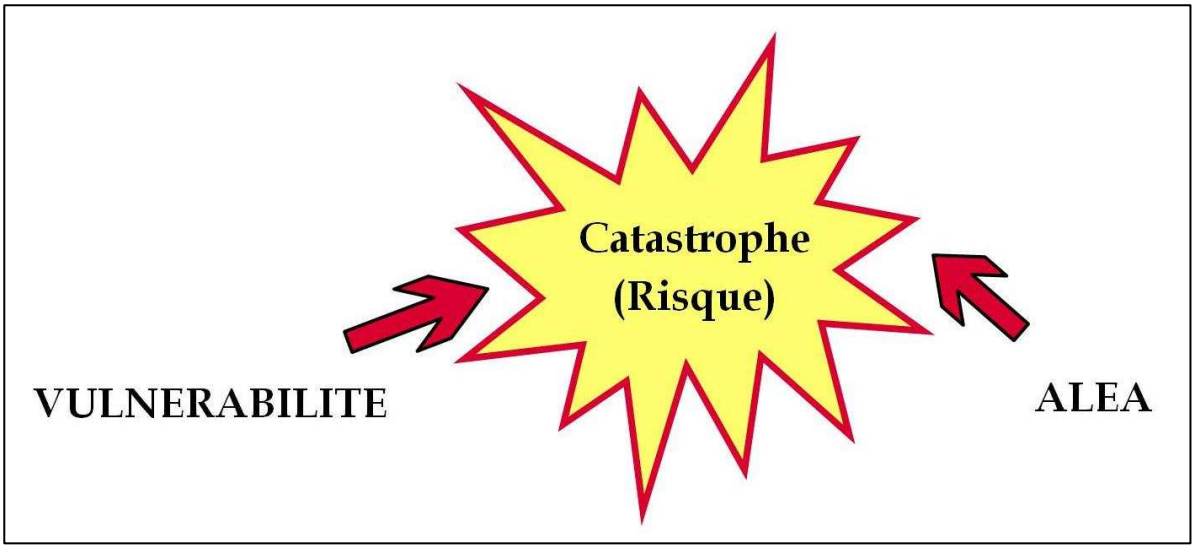


**Figure 1 :** Représentation schématique des composantes du risque (adapté depuis IFRC, 2004)

### 2.1.1.Les risques majeurs

Les risques sont souvent présentés comme l'agrégation de la probabilité de survenue d'un aléa et de la gravité de cette dernière sur les enjeux (Londiche, 2004). Suivant cette représentation, le **risque majeur** est un risque dont l'aléa a une probabilité de survenue assez faible, mais la gravité de ses conséquences est très importante (MEDAD, 2007).

La survenue d'un aléa dans une société ou un lieu vulnérable peut être à l'origine des catastrophes ou de situations d'urgence. Une **catastrophe** est une perturbation extrême du fonctionnement d'une société qui entraîne d'importantes pertes humaines, matérielles ou environnementales, et à laquelle la société touchée ne peut pas faire face avec ses seules ressources (UN/ISDR, 2004).

Le terme **situation d'urgence** est utilisé pour identifier tout incident, d'origine naturelle ou anthropique, qui nécessite la prise d'actions de réponse afin de protéger des vies humaines ou les biens (FEMA, 2009).

Le terme **Evénement de Sécurité Civile** est utilisé en France de façon similaire à la situation d'urgence. En général, une situation d'urgence est perçue comme un événement d'importance inférieure par rapport à une catastrophe.

Enfin, une **crise** est une situation qui menace les buts essentiels des unités de prise de décision, réduit le laps de temps disponible pour la prise de décision, et dont l'occurrence surprend les responsables (Lagadec et al., 2002).

Les aléas susceptibles d'engendrer des risques majeurs sont souvent classés en deux catégories principales : les aléas naturels et les aléas technologiques (Bethke et al., 1997). Les aléas naturels comportent les aléas géologiques (comme les séismes et les volcans), les aléas climatiques (comme les inondations et les tempêtes) et les incendies de forêts. Les aléas technologiques sont au nombre de quatre : l'aléa industriel, l'aléa nucléaire, l'aléa lié au transport de matières dangereuses et l'aléa lié aux barrages. Chaque aléa majeur correspond à un risque majeur ; par exemple les aléas technologiques sont liés au risque technologique majeur. Ce travail de recherche concerne le secteur industriel, c'est pourquoi le risque industriel majeur est décrit plus dans le détail dans la partie suivante.

### 2.1.2.Le risque industriel majeur

Un risque industriel majeur est un événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes les biens et/ou l'environnement (MEDAD, 2007). Le risque industriel concerne essentiellement les sites industriels chimiques et/ou pétrochimiques.

Les événements dangereux (ou aléas) susceptibles de se produire et avoir des effets importants pour les personnes et les biens sont l'incendie, l'explosion et l'émission de produits toxiques. Ces événements sont souvent liés à une perte de confinement d'une matière dangereuse (Londiche, 2004). Si un liquide inflammable se déverse sur le sol, une flaque inflammable se forme, qui peut prendre feu au contact d'une source d'énergie. La fuite d'un gaz conduit à sa dispersion dans l'atmosphère. Si le gaz est plus léger que l'air atmosphérique, il se répand dans l'atmosphère en se dissipant. Dans le cas contraire, il s'accumule à proximité du sol. Si le gaz est inflammable, son mélange turbulent avec l'air atmosphérique conduit à la formation d'un nuage inflammable voire explosif. Si le gaz est toxique, il se trouvera en concentration plus ou moins importante dans différents lieux (Rigas et al., 2004).

Les effets de ces événements dangereux sont thermiques, mécaniques et toxiques. Les effets thermiques résultent des incendies et explosions. La transmission de chaleur s'effectue par rayonnement, par conduction et par convection, et provoque des brûlures plus ou moins graves. Les effets mécaniques comportent la surpression qui se produit suite à une onde de choc (subsonique ou supersonique) provoquée par une explosion (Londiche, 2004). La surpression provoque des blessures primaires à tout organe du corps humain qui contient de l'air (poumons, oreilles, organes abdominaux). Des lésions secondaires résultent des fragments de l'explosion qui sont projetés sur les personnes ou les biens, alors que les traumatismes tertiaires sont la conséquence de la chute de la personne à cause de l'onde de choc (NAEMT, 2007). Enfin, la gravité des conséquences d'une exposition à une matière toxique dépend du niveau de concentration de la matière et de la durée d'exposition (FNSPF, 2002).

De manière à faire face aux conséquences des risques naturels et technologiques, diverses actions sont mises en œuvre. Ces activités sont organisées en quatre phases, qui font l'objet du paragraphe suivant.

## 2.2. Gestion des risques

Le terme **gestion des risques** caractérise l'approche structurée pour faire face aux risques. Cette approche repose sur l'évaluation des risques et le développement des stratégies pour réduire le risque en utilisant des ressources disponibles (Bethke et al., 1997). La discipline de la gestion des risques prend en compte les risques posés par différents aléas, développe et met en œuvre des programmes visant à réduire l'impact de ces événements sur les territoires, prend des mesures préparatoires pour les risques qui ne peuvent pas être prévenus et identifie les actions à prendre afin de gérer les effets des phénomènes dangereux et à récupérer après leur survenue (FEMA, 2003).

### 2.2.1. Processus général de gestion des risques

La gestion des risques est un processus continu, qui est conçu comme l'agrégation de quatre phases bien identifiées, mais qui souvent se chevauchent dans le cadre de la gestion des risques spécifiques à chaque entité, territoire ou situation. Ces quatre phases sont illustrées sur la fig. 2 et sont (FEMA, 2003 ; IFRC, 2004) :

- **La réduction des risques de catastrophe.** Il s'agit d'actions continues visant à réduire ou éliminer le risque pour les personnes et les biens sur le long-terme. La réduction est la phase initiale de la gestion des risques et doit être mise en place avant la survenue d'une crise. Les objectifs de la réduction des risques sont la protection des personnes et

des biens, ainsi que la réduction des coûts de la gestion de crise et du retour à la normale. La réduction des risques est effectuée suivant une analyse des risques sur le territoire en question.

- **La préparation aux catastrophes et situations d'urgence.** Ce terme désigne les actions qui servent à anticiper les catastrophes et les situations d'urgence et à atténuer leur impact sur les populations vulnérables, à y faire face et à remédier efficacement à leurs conséquences. Elles consistent notamment à développer des plans de secours et à mener d'autres activités comme le recrutement des personnels et l'identification des ressources adaptées.
- **L'intervention d'urgence et gestion de crise.** La phase de gestion de crise commence lorsque l'événement dangereux est imminent ou immédiatement suivant sa survenue. Elle englobe toutes les actions effectuées afin de sauver des vies humaines, protéger les biens et limiter les effets de l'événement sur l'environnement. Les activités prioritaires sont l'assistance aux victimes, la réparation des infrastructures critiques (par exemple les réseaux d'électricité et/ou de gaz) et la continuité des services essentiels (par exemple les forces de l'ordre ou les travaux publics). Une évaluation rapide et continue des effets de l'événement est nécessaire afin de remplir ce rôle.
- **Le retour à la normale.** Cette phase est mise en œuvre progressivement après l'urgence. Certaines activités de cette phase peuvent être identiques aux activités de gestion de crise. Le retour à la normale sur le long terme comporte la remise à niveau de l'économie et la reconstruction des établissements et habitations des communes touchées par l'aléa. La stabilisation à long-terme de la situation des communes impactées peut souvent prendre des années.

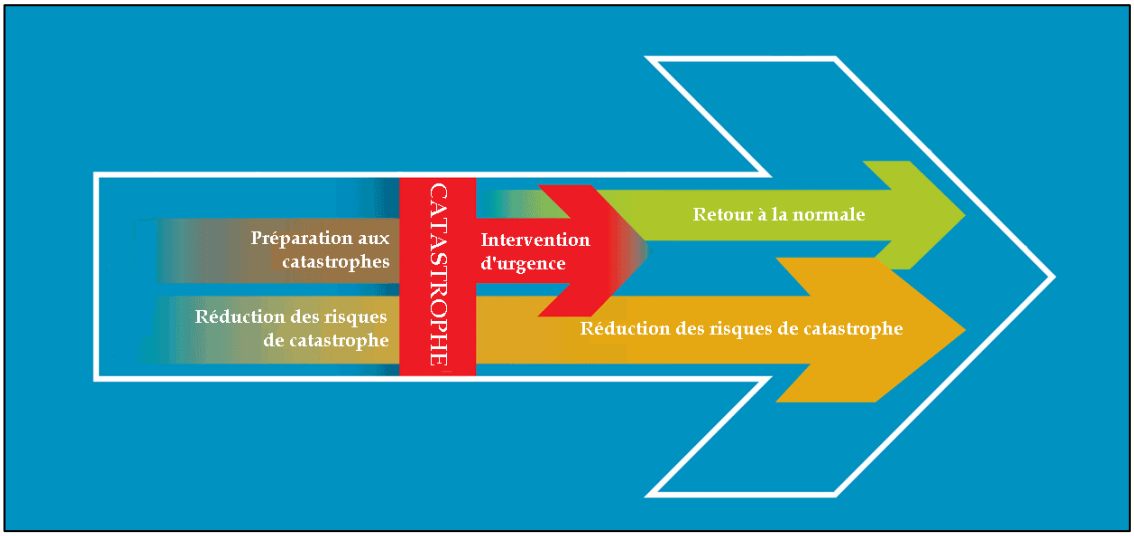


**Figure 2 :** Procédure générale de gestion des risques (IFRC, 2008)

### 2.2.2. La gestion du risque industriel

Suite à la prise de conscience suscitée par l'accident à Seveso, l'Union Européenne a souhaité renforcer les systèmes juridiques des Etats membres encadrant ces activités industrielles à hauts risques. C'est ainsi qu'est née la première directive, dite Seveso I, le 24 juin 1982, qui instaurait un principe de surveillance des installations dangereuses par les exploitants et de contrôle par les autorités publiques. Cette dernière a été abrogée et remplacée par la directive 96/82/CE dite « Seveso II » promulguée le 9 décembre 1996 et modifiée en 2003.

Cette directive définit une politique d'ensemble pour la prise en compte des risques d'accidents majeurs visant à assurer la sécurité des travailleurs et du public, la transparence vis-à-vis du public et le principe de l'amélioration continue. Cette politique est basée sur les quatre phases de la gestion des risques définie ci-dessus, notamment la réduction du risque et la préparation aux accidents industriels majeurs (cf. §2.2). La directive a amélioré le droit à l'information de la population et a introduit la notion de maîtrise de l'urbanisation autour des établissements les plus dangereux (réduction du risque). Enfin, pour faire face à un accident, cette directive a défini l'obligation pour les autorités publiques de réaliser des plans d'urgence externes et, pour les industriels, des plans d'urgence internes (préparation).

En France, diverses réglementations encadrant l'activité de ces établissements dangereux existaient antérieurement à la publication de ces directives : la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (I.C.P.E.) et le Code Minier pour les stockages souterrains. Elles ont évolué régulièrement notamment pour prendre en compte les obligations imposées par les directives Seveso. Les installations soumises à la règlementation I.C. sont contraintes à des règles strictes visant à garantir la sécurité des populations et des travailleurs et à limiter leur impact d'un point de vue écologique (rejets de polluants liquides, gazeux, odeurs, nuisances en tous genres). Les principes des actions des pouvoirs publics pour l'application de la politique de gestion du risque industriel reprennent les principes définis par la Directive Seveso II.

La règlementation définit trois niveaux de classement administratif au regard des dangers ou nuisances présents sur les installations :

- La déclaration (D), où l'exploitant adresse à l'autorité préfectorale une déclaration décrivant l'installation concrète. En retour, l'autorité lui adresse un arrêté type, dérivant des prescriptions générales.
- L'autorisation (A), qui représente le classement « Seveso seuil bas ». L'exploitant est dans l'obligation de demander une autorisation préfectorale d'exploiter avant la mise en service de l'installation.

- L'autorisation avec servitudes d'utilité publique (AS), qui représente le classement « Seveso seuil haut ». L'exploitant des installations dans cette catégorie doit demander une autorisation préfectorale avant la mise en service de l'installation, mais des servitudes publiques (c'est à dire des mesures d'urbanisme visant à garantir une distance d'éloignement suffisante des habitations par rapport aux installations dangereuses) sont imposées.

Les procédures d'autorisation s'appuient sur les études d'impact et les études de danger. L'étude d'impact consiste à analyser les répercussions de l'établissement industriel en situation d'exploitation normale sur son environnement. L'étude de dangers (EDD) étudie l'ensemble des phénomènes dangereux qui peuvent survenir sur les installations et conduire à un incident ou accident. Elle est un document technique, qui analyse toutes les dérives possibles d'une installation, en décrivant les potentiels de dangers, qui peuvent conduire à des enchainements d'événements (scénarii), entraînant des phénomènes dangereux, qui produisent des effets sur des enjeux.

Ce travail de thèse s'inscrit dans la discipline de gestion du risque technologique majeur, et plus précisément dans les phases de préparation aux situations d'urgence et de gestion de crise. Plus précisément, nous insisterons sur l'intervention d'urgence et les plans de secours.

## 2.3.Intervention d'urgence et gestion de crise

L'intervention d'urgence comporte toutes les actions prises immédiatement avant, pendant, ou directement après la survenue d'un aléa afin de sauver les personnes en danger, protéger les biens et l'environnement, et augmenter le potentiel de retour à la normale. De nos jours, nous constatons une augmentation du nombre des catastrophes à cause du changement climatique, de la révolution informatique, de l'augmentation de l'activité industrielle et même de la vulnérabilité résultant des nouvelles technologies. De plus, la croissance de la population de la planète, la migration des populations vers des zones exposées aux aléas naturels et technologiques sont des facteurs qui augmentent la vulnérabilité de nos sociétés (McEntire, 2005). Ceci implique que malgré les efforts importants de réduction de la vulnérabilité, des catastrophes importantes peuvent se produire. L'importance des événements, le manque de préparation et les capacités de communication peuvent faire basculer toute situation d'urgence vers une crise (au sens du §2.1.1).

Par conséquent, la mise en place des capacités d'intervention d'urgence et de gestion de crise est essentielle. Celle-ci pourrait être facilitée par le développement des plans de secours adéquats. La gestion de crise en général et l'intervention d'urgence face aux

accidents industriels font l'objet de cette partie. Le premier paragraphe traite de la dynamique de la crise, alors que le deuxième présente la démarche de gestion de crise.

### 2.3.1. La dynamique de la crise

Les crises modifient le fonctionnement de la société impactée, ce qui rend leur gestion souvent difficile. En effet, Dynes et al. (1972) ont identifié que les catastrophes peuvent provoquer six changements sociologiques dans l'organisation de la société :

- **Incertitude.** Il y a toujours un manque d'information immédiatement après un accident ou une catastrophe, en ce qui concerne l'événement, ses causes, les nombres de victimes et de morts…
- **Urgence.** Malgré le manque d'information sur la nature de l'incident, carrément tous les membres de la commune impactée seront d'accord qu'il faut agir rapidement.
- **Consensus sur l'urgence.** Après un accident, il y a consensus sur les valeurs et les priorités. Les individus, les groupes, les entreprises, les gouvernements sont tous d'accord qu'un accident ou une catastrophe s'est passée. Alors, les gens ont tendance à travailler main dans la main pour répondre aux besoins imposés par l'accident ou la catastrophe.
- **Expansion du rôle du citoyen.** Non seulement les acteurs ont plus la volonté de coopérer après un accident ou une catastrophe, mais il est plus probable qu'ils soient impliqués aux travaux de réponse à la catastrophe.
- **Réduction de l'importance accordée aux relations contractuelles.** Vu le besoin vital d'agir au plus vite, les relations contractuelles traditionnelles sont mises à part. par exemple, les accords écrits ne sont pas toujours utilisés, mais les acteurs impliqués vont plutôt s'appuyer sur des accords verbaux pour mettre à disposition du personnel et acquérir du matériel et des services ; les comptes sont réglés après la fin de la phase de la réponse immédiate. Souvent, une quantité considérable des ressources sont données.
- **Convergence.** Des gens et des ressources matérielles convergeront vers la scène d'un accident ou vers la commune qui a été touchée par une catastrophe (volontaires, curieux, journalistes, chercheurs académiques, agences gouvernementaux, premiers secours, renforts).

Ces changements sociologiques vont modifier la dynamique de la crise. Mais l'évolution de la crise est aussi influencée par la perception que le public en a. En effet, des études ont montré que la perception du public (y compris les Elus et même certains professionnels de la gestion des risques) en ce qui concerne les crises est souvent incorrecte (McEntire, 2005), et comporte certaines exagérations. La première est que le comportement des impliqués est irrationnel ; il est notamment avancé que les personnes ne sauront pas comment réagir ou

vont évacuer le lieu du sinistre en panique et massivement, en encombrant tous les moyens de transport. Une autre exagération est celle des comportements antisociaux. L'hypothèse des pillages, de la violence accrue et de l'augmentation brusque des prix des biens est souvent avancée. Un troisième mythe est que les personnels des services d'urgence (agents de police, sapeurs-pompiers, secouristes etc.) ne sont pas fiables et vont peut-être même quitter leur postes afin de vérifier le bien être de leur familles. Enfin, il est souvent assumé que les rapports des médias illustrent bien la situation sur le terrain.

La réalité est souvent différente de cette perception (Quarantelli, 1995). Les comportements sont plutôt altruistes et rationnels et les personnes agissent de façon calme et logique. La fuite n'est que la réponse à un danger immédiat, comme par exemple l'évacuation d'un bâtiment en feu, qui ne constitue pas de panique mais un comportement rationnel afin de sauver sa propre vie. L'hypothèse de l'évacuation massive est également souvent incorrecte (McEntire, 2006) ; les personnes en général évacuent quand ceci est demandé par les autorités, mais certains ignorent les demandes. Les impliqués peuvent être assommés ou dépassés par la crise, mais sont toujours capables de prendre soin d'eux-mêmes. De plus, les pillages et les comportements antisociaux sont limités en temps de catastrophe. En ce qui concerne les personnels des services d'urgence, ils se présentent souvent à leurs postes même sans être sollicités. Enfin, les rapports des médias seront probablement inexacts, incomplets et même trompeurs (Auf Der Heide, 1989).

Tous ces paramètres définissent le terrain de la crise. Cette dynamique est à l'origine de difficultés dans la gestion d'une telle situation, ce qui nécessite la mise en place d'un mécanisme adapté à la gestion des crises.

### 2.3.2. Gestion de crise

L'évolution de la gestion d'une crise peut être illustrée comme une succession de trois temps (Lagadec, 1991). Le premier est le temps dit « des réflexes ». C'est le temps immédiatement après la survenue de l'événement initiateur, où il faut prendre des actions immédiates qui semblent nécessaires. L'objectif de ces actions est de répondre rapidement aux premières urgences vitales et de préparer la phase de réflexion. Le temps disponible est très limité et ne permet pas une prise de décision adaptée. Ainsi, ces actions reflexes doivent être mises en place avant la survenue de la crise, ce qui est l'objectif principal des plans de secours. Le deuxième temps est le temps de la réflexion. Il s'agit de la prise en compte de la situation ; cette phase doit être mise en place le plus rapidement possible. Idéalement, elle sera effectuée en cellule de crise, en mettant en œuvre des méthodes de raisonnement adaptées. Les actions prises pendant la phase reflexe vont certainement influencer la situation à gérer mais aussi la manière et le résultat de la prise de décision. Le troisième temps est le temps de la décision et de sa mise en œuvre. La décision est issue de

la phase de réflexion et doit être adaptée à la situation et sa mise en œuvre efficace. Afin d'assurer une gestion de crise optimale pendant ces trois temps, la mise en place d'un dispositif adapté est nécessaire.

#### 2.3.2.1.Organisation du dispositif de gestion de crises

La capacité de gestion de crise repose sur l'agrégation d'un travail d'anticipation en amont de la crise, des actions adaptées mises en œuvre pendant la crise, et enfin une analyse post-événementielle de la gestion. Le travail d'anticipation consiste en la mise en place de plans de secours adaptés (cf. §2.4). Pendant et immédiatement après la survenue de l'événement, il faut assurer une montée en puissance des effectifs et moyens disponibles, mais aussi du système de décision. La mise en place d'une organisation de commandement adaptée est essentielle. Après la fin de la crise, un travail d'analyse doit être effectué, afin de faire évoluer la stratégie, revoir l'organisation si nécessaire, constituer un dossier de référence et informer les niveaux hiérarchiques supérieurs. Globalement, la gestion des crises implique trois éléments indissociables :

- L'unité de comportement, qui se traduit par une doctrine opérationnelle adaptée
- La connaissance spécifique des grandes catégories des risques
- Une capacité de réaction rapide et ponctuelle

Dans le cadre de la gestion des risques majeurs comme le risque industriel, le dispositif de gestion de crise consiste en une organisation en trois niveaux (U.S. Army, 2003 ; U.S. Army, 2005, DDSC, 2006). Le niveau stratégique est le premier niveau. C'est le niveau des hauts dirigeants. Les décisions prises à ce niveau sont appliquées à toute l'organisation concernée. Elles expriment une intention générale. Dans le cadre de la gestion des crises résultant de la survenue d'aléas naturels et technologiques, ce niveau correspond aux actions prises par une nation, souvent en tant que membre d'un groupe de nations, afin de gérer les risques présents sur son territoire. Il s'agit donc souvent de la politique nationale ou internationale de gestion des crises. Le niveau opérationnel est le prochain niveau. Il est inférieur au niveau stratégique, et correspond aux opérations de grande ampleur. Les activités à ce niveau forment le lien entre les niveaux stratégique et tactique en mettant en place des objectifs opérationnels nécessaires à l'accomplissement des objectifs stratégiques. Dans le cadre de la gestion des risques de catastrophe, ce niveau correspond aux échelons zonal et départemental. Enfin, le dernier niveau est le niveau tactique. C'est l'échelon des manœuvres des formations des différents services sur le terrain. Dans le cadre de la gestion des risques naturels et technologiques, les activités des Sapeurs-Pompiers et de la Police ou la Gendarmerie en sont des exemples.

Cependant, lors des dernières crises, le retour d'expérience a révélé la mise en place d'une organisation horizontale, caractérisée par l'existence de plusieurs centres opérationnels, ce qui rend la coordination souvent difficile (Lagadec, 1991 ; Alexander, 2002 ; FEMA, 2009). De plus, les trois niveaux de prise de décision peuvent exister à l'intérieur du même échelon hiérarchique. Par exemple, dans le cadre de la gestion d'un événement de Sécurité Civile à l'échelle d'un département, le Centre Opérationnel Départemental (COD) constitue le niveau stratégique, le Poste de Commandement Opérationnel (PCO) le niveau opérationnel et le Poste de Commandement des Sapeurs-Pompiers le niveau tactique. Ceci est attribuable à la multitude des acteurs impliqués dans la Sécurité Civile, mais rend la connaissance des acteurs indispensable. L'importance alors du travail en amont (planification, exercices, animation du dispositif ORSEC) devient alors évidente.

La complexité des situations de crise, les paramètres contraignants qu'il faut prendre en compte et les nombreux acteurs qui interviennent peuvent rendre la coordination et la réflexion particulièrement délicates. L'utilisation des méthodes et techniques de prise de décision en situation de crise est par conséquent nécessaire.

#### 2.3.2.2.La prise de décision en situation de crise

La prise de décision est particulièrement difficile en situation de crise (McEntire, 2005). Les décideurs se retrouvent face à l'adversité des décès et des destructions ; l'importance et le nombre des points à gérer souvent les dépassent. De plus, la perception de la situation peut être inexacte. Enfin, comme des vies humaines et des biens sont en jeu, la pression sur les décideurs pour agir rapidement est souvent immense et conduit à des décisions prématurées. Les catastrophes sont souvent accompagnées par des situations où il y a des inconvénients à chaque option. Par exemple, l'allocation pour aider un quartier peut en priver un autre. L'incertitude est régulière et les crises sont dynamiques par nature. Enfin, le stress induit sur les décideurs et l'interaction dans la cellule de crise peuvent être à l'origine des résultats moins qu'optimaux (Crocq et al., 2009 ; Lagadec et al., 2002).

Les décideurs et les membres des cellules de crise peuvent prendre des mesures afin d'éviter les erreurs dans la prise de décision (Lagadec, 1996). Vu la complexité de la situation en situation de crise, un bon travail de planification en amont est indispensable. Par exemple, il est impossible de déterminer les meilleures routes d'évacuation des populations en situation de fuite d'une matière toxique dans une grande ville, en situation d'urgence. Ceci est faisable en amont, comme il existe un grand nombre de paramètres à prendre en compte, comme par exemple le nombre de personnes à évacuer, l'emplacement des points de rassemblement, les moyens de transport, les routes à emprunter et la durée de l'opération par rapport à la durée d'exposition à la matière. Cette activité doit faire

partie du travail de mise en place d'un plan d'urgence. De plus, le processus de prise de décision doit être observé afin de corriger des faiblesses et erreurs potentielles lorsqu'elles deviennent apparentes (Dror, 1988). D'autres mesures pouvant être prises afin d'améliorer la prise de décision sont l'effort constant de la part des décideurs d'être conscients de la situation et de répondre aux besoins physiques (se reposer, manger etc.). Il faut accepter le besoin de s'adapter aux situations dynamiques en étant créatif et penser de façon critique (« think out of the box ») (McEntire, 2005). Enfin, l'application de la Méthode de Raisonnement Tactique qui permet d'étudier la situation, de définir l'écart entre l'objectif et la réalité et d'identifier des actions adaptées à entreprendre, permet d'optimiser la procédure de prise de décision.

#### 2.3.2.3.La Méthode de Raisonnement Tactique

La Méthode de Raisonnement Tactique (MRT) est une procédure figée de prise de décision, qui a fait ses preuves lors de nombreuses situations d'urgence. Elle provient du domaine tactique militaire, et est une adaptation de la procédure utilisée dans les armées pour résoudre des problèmes. L'utilisation de la MRT dans le cadre des situations d'urgence et des catastrophes permet d'optimiser les choix à prendre sous des conditions d'incertitude et de pression de temps. Elle ne lève jamais l'incertitude, elle permet de la diminuer. Mais dans tous les cas, sa pratique est en grande partie tributaire de la montée en puissance de l'organisation et des moyens de commandement, ainsi que du savoir-faire des personnels chargés de la mettre en œuvre. La capacité des personnels de la cellule de crise à aller à l'essentiel, à dimensionner l'espace, le temps, le danger et les moyens joue un rôle majeur. (Pandelé, 1998).

La mise en œuvre de la MRT complète est assez laborieuse et peut prendre du temps, mais présente les avantages suivants (U.S. Army, 1997) :

- Elle analyse et compare plusieurs idées d'opération pour chaque évolution potentielle de la situation (scénario) dans un effort d'identifier la meilleure idée de manœuvre.
- Elle produit la plus importante intégration, coordination et synchronisation pour une opération et réduit au minimum le risque de négliger un aspect critique pour l'opération.
- Elle résulte en un ordre ou plan d'action détaillé.

Le déroulement de la méthode de raisonnement tactique (MRT) suit le schéma de la fig. 3 ci-dessous. La MRT se divise en deux phases consécutives : une partie analytique qui va permettre de dimensionner la situation opérationnelle et une partie constructive (synthèse) dont l'objet est de diminuer la part d'incertitude dans le choix fait par le décideur. L'étude d'une situation se déroule toujours selon la chronologie suivante (SKK, 2000 ; Pandelé, 1998 ; U.S. Army, 1997) :

1. **Etablir la situation.** Il s'agit du début de la partie analytique de la MRT. A partir d'une action de reconnaissance, le décideur doit arriver à une connaissance détaillée de la situation opérationnelle ou tactique. Les éléments constituant l'image de la situation sur le terrain sont le cadre général de l'intervention, la zone d'intervention, le sinistre et les actions effectuées. Ces éléments constituent la base sur laquelle sera construite la planification qui va suivre.

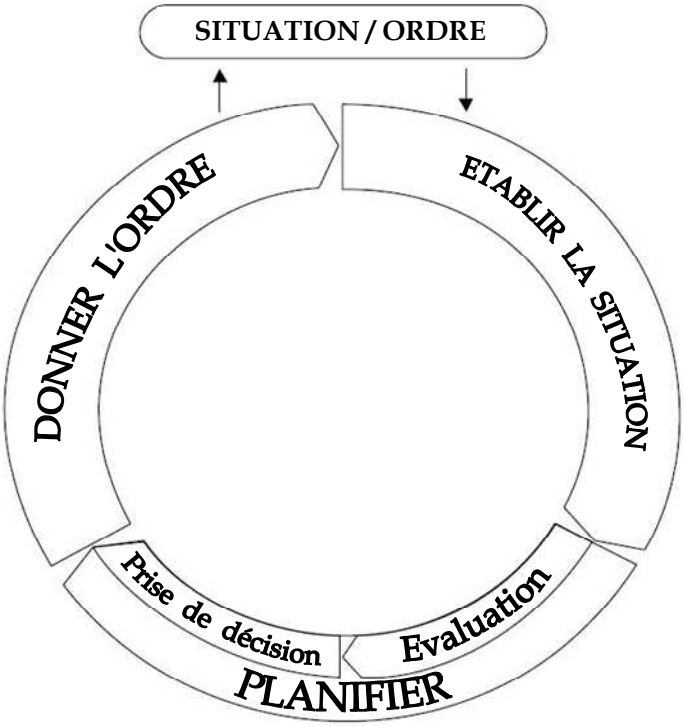


**Figure 3 :** Représentation schématique de la Méthode de Raisonnement Tactique (adapté depuis SKK, 2000)

2. **Planifier – Evaluation.** Cette phase comporte la mise en place de plusieurs idées de manœuvre potentielles adaptées aux objectifs fixés. Elle commence ainsi par l'analyse de l'objectif à atteindre. Ceci est décomposé en tâches à accomplir en un temps et un lieu précis, et les rôles des différents acteurs pour ces tâches sont définis. Ensuite, les moyens nécessaires sont identifiés et la capacité opérationnelle des moyens disponibles est analysée, afin de déterminer la balance. Cette différence définit les capacités opérationnelles par rapport au sinistre envisagé et les moyens à chercher auprès d'autres entités ou le degré de priorisation de l'allocation des moyens disponibles. Suivant cette analyse, différentes idées de manœuvre possibles sont élaborées.

3. **Planifier – Prise de décision.** Une fois les idées de manœuvre élaborées, les différentes idées de manœuvre sont analysées afin d'identifier les avantages et inconvénients de chacune (le terme militaire anglais « wargaming » est souvent employé). La procédure utilisée pour ceci comporte l'analyse des moyens disponibles, des hypothèses faites, des contraintes sur le terrain, des événements critiques et des points de décision ; la définition des critères d'évaluation et le jeu des scénarios envisageables. Elle conduit au choix de la meilleure idée de manœuvre.
4. **Donner l'ordre.** Une fois l'idée de manœuvre choisie, elle doit être transmise aux échelons hiérarchiques inférieurs. L'ordre formulé à cet effet exprime l'intention du dirigeant ou du chef de l'opération et comporte la prise en compte de la situation, l'expression de l'objectif général et de la façon de l'accomplir (idée de manœuvre), les missions des subordonnés (exécution) et la structure du commandement, y comprises les modalités de communication.

La méthode de raisonnement tactique demande du temps pour être concrétisée sur le terrain, car elle oblige à la mise en place d'un système de commandement complexe et des réseaux de communications différents. Celle-ci est normalement mise en œuvre dans une structure adaptée à la prise de décision : la cellule de crise. Dans le cadre de la gestion des crises suite à la survenue d'aléas majeurs naturels ou technologiques, cette cellule de crise est matérialisée dans un Poste de Commandement (PC). Indépendamment de son organisation ou de son niveau hiérarchique, le PC doit être en mesure d'assurer les missions de gestion du personnel, de la prise en compte de la situation, de la coordination des opérations, du soutien logistique. Des missions complémentaires, comme la gestion des médias et la communication opérationnelle peuvent être envisagées (SKK, 2000 ; U.S. Army, 1997).

La gestion des crises comme les accidents industriels majeurs nécessite la prise de mesures précises et efficaces, ce qui implique une organisation adaptée. Les circonstances pendant la phase de réponse opérationnelle ne permettent pas (ou difficilement) d'improviser une organisation, il est d'autant plus utile de l'avoir définie auparavant. Les plans de secours réalisés pendant la phase de préparation (cf. §2.2.1) constituent des outils clés pour établir ce type d'organisation.

## 2.4. Plans de secours

Les catastrophes sont différentes des situations d'urgence quotidiennes (par exemple, un accident de la route). La différence n'est pas seulement l'importance des effets. Les catastrophes ne peuvent pas être gérées uniquement en mobilisant plus de personnels et des matériels. Les catastrophes peuvent traverser les limites géographiques, nécessiter des

actions non connues, changer la structure des organisations et en créer d'autres, mobiliser des acteurs qui ne participent pas d'habitude à la gestion des situations d'urgence, et endommager les matériels et installations utilisées pour la gestion de la catastrophe. Ainsi, les procédures de coordination normales ne sont plus adaptées (Auf Der Heide, 1989).

Les besoins après une catastrophe sont nombreux et urgents, et ne peuvent pas être couverts sans préparation adéquate afin de les rationaliser avant la survenue de la crise. De plus, les retards dans la prise de décision après la catastrophe peuvent avoir les conséquences fatales (Alexander, 2002). Certains aspects de la gestion de la situation d'urgence ne pourront jamais être prévus, et la souplesse dans la gestion de la crise est essentielle. Néanmoins, l'objectif de la gestion des catastrophes est d'anticiper les phénomènes et de s'y préparer davantage (FEMA, 2009). C'est pourquoi il est nécessaire d'identifier à l'avance les besoins potentiels, les ressources qui doivent être mobilisées pour y remédier, et les procédures pour cette mobilisation. Ce travail préparatoire est le plan d'urgence, qui doit définir les conditions probables après la survenue de l'aléa (sous forme de scénarios adaptés), les décisions et les actions à prendre dans l'immédiat, et les besoins opérationnels. Les paragraphes suivants exposent brièvement les fonctions devant être effectuées afin de gérer la catastrophe.

Afin de gérer l'impact de la survenue des aléas naturels et technologiques, la législation de plusieurs pays prévoit la mise en place des plans de secours (également appelés plans d'urgence) adaptés aux risques présents sur leurs territoires. Bien que les dispositifs de secours soient différents d'un pays à l'autre, des dispositions communes ou similaires se retrouvent dans plusieurs pays. L'objectif des plans d'urgence est d'assurer la préparation des territoires à la gestion des situations d'urgence plus ou moins graves. Bien que les plans ne soient pas le seul aspect de la préparation, ils en constituent une part importante (Auf Der Heide, 1989). Les plans d'urgence sont des plans continus et maintenus par différents niveaux de la hiérarchie de l'Etat afin de faire face à des aléas différents. Ils décrivent comment seront protégés les personnes, les biens et l'environnement ; attribuent des responsabilités aux différents acteurs pour des actions précises ; identifient les personnels, les équipements, les installations et les autres moyens disponibles ; et présentent la façon d'assurer la coordination (FEMA, 2009 ; Alexander, 2002).

Les parties suivantes vont présenter les principes mis en œuvre pour le développement des plans de secours.

### 2.4.1. Principes et méthodes de planification

Le retour d'expérience à partir des divers plans d'urgence a permis de mettre en évidence des principes et méthodes à mettre en œuvre afin de faciliter le développement des plans d'urgence. Ces principes et méthodes font l'objet de ce paragraphe.

Les plans d'urgence permettent de gérer la complexité inhérente de la gestion d'une crise, en utilisant une procédure de résolution de problèmes logique et analytique. En illustrant l'environnement opérationnel, le plan permet d'identifier les tâches à accomplir, d'allouer des ressources nécessaires à cet effet et accorder des responsabilités aux différents acteurs impliqués (FEMA, 2009 ; DDSC, 2006).

Tous les acteurs compétents dans la gestion des risques doivent être impliqués dans la mise en place du plan (FEMA, 2009). Le travail de planification doit permettre de créer et maintenir un dispositif vivant des acteurs de la gestion des risques et de ceux susceptibles d'être sollicités lors de la réponse aux situations d'urgence d'origine naturelle ou technologique. L'objectif est de développer la connaissance mutuelle des acteurs et des habitudes de travail en commun (DDSC, 2006). En particulier, les Elus et/ou le représentant de l'Etat doivent être impliqués dès le début de l'exercice, afin d'assurer leur appréhension du sujet et leur support pour le plan.

Il doit exister un seul plan d'urgence pour chaque territoire ; ce plan doit prendre en compte tous les risques se manifestant sur le territoire en question. Les causes des situations d'urgence et des catastrophes varient, mais leurs effets sont souvent similaires. Ils existent certaines fonctions des plans d'urgence qui sont communes à plusieurs types de risques et peuvent être adressées de la même façon. De plus, la pratique de développer un plan par type de risque s'est avérée inefficace (FEMA, 2009 ; Alexander 2005). En effet, l'existence de plusieurs plans conduit à des confusions des rôles des différentes organisations et services et à des retards importants dans la prise de décision, ou est à l'origine du syndrome du « plan-papier » (Auf der Heide, 1989).

Trois approches sont utilisées pour la mise en place des plans d'urgence (FEMA, 2009) :

- **Planification basée sur des scénarios :** Selon cette approche, le comité de planification met en place un scénario de base pour chaque risque. Un scénario est une description plus ou moins explicite de l'évolution anticipée de la survenue d'un aléa naturel et/ou technologique. Ensuite, une analyse effectuée sur ce scénario permet de développer les hypothèses principales du plan et de définir les actions globales et spécifiques à mettre en œuvre.
- **Planification basée sur les fonctions opérationnelles :** Cette approche est également connue comme planification fonctionnelle. Elle permet d'identifier les tâches courantes à mettre en œuvre lors d'une situation d'urgence. Selon ce type de planification, le comité de planification définit les fonctions à effectuer et une combinaison d'autorités compétentes à qui la responsabilité de chaque tâche est attribuée.
- **Planification basée sur les capacités opérationnelles :** Cette approche examine la capacité de l'organisation territoriale à effectuer une action. Le comité de planification se pose des questions sur l'agrégation des personnels, de leurs formations, des plans

d'urgence, de l'organisation, du commandement et de la direction, des équipements et des infrastructures disponibles, et de leur capacité pour la mise en œuvre d'une action. Cette méthode est souvent vue comme une combinaison des deux approches ci-dessus.

En réalité, une méthode hybride de planification est utilisée. Cette méthode constitue une combinaison de plusieurs aspects des trois approches précédentes. L'utilisation de la méthode hybride permet de « traduire » les risques identifiés dans une analyse des risques effectuée au préalable (par exemple, dans le cadre des risques technologiques, les études de dangers des installations industrielles classées SEVESO II seuil haut) en des scénarios d'accidents. Ces scénarios sont ensuite utilisés afin d'identifier les besoins opérationnels qui risquent d'être créés en cas de survenue d'un aléa naturel et/ou technologique. Ces besoins opérationnels constituent les objectifs à atteindre. Cette procédure conduit à un plan qui décrit les rôles, les interactions et les responsabilités des différents acteurs, ainsi que le séquencement des actions à effecteur. La méthode hybride de planification permet par conséquent d'identifier les capacités d'un territoire en termes de gestion de situation d'urgence ; tout en étant basée sur une approche intégrale.

### 2.4.2.Processus de développement des plans de secours

La réalisation d'un plan d'urgence est souvent conduite comme un projet de grande ampleur. Plusieurs guides à l'attention des comités de planification ont été édités par des autorités nationales de plusieurs pays (DDSC, 1985 ; FEMA, 1996 ; U.S. NRT 2001 ; FEMA, 2003 ; EMA, 2004 ; DDSC 2006 ; DDSC, 2007 ; FEMA, 2009), mais aussi par des organismes d'envergure nationale ou internationale (Kent, 1994 ; IFRC, 2007 ; GESIP, 2001). Ils préconisent une procédure générale à suivre afin de mettre en place un plan d'urgence. Cette méthode de planification est similaire à la Méthode de Raisonnement Tactique (MRT) utilisée en gestion de crise, qui est présentée dans la partie 2.3.2.3 ci-dessous. Elle comporte de façon générale les étapes suivantes (fig. 4) :

1. **Créer l'équipe de planification.** Un plan de secours est développé en équipe. La formation d'une équipe de planification permet aux différents acteurs de bien définir leurs rôles dans le dispositif de gestion des risques. Un réseau d'acteurs pérenne peut ainsi se créer. En général, un service du territoire concerné est souvent chargé de coordonner l'effort et agit en tant que tête du réseau. Par exemple, en France et dans le cadre du dispositif ORSEC, c'est le Service Interministériel de Défense et de Protection Civile qui est chargé de la coordination du développement du plan. Plusieurs acteurs sont également impliqués dans le comité de planification : les services de secours, les forces de l'ordre, les services de l'Etat, les forces armées en sont des exemples type. Un comité restreint peut être créé au début, et d'autres acteurs peuvent y être invités, selon

les besoins particuliers identifiés. Par exemple, les industriels vont jouer un rôle important dans le cadre des plans de secours industriels.

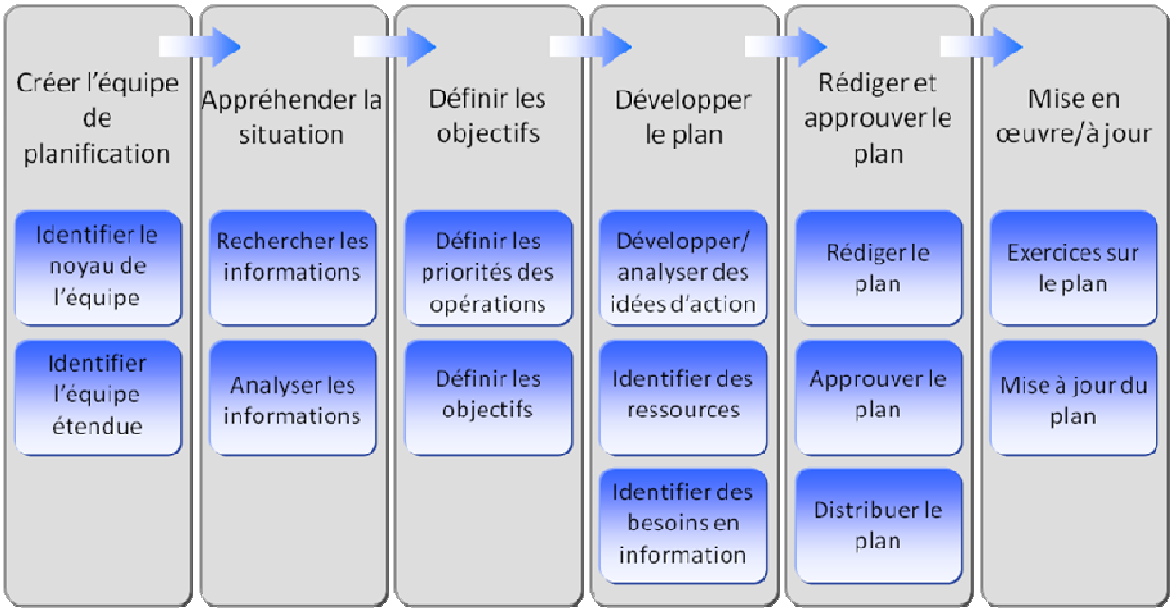


**Figure 4 :** Procédure de mise en place de plans de secours (adapté depuis FEMA, 2009)

2. **Appréhender la situation.** Cette étape constitue la partie analytique du processus de résolution de problèmes et de prise de décision. La première parie est la **recherche des informations** pertinentes sur les risques envisagés par le territoire en question. Les membres du comité de planification fournissent les premiers renseignements dans cette étape. D'autres sources sont également employées, comme par exemple des données géographiques et démographiques ou les avis des experts. Dans tous les cas, les renseignements doivent être organisés de façon à être exploitables par l'équipe de planification. Dans le cadre des plans de secours industriels, les études de danger constituent la source d'informations indispensable pour le développement du plan. La deuxième partie est l'**analyse des informations**, afin de produire les faits et hypothèses qui seront utilisées afin de définir les besoins opérationnels.
3. **Définir les objectifs.** En utilisant les informations disponibles à partir de l'étape précédente, des scénarios d'accidents sont développés pour les aléas identifiés. Le développement des scénarios permet de définir les besoins opérationnels qui déterminent les actions à effectuer et les ressources nécessaires pour ceci. Les opérations de gestion d'une catastrophe ont trois objectifs principaux : sauver et protéger les personnes, protéger les biens, et protéger l'environnement. La protection de la vie humaine est la priorité principale des opérations d'urgence après toute catastrophe. Pour atteindre ces 3 objectifs, des activités opérationnelles conséquentes

doivent être entreprises immédiatement après la survenue de l'événement (McEntire, 2005 ; FEMA, 2009). Les besoins opérationnels qui en résultent sont classés en besoins créés par l'incident et ceux induits par la gestion de l'incident. Les besoins créés par l'incident sont ceux qui résultent directement du phénomène dangereux. Ils se manifestent pendant ou immédiatement après la survenue de l'incident. Les opérations de recherche et de sauvetage en milieu urbain en cas de tremblement de terre en sont un exemple. En revanche, les besoins créés par la gestion de l'incident se manifestent lors de la réponse du dispositif de sécurité civile à l'incident. Ils représentent souvent les besoins de soutien opérationnel et logistique des opérations de secours. Le besoin de nourrir et héberger les sauveteurs en est un exemple. Les besoins générés par l'incident sont plutôt évidents, mais ceux générés par la gestion de l'événement de sécurité civile peuvent souvent être négligés (McEntire, 2005). Ainsi la prise en compte de ces deux types de besoins de manière adaptée par les plans de secours s'avère indispensable. Il est souvent avancé que la difficulté dans la gestion des catastrophes n'est pas la gestion des effets de l'événement dangereux lui-même, mais la gestion du soutien opérationnel et de la logistique (Karagiannis & Piatyszek, 2009).

4. **Développer le plan.** A ce stade, des solutions potentielles pour atteindre les objectifs définis pendant l'étape précédente sont recherchées. La méthode hybride de planification est utilisée pour illustrer l'évolution du scénario à travers le temps et identifier des points de décision critiques, les tâches opérationnelles, les ressources nécessaires pour les accomplir et les besoins en information.
5. **Rédiger et approuver le plan.** Une fois l'idée opérationnelle mise en place, les résultats du travail sont transformés en un plan écrit. Le document doit être succinct et simple, afin d'être facilement appréhendé par tous les acteurs impliqués. Un document est diffusé aux organisations ayant des responsabilités dans la mise en œuvre du plan afin d'avoir leur retour et approbation. Une fois les commentaires reçus, le document final est arrêté par les Elus ou le représentant de l'Etat, selon les modalités réglementaires. Des copies du document sont diffusées aux acteurs concernés, et une liste des copies est maintenue afin d'assurer la diffusion des mises à jour.
6. **Exécuter et mettre à jour le plan.** Outre la mise en œuvre du plan en cas d'accident réel, les **exercices** permettent aussi d'évaluer l'efficacité du plan. De plus, les exercices sont un moyen de formation des acteurs en gestion de crise et aux modalités du plan, mais permettent aussi d'identifier les défaillances dans la mise en œuvre du plan et d'arriver aux modifications nécessaires. Outre les modifications grâce au retour d'expérience, des **mises à jour du plan** sont également nécessaires suite à des changements importants de la situation, ou lorsque la réglementation en vigueur l'impose.

Les principes, méthodes et procédures présentées aux deux paragraphes ci-dessous permettent de mettre en place des plans de secours adaptés aux risques identifiés. Le paragraphe suivant traite plus précisément des plans de secours industriels.

### 2.4.3. Plans de secours industriels

La réglementation de plusieurs pays impose la mise en place des plans de secours industriels afin d'assurer la capacité de réaction aux accidents industriels majeurs. Dans l'Union Européenne (UE), la Directive Seveso II est le texte de référence concernant la gestion des accidents industriels majeurs impliquant des matières dangereuses. Elle a été transposée dans les textes réglementaires des Etats-Membres de l'UE à part entière ou intégrée dans la législation nationale existante. Aux Etats-Unis, des textes réglementaires fédéraux imposent le développement des plans de secours industriels. En France, la réglementation ICPE prévoit la mise en place de deux types de plans de secours industriels : le Plan d'Opération Interne et le Plan Particulier d'Intervention.

#### 2.4.3.1. Plan d'Opération Interne

Dans le cas des établissements Seveso seuil haut, l'exploitant est responsable de ses installations. A ce titre, il dispose d'une organisation interne (Plan d'Opération Interne – POI) et de moyens propres. En cas d'incident ou d'accident, en tant que responsable de l'établissement et de sa sécurité, il met en œuvre son dispositif. Le POI comporte essentiellement la lutte contre le sinistre (extinction d'incendies, intervention face aux risques chimiques et secours à personnes), la protection des employés de la société et la communication vers les médias, les autorités et les populations. Ainsi, les moyens mis en œuvre et le dispositif mis en place se cantonnent sur le site industriel.

L'organisation mise en place par le POI est différente de l'organisation quotidienne de l'installation. La mise en œuvre d'un POI est accompagnée d'un changement brusque du fonctionnement normal de l'installation. Le premier rôle d'une installation industrielle est la production. En cas de mise en œuvre du POI, son fonctionnement est modifié afin de gérer la situation en interne. C'est-à-dire que l'installation assume un rôle différent de son objectif quotidien. Ceci implique un changement de l'organisation interne : les personnes assument des rôles différents de leurs missions quotidiennes et des moyens différents sont utilisés. Cette situation impose souvent des procédures rigoureuses dans la documentation POI.

Lors d'un accident qui risque de dépasser ou a dépassé les limites de l'installation, ou nécessitant des réactions d'urgence, le Plan Particulier d'Intervention (PPI) se déclenche.

### 2.4.3.2.Plan Particulier d'Intervention

Les Plans Particuliers d'Intervention (PPI) constituent la disposition particulière ORSEC (Organisation de la REponse de la SEcurité Civile) qui concerne toutes les installations technologiques ayant un potentiel de produire des accidents majeurs : il s'agit des installations industrielles à haut risque, des installations nucléaires et des grands barrages. Le Préfet de Département se met en charge du dispositif ORSEC au déclenchement du PPI d'une installation industrielle. Il assure ainsi la fonction du Directeur des Opérations des Secours (DOS), un officier des Sapeurs-Pompiers assurant le rôle du Commandant des Opérations de Secours (COS). Néanmoins, l'exploitant a un rôle majeur à jouer à son niveau, car il reste responsable de son installation.

Le PPI est destiné à la protection des personnes, des biens et de l'environnement. La portée du PPI est alors bien plus large par rapport à celle du POI. Le dispositif PPI comporte non seulement la lutte contre le sinistre et la communication vers les collectivités territoriales, mais aussi la protection des personnes exposées à l'aléa. Des fonctions supplémentaires sont alors prises en compte, comme la mise en place d'un périmètre de sécurité, l'information des populations, l'évacuation des personnes en danger et l'hébergement d'urgence des populations évacuées.

Le PPI met en œuvre une organisation (dispositif ORSEC départemental) dédiée à la gestion des crises. Cette organisation fonctionne au quotidien, mais à un niveau bien plus simple que celui mis en œuvre dans le cadre du PPI. Ceci implique une certaine connaissance des acteurs qui travaillent ensemble régulièrement. De toute façon, le PPI est une organisation dont le premier rôle est la gestion des crises : outre l'installation, tous les acteurs assument leurs rôles primaires, les moyens utilisés sont dédiés à ces missions. Les procédures peuvent ainsi être plus simples par rapport à celles définies dans un POI.

Il est intéressant de noter que les PPI industriels ne traitent pas des accidents liés au transport de matières dangereuses, qui font aussi partie des risques technologiques. Ceci n'est pas le cas pour les plans de secours dans d'autre pays notamment les Etats-Unis, où il existe un seul annexe pour le risque « Matières Dangereuses », qui traite des accidents industriels et de transport de matières dangereuses (FEMA, 1996 ; U.S. NRT, 2001). Il est souvent avancé que les matières dangereuses impliquées lors des accidents industriels sont les mêmes que celles liées au transport de matières dangereuses. Ceci est en partie vrai, comme les matières impliquées lors des accidents de transport de matières dangereuses sont plutôt de matières pures ou des matières dont les propriétés sont bien connues. En revanche, les matières impliquées dans les accidents industriels risquent d'être non seulement des matières pures, mais aussi des produits intermédiaires ou des déchets, dont les propriétés ne sont pas connues et la réactivité difficile à estimer. La présence ou la possibilité de mobiliser des ingénieurs de l'installation pouvant apporter leur expertise

dans le domaine spécifique peut palier cette particularité. De plus, les quantités de matière impliquées dans les accidents industriels sont bien supérieures à celles impliquées lors des accidents de transport. En revanche, le risque industriel est géographiquement limité autour des sites industriels, alors que le risque transport de matières dangereuses peut se manifester autour de toute voie de transport routière, ferroviaire, maritime ou même aérienne.

#### 2.4.3.3.Missions prises en compte dans les POI et les PPI

Une multitude d'acteurs sont impliqués dans la gestion des accidents industriels majeurs et le dispositif opérationnel peut être totalement différent d'une opération à l'autre. Cependant, les fonctions que l'on retrouve sont plutôt figées. Nous allons insister ici sur ces missions. Certaines font plutôt partie du mandat de certains types d'organisations (par exemple, la lutte contre le feu est effectuée exclusivement par les Sapeurs-Pompiers), d'autres peuvent être assignées à plusieurs types (par exemple le secourisme qui peut être effectué par les Sapeurs-Pompiers et/ou les associations de Sécurité Civile comme la Croix-Rouge). Les paragraphes suivants présentent les missions prises en compte dans le cadre des Plans d'Opération Interne et les Plans Particuliers d'Intervention.

##### 2.4.3.3.1.Alerte et déclenchement du plan

L'alerte est peut-être la fonction la plus importante d'un plan de secours industriel, car elle assure son déclenchement. Le POI d'une installation définit la chaine d'alerte qui commence par la détection d'un incident. Dans le cadre des installations industrielles, cette détection peut être effectuée par une personne ou être basée sur un dispositif technologique de surveillance des paramètres d'opération de l'installation (par exemple un système de détection de fumées ou un système de surveillance télévision). L'information sur la survenue d'un incident arrive dans un poste de surveillance (par exemple un poste de garde ou de secours) habilité à déclencher la chaine d'alerte en interne. Une fois cette information traitée, l'alerte est répercutée à tous les acteurs du POI qui sont ainsi mobilisés. Le POI définit un numéro interne permettant de contacter ce poste de surveillance et met en place une fiche de réception de l'alerte. Les critères d'évaluation de l'incident permettant de déterminer la nécessité de mobilisation des acteurs de secours internes à l'installation et éventuellement du déclenchement du POI sont fournis dans le plan sous la forme d'une procédure d'alerte. De plus, la chaine d'alerte est définie souvent sous la forme d'un diagramme de flux représentant l'enchainement de la mobilisation des acteurs du POI.

Le dispositif d'alerte des PPI est basé d'un côté sur le dispositif d'alerte des secours publics par le biais des numéros d'urgence et d'autre part sur l'alerte du Service Interministériel de Défense et de Protection Civiles (SIDPC) par l'industriel. En effet, ce dernier contacte un Membre du Corps Préfectoral d'astreinte si les conséquences de l'accident industriel dépassent ou risquent de dépasser les limites de l'installation. Les acteurs à alerter par la suite ainsi que la propagation de l'alerte (c'est-à-dire quel acteur est alerté par quelle entité) sont définis dans le schéma d'alerte du PPI.

L'alerte précoce est essentielle à la mise en place des autres fonctions des plans de secours industriels, notamment celles qui nécessitent une intervention rapide, comme la lutte contre le sinistre.

#### 2.4.3.3.2.Direction & coordination des opérations

Cette mission consiste en la gestion de crise (cf. §2.3.2), qui comporte l'organisation mise en place (cf. §2.3.2.1) et la réflexion effectuée (cf. §2.3.2.2), éventuellement en utilisant des méthodes de raisonnement opérationnel adaptées, comme la Méthode de Raisonnement Tactique (cf. §2.3.2.3). Le POI et le PPI définissent l'organisation des secours mise en place en interne et en externe respectivement. Ils précisent la structure de cette organisation, le rôle des acteurs et les liens hiérarchiques entre les différentes entités mobilisées. L'emplacement des postes de commandement et leur hiérarchie sont également identifiés, ainsi que les modalités de communication en termes de moyens et d'organisation des transmissions. Enfin, les informations nécessaires à la prise de décision sont également identifiées.

#### 2.4.3.3.3.Lutte contre l'incendie

La mission de lutte contre l'incendie est peut-être la plus fréquente lors des accidents industriels majeurs. L'extinction d'un incendie repose sur un ensemble d'actes et d'actions simultanés ou successifs qui constituent une manœuvre. Celle-ci vise à protéger les personnes, empêcher le feu de s'étendre, réduire puis éteindre le feu, empêcher les gaz chauds et les fumées de se transporter par toutes les voies possibles vers d'autres locaux, et protéger les biens situés dans le voisinage.

Les méthodes et techniques de lutte contre l'incendie varient selon le type de foyer, les risques engendrés par le feu et les moyens disponibles immédiatement et en renfort. Le triangle du feu, qui associe les 3 éléments nécessaires à la combustion, permet de comprendre que si l'un d'eux venait à manquer ou disparaître, la combustion cesserait. A partir de ce principe, les Sapeurs-Pompiers peuvent agir sur l'un des trois éléments. Plusieurs moyens et différentes techniques d'extinction sont possibles, dont la part du feu,

le refroidissement, l'obstruction des conduites de gaz, la coupure de l'alimentation électrique, l'étouffement, la dispersion du combustible, l'inhibition du foyer et le soufflage (FNSPF, 2004 ; FNSPF, 2005 ; Mannan, 2005 ; Schroll, 2002).

Le POI d'une installation devra prendre en compte cette mission, en identifiant les scénarios d'accident comportant un risque incendie, les moyens disponibles dans l'installation et en définissant les tactiques et les moyens à mettre en œuvre en fonction des différents scénarios d'accident. La lutte contre les incendies des installations industrielles nécessite la mise en œuvre des moyens hydrauliques (eau et/ou mousse) à un débit et pendant une durée adaptés à la quantité et la nature de la matière en feu. Le POI doit prévoir le temps nécessaire pour déployer les moyens nécessaires. Souvent, une courbe de montée en puissance est utilisée à cet effet (GESIP, 2000).

Le PPI prend en compte également les scénarios d'accident comportant un risque incendie dans l'installation, mais ne définit que les rôles des différents services en termes de lutte contre le sinistre. En ce qui concerne la lutte contre l'incendie, cette responsabilité fait l'objet du Service Départemental d'Incendie et de Secours, qui met en place un plan « Etablissement Répertorié » (ETARE ou ER) pour toute installation industrielle. Ce plan définit la montée en puissance des moyens de lutte contre l'incendie mobilisés par le SDIS.

Ce paragraphe ayant présenté les modalités de lutte contre le feu, le suivant traite de la deuxième plus fréquente mission lors des accidents industriels majeurs : l'intervention face aux risques chimiques.

#### 2.4.3.3.4.Intervention face aux risques chimiques

Les interventions face au risque chimique constituent la mission des Sapeurs-Pompiers qui nécessite le plus de technicité et de connaissances scientifiques. Sur les sites industriels classés SEVESO II « seuil haut », où le risque chimique est prédominant, cette mission prend une valeur encore plus importante. La mission « Risques Chimiques » (RCH) comporte toutes les actions menées dans l'objectif de protéger les personnes, les biens et l'environnement des effets des accidents d'origine chimique (pertes de confinement des matières dangereuses – toxiques, explosives, corrosives…).

La méthodologie opérationnelle mise en œuvre lors des interventions chimiques est principalement celle utilisée pour les interventions de lutte contre l'incendie. La nature du risque envisagé impose cependant des mesures particulières et souvent une adaptation de la méthodologie de base. Les actions des Sapeurs-Pompiers spécialisés RCH suivent le cadre général de la méthode MADS-MOSAR (Perilhon, 2007 ; FNSPF, 2002) ; ainsi les actions peuvent porter sur la source (obturation ou colmatage d'une fuite, déplacement de l'orifice d'une fuite, récupération à la source, confinement de la fuite), le flux (limitation de

la dispersion du produit, « neutralisation » ou dilution du produit en phase liquide ou gazeuse, ou confinement du flux), ou les cibles (confinement, mise à l'abri ou évacuation).

Le POI d'une installation identifie les moyens disponibles au sein de l'installation, leur délai de déploiement et la stratégie de leur mise en œuvre. Le PPI définit les rôles des différents services en termes d'intervention face aux risques chimiques : le SDIS est responsable de l'intervention proprement dite ; les forces de l'ordre (Police Nationale, Gendarmerie Nationale), les services compétents de l'Etat et les gestionnaires des réseaux de transport sont chargés de la mise en place du périmètre de sécurité. La stratégie de l'intervention du SDIS est définie dans le plan ETARE de l'installation, alors que les modalités de mise en place du périmètre sont prises en compte dans le PPI.

Les missions de lutte contre le feu et d'intervention face aux risques chimiques sont parmi les plus techniques des services de secours. Outre ces missions, la mission de secours aux personnes est une des plus importantes.

#### 2.4.3.3.5.Secours aux personnes

Le secours à victimes constitue la prise en charge des victimes de traumatismes et malaises divers. Cette mission des services de secours internes à une installation classée SEVESO II « seuil haut » constitue la majorité des sorties de ces derniers. Elle est assurée par des secouristes, des titulaires de formations certificatives adaptées (Premiers Secours en Equipe I et II), en les habilitant à faire partie de l'équipe qui arme une ambulance.

Les accidents industriels majeurs sont souvent à l'origine d'un nombre important de victimes : blessés, polytraumatisées, intoxiqués. Ces victimes sont prises en charge par le système de secourisme et d'assistance médicale d'urgence. Dans le cas où le nombre des victimes dépasse les capacités de prise en charge sur site ou de transport par les moyens du site, un dispositif similaire au Plan Rouge (ou Plan Nombreuses Victimes) sera mis en place. Ce plan est caractérisé par la mobilisation des moyens importants visant à traiter et transporter un grand nombre de victimes simultanément. Un grand nombre de victimes peut rapidement dépasser les capacités de prise en charge pré-hospitalière et de transport, alors qu'un afflux important de victimes peut paralyser même les centres hospitaliers ayant les plus importantes capacités. Le Plan Rouge permet de définir les priorités dans le traitement et le transport des victimes en fonction de la capacité du système hospitalier et pré-hospitalier par rapport à la gravité de l'état des victimes, l'objectif étant de sauver le plus grand nombre de victimes possible (NAEMT, 2007).

Le POI d'une installation définira les moyens internes à mettre en œuvre et la stratégie d'intervention pour le secours aux personnes. Le PPI définira les rôles des services de l'Etat, notamment du SDIS et du SAMU, en termes de prise en charge des victimes et de

mise en place d'un Plan Rouge, si la situation le nécessite. Le Plan Rouge étant lui-même une disposition spécifique ORSEC, le PPI prévoit un lien vers le Plan Rouge.

De nombreuses victimes sont déplorées suivant les accidents industriels majeurs dans le monde. Il est certain qu'une partie importante de ces victimes peut être épargnée si la population est bien informée de la situation et si les personnes sont bien protégées (sur place ou par une évacuation).

#### 2.4.3.3.6.Information des populations

Une des premières et plus importantes opérations d'urgence dans la gestion des catastrophes est l'information de la population. Cette mission est nécessaire car elle fournit à la population des informations très importantes et lui permet de prendre des mesures d'urgence afin de se protéger et protéger ses biens et parfois se préparer pour l'événement. Elle est essentielle tant pour le POI que pour le PPI.

L'information de la population est une tâche assez complexe. Selon le type de l'aléa, l'information peut être impossible à donner avant l'événement. De plus, le temps disponible pour transmettre et diffuser l'information varie considérablement selon les différents aléas. Outre ceci, l'information peut provenir de sources officielles ou non, être transmise et diffusée avec ou sans recours à la technologie, et émaner de et impliquer plusieurs acteurs. Il existe plusieurs moyens de donner l'alerte (sirènes, médias, systèmes d'alerte d'urgence, systèmes d'appel téléphonique, systèmes spécifiques aux handicapés, mégaphones, porte à porte…), chacun ayant ses propres avantages et inconvénients (McEntire, 2005).

Deux phases distinctes peuvent être recensées dans le processus de l'information de la population (Quarantelli, 1990). La première phase consiste en l'évaluation de la situation. C'est la phase pendant laquelle l'information est regroupée, les décisions sont prises et le message est formulé. La deuxième phase comporte la dissémination du message. Ce dernier est transmis aux acteurs qui vont aider à la diffusion (par exemple les médias) et ensuite il est diffusé au public, qui alors réagit suivant les consignes données.

La réception du message est un processus psychosociologique complexe, dont les détails ne sont pas toujours bien appréhendés par les décideurs. Plusieurs aspects peuvent influencer l'information d'urgence de la population et les responsables des cellules des crises ne peuvent pas les négliger. Tout d'abord, les critères de base concernant l'information de la population doivent être bien définis, afin d'assurer la bonne émission et réception du message. Ensuite, l'efficacité du message repose sur le système de diffusion de l'alerte (McEntire, 2005). Les messages d'alerte doivent être clairs et leur contenu bien précis ; ils doivent être répétés par des sources différentes et être cohérents et confirmés. D'ailleurs, une alerte doit être diffusée par une source crédible, comme par exemple le

Maire d'une commune (Auf Der Heide, 1989). La perception d'une alerte dépend largement du degré de danger, de l'expérience des individus avec la catastrophe et de l'interaction sociale avec l'entourage. Quoi qu'il en soit, certaines personnes ne comprendront pas certains aspects du message d'alerte (McEntire, 2006). Souvent les responsables ne prennent pas les décisions aussi rapidement que nécessaire pour assurer une évacuation sans risque (Alexander, 2002). Il faut également prendre en compte que l'alerte est diffusée moins rapidement pendant la nuit que pendant le jour. Cette alerte doit aussi être adaptée aux besoins particuliers des personnes handicapées (par exemple les sourds qui ne peuvent pas entendre la sirène d'alerte) (Beckman et al., 2006).

Le contenu du message joue un rôle très important dans la gestion de la crise. C'est souvent le silence ou l'hésitation des autorités et/ou des élus qui est à l'origine de confusion et de développement des rumeurs. De plus, ce comportement donne souvent l'impression d'une volonté de couvrir une situation, ce qui alimente l'imagination des populations et des médias avec toutes les informations erronées. En revanche, un message clair, qui comporte les éléments essentiels pour la population (ce qui s'est passé, les consignes à suivre, les actions déjà effectuées et les actions à entreprendre) rassure les populations. Ceci est un paramètre clé car il peut éviter que la situation d'urgence dégénère en une grande crise (Lagadec, 1991 ; Lagadec, 2002).

Le POI d'une installation prend en compte deux aspects de cette communication. Tout d'abord, la communication vers les personnes se trouvant à l'intérieur de l'installation afin qu'ils se mettent à l'abri ou qu'ils évacuent vers des lieux plus sûrs. Compte tenu de la cinétique plus ou moins rapide des accidents industriels majeurs, cette communication est effectuée en phase reflexe. Le deuxième aspect consiste en la communication de crise vers les communes avoisinantes de l'installation. L'objectif de cette communication est de fournir des informations sur l'incident afin de rassurer les populations. Cette communication est effectuée en phase réfléchie, comme elle est moins critique et nécessite des informations plus ou moins précises sur l'événement. Pour ces deux aspects, le POI définit les messages à communiquer, ainsi que le vecteur et le moment de cette communication. La communication vers les médias est également prise en compte, en définissant une procédure de prise en charge des journalistes.

Le PPI doit également prendre en compte l'information de la population en deux temps. Dans premier temps, la sirène PPI devra être actionnée immédiatement une fois le PPI déclenché. Cette action est déléguée à l'exploitant, qui est censé actionner la sirène au moment du déclenchement du PPI. Dans un deuxième temps, des informations plus précises sont communiquées aux populations concernées via le Postes de Commandement Opérationnel et les médias. Le PPI prévoit les rôles des acteurs, ainsi que les types de messages, les vecteurs et les moments de cette communication.

Dans le cadre de plusieurs catastrophes naturelles et/ou technologiques, les personnes en danger peuvent être protégées soit en se mettant à l'abri (ou, le cas échéant, en confinement), soit en fuyant vers des lieux plus sûrs. Le deuxième cas fait l'objet du paragraphe suivant.

#### 2.4.3.3.7.Evacuation

L'évacuation est le déplacement des personnes afin d'éviter leur exposition à un ou plusieurs dangers. L'évacuation est nécessaire assez souvent après la diffusion d'une alerte ou lors de la survenue d'un événement de sécurité civile. Elle est plutôt prise en compte dans le PPI que dans le POI.

Contrairement à une idée reçue, il y a peu ou pas de panique pendant l'évacuation. Les gens se comportent généralement bien. La panique survient très rarement, et quand c'est le cas, elle semble résulter des trois conditions (Quarantelli, 1990) : une perception de danger immédiat ; des issues de secours apparemment bloquées ; et un sentiment de la part de la victime qu'elle est isolée.

Une partie des impliqués (environ 20-30%) évacueront avant même la demande officielle des autorités. La majorité (plus de 60%), pourtant, attendent la demande officielle d'évacuation afin de quitter leur domicile. En revanche, la grande majorité (79%) des personnes n'ayant pas reçu de message de la part des autorités n'évacuent pas. Une autre partie, en revanche, ne quittent pas les lieux, même après l'ordre d'évacuation. C'est particulièrement les cas lors des catastrophes d'origine naturelle (McEntire, 2005). De plus, environ 20% des personnes ayant déclaré qu'ils avaient évacué étaient en fait restés sur place (Sorensen & Mileti, 1988).

Les raisons pour lesquelles les personnes ne quittent pas les lieux exposés à un danger imminent malgré la demande de la part des autorités sont nombreuses. La sous-estimation du danger et les messages d'alerte confus en sont les plus importantes. La peur des pillages en est une autre. De plus, l'âge semble jouer un rôle important. Les jeunes quittent plus facilement leur domicile, alors que les personnes âgées tendent à rester sur place. Ce comportement est dû à l'incapacité de quitter le domicile à cause d'infirmité ou parce qu'ils n'ont pas reçu le message d'évacuation, la volonté de ne pas être séparés de l'environnement avec lequel ils sont familiers, la peur de perdre leur indépendance et/ou d'être séparés de leurs amis et famille, et la futilité perçue de l'évacuation elle-même à leur âge. Outre l'âge, la situation de la famille est aussi un facteur important. Les personnes qui vivent seules ont tendance à rester sur place. En revanche, la présence des enfants en bas âge est un facteur favorisant l'évacuation. Les membres de la famille vont attendre les membres de la famille absents malgré le risque. Une fois la famille réunifiée, elle se déplace en groupe. D'autres facteurs sont le comportement des voisins, l'expérience des personnes

avec des situations similaires, le niveau d'éducation et la distance de l'incident (en particulier pour les accidents industriels et/ou nucléaires) (McEntire, 2005).

Parfois il est assez difficile pour les responsables de se décider si une évacuation s'impose. Souvent il peut être plus prudent de s'abriter sur place au lieu d'évacuer. Ceci est le cas en particulier lors des accidents industriels concernant un nuage toxique. Dans d'autres cas, on ne peut pas savoir si un quartier, une ville sera vraiment en danger. En plus, les décisions d'évacuation incorrectes ont des conséquences négatives et un coût politique assez fort (Sorensen et al., 2004). La décision d'évacuer doit se baser sur un certain nombre de paramètres, comme le risque encouru, les résultats des logiciels d'aide à la décision, l'opinion les experts et des élus et le temps nécessaire pour l'évacuation.

Une évacuation commence par la prise de décision d'évacuer. Ensuite, il faut en informer la population en danger et assister les évacués (donner des consignes, gérer le trafic routier afin d'éviter des embouteillages). Une fois tous les habitants évacués, il faudra suivre le trafic routier et le progrès de l'opération (McEntire, 2006 ; Kendra et al., 2008). Le PPI définit les critères de la prise de décision pour l'évacuation par le DOS et doit idéalement prendre en compte le caractère critique du moment de cette décision. Il précise les rôles des différents services dans l'évacuation. Il identifie également la stratégie globale de l'évacuation, les moyens à mettre en œuvre, les points de rassemblement et les routes à emprunter. Suite à l'évacuation d'une partie de la population d'un territoire, il est nécessaire d'assurer l'hébergement et la prise en charge des évacués.

#### 2.4.3.3.8.Hébergement des évacués

Après l'évacuation, les évacués auront besoin d'hébergement temporaire. Malgré les Centres d'Hébergement d'Urgence (CHU) qui sont ouverts par les municipalités et la Croix-Rouge Française, la majorité des évacués ne les utilisent pas. Le taux d'utilisation des CHU varient entre 0 et 40% (une moyenne de 20% est souvent considérée pour les plans de secours). La plupart des évacués préfèrent se rendre chez des amis ou des membres de leur famille. Même ceux qui restent dans des CHU pendant les premiers jours, les quittent le plus vite possible (FEMA, 1996 ; McEntire, 2005).

L'emplacement des Centres d'Hébergement d'Urgence (CHU) est normalement défini dans les plans de secours. Cependant, certains endroits sont finalement identifiés comme tels parce que les évacués s'y abritent. Des recherches ont identifié des particularités concernant l'hébergement d'urgence. Il est évident que le nombre des personnes en besoin d'hébergement d'urgence est d'autant plus grand que la catastrophe est importante. En revanche, le taux d'utilisation des CHU est plus élevé dans les centres urbains que dans les petites communes. Il semble que les CHU sont plus employés pour les cyclones ou lorsque la catastrophe survient pendant la nuit. De plus, les CHU seront plus utilisés s'ils reçoivent

une certaine publicité. Enfin, les CHU sont plus employés par des personnes âgées que par des plus jeunes, ainsi que par des personnes appartenant à des groupes sociaux défavorisés (Mileti et al., 1992).

De nos jours, une grande partie des communes à risques ne se préoccupent pas de l'hébergement d'urgence dans leurs plans de sauvegarde. Pourtant, certains événements peuvent être si dévastateurs qu'il ne reste plus que très peu de bâtiments intacts pour l'hébergement des sinistrés. Plusieurs organisations arment des Centres d'Hébergement d'Urgence. Dans la grande majorité des pays développées ce sont surtout les Sociétés Nationales de Croix-Rouge et de Croissant-Rouge, ainsi que des organisations religieuses qui assurent cette mission. Aux Etats-Unis, le Congrès a mandaté la Croix-Rouge Américaine pour assurer cette mission. En France, la Croix-Rouge Française assure depuis très longtemps cette fonction.

Avant d'ouvrir des Centres d'Hébergement d'Urgence il convient d'évaluer le nombre de personnes en besoin d'hébergement et le comparer aux centres disponibles. Si la demande est supérieure à la disponibilité, il faut identifier des centres potentiels se trouvant dans des lieux sûrs où il y a du courant électrique, un approvisionnement adéquat en eau, des toilettes, parking etc. C'est dans ces conditions que le centre peut être ouvert. De la nourriture, des lits picots et des couvertures sont fournis aux personnes se présentant aux CHU, dont les identités sont documentées à l'entrée. La surveillance médicale des hébergés et la sécurité du site doivent être une préoccupation constante de leurs gérants. Enfin, il faut s'assurer que les CHU ne deviennent pas des centres d'hébergement à long terme, en fournissant l'assistance à ceux qui en ont besoin. Ils sont fermés quand le besoin décroit, le danger s'élimine et la réhabilitation est en route.

Le PPI d'une installation définit les rôles des différents acteurs dans l'hébergement des personnes évacuées. De manière générale, ce rôle fait partie des responsabilités des Maires des communes. De plus, les Associations de Sécurité Civile jouent un rôle important. Le PPI peut également identifier les points des CHU, ainsi que les modalités et les aspects logistiques de leur opération.

Les paragraphes précédents ont exposé les missions principales devant être entreprises dans le cadre de l'intervention d'urgence face à un accident industriel majeur. Ces missions sont plus ou moins définies dans les différents plans d'urgence, ainsi que dans des guides opérationnels et tactiques des différents services et organisations.

## 2.5.Analyse des plans de secours

Malgré le caractère très encadré de la réalisation des plans de secours, des problèmes divers peuvent émailler leur mise en place et perturber leur opérationnalité. L'exemple ci-

dessous, issu de la base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) illustre cette proposition :

*« **Enschede, Pays-Bas, 13 mai 2000 – Explosion d'un dépôt de feux d'artifices.** Le samedi, 13 mai 2000, un peu avant 15h00, un feu s'est déclaré dans un atelier du dépôt de feux d'artifices de la ville d'Enschede. Les pompiers sont appelés pour un feu classique, mais la première sortie découvre à l'arrivée la nature du feu et demande des renforts. Une succession d'explosions et d'ondes de choc associées détruisent toutes les constructions dans un rayon de 250m autour du site et provoquent des dommages importants dans une zone de 750m. Les équipements des pompiers étant à proximité des explosions, on a dénombré au total, 996 personnes blessées, dont 22 morts et 50 gravement blessés. Selon le rapport final du Ministère de l'Intérieur des Pays-Bas, de nombreux dysfonctionnements dans la coordination de la réponse de la sécurité civile se sont manifestés pendant les opérations, comme des problèmes la coordination entre les différents unités et services, des ambigüités concernant la compétence à donner des ordres, des difficultés dans la communication entre les différentes unités, structures et services, mais aussi des conflits dans les objectifs opérationnels entre les différents services. En plus, non seulement les structures de coordination étaient sous-dimensionnées par rapport à l'ampleur de la crise, mais elles étaient aussi insuffisamment équipées, surtout en moyens de communication. En conséquence, les centres opérationnels ont vite été débordés par le flux d'information, et ont souvent été incapables d'avoir des informations sur la situation sur le terrain. Sur le terrain, des problèmes se sont produits dans la chaîne médicale et dans la structure d'aide médicale de catastrophe. »*

La fréquence et l'impact de ces problèmes peuvent être réduits par l'analyse des plans de secours en vue de l'amélioration du dispositif opérationnel mis en place. Il existe actuellement trois méthodes pour effectuer cette analyse.

### 2.5.1. Méthodes d'analyse existantes

Le retour d'expérience est une activité primordiale dans l'amélioration des plans de secours et du dispositif d'intervention d'urgence en général. Il est basé sur des rapports qui suivent chaque exercice ou incident nécessitant l'activation du dispositif d'intervention d'urgence. Bien que les accidents réels soient le seul vrai test du dispositif, les exercices peuvent aussi évaluer une partie ou la totalité du dispositif de gestion de crise mis en place à partir d'un plan de secours. Les rapports comportent un narratif succinct de l'opération, accompagné d'un exposé sur les éléments de l'action qui ont bien ou mal fonctionné et des propositions d'amélioration. Ces informations sont ensuite utilisées par la hiérarchie afin de faire évoluer la doctrine, les méthodes et les techniques opérationnelles (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010).

Le retour d'expérience peut mettre en évidence des aspects du plan qui sont plus ou moins efficaces ou qui nécessiteraient des modifications. Une analyse approfondie peut même révéler quelles modifications sont nécessaires. Le processus du retour d'expérience identifie des défaillances déjà survenues mais ne permet pas une analyse exhaustive des plans de secours (Jackson, 2008 ; Lagadec, 2007). Plusieurs auteurs ont déjà souligné le besoin d'une analyse systémique de ces plans (Alexander, 2002 ; Alexander, 2008 ; Mayer, 2005 ; Kanno et al., 2006 ; Jackson, 2008). En revanche, peu de travaux se sont vraiment intéressés à développer une méthodologie pour l'analyse des plans de secours industriels (Larken et al., 2001 ; Ramsay, 1999 ; Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010). Notons toutefois les travaux de Larken et al. (2001) ainsi que ceux de l'Armée de Terre américaine (U.S. Army, 1997).

Larken el al. (2001) ont proposé une méthode d'évaluation des plans de secours industriels. Dans cette étude, des questions sont utilisées pour évaluer directement la performance du plan à l'aide des facteurs identifiés par un grand nombre d'experts. La performance est évaluée par des questions ciblées sur la qualité du plan, sur la prise en compte de tous les indicateurs définis dans la méthode, ainsi que sur la capacité du plan à répondre aux exigences réglementaires. Des scores sont attribués aux réponses à ces questions, et un score final est produit. Malgré son caractère pragmatique et pertinent, cette méthode manque de structure. L'identification des facteurs à évaluer est basée sur l'expertise et ne prend pas en compte la structure des plans de secours industriels. De plus, l'agrégation des scores est basée sur une somme des points obtenus par les différentes questions et ne prend pas en compte l'importance relative des différents aspects du plan.

Une autre approche d'analyse des systèmes organisationnels complexes est déjà proposée par l'armée américaine dans le cadre de la planification des opérations militaires (U.S. Army, 1997). L'organisation de ces opérations est très similaire à l'organisation des opérations de sécurité civile qui est mise en place en amont par les plans de secours. Elles sont toutes les deux basées sur des méthodes de raisonnement opérationnel, comme la MRT (cf. §2.3.2.3). La gestion des risques est intégrée dans la partie analytique de cette procédure et repose sur l'identification, l'évaluation et le contrôle des risques pour l'opération militaire. La démarche d'analyse des risques préconisée (U.S. Army 1998) est similaire à l'AMDEC et des matrices de risque sont utilisées pour représenter les résultats de l'analyse. Cette approche est basée sur une analyse des défaillances pouvant survenir pendant les opérations militaires. Elle est assez flexible pour permettre une prise en compte des facteurs de risque rapide et efficace en absence de temps disponible pour la réflexion. Tout en étant bien adaptée pour un environnement tactique, elle ne prend pas en compte la structure du système étudié. Par conséquent, elle ne permet pas d'obtenir une agrégation des niveaux de risque des composantes de l'opération militaire en vue de définir un niveau de risque pour toute l'opération.

### 2.5.2.Formalisation des plans

Malgré l'existence de ces trois approches d'analyse des plans de secours, identifiées dans le paragraphe précédent, il n'existe pas jusqu'à présent de méthodologie ou de critères pour évaluer de manière structurée les systèmes de réponse aux urgences, ce qui rend difficile toute amélioration (Kanno et al., 2006). Le caractère abstrait de ces plans rend la définition de la structure du système plus délicate, ce qui peut entrainer des problèmes dans l'analyse (Flaus, 2008). Par conséquent, la formalisation des plans de secours peut présenter des avantages pour leur analyse. Ce travail de recherche vise à fournir une méthodologie pour l'étude des plans de secours et une aide à la décision aux responsables de leur préparation. Son enjeu est de permettre l'amélioration de la gestion de crise et de l'organisation des secours en travaillant en amont au niveau de la phase de préparation.

## 2.6.Conclusion

La gestion du risque industriel majeur comporte des actions de prévention du risque, la préparation aux accidents industriels majeurs, la gestion de crise provoquée par un accident et le retour à la normale suite à l'accident. La gestion d'une crise résultant d'un accident industriel majeur nécessite la mise en œuvre de méthodes de raisonnement adaptées à la prise de décision et une organisation pour assurer l'unité de comportement et une capacité de réaction rapide et efficace.

Un travail d'anticipation est nécessaire à la gestion des crises. Ce travail est effectué sous la forme des plans de secours. Dans la cadre de la gestion du risque industriel, les plans de secours industriels sont mis en place par l'exploitant et les autorités publiques afin de gérer les crises provoquées par les accidents industriels majeurs. Ces plans comportent plusieurs fonctions, comme la lutte contre le sinistre (lutte contre l'incendie, intervention face aux risques chimiques, secours aux personnes), la direction et coordination des opérations, ainsi que l'information, la protection et la prise en charge de la population (mise en place d'un périmètre de sécurité, évacuation, hébergement des personnes évacuées).

L'analyse des plans de secours afin d'améliorer la gestion de crise est un besoin mis en avant par plusieurs auteurs (Alexander, 2002 ; Alexander, 2008 ; Mayer, 2005 ; Kanno et al., 2006 ; Jackson, 2008). Peu de travaux se sont intéressés jusqu'à présent à l'analyse des plans de secours et il n'existe pas jusqu'à présent une méthode structurée d'analyse de ces plans. L'objectif de ce travail est de présenter une méthode d'analyse de ces plans, elle-même reposant sur une modélisation structuro-fonctionnelle de ces derniers. Les plans de secours sont des systèmes organisationnels particuliers, c'est pourquoi la partie suivante aborde la modélisation et l'analyse des systèmes organisationnels.

[Cette page a été intentionnellement laissée vide]

# 3. Modélisation et analyse des systèmes organisationnels

# 3.Modélisation et analyse des systèmes organisationnels

La modélisation des systèmes organisationnels est utilisée dans le cadre de cette étude afin de formaliser l'analyse des systèmes organisationnels, comme les plans de secours industriels. L'objectif de cette analyse est d'étudier la qualité de ces systèmes pour faciliter leur amélioration. L'assurance de la qualité d'un système consiste en une évaluation indépendante qui sert à assurer que le fonctionnement du système étudié est en accord avec ses spécifications de performance et de design (NASA, 2007). Par conséquent, l'assurance de la qualité des systèmes organisationnels peut être effectuée par une analyse de la robustesse de ceux-ci.

Le dictionnaire « Nouveau Petit Robert » (1993) définit la robustesse comme une propriété des êtres vivants : « être fort et résistant, de par sa solide construction ». Cependant, il n'existe pas actuellement une définition scientifique et globalement acceptée de la robustesse d'un système. De plus, l'appréhension de ce terme est plus compliquée de par sa relation à la stabilité et à la résilience. La robustesse est intuitivement définie comme la capacité d'un système d'adapter son comportement à des situations imprévues, comme une perturbation de l'environnement, ou à des dysfonctionnements internes à l'organisation du système. Cette définition ne prend cependant pas en compte les notions de régulation et de résilience qui peuvent en partie être en accord avec cette définition (Pavard et al., 2006). De plus, Wybo (2008) définit la robustesse dans le cadre de la gestion des crises comme la capacité de l'organisation de survivre et maintenir le contrôle de la situation par l'émergence de nouveaux motifs organisationnels.

Dans le cadre de cette analyse, le terme robustesse peut être utilisé pour représenter la capacité d'un système organisationnel à se dérouler normalement, malgré les différentes contraintes qui imposent son fonctionnement en mode dégradé. En d'autres termes, la robustesse d'un système organisationnel peut être définie comme l'efficacité du dispositif mis en place, ou bien sa capacité d'accomplir ses fonctions en mode dégradé ou face à des situations imprévues (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010). Dans le cadre de ce travail, nous avons centré notre intérêt sur le premier volet de la robustesse (fonctionnement en mode dégradé). Selon cette approche, la robustesse d'un système organisationnel, comme par exemple les plans de secours industriels, est étroitement liée aux défaillances pouvant survenir lors du fonctionnement du système et entrainer son fonctionnement en mode dégradé.

Les dysfonctionnements lors de la mise en œuvre d'un système organisationnel entrainent le fonctionnement dégradé de certaines fonctions du système, ce qui conduit

finalement à l'échec de l'accomplissement d'une ou plusieurs de ses missions. Par exemple, les défaillances affectant un plan de secours industriel peuvent entrainer un échec de ce plan dans l'accomplissement des fonctions de lutte contre l'incendie. Ces dysfonctionnements sont différents des défaillances pouvant survenir lors du fonctionnement normal d'une installation industrielle, lesquelles impactent la production de l'installation et peuvent amener à l'accident qui va provoquer le déclenchement des plan de secours. Il est donc pertinent d'identifier les dysfonctionnements des systèmes organisationnels comme les plans de secours industriels, d'en rechercher les causes et de connaître les facteurs aggravants qui peuvent venir en perturber le déroulement prévu. L'analyse de ces défaillances peut être effectuée en utilisant des méthodes d'analyse des risques classiques, comme l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (U.S. DOD, 2000 ; U.S. DOD, 1980 ; Villemeur, 1988) et l'analyse par arbres de défaillance (Vesely et al., 1981 ; NASA, 1999 ; Stamatelatos & Vesely, 2002). La qualité de la mise en œuvre des méthodes de ce genre est sensiblement améliorée en utilisant une approche de modélisation structuro-fonctionnelle des systèmes.

Ce chapitre présente la démarche suivie afin de mettre en place la méthodologie pour l'analyse de la robustesse des systèmes organisationnels. Il s'agit tout d'abord de la modélisation des systèmes organisationnels à l'aide des méthodes de modélisation de processus structuro-fonctionnelles (partie 3.1). L'objectif de cette modélisation est de structurer et faciliter l'analyse des risques du système organisationnel étudié, qui est réalisée dans un second temps (partie 3.2). Une analyse élémentaire est effectuée à l'aide des questions d'évaluation, alors qu'une évaluation consolidée est basée sur des arbres de défaillances. Enfin, les conclusions de ce chapitre font l'objet du paragraphe 3.3.

## 3.1. Modélisation des systèmes organisationnels pour la détection des défaillances

Avant même de présenter les aspects et les avantages de l'analyse des systèmes en utilisant des modèles de processus, il convient de définir le terme « système ». Dans le cadre de la modélisation des processus, le **système** est défini comme « une totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité » (Saussure, cité par Perilhon, 2007). La fig. 5 illustre une représentation visuelle du système. Lissandre (1990) indique qu'un système représente « un ensemble organisé, structuré, d'éléments concourant à une même fonction et qui constituent un tout cohérent ». De plus, dans le domaine de l'ingénierie des systèmes, un système est défini comme une construction ou une collection de différents éléments qui ensemble produisent des résultats ne pouvant pas être obtenus par les

éléments indépendamment. La valeur ajoutée du système dans sa totalité, au-delà de ce qui est contribué par ses parties, est créée par la relation entre ces éléments (NASA, 2007). Dans le cadre de cette étude, un système organisationnel est entendu comme un système où l'acteur humain et le cadre organisationnel jouent un rôle important par rapport au facteur technologique.

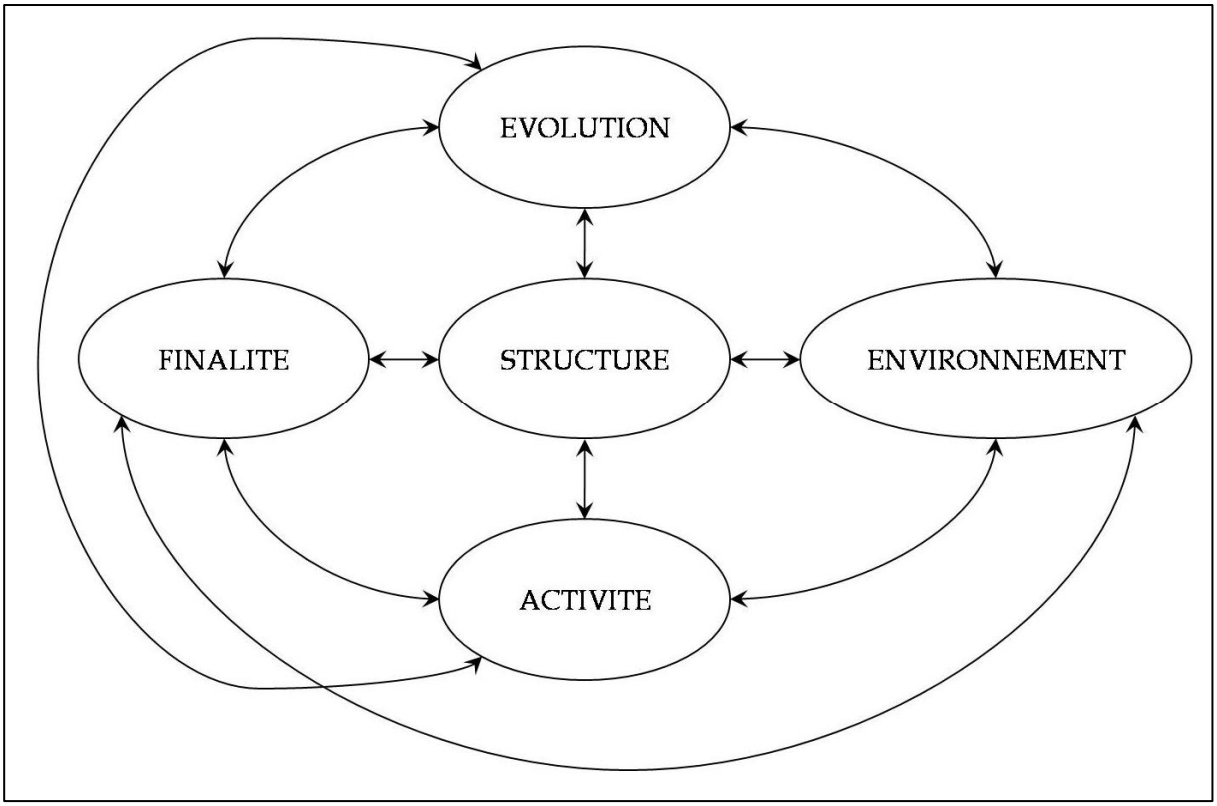


**Figure 5 :** Le système canonique d'après Jean-Louis LE MOIGNE (Perilhon, 2007)

Une approche d'analyse des systèmes organisationnels en utilisant un modèle structuro-fonctionnel du système à étudier est proposée dans ce travail de recherche. Les avantages de cette approche d'analyse des systèmes organisationnels par la modélisation sont multiples. Tout d'abord, les systèmes organisationnels sont souvent représentés en utilisant des diagrammes de flux, ce qui rend la compréhension du système plus facile et plus rapide. Bien que cette représentation soit assez didactique et illustre la séquence des fonctions principales du système, elle ne met pas en évidence les aspects opérationnels du dispositif mis en place par le système, ni les ressources utilisées pour accomplir chaque fonction, ni les interactions entre ces fonctions et ressources. En revanche, un modèle fonctionnel d'un système organisationnel peut illustrer la relation entre les différentes fonctions sous forme d'interactions entre elles, mais aussi l'attribution des ressources à des fonctions (ce qui est nécessaire pour effectuer chaque activité). Ainsi, l'utilisation d'un

modèle structuro-fonctionnel permet une meilleure lecture du dispositif mis en place par le système.

Un deuxième avantage de l'utilisation d'un modèle explicite pour la description d'un système organisationnel est lié à la capacité de représenter chaque système comme une entité à part. Par conséquent, des ressources, des interactions (entrants, sortants et supports) et d'autres attributs peuvent être associés à chaque entité, afin de compléter la formalisation. Un « paquet » regroupant la fonction, ses ressources, ses interactions et ses autres attributs est ainsi créé pour chaque partie du système. Le système peut être donc représenté dans son intégralité comme un assemblage de ces « paquets ». Cette approche modulaire augmente la flexibilité dans la conception et l'analyse d'un système organisationnel, et permet à l'ingénieur (et/ou à l'analyste) de centrer son attention sur des parties spécifiques du système (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010).

De plus, en représentant un système organisationnel par un modèle fonctionnel, ce système complexe peut être décomposé en des sous-systèmes autonomes et indépendants. Dans la psychologie cognitive, l'externalisation d'un problème et sa décomposition structurelle constituent les stratégies principales pour la résolution de problèmes complexes et sont appliquées par des analystes dans différents domaines (Heuer, 1999). Tout effort de modélisation des systèmes réels doit prendre en compte un grand nombre de composantes, ce qui entraine un nombre d'interactions conséquent. Cette complexité dans la modélisation peut être gérée en utilisant une approche de modélisation hiérarchique dans la gestion des risques (Flaus, 2008). Dans une telle approche hiérarchique, des modèles de plus en plus détaillés du système peuvent être créés en mettant en œuvre une décomposition structurelle séquentielle qui décompose le système en des composantes moins abstraites. Ces composantes peuvent ensuite être analysées séparément et les résultats peuvent être intégrés dans le système, tout en maintenant le modèle global du système étudié. Cette approche permet d'augmenter le niveau de profondeur de l'analyse, tout en faisant des économies d'échelle dans le temps d'analyse (Baiardi et al., 2009).

Le temps et les ressources nécessaires pour décomposer complètement tous les sous-systèmes d'un système jusqu'au niveau élémentaire peuvent dépasser rapidement l'analyste. D'un autre point de vue, l'abstraction augmente la flexibilité de l'analyse et permet d'effectuer un travail complet et précis (Simon, 1981). Les coûts et bénéfices du processus de décomposition structurelle peuvent être équilibrés par une abstraction partielle. En sélectionnant un niveau d'abstraction spécifique, seul le niveau nécessaire de détail est révélé. En décomposant seulement les sous-systèmes d'un plus grand système nécessaires à l'analyse, cette dernière peut être centrée sur ces aspects qui sont nécessaires à l'étude.

Il existe une multitude de méthodes de modélisation de processus. Dans le cadre de cette étude, un certain nombre ont été envisagées ; elles sont décrites dans les paragraphes suivants, ainsi que la méthode qui a finalement été sélectionnée pour ce travail.

### 3.1.1. Description de quelques méthodes de modélisation de processus

Afin de procéder au développement du modèle structuro-fonctionnel, plusieurs méthodes de modélisation de processus ont été envisagées, chacune ayant ses avantages et inconvénients.

#### 3.1.1.1. OSSAD

**OSSAD** (Glassey & Chapelet, 2002) est une méthode de modélisation de système d'information et d'organisation ouverte et standard. Elle a été développée dans le cadre d'un projet de recherche européen et il existe quelques outils la supportant. Son objectif est la gestion des problèmes opérationnels amenés par l'arrivée massive de la technologie bureautique. Elle fonctionne à deux niveaux :

- Le *modèle abstrait* permet d'exprimer les objectifs d'une organisation et la représente en termes de fonctions (par exemple marketing, finance, production) et de paquets d'information qui circulent entre ces fonctions. Les fonctions peuvent se décomposer en autant de sous-fonctions que nécessaire pour représenter une organisation, et les fonctions non décomposées sont appelées activités.
- Le *modèle descriptif* décrit les moyens humains et les ressources technologiques d'une organisation. Il la représente en termes de procédures, et des différentes opérations nécessaires pour l'accomplissement, ainsi qu'en termes de rôles, d'outils et de ressources.

OSSAD est une méthode simple à mettre en œuvre, ce qui peut être un avantage dans la modélisation. En revanche, elle définit plusieurs types d'éléments et est souvent peu détaillée. De plus, la formalisation de cette méthode est souvent peu concrète.

#### 3.1.1.2. Unified Modeling Language

**UML** (Glassey & Chapelet, 2002) est un langage de notation orienté objet qui a été développé et standardisé par Rational Software et Object Management Group. Ce langage couvre les différentes phases du développement d'un système (analyse, conception et implémentation) en offrant neuf types de diagrammes :

- Le *diagramme de cas d'utilisation* représente les comportements d'un système du point de vue de l'utilisateur.
- Le *diagramme des classes* représente la structure statique d'un système sous la forme de classes et de relations et ne contient pas d'informations temporelles. Une classe est une représentation abstraite d'un ensemble d'éléments similaires.
- Le *diagramme d'objets* représente les objets et leurs relations, un objet étant un élément particulier d'une classe.
- Le *diagramme de séquence* représente les objets et leurs interactions selon une ligne temporelle.
- Le *diagramme de collaboration* représente les objets, leurs liens et leurs interactions de manière structurelle.
- Le *diagramme de transition d'états* exprime le comportement dynamique d'un objet en termes d'états, d'activités, de transitions et d'événements.
- Le *diagramme d'activités* décrit les flux entre activités au sein d'un système. Cela permet de représenter le déroulement d'une procédure ou d'une fonction.
- Le *diagramme des composants* montre l'implémentation physique d'un système, en termes de composants logiciels.
- Le *diagramme de déploiement* décrit la configuration des éléments de traitement à l'exécution et les composants qui leur sont attachés.

Le langage UML permet de modéliser plusieurs types de systèmes et de processus. En revanche, ce langage informatique est trop général et complexe, du fait de sa technicité.

#### 3.1.1.3.Structural Analysis Design Technique

**SADT** est une méthode destinée à la modélisation des décisions, des actions et des activités d'une organisation ou d'un système (Lissandre, 1990). Elle a été développée par D.T. Ross (1977) et évoluée par l'armée de l'air américaine en la méthode IDEF0 (USAF, 1981). C'est une méthode de représentation graphique des systèmes, permettant de représenter les entités et/ou activités par des boites, et les relations entre les boites par des flèches. L'élément de base dans la méthode SADT/IDEF0 est illustré sur la fig. 6. Chaque activité/ entité peut avoir plusieurs entrants, sortants, contrôles et/ou mécanismes. Les entrées représentent des données ou des consommables nécessaires pour effectuer l'activité, alors que les sortants correspondent aux données ou autrement aux produits de celle-ci. Les contrôles sont les commandes qui influencent l'exécution de l'activité sans être consommées. Enfin, les mécanismes identifient les moyens, composantes ou outils utilisés pour accomplir l'activité.

SADT peut être utilisé afin de modéliser de manière fonctionnelle une organisation, car il décrit les fonctions et leurs relations. Pour des opérations industrielles comme la production d'une machine, SADT peut illustrer les fonctions et le flux de données et de

matière entre les différentes fonctions. De plus, SADT permet de décomposer un système complexe en ses sous-systèmes de façon physique et structurelle (Suh, 2001). En revanche, cette technique fournit une représentation graphique des fonctions, sans prévoir l'assemblage des fonctions ayant des attributs communs, ni l'attribution d'une ressource à plusieurs fonctions.

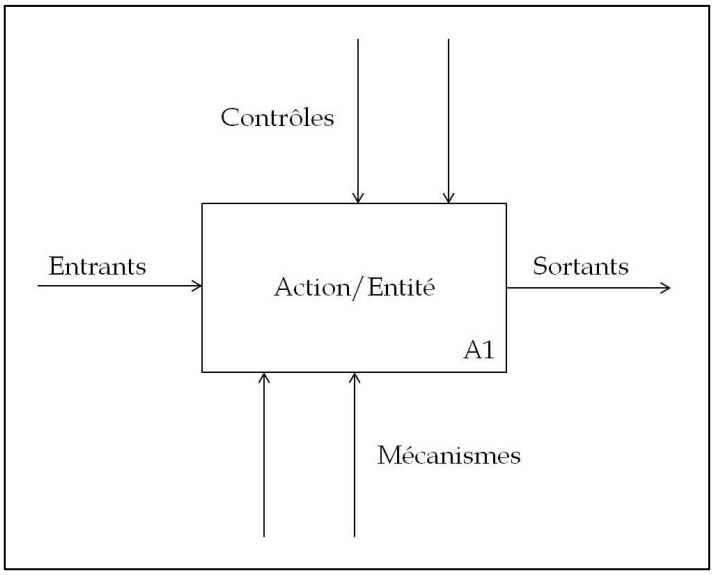


**Figure 6 :** Elément de base SADT (adapté depuis Lissandre, 1990)

Afin de choisir une méthode de modélisation des systèmes organisationnels adaptée à l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels, il faudra prendre en compte les objectifs et les contraintes de ce projet de recherche par rapport aux caractéristiques de ces méthodes. La méthode choisie devra prendre en compte le caractère dynamique des systèmes organisationnels et permettre d'utiliser des méthodes d'analyse des risques classiques.

### 3.1.2. Choix d'une méthode de modélisation de processus

Selon la norme ISO 9001 : 2000, un processus peut être défini comme « un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie ». Chacune de ces activités peut être définie comme «mettant en œuvre un certain nombre de ressources en vue de transformer un flot de produits ou de services». Plus simplement, l'activité est une entité « produisant des éléments de sortie à partir d'éléments d'entrée ». Par ailleurs, comme les processus d'un système organisationnel peuvent être décomposés en sous processus pour en faciliter l'analyse, et ceci de façon itérative, une approche hiérarchique est nécessaire pour gérer la complexité (Simon, 1981).

Les contraintes de ce travail de recherche vis-à-vis de la méthode recherchée sont les suivantes (Flaus et al., 2010) :

1. capacité à décrire les fonctions d'un processus
2. capacité à décrire les ressources (physiques) utilisées par une fonction
3. capacité à décrire les ressources modifiées par une fonction
4. faire apparaître la hiérarchie fonctionnelle
5. faire apparaître la hiérarchie des ressources (qui n'est pas forcément identique)
6. faire apparaître les liens inter processus
7. décrire de façon schématique le déroulement du processus
8. permettre la description de systèmes flexibles (les relations inter ressources dépendent de la fonction pour laquelle ils sont utilisés)
9. rester simple, et en particulier ne pas exiger une modélisation complète détaillée de chaque élément.

Les méthodes Adonis et OSSAD (Glassey & Chapelet, 2002) sont très orientées vers la modélisation des organisations pour lesquelles elles sont très bien adaptées, mais elles ne permettent pas de représenter de façon détaillée les entités manipulées par une fonction, appelés paquets, pour leur associer des attributs comme des variables ou des modes de défaillance, ni de les structurer en hiérarchie. Les méthodes provenant du monde informatique, comme UML ou SysML, restent assez complexes. UML possède 9 diagrammes et ne possède pas de pas de base de données pour effectivement lister les éléments du modèle (Noran, 2004). La famille de méthodes IDEF offre un certain nombre de possibilités, en particulier pour la modélisation fonctionnelle (IDEF0) ou la description du comportement (IDEF3) (Mayer et al., 1992). Cependant, ces méthodes s'attachent essentiellement à modéliser l'aspect fonctionnel et ne permettent une modélisation des ressources (Flaus et al., 2010).

La méthode FIS (Flaus, 2008), développée pour l'analyse de risques, a donc été choisie. Elle peut être vue comme une extension d'IDEF0 (SADT) faisant apparaitre explicitement les aspects structurels et elle respecte relativement bien le principe KISS : Keep It Small and Simple (Ishida, 2002). Cette approche de modélisation est définie selon une démarche classique, qui fait l'objet du paragraphe suivant.

### 3.1.3. Démarche générique de modélisation

Dans le cadre de ce travail de recherche, la définition d'une méthode de formalisation des systèmes organisationnels en vue de l'analyse des plans de secours industriels repose

sur la démarche générique de modélisation suivante : il s'agit d'une structure en trois étapes (fig. 7) :

- **Méta-modèle** de la méthode de représentation du système (représentation graphique du modèle). Le méta-modèle constitue une représentation et une conception du modèle. Comme le modèle est une représentation d'un système réel, le méta-modèle est une abstraction illustrant les propriétés du modèle lui-même. Le modèle doit être conforme à son méta-modèle (Bézivin, 2005).
- **Représentation graphique et tabulaire (modélisation) du système organisationnel**. Cette formalisation constitue une instanciation du méta-modèle défini dans l'étape précédente. Un modèle de système organisationnel (dans le cadre de cette thèse, des plans de secours industriels) sera développé à l'aide de ce méta-modèle.
- **Utilisation du modèle.** Le modèle des systèmes organisationnels développé dans l'étape précédente sera utilisé pour mettre en place des questions d'analyse de ces systèmes.

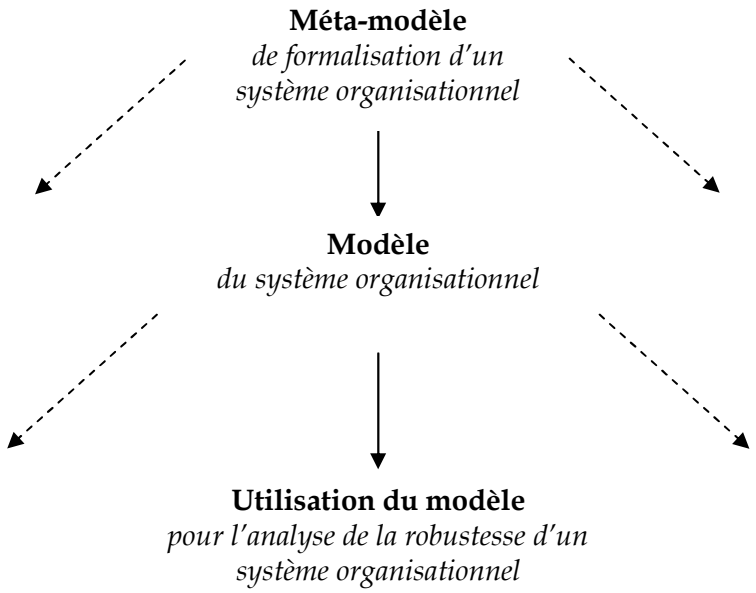


**Figure 7 :** Structure de démarche de formalisation des systèmes organisationnels

Le paragraphe suivant présente la première étape de cette stratégie de formalisation des systèmes : le méta-modèle de l'approche FIS qui est utilisée dans le cadre de cette étude.

## 3.1.4. Approche de modélisation FIS

L'approche de modélisation FIS (Fonctions-Interactions-Structure) (Flaus, 2008) est une méthode de modélisation de processus adaptée à l'analyse des risques, qui intègre des approches matérielles, fonctionnelles et événementielles. Elle repose sur l'approche SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customers), qu'elle étend, d'une part en ce qui concerne les relations interprocessus qui sont décrites d'un point de vue à la fois fonctionnel et matériel, et d'autre part en ce qui concerne la structure interne du processus pour lequel sont analysées les fonctions et les ressources nécessaires à la réalisation de celles-ci (Flaus, 2008). Ce travail de recherche a apporté des éléments d'amélioration de la méthode au cours de son développement.

### 3.1.4.1. Les différents éléments du modèle

Dans la mise en œuvre de la méthode FIS, chaque processus est représenté sous la forme du schéma de la fig. 8. Le modèle FIS est composé des éléments suivants (Flaus, 2007) :

**Processus :** Un système organisé d'activités qui utilise des ressources (personnel, équipement, matériels, et machines, matière première et informations) pour transformer des éléments entrants en éléments de sortie dont le résultat final attendu est un produit.

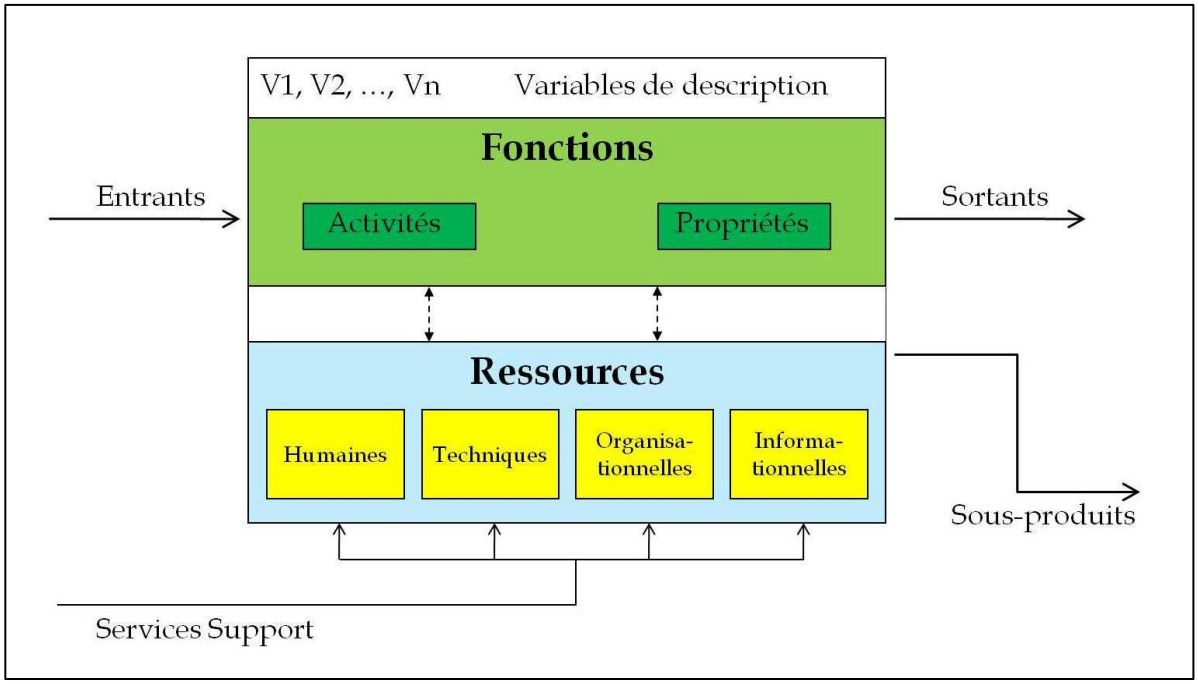


**Figure 8 :** Modélisation FIS d'un système (adapté depuis Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010)

**Entrants :** Des éléments utilisés par le processus. Notamment, les entrants sont analysés en identifiant les services (fonctions) requis par le processus et fournis par les autres processus. Ce service est matérialisé par un flux physique ou une action. Un entrant peut être défini sous forme de matière, sous forme d'énergie ou sous forme d'information.

**Sortants :** Les sortants sont définis via les **services** fournis par le processus et matérialisés par des éléments physiques ou des effets générés par le processus. Certains sont à destination d'un processus client, d'autres sont considérés comme sous – produits de l'activité (rejets, déchets). Les **sous-produits** d'une activité sont ainsi définis comme des produits non souhaités de cette activité. Chaque sortant à destination d'un processus peut être associé à la fonction du processus.

**Ressources :** Les ressources sont constituées des éléments matériels (machines), humains et organisationnels permettant de mener les activités du processus ainsi que des résultats de ces activités. Les méthodes (procédures, modes opératoires, programmes…) font partie des ressources. Les ressources seront ainsi classées en ressources humaines, techniques et organisationnelles. Les **ressources humaines** correspondent aux acteurs humains dont la fonction est d'intervenir (directement ou indirectement, par convention ou par sens commun) pour la mise en œuvre de la fonction étudiée. Les **ressources techniques** sont les équipements utilisés par les acteurs humains ou mis en fonction automatiquement dans les différentes activités de la fonction. Les **ressources organisationnelles** représentent les démarches devant être suivies par le dispositif afin que la mission soit accomplie. Les ressources organisationnelles correspondent ainsi aux stratégies, aux tactiques mises en œuvre et aux procédures utilisées, qui sont concrétisées par des supports écrits ou informatiques, ces derniers étant des ressources techniques. Enfin, les **ressources informationnelles** sont des données pertinentes à la conduite de l'opération, qui sont organisées de telle manière à mettre en évidence leur importance et faciliter leur transmission et utilisation.

Une partie des ressources est interne au processus, tandis qu'une autre appartient à d'autres processus. Dans le cadre de la modélisation des systèmes organisationnels proposée dans cette thèse, les ressources internes correspondent aux ressources qui sont dédiées à cette fonction, qui ne sont utilisées que dans le cadre de cette fonction. Les ressources qui ne sont pas dédiées à la fonction étudiée, mais appartiennent à d'autres processus sont modélisées en tant que ressources externes. Ces ressources doivent être « déplacées » d'un processus à l'autre afin de remplir la fonction désirée. Un entrant et/ou un sortant sont ainsi associés à chaque ressource externe.

**Supports des ressources :** Ce sont des entrants particuliers qui correspondent à des fonctions situées dans des processus externes, requises pour faire en sorte que les ressources soient en état de bon fonctionnement. Les processus supports sont les processus générant en sortants ces services supports.

**Fonctions :** Le rôle d'un système exprimé en termes de finalité. Les fonctions ou activités correspondent à une vision dématérialisée d'un système exprimant son rôle, son action, ce qu'il peut faire et comment il se comporte vis-à-vis d'un besoin et de contraintes exercées par ou sur le milieu environnant.

Chaque système peut ainsi être vu comme un conteneur d'une ou plusieurs fonctions et d'un certain nombre de ressources associées. Les interactions entre les fonctions et les ressources génèrent une représentation graphique bipartie dans lequel chaque ressource est en relation avec une ou plusieurs fonctions et vice-versa (fig. 9).

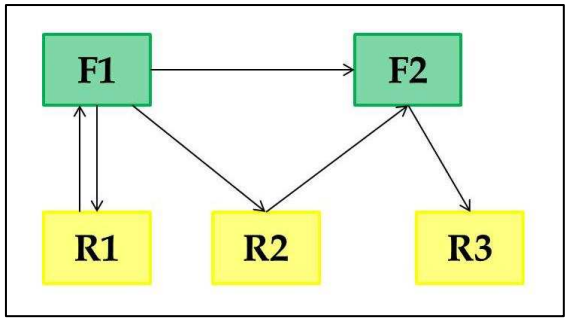


**Figure 9 :** Graphe fonction-ressource dans la méthode FIS

**Variables :** Ce sont des grandeurs caractérisant des phénomènes associés à des ressources ou à des fonctions. Une variable prend ses valeurs dans un ensemble appelé domaine, noté dom(v), qui peut être continu ou discret. Les variables peuvent aussi caractériser des phénomènes décrivant les entrants et les sortants du processus. Elles permettent d'écrire des interrelations entre les systèmes.

Lorsqu'un système est trop complexe, chaque fonction peut être associée à un sous-système et décomposée en sous-fonctions et étapes (fig. 10, page 55). Chaque sous-fonction peut par la suite être de nouveau associée à un sous-système et décomposée. Ainsi peuvent être effectués autant de degrés de décomposition que l'analyse du système le nécessite. L'ambigüité dans l'activité ou la propriété de la fonction diminue de la fonction vers l'étape : la fonction est plus abstraite que la sous-fonction, et cette dernière plus abstraite que l'étape. La modélisation est itérative : le modèle structuro-fonctionnel du plan peut être enrichi en ajoutant des éléments nouveaux. Une nouvelle fonction ou ressource, ou un nouveau mode de défaillance peut être ajouté une fois identifié par les activités de recherche ou le retour d'expérience.

La partie d'analyse des dysfonctionnements de FIS permet d'associer à chaque fonction, ressource ou système des modes de défaillance représentant le comportement anormal de cette entité. De façon générale, une ressource peut être défaillante si ses services support sont défaillants ou absents. De même, une fonction peut être défaillante si une ou plusieurs de ses ressources ou entrants sont défaillants ou absents. La méthode permet d'étudier la propagation de ces défaillances à travers le système. Cette propagation des défaillances est illustrée en utilisant les interactions entre les fonctions et les ressources. Une fonction peut être vue comme un « transporteur » de défaillances entre une ou plusieurs ressources à travers le système (fig. 11, page 55).

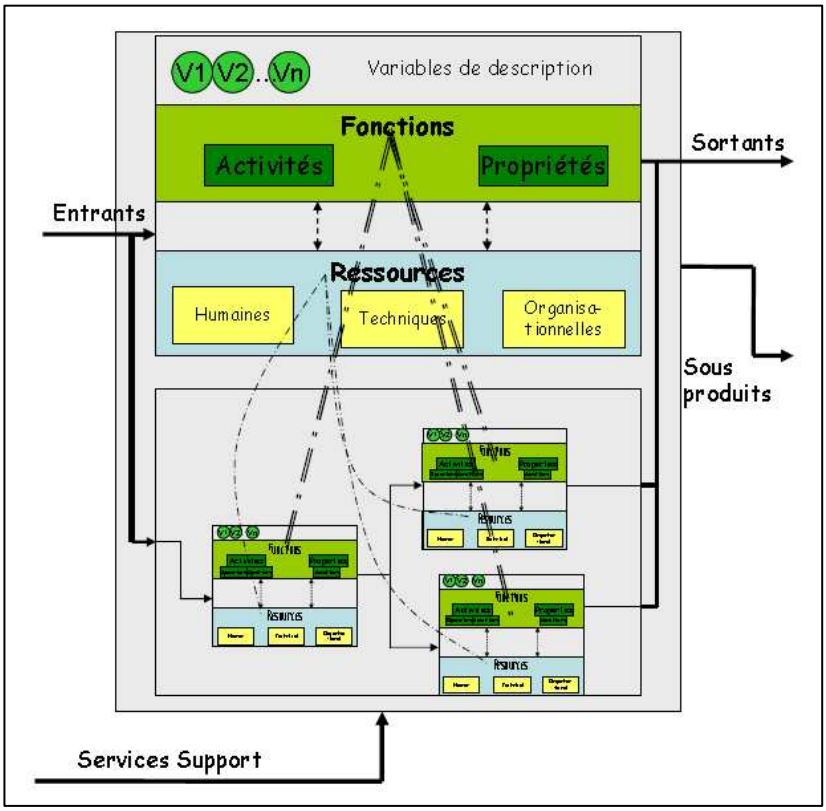


**Figure 10 :** Principe de décomposition hiérarchique dans la méthode FIS (Flaus, 2007)

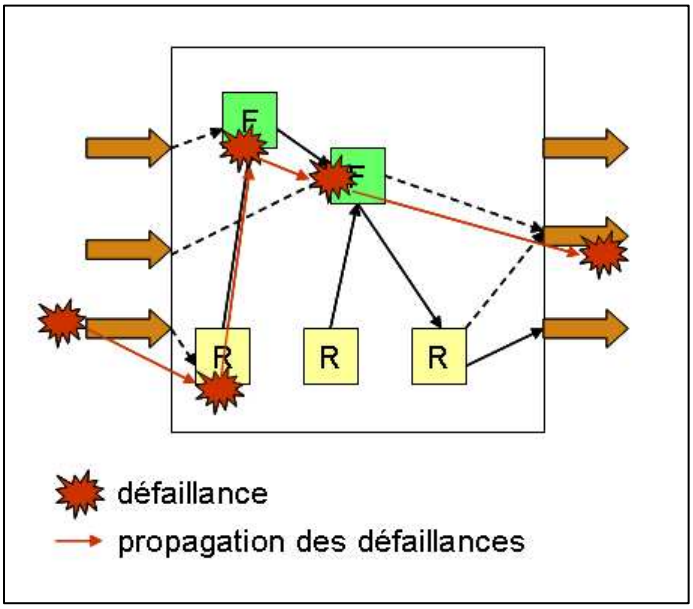


**Figure 11 :** Propagation des défaillances à travers un système (Flaus, 2007)

Xrisk est un outil informatique développé pour la modélisation structuro-fonctionnelle et l'analyse des risques des systèmes complexes en utilisant la méthode FIS (http://www.xrisk.fr). Xrisk a été réalisé à partir de la méthode FIS développée par le Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble (G-SCOP) de l'Institut National Polytechnique de Grenoble et l'Université Joseph Fourrier de Grenoble. Il permet de modéliser graphiquement des systèmes, sous-systèmes et fonctions en utilisant la méthode FIS. Chaque système est lié à ses propres ressources et a des interactions avec d'autres systèmes. Le modèle FIS mis en place sur Xrisk peut être utilisé pour effectuer une analyse de risques en utilisant des méthodes d'identification et d'analyse des risques, comme l'AMDEC ou MADS-MOSAR. Cet outil est en constante évolution et ce travail de recherche a servi entre autres à alimenter son développement.

La modélisation des systèmes réels devant prendre en compte un grand nombre de paramètres, le modèle FIS d'un système organisationnel sera en proportion complexe. Afin de gérer ce grand nombre d'éléments dans la modélisation, une taxonomie des ressources a été mise en place.

#### 3.1.4.2. Taxonomie des ressources

Le modèle FIS s'appuie sur des fonctions, des interactions entre ces fonctions, des ressources nécessaires pour effectuer ces fonctions et des supports nécessaires au bon fonctionnement des ressources. La taxonomie des ressources comporte une hiérarchie des catégories de ces ressources ; des attributs peuvent par la suite s'y associer afin de permettre l'analyse des ressources par catégories.

##### 3.1.4.2.1. Types de ressources

La taxonomie des ressources consiste en la définition des catégories de ressources définies dans le modèle structuro-fonctionnel FIS du système étudié. Lors de la présentation de la méthode de modélisation FIS, quatre catégories de ressources ont déjà été identifiées : les ressources humaines, les ressources techniques, les ressources organisationnelles et les ressources informationnelles. Ces quatre catégories forment un premier niveau de taxonomie de ressources. Ces catégories sont par la suite divisées en sous-catégories afin de mieux décrire les ressources selon leurs caractéristiques ou propriétés (fig. 12, page 57). Chaque ressource est associée à au moins une catégorie au dernier niveau de cette décomposition (par exemple les sous-catégories 1 à 8 dans le schéma de la fig. 12). Une ressource peut être associée à plusieurs catégories ou sous-catégories. Une hiérarchie des catégories de ressources est ainsi obtenue, qui comporte les différents niveaux de décomposition avec les relations parent-enfant.

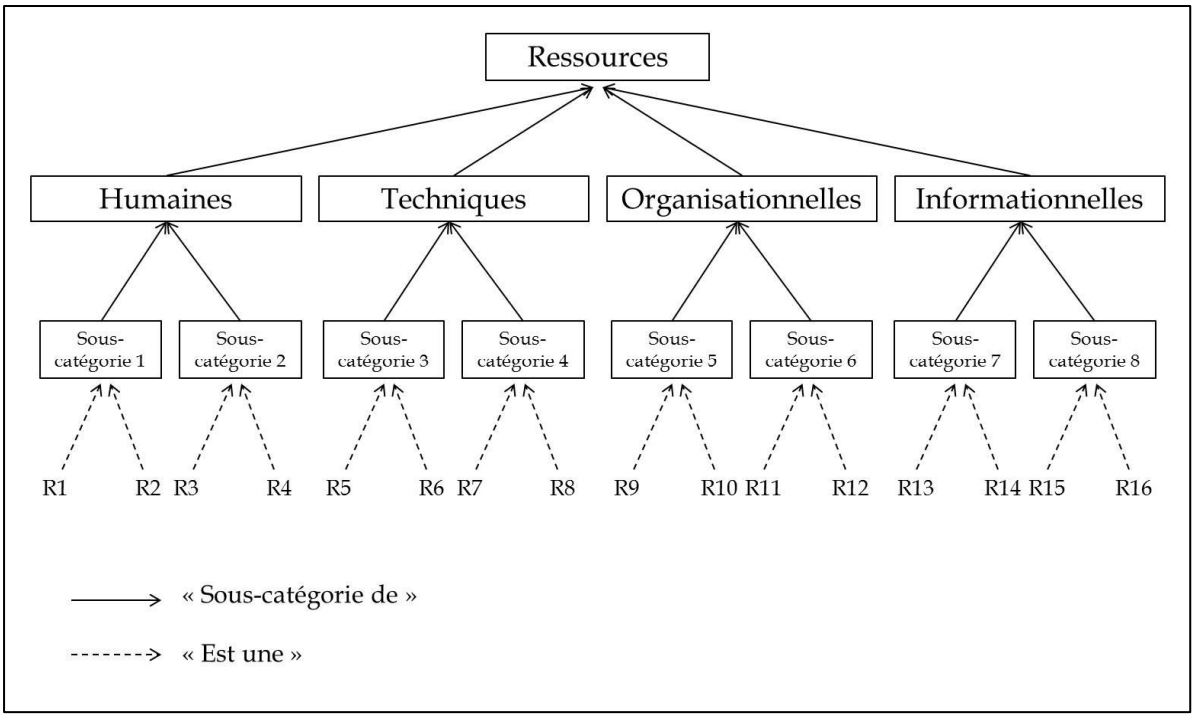


**Figure 12 :** Taxonomie des ressources

### 3.1.4.2.2. Attributs des ressources

A chacune des catégories et sous-catégories de ressources sont assignés des attributs qui définissent la catégorie. Chaque enfant « hérite » les attributs de son parent, mais en a d'autres, qui lui sont spécifiques. La liste des attributs assignés à chaque catégorie de ressources comporte les éléments suivants (fig. 13, page 58) :

- *Fonctions requises :* il s'agit des services support des ressources, définis dans le modèle structuro-fonctionnel FIS du système. Chaque catégorie de ressources a besoin d'un ou plusieurs types de supports. Le principe de décomposition s'applique également aux supports comme aux fonctions du système. Ainsi, les fonctions requises d'une catégorie (parent) peuvent se décomposer en sous-fonctions plus spécifiques au niveau des sous-catégories (enfants). Chacune de ces sous-fonctions est obtenue par l'agrégation du support du parent avec la sous-catégorie. Elle est ainsi associée à une ou plusieurs sous-catégories de la même catégorie.
- *Modes de défaillance de base :* les modes de défaillance sont communs à toutes les ressources appartenant à une même catégorie. Elles sont d'ailleurs identifiées en utilisant une double approche. Une analyse *a priori* consiste en la lecture critique du modèle FIS du système afin d'identifier les défaillances pouvant se manifester au niveau des ressources. De plus, une analyse *a posteriori* permet de recenser les défaillances étant déjà survenues lors de la mise en œuvre du système. L'agrégation de

ces deux analyses permet d'obtenir les modes de défaillance de base de chaque catégorie des ressources

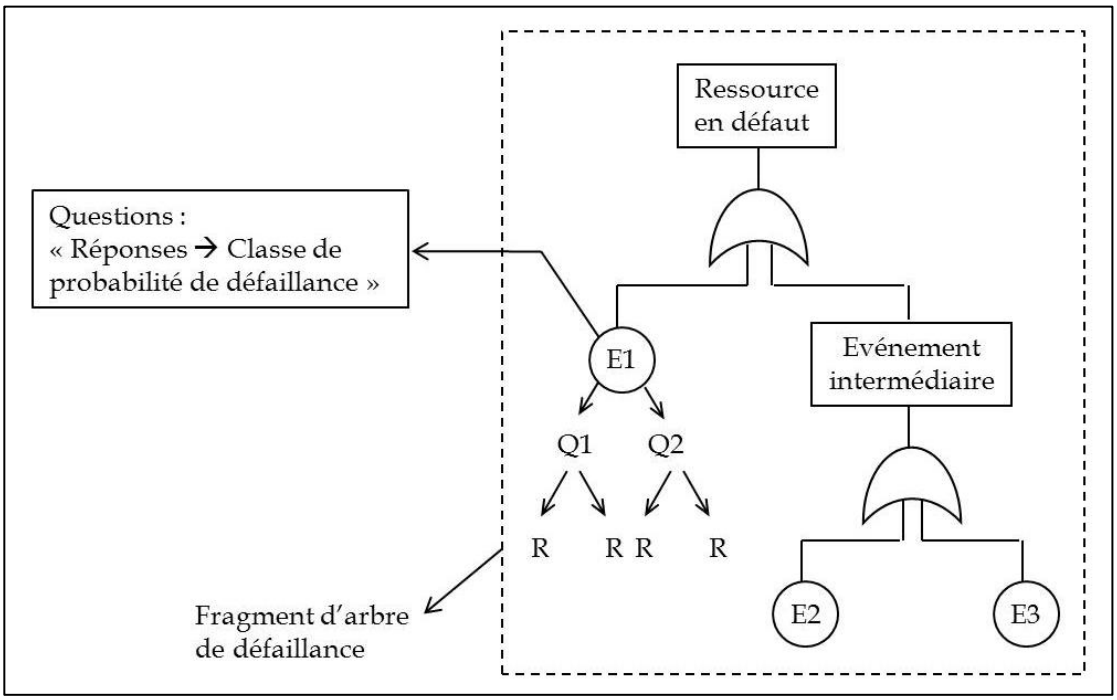


**Figure 13 :** Représentation schématique des attributs d'une ressource

- *Arbre de défaillance de la catégorie :* l'arbre de défaillance représente l'ensemble des combinaisons d'événements qui, dans certaines conditions, peuvent rendre la ressource défaillante. En tête de l'arbre est placé un événement type « ressource en défaut ». A cet événement sont liés les modes de défaillance de la catégorie avec une porte logique OU. Les arbres de défaillances des ressources représentent l'état actuel de nos connaissances par rapport aux événements qui peuvent conduire à la défaillance de chaque ressource.
- *Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence des événements :* la probabilité d'occurrence des événements de l'arbre de défaillances d'une catégorie est obtenue par l'utilisation des questions d'évaluation correspondant à chaque événement. Les questionnaires d'analyse sont souvent utilisés dans le cadre de la démarche d'Aide Multicritère à la Décision. Ce type d'analyse permet au décideur de visualiser simultanément plusieurs points de vue sur la même situation et confronter les actions à des critères prédéfinis. L'analyse multicritère est déjà utilisée pour l'évaluation environnementale (Boutaud, 2004) mais aussi par la FEMA dans une démarche d'autoévaluation des Plans de Continuité d'Activités. Il s'agit de questions à choix multiples, qui permettent d'évaluer le fonctionnement des ressources. A chaque événement de l'arbre de défaillances peuvent être associées trois types de questions. Une première question permet de fixer un niveau de probabilité de défaillance de base

pour l'événement étudié. D'autres types de questions prennent en compte les barrières de sécurité (réduisent la probabilité d'occurrence) et/ou les facteurs de risque (augment la probabilité d'occurrence) relatifs à l'événement.

Ces trois types de questions sont les suivantes :

1. **Questions permettant de fixer un niveau de probabilité d'occurrence de base pour l'événement étudié.** Chaque réponse à cette question correspond à un niveau de probabilité de base. Il existe une seule question de ce type pour chaque événement.
2. **Questions relatives à des barrières de sécurité.** Ces questions permettent de réduire le niveau de probabilité de l'événement défini par la question précédente. Les réponses à ces questions correspondent à des points positifs. Le nombre de points correspondant à chaque réponse est défini dans des tableaux de conversion. Ces questions sont formulées en tant qu'affirmations. Si l'affirmation est vraie, le nombre de points positifs correspondant est obtenu.
3. **Questions relatives à des facteurs de risque.** Ces questions permettent d'augmenter le niveau de probabilité de l'événement défini par la première question. Les réponses à ces questions correspondent à des points négatifs. Ces questions sont formulées en tant qu'affirmations. Si l'affirmation est vraie, le nombre de points négatifs correspondant est obtenu.

#### 3.1.4.3.Estimation de la probabilité des événements

Le niveau de probabilité peut être défini de manière quantitative ou qualitative. Le choix entre une approche de représentation quantitative et une approche de représentation qualitative de la probabilité d'occurrence des événements est délicate. La représentation quantitative est plus précise et permet une manipulation des données tout en réduisant les erreurs de calcul. En revanche, sa mise en œuvre nécessite un grand nombre de données statistiques sur le fonctionnement des systèmes afin d'assurer une bonne représentation de la réalité. Il est souvent difficile voire impossible d'avoir ce type de données pour les systèmes organisationnels. D'un autre côté, la représentation qualitative est moins précise, comme la probabilité d'occurrence d'un événement est exprimée en classes de probabilité. De plus, une approche de calcul booléen modifié est employée, dont les résultats sont moins adaptés par rapport à l'algèbre booléenne de base. En revanche, au vu de la nature abstraite et fort dynamique des systèmes organisationnels, l'approche qualitative peut donner des résultats exploitables en l'absence de données statistiques exhaustives.

Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour une expression qualitative du niveau de probabilité d'occurrence des événements des arbres de défaillances. Celle-ci est exprimée en termes de classes de probabilité. Les classes de probabilité identifiées dans

*l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation* sont employées (tableau 1).

**Tableau 1 :** Classes de probabilité pour une appréciation qualitative, selon *l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation*

| Classe de probabilité | Description |
|---|---|
| A | **Evènement courant**<br>*S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives.* |
| B | **Evènement probable**<br>*S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.* |
| C | **Evènement improbable**<br>*Un évènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.* |
| D | **Evènement très improbable**<br>*S'est déjà produit dans le secteur, mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.* |
| E | **Evènement possible mais extrêmement improbable**<br>*N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années-installations.* |

Un score global est obtenu en ajoutant les points positifs et négatifs obtenus à partir des réponses aux questions des catégories 2 et 3. Le niveau de probabilité d'occurrence de base de l'événement étudié, défini dans la question de la première catégorie, est modifié à partir de ce score. Dans le cas où une expression quantitative de la probabilité est employée, la modification consiste en la multiplication de la probabilité de base par $10^{NP}$, où NP le nombre de points obtenu par l'opération précédente. En revanche, si la probabilité est exprimée en classes de probabilité de défaillance, une approche différente est employée. Par convention, il faut un point positif pour réduire la classe de probabilité d'occurrence d'un niveau, par exemple pour aller de B à C. Il faut un point négatif pour augmenter la classe de probabilité d'occurrence d'un niveau, par exemple pour aller de C à B. Si le score

n'est pas un chiffre entier, on pratique un arrondi et les fractions des classes de probabilité d'occurrence ne sont pas prises en compte. Par exemple, si le score obtenu est +4/3 et la classe de probabilité de base est A, la nouvelle classe de probabilité sera B.

L'approche d'estimation de la probabilité d'occurrences des événements est assez qualitative. La définition des probabilités étant un point difficile dans l'analyse des risques en général, cette méthode associe les probabilités d'occurrence à des questions, ce qui fait au moins une approche répétitive.

#### 3.1.4.4.Quelques remarques

Dans le cas où une ressource présente des propriétés pouvant la classer dans deux ou plusieurs catégories, l'application d'une règle spéciale est nécessaire. Une ressource peut appartenir à deux (ou plusieurs) catégories (ou sous-catégories), ayant ainsi deux (ou plusieurs) parents. Dans ce cas, la ressource-enfant hérite les attributs de tous ses parents et une catégorie de ressources « hybride » est créée. La ressource-enfant aura les fonctions requises et les modes de défaillance de base de tous ses parents. L'arbre de défaillance de la ressource-enfant comportera les arbres de défaillance de tous les parents, liés au niveau de leur sommet (événement « ressource en défaut ») par une porte OU. Par conséquent, les questions correspondant à cette catégorie « hybride » et les tableaux de conversion prendront en compte les événements de l'arbre conjugué.

Cette approche d'identification et d'analyse des défaillances potentielles des ressources peut également être itérative, car elle permet d'ajouter un événement ou une question, si le retour d'expérience et/ou la lecture critique du modèle FIS en révèlent le besoin. Dans le cas où un événement doit être ajouté, ceci est associé à une catégorie de ressources. Par conséquent, les attributs de cette catégorie sont modifiés, notamment l'arbre de défaillances, les questions et le tableau de conversion. L'événement est ajouté à l'arbre de défaillances et des questions y sont associées. En fonction de la catégorie de la question (relative à une barrière de sécurité ou un facteur de risque), les points associés aux questions sont modifiés afin de permettre la transformation du score obtenu en classes de probabilité. Les fonctions requises et/ou les modes de défaillance de base peuvent également être modifiées, si ce nouvel événement finit par y être associé. Une question peut être ajoutée à un événement de la même manière : il s'agit de modifier le nombre de points associés aux questions afin de prendre en compte la modification des scores tenables, en fonction de la catégorie de la question (relative à une barrière de sécurité ou un facteur de risque).

Les questions sont formulées de telle façon à indiquer les mesures à prendre afin d'améliorer le système. Les réponses peuvent définir des actions visant à améliorer les barrières de sécurité (et ainsi augmenter les points positifs obtenus par les questions

relatives à celles-ci) et/ou à réduire les facteurs de risque (et donc réduire les points négatifs obtenus par les questions relatives à celles-ci) et ainsi améliorer la robustesse du système.

La connaissance contenue dans le méta-modèle des ressources du système organisationnel doit être représentative de la réalité. La validation de ces éléments peut être recherchée par l'étude du retour d'expérience obtenu à partir du fonctionnement du système (lui-même obtenu à partir de l'analyse des rapports ou l'observation directe), et la consultation d'experts dans le domaine du système. Cette validation est essentielle pour la démarche proposée dans le cadre de ce travail de recherche, car les éléments définis dans le méta-modèle des ressources ci-dessus permettent d'estimer la probabilité d'occurrence des événements définis dans les arbres de défaillances des ressources.

#### 3.1.4.5.Intégration dans la méthode FIS et l'outil Xrisk

Dans le cadre de ce travail de recherche, cette approche a été intégrée dans la méthode de modélisation FIS et répercutée sur l'outil informatique Xrisk. Elle permet de définir des classes de ressources et des attributs génériques associés à ces classes. Plus précisément, pour chaque catégorie de ressources, l'utilisateur peut définir des fonctions requises, des modes de défaillance, un arbre de défaillances et des questions associées, qui seront les attributs de la catégorie. Ces questions permettent d'obtenir un niveau de probabilité de défaillance. Une fois qu'une ressource est associée à une catégorie, tous les attributs de la catégorie sont automatiquement assignés à cette ressource. L'utilisation de ces éléments va permettre la mise en œuvre de la démarche d'analyse de la robustesse d'un système organisationnel.

## 3.2.Méthode d'analyse de la robustesse d'un système organisationnel avec le modèle FIS

L'évaluation de la robustesse d'un système organisationnel proposée repose sur une analyse des risques de défaillance basée sur le modèle générique FIS de ce système. Cette analyse des risques comporte une analyse du taux de défaillance de chaque fonction du modèle du système et de la gravité de cette défaillance. La démarche à suivre pour l'évaluation du taux de défaillance et de la gravité pour les fonctions du système est illustrée sur la fig. 14 ci-dessous.

L'estimation du taux de défaillance des ressources et des fonctions est basée sur les questions définies dans la taxonomie et les arbres de défaillances. L'estimation de la gravité

de défaillance repose sur le modèle générique FIS et les conséquences de la défaillance de la fonction sur le système. La démarche est décrite en détail aux paragraphes suivants.

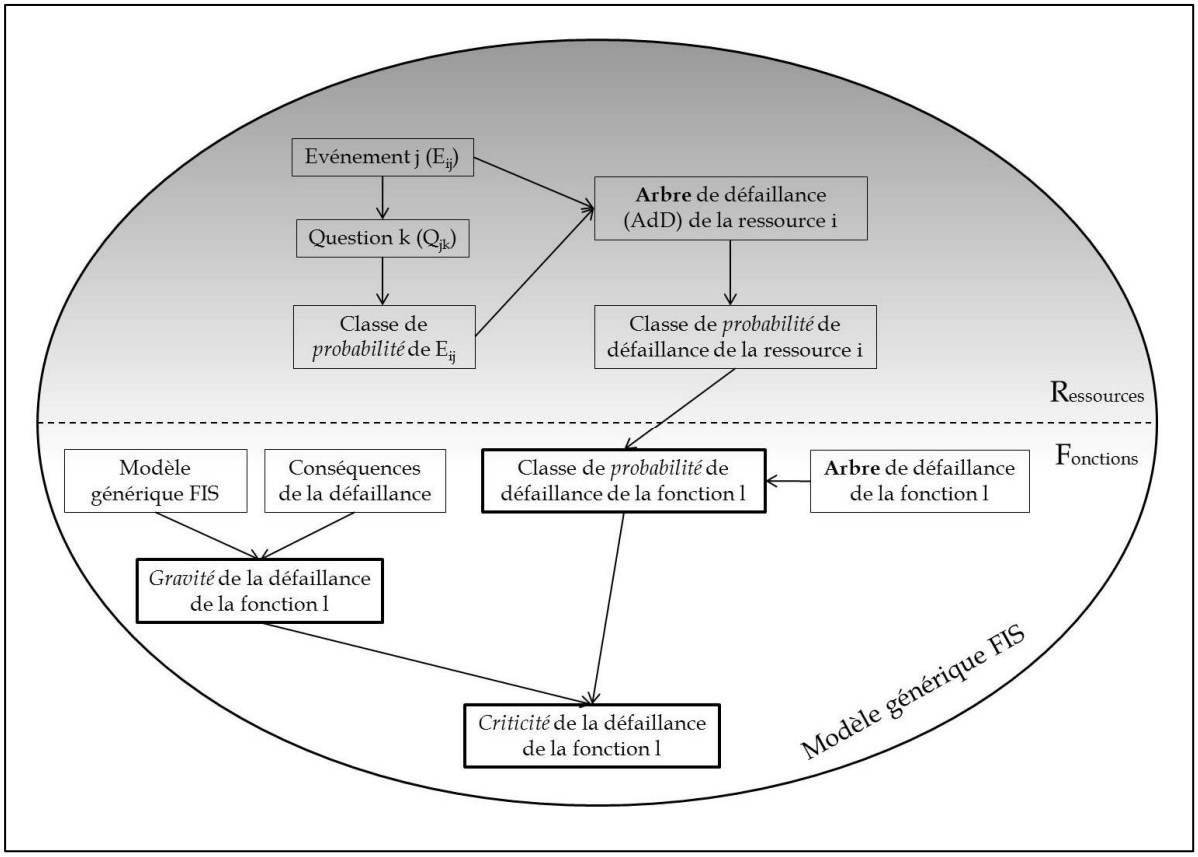


**Figure 14 :** Démarche d'évaluation du taux de défaillance des ressources et des fonctions définies dans un système organisationnel

## 3.2.1. Estimation du taux de défaillance des ressources

L'évaluation du taux de défaillance des ressources est faite à travers l'exploitation des éléments de la taxonomie des ressources. A partir des questions définies dans la taxonomie, un niveau de probabilité d'occurrence est défini pour chaque événement de l'arbre de défaillance de la catégorie de ressources.

Le taux de défaillance de la ressource peut ainsi être calculé à partir de l'arbre de défaillance de la ressource, en utilisant des règles d'exploitation adaptées. Dans le cadre où la probabilité est exprimée quantitativement, l'algèbre booléenne (Debray et al., 2006) est employée. Si la probabilité en revanche est exprimée de manière qualitative, des règles d'exploitation semi-quantitative des arbres de défaillances, définis par l'Union des Industries Chimiques (UIC 1981), sont mises en œuvre (fig. 15 ci-dessous) :

- Un événement résultant d'une porte OU a le niveau de probabilité le plus élevé (plus fréquent) des événements immédiatement antérieurs.

- Un événement résultant de 2 événements réunis par une porte ET a un niveau de probabilité inférieur d'une unité (plus rare) au niveau le moins élevé des événements immédiatement antérieurs. S'il y a plus de 2 événements réunis par une porte ET, on applique cette règle assemblant successivement deux par deux les événements antérieurs ou leur résultante.

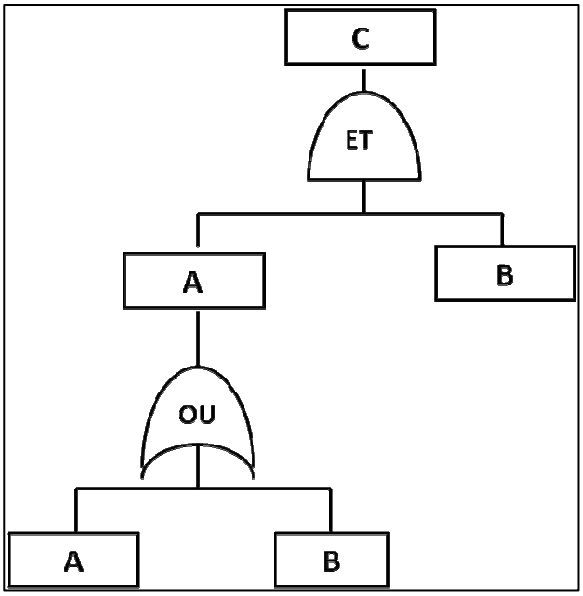


**Figure 15 :** Règles d'exploitation semi-quantitative des arbres de défaillances (UIC 1981). Dans cet exemple, la classe A est plus probable que la classe B, qui est elle plus probable que la classe C.

### 3.2.2. Calcul du taux de défaillance des fonctions

Afin d'analyser les dysfonctionnements potentiels des fonctions définies dans le modèle FIS, un arbre de défaillances est bâti pour chaque fonction, représentant la combinaison logique des événements pouvant conduire à sa défaillance. Les événements de base de cet arbre sont les événements au sommet des arbres de défaillance des ressources (« Ressource en défaut »). Ces événements représentent le taux de défaillance des ressources respectives. La probabilité d'occurrence de ces événements étant déjà définie, la méthode utilisée pour effectuer le calcul de l'arbre de défaillance dépend de l'approche de représentation de la probabilité utilisée (cf. §3.1.3.2).

Dans le cadre de cette étude, nous considérons que les fonctions définies dans le modèle FIS (cf. §3.1.3.1.) constituent des « transporteurs » de ressources à travers le système, mais pas de leurs défaillances. Par conséquent, le taux de défaillance de chaque ressource (qui est obtenu à partir de son arbre de défaillances) est le même pour toutes les fonctions auxquelles cette ressource est assignée.

Les arbres de défaillances des fonctions au plus bas niveau de décomposition du modèle structuro-fonctionnel sont utilisés pour l'analyse. En revanche, si toutes les sous-fonctions d'une fonction-parent ont les mêmes ressources et supports avec celle-ci, le niveau de décomposition immédiatement en amont est utilisé à leur place. Cette stratégie d'analyse présente l'avantage d'optimiser la pertinence et la précision de cette tâche sans porter préjudice au volume des calculs à effectuer.

Une fois le taux de défaillance des fonctions identifié, l'analyse des risques s'enchaine avec l'estimation de la gravité de ces défaillances. La démarche suivie pour ceci fait l'objet du prochain paragraphe.

### 3.2.3. Estimation de la gravité de défaillance des fonctions

L'estimation de la gravité des modes de défaillances des fonctions est basée sur le principe de l'évaluation de la gravité maximale de l'impact des défaillances. L'impact de la défaillance d'une fonction est déterminé par rapport aux sortants du système défini dans le modèle FIS. Dans l'approche FIS, ces sortants sont formés par les sortants des sous-systèmes et de leurs fonctions. Par conséquent, l'assemblage des sortants de certains sous-systèmes du système-parent étudié constituent les sortants de ce système. Nous appellerons ces fonctions « fonctions finales » de notre système. De par le principe de modélisation FIS, chaque fonction du système peut être liée (à travers l'arborescence du modèle) à une fonction finale. Alors, la défaillance de chaque fonction peut avoir un impact sur un ou plusieurs sortants du système. Ainsi, afin de définir la gravité de la défaillance d'une fonction, l'utilisateur devra suivre l'arborescence du modèle FIS et identifier les sortants du système pouvant être impactés par la défaillance de la fonction étudiée. Ensuite, il devra estimer l'impact de la défaillance de la fonction étudiée, en faisant éventuellement appel à des méthodes et outils adaptés.

Une approche proposée dans le cadre de ce travail de recherche consiste en l'évaluation de l'impact de la défaillance d'une fonction par rapport à ses conséquences sur le même système et sur les autres systèmes éventuellement impactés. Ces conséquences peuvent ainsi être associées à une échelle de gravité adaptée (Debray et al., 2006 ; Cox, 2008).

Ces échelles vont dépendre bien sûr de la nature des systèmes étudiés. Par exemple, dans le cadre des systèmes dont l'objectif est la protection des personnes, comme les plans de secours industriels, une méthode proposée est basée sur les études de danger de l'installation concernée. La défaillance de chacun des sortants du système POI ou PPI peut être associée à un ou plusieurs scénarios de l'étude de danger de l'installation. Par exemple, la défaillance du sortant « Actions de lutte contre le sinistre » peut être associée aux scénarios de type Incendie des études de danger. La gravité maximale d'un événement peut ainsi être estimée à partir de la gravité du scénario de l'étude de dangers associé et

l'échelle de gravité définie dans l'*arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation*, qui est reprise sur le tableau 2 ci-dessous.

**Tableau 2 :** Echelle de gravité, selon l'*arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation*

| Echelle de gravité | Zone limitée par le SELS | Zone limitée par le SEL | Zone limitée par le SEI |
|---|---|---|---|
| Désastreux | > 10 personnes exposées | > 100 personnes exposées | > 1000 personnes exposées |
| Catastrophique | 1-10 personnes exposées | 10-100 personnes exposées | 100-1000 personnes exposées |
| Important | Max. 1 personne exposée | 1-10 personnes exposées | 10-100 personnes exposées |
| Sérieux | 0 personnes exposées | Max. 1 personne exposée | 1-10 personnes exposées |
| Modéré | Pas de zone de létalité hors de l'établissement | | < 1 personne exposée |

La gravité potentielle de chaque fonction peut être pondérée, en admettant que la gravité de défaillance des fonctions dont les sortants sont directement liés aux finalités du système est supérieure à celle des autres fonctions. En effet, l'impact de la défaillance d'une fonction sur le fonctionnement d'un système organisationnel (exprimé en termes de sa finalité) est d'autant moins important qu'il y a d'autres fonctions entre la fonction défaillante et les sortants du système. L'hypothèse sous-jacente à cette affirmation faite à ce point est qu'une erreur commise au niveau d'une fonction peut par la suite être rattrapée au niveau des fonctions suivantes. Par conséquent, l'estimation de la gravité de défaillance d'une fonction doit prendre en compte la redondance inhérente aux systèmes organisationnels.

Par conséquent, la gravité de la défaillance de chaque fonction d'un système organisationnel peut être estimée selon les règles suivantes :

- Les sortants des fonctions finales peuvent être directement liés aux objectifs du système et ainsi à une expression tangible des conséquences de la défaillance du système sur le système et son environnement. La gravité de défaillance de ces fonctions finales est la gravité la plus importante attribuée à ces conséquences.
- La gravité de défaillance des fonctions finales dont les sortants ne sont pas directement liés à une expression tangible des conséquences est inférieure d'un niveau par rapport à la gravité de la fonction finale ayant le plus important niveau d'impact.
- La gravité des autres fonctions du dispositif est estimée en suivant l'arborescence du modèle du système organisationnel afin de lier la fonction en question avec une fonction finale. La gravité de la fonction en considération sera inférieure de deux niveaux par rapport à la fonction finale. L'agrégation de la probabilité et de la gravité de défaillance d'une fonction permet d'obtenir la criticité de défaillance de celle-ci.

Cette méthode permet d'évaluer la gravité de défaillance de chaque fonction, par rapport à son importance dans le dispositif mis en place par le système. L'agrégation de la probabilité de défaillance de la fonction et de sa gravité permet d'obtenir la criticité de la fonction dans le système.

### 3.2.4. Estimation de la criticité

La criticité des défaillances des différentes fonctions du système est obtenue par agrégation de la gravité et de la probabilité de leurs modes de défaillance. Les différents scénarios peuvent être classés sur un tableau d'analyse de risque (US Army, 1998 ; Cox, 2008) et des niveaux de risque peuvent être définis. Ces niveaux de risque permettent de définir les mesures pouvant être pris afin de réduire le risque de défaillance (et ainsi augmenter la robustesse) de la fonction.

Le tableau dit « MMR » (tableau 3, page 68), qui est défini dans la *circulaire du 29/09/05 relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits « SEVESO », visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié* peut être utilisé pour l'agrégation de la probabilité et de la gravité de défaillance des fonctions des plans de secours industriels dans le cadre de cette étude. De plus, nous proposons trois niveaux de risque :

- Niveau rouge (risque élevé) : La fonction étudiée est hors service. Elle doit être considérée comme telle et des mesures assez conséquentes doivent être prises afin d'augmenter sa robustesse da façon significative.
- Niveau jaune (risque intermédiaire) : La fonction est dans un état de fonctionnement actif mais modéré. Des mesures plus ou moins importantes peuvent être prises pour

améliorer sa robustesse. Le coût des mesures doit être pris en compte en fonction de l'impact que celles-ci vont amener sur le fonctionnement de la fonction.

- Niveau vert (risque moindre) : La fonction étudiée est en bon état de fonctionnement et le dispositif permet son accomplissement.

**Tableau 3 :** Tableau MMR, selon la *Circulaire du 29/09/05 relative aux critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans les établissements dits « SEVESO », visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié.*

| GRAVITE | PROBABILITE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | | | | | |
| Important | | | | | |
| Sérieux | | | | | |
| Modéré | | | | | |

La criticité d'une fonction-parent peut être évaluée à partir des criticités de ses fonctions-enfants. Deux méthodes sont proposées à cet effet. La première méthode consiste en la transposition de la classe de criticité (y compris la couleur correspondante) dans un diagramme de type « radar », afin de montrer, sur un graphe à plusieurs axes, la criticité du mode de défaillance de chaque fonction principale du système. Ce diagramme est effectué à chaque niveau de décomposition du système étudié. Chaque branche du diagramme correspond à une fonction et est divisée en longueur en autant de parties que le nombre de ses sous-fonctions. De ce fait, chaque partie de l'axe représente une sous-fonction et chaque section prend la couleur du niveau de risque correspondant. Cette méthode donne un aperçu global de la situation du système et ainsi permet une exploitation efficace des résultats de l'analyse.

La deuxième méthode est basée sur l'utilisation d'un graphe probabilité-gravité sur lequel sont placés des points, chaque point correspondant à la criticité d'une fonction. La criticité de la fonction-parent peut être estimée comme l'isobarycentre des points correspondant aux criticités des fonctions-enfants dans un tableau d'analyse de risque. Ainsi un indice de la performance globale de chaque fonction et à terme du système peut être estimé. Les indices de performance des sous-systèmes à chaque niveau de décomposition peuvent être pris en compte en même temps que l'indice du système-

parent, ce qui permet une analyse plus approfondie des résultats de l'audit. Un exemple de ce type d'opération sur un tableau MMR est illustré sur le tableau 4 ci-dessous.

**Tableau 4 :** Exemple d'estimation de la criticité d'une fonction (F4) à partir des criticités de ses enfants (F1, F2 et F3).

| GRAVITE | PROBABILITE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | | | | F1 | |
| Important | | | | | |
| Sérieux | | F2 | | | |
| Modéré | | | | | F3 |

F4

Les deux méthodes proposées font l'hypothèse que toutes les fonctions ont le même poids sur la défaillance du système-parent. Cependant, certaines fonctions d'un système organisationnel peuvent avoir un impact plus important sur la performance du système par rapport à d'autres fonctions de celui-ci. La première méthode présente l'avantage d'un aperçu global de l'évaluation du plan, tandis que la deuxième permet d'avoir un indice global de la performance du plan de secours étudié.

## 3.3.Conclusion

Une approche pour le développement d'une méthodologie d'analyse de la robustesse des systèmes organisationnels a été présentée dans cette partie. Dans le cadre de cette étude, la robustesse des systèmes organisationnels est définie en termes de l'efficacité du système en mode dégradé. La démarche est basée sur l'analyse des risques de défaillances de ces systèmes. Un modèle structuro-fonctionnel du système est développé à l'aide des méthodes de modélisation de processus. En structurant l'analyse, ce modèle permet d'employer des méthodes classiques d'analyse des risques. Le modèle comporte également une taxonomie des ressources. Chaque type de ressources est caractérisé par un ensemble d'attributs (dont des arbres de défaillances) qui permettent de calculer la probabilité de la défaillance des ressources. La probabilité de défaillance des fonctions du modèle est calculée à partir des probabilités de défaillances des ressources associées à travers l'arbre de défaillances de chaque fonction. La gravité de défaillance de chaque fonction est estimée

suivant les conséquences maximales de cette défaillance sur le système et son environnement. La combinaison de la probabilité et de la gravité de défaillance de chaque fonction permet d'obtenir sa criticité. La robustesse du système est exprimée en termes de la criticité de défaillance de celui-ci, qui est obtenue à partir de l'agrégation des criticités de ses fonctions.

# 4. Développement d’une méthodologie pour l’analyse de la robustesse des plans de secours industriels

# 4. Développement d'une méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels

La mise en œuvre de l'approche décrite dans la partie précédente afin de développer une méthode pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels est présentée dans cette partie. L'approche suivie afin de mettre en place cette méthode est présentée dans le paragraphe 4.1. La méthode de modélisation FIS a été employée pour mettre en place un modèle structuro-fonctionnel et générique des plans de secours industriel, qui est en partie présenté dans le paragraphe 4.2. Des rapports d'accidents industriels et d'exercices POI/PPI ont été analysés et des exercices POI et PPI ont été suivis sur le terrain afin d'identifier les défaillances pouvant survenir lors de la mise en œuvre des plans de secours industriels. Les résultats de ce travail sont présentés dans le paragraphe 4.3. Ces éléments ont alimenté la taxonomie des ressources définies dans le modèle structuro-fonctionnel (paragraphe 4.4). Puis, l'arbre de défaillances représentant les événements pouvant conduire à la défaillance de la fonction a été élaboré (paragraphe 4.5). Enfin, le paragraphe 4.6 présente les conclusions de cette partie.

## 4.1. Démarche suivie pour le développement d'une méthode d'analyse de la robustesse des plans de secours industriels

La démarche proposée pour développer la méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours repose sur la modélisation structuro-fonctionnelle de ces systèmes organisationnels et l'analyse des risques de défaillance de leurs fonctions. Elle est en outre basée sur une description du système aussi explicite que possible et un travail de retour d'expérience. Elle utilise la méthode de modélisation de processus industriels présentée au §3.1 ainsi que les méthodes d'analyse des risques décrites au §3.2.

Afin de déterminer les défaillances pouvant se manifester lors de la mise en œuvre des plans de secours industriels, une double analyse est proposée (fig. 16, page 74) : elle consiste en une analyse *a priori* et une analyse *a posteriori* de la mise en œuvre du plan. L'analyse *a priori* est effectuée en consultant la littérature sur les plans de secours

industriels. En effet, nous avons analysé des guides de mise en place de ces plans, des plans existants, ainsi que la littérature scientifique dans le domaine. En même temps, l'analyse *a posteriori* consiste en l'exploitation des retours d'expérience à partir d'accidents industriels déjà survenus et d'exercices POI/PPI. L'agrégation des deux analyses permet d'identifier les fonctions principales du système, les ressources nécessaires à accomplir ces fonctions et les dysfonctionnements pouvant se produire lors de la mise en œuvre de celles ci. Un modèle structuro-fonctionnel et générique est bâti à partir de ces éléments, en utilisant la méthode de modélisation FIS. Ce processus est itératif, suivant le principe de l'amélioration continue, autrement dit « roue de Deming » (Deming, 1986). En effet, le modèle peut être enrichi si le retour d'expérience, la recherche ou la lecture critique du système révèlent de nouvelles défaillances potentielles, des fonctions manquantes ou des ressources supplémentaires.

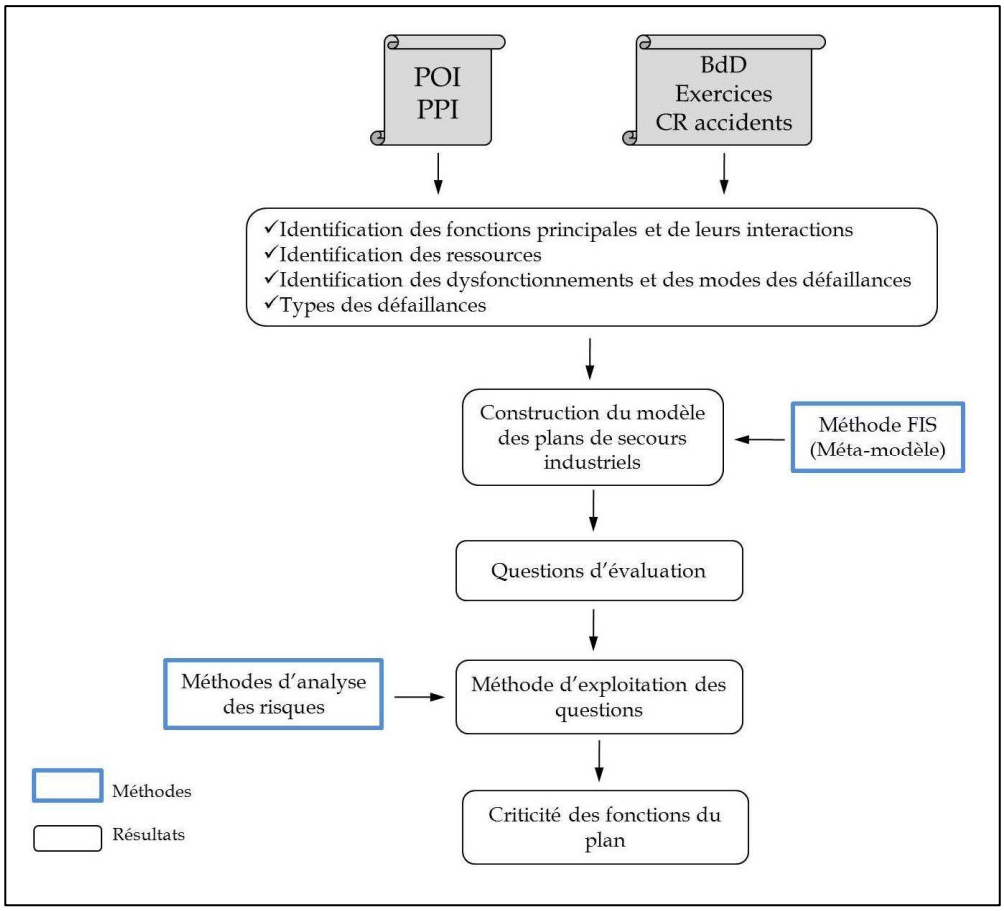


**Figure 16 :** Démarche pour la mise en place d'une méthode d'analyse de la robustesse des plans de secours industriels

Les plans de secours sont des systèmes organisationnels, et par conséquent abstraits et dynamiques. C'est pourquoi l'objectif de cette approche de modélisation est de formaliser

les plans de secours afin de structurer l'analyse et valoriser le retour d'expérience. En retour, le retour l'expérience alimente le modèle des plans de secours industriels. En structurant l'analyse, ce modèle permettra d'ailleurs la mise en œuvre des méthodes d'analyse des risques.

La méthode FIS est bien adaptée aux phases « reflexe » et « de réflexion » (cf. §2.3.2) de la gestion d'une situation d'urgence ou d'une crise. Pendant la phase dite « de réflexion » les cadres des différentes structures doivent rassembler le plus possible de renseignements sur la situation dans les contraintes temporelles de l'incident, évaluer la situation actuelle, les contraintes, l'évolution probable, les moyens, et ainsi décider quel est le meilleur cours d'actions à prendre (cf. §2.3.2). Lors de cette phase, l'objectif des plans d'urgence en général est de soutenir la réflexion et la prise de décision, en mettant en place les supports matériels et organisationnels du commandement, en fournissant les lignes-guides de base et des objectifs particuliers pour chacune d'entre elles, sans pourtant décrire de manière très précise toutes les actions qui doivent être faites dans tel ou tel cas. Ainsi, la méthode semble bien adaptée pour la phase « de réflexion » du plan de secours, car elle prend en compte tant les supports, les flux (matériels et/ou d'information), leur interaction, mais aussi des aspects de prise de décision. Elle est également bien adaptée à la modélisation de la phase « reflexe », car elle prend en compte les tâches nécessitant une technicité ou la réalisation très rapide des actions simples sous conditions de stress.

Ce modèle permet de mettre en place des questions d'estimation du taux de défaillance des ressources (cf. §3.1.3.2). Ces questions permettent de définir la criticité de défaillance des fonctions du plan, qui est par la suite utilisée pour estimer sa robustesse (cf. §3.2). Cette méthodologie produit donc un questionnaire (qui sera rempli par le Responsable Sécurité des sites SEVESO) ainsi qu'une méthode d'exploitation afin de calculer la robustesse du plan.

## 4.2. Modèle structuro-fonctionnel FIS des plans de secours industriels

Ce paragraphe présente le modèle initial d'un dispositif de réponse aux accidents industriels majeurs. Ce modèle comporte l'organisation interne mise en place dans l'installation industrielle mais aussi le mécanisme de Sécurité Civile développé afin de gérer les situations d'urgence résultant de ces accidents. Ce modèle de base peut être modifié à partir de la recherche et du retour d'expérience issu des accidents industriels et des exercices d'intervention face à ce type d'événement. En utilisant la méthode FIS, chaque système sera considéré comme une entité organisée, consistant en des éléments unitaires, chacun étant défini seulement par rapport à sa place dans cette entité. Dans cette

partie, nous allons présenter une partie du modèle du Plan d'Opération Interne à titre d'exemple. Le modèle complet du dispositif de gestion des accidents industriels majeurs (comportant le POI et le PPI) fait l'objet de l'Annexe 1 de ce document.

Le modèle structuro-fonctionnel et générique des plans de secours industriels a été mis en place en utilisant l'approche de modélisation FIS, présentée ci-dessus (cf. §3.3.3). Sa construction s'est appuyée sur des guides de plans de secours génériques et industriels (FEMA, 1993 ; FEMA, 1996 ; FEMA, 2009 ; U.S. NRT, 2001 ; DDSC, 2006 ; DDSC, 2007 ; DSC, 2009 ; EMA, 2004 ; GESIP, 2001 ; IFRC, 2007 ; NFPA, 2007 ; U.S. Army, 2005 ; U.S. EPA, 1987), sur la littérature (Auf Der Heide, 1989 ; Alexander, 2002 ; Mannan, 2005 ; McEntire, 2006) et sur un nombre de plans existants, dont le POI et le PPI du site de Sanofi-Aventis à Vertolaye (63), le POI de la plate-forme chimique de Pont-de-Claix (38), le PPI du site de SNF à Andrézieux-Bouthéon (42), le PPI nucléaire du port militaire de Toulon (83) et le PPI du barrage de Saint-Cassien (06). Il a été validé par des professionnels du métier de la gestion des risques industriels et de la Sécurité Civile. Il comprend au total 5 niveaux de décomposition. Au 5ème niveau de décomposition, à lui seul le modèle POI comporte 26 fonctions, et plus de 150 ressources humaines, techniques, organisationnelles et informationnelles.

### 4.2.1. Dispositif de réponse opérationnelle aux accidents industriels majeurs

Trois systèmes majeurs sont considérés dans le modèle FIS du dispositif de réponse aux accidents industriels majeurs (fig. 17, page 77). Chacun de ces trois systèmes (correspondant à l'installation industrielle, son environnement et le PPI respectivement) est décomposé en sous-systèmes, en suivant le principe de décomposition FIS. Les entrées et les sorties représentent les flux d'information (communication), des personnes importantes pour l'intervention ou des actions sur une entité (par exemple des actions de réponse d'urgence). Pour des raisons de lisibilité, les ressources assignées aux fonctions ne sont pas représentées (carrés jaunes).

Le système ENVIRONNEMENT représente l'environnement du site industriel. Il comporte les personnes, les biens et l'environnement naturel situés autour du site, mais aussi les collectivités territoriales, les sites industriels avoisinants, les sociétés privées spécialisées. L'environnement va jouer un rôle important sur la gestion de la crise, en effet il définit le cadre de l'intervention, mais aussi les besoins de communications, les risques supplémentaires (par exemple une explosion provoquant un mouvement de terrain), le potentiel d'effets dominos etc.

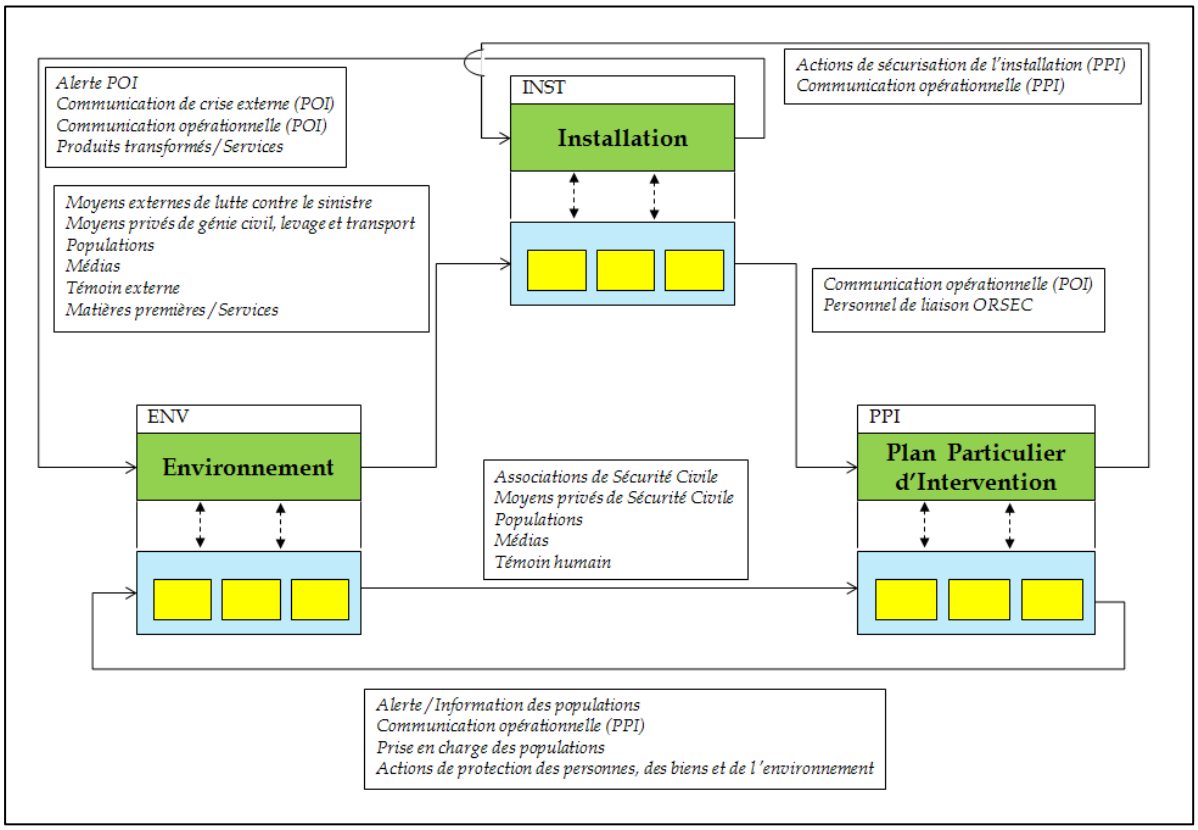


**Figure 17 :** Modèle structurel-fonctionnel du dispositif d'intervention d'urgence face aux accidents industriels majeurs (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010)

Le système PLAN PARTICULIER D'INTERVENTION représente la disposition spécifique du dispositif opérationnel ORSEC dédiée aux accidents industriels majeurs, qui constitue ainsi la base de la réponse de la Sécurité Civile face aux accidents industriels majeurs qui dépassent ou risquent de dépasser les limites de l'installation industrielle dans laquelle ils surviennent.

Le système INSTALLATION correspond au site industriel lui-même. La fonction principale de toute installation industrielle est la production des produits finis ou intermédiaires, à partir de matières premières ou d'autres produits intermédiaires. Ce système comporte deux fonctions principales.

### 4.2.2.L'organisation du site industriel

Le système INSTALLATION comportant deux fonctions principales, il peut être décomposé en deux sous-systèmes (fig. 18) :

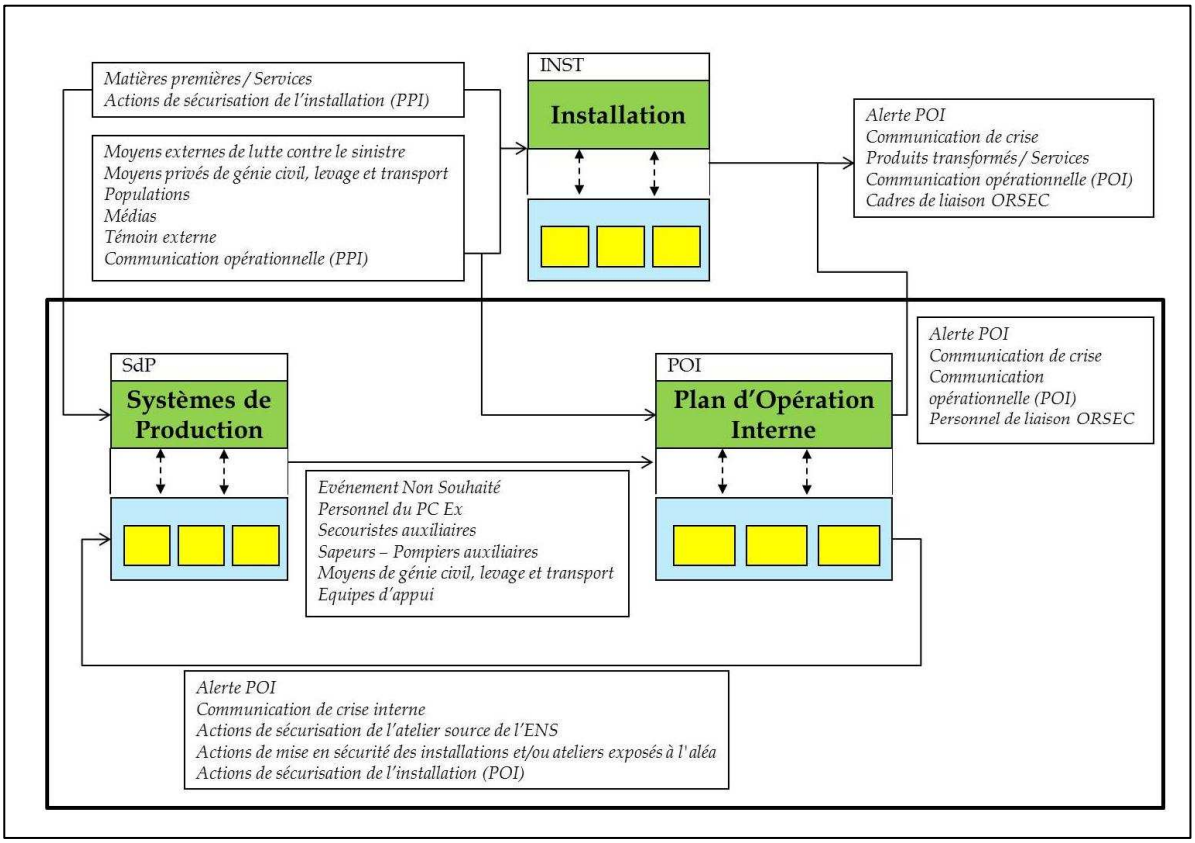


**Figure 18 :** Modèle structuro-fonctionnel d'une installation industriel dans le cadre de la réponse aux accidents industriels majeurs

- Le sous-système SYSTEMES DE PRODUCTION, qui représente les activités de production de produits et/ou de services de l'installation. Ce système ne sera pas développé en plus de détails, vu que l'objectif de ce travail porte sur les plans de secours industriels.
- Le sous-système PLAN D'OPERATION INTERNE, qui représente le dispositif mis en place en interne d'un site industriel afin de gérer les accidents industriels majeurs.

Cette décomposition sert un double objectif. Le premier objectif de la décomposition du système INSTALLATION est d'illustrer les interactions entre les activités de production de l'installation industrielle et le dispositif mis en place par le POI. Par exemple, les accidents industriels majeurs imposent souvent une modification du mode d'opération ou même l'arrêt d'une partie ou de toutes les activités de l'installation. Dans ce cas, les informations nécessaires (ordres) doivent être données par le Poste de Commandement Exploitant (PC Ex) vers les centres d'activité concernés (par exemple les ateliers de l'installation), afin de maintenir un contrôle de l'installation efficace. Ce flux d'information est un exemple type de l'interaction entre ces deux sous-systèmes. En deuxième lieu, l'analyse est centrée sur le Plan d'Opération Interne, tout en prenant en compte les activités de production de

l'installation industrielle. Comme l'objectif de l'analyse est d'évaluer la robustesse de l'intervention basée sur la mise en œuvre du plan de secours, seul le système PLAN D'OPERATION INTERNE est décomposé au-delà de ce niveau.

### 4.2.3.Le Plan d'Opération Interne

Le système PLAN D'OPERATION INTERNE comporte 5 fonctions principales ; il est alors décomposé en 5 sous-systèmes, chacun correspondant à une de ces fonctions. Ces sous-systèmes et leurs interactions sont illustrés sur la fig. 19 ci-dessous.

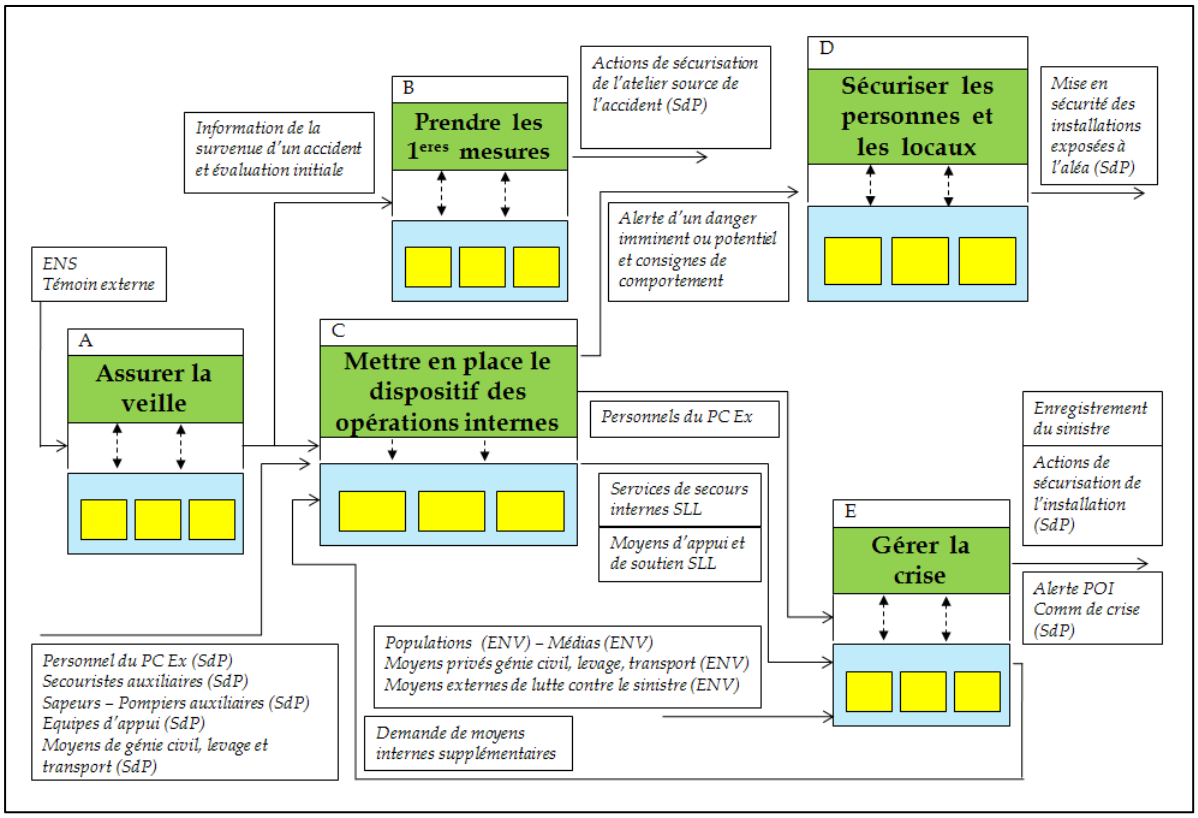


**Figure 19 :** Modèle structuro-fonctionnel d'un Plan d'Opération Interne

Le système ASSURER LA VEILLE représente la détection de la survenue d'un Evénement Non Souhaité qui a déjà ou qui peut potentiellement entrainer des dommages aux personnes, aux biens et à l'environnement (par exemple incendie ou fuite de matières dangereuses). La détection peut être effectuée par un ou plusieurs dispositifs technologiques de détection automatique (par exemple automate d'appel), par un ou plusieurs témoins humains, ou par une combinaison de ces deux. Cette fonction comporte la localisation du phénomène, une évaluation de l'intensité perçue, et de son étendue. Dans le cas d'un témoin humain ou de l'existence d'un dispositif de surveillance en temps réel

(par exemple caméras), elle peut aussi comporter une évaluation (plus ou moins préliminaire) des dégâts subis (dommages matériels, personnes blessées, éventuellement morts, nuages des gaz…). Cette fonction fait partie de la phase d'alerte du POI et constitue l'amont du déclenchement du POI (cf. §2.4.3.1).

Une fois qu'un Evénement Non Souhaité potentiellement dangereux est identifié comme tel, les agents sur place doivent prendre les premières mesures qui visent à assurer leur propre sécurité. Cette fonction correspond au système PRENDRE LES 1ères MESURES. Ces mesures peuvent comprendre des actions simples qui visent à éviter la propagation de l'accident (par exemple, fermeture d'une vanne ou d'un circuit, extinction d'un petit foyer à l'aide des extincteurs) mais aussi une évacuation des lieux sinistrés et l'établissement d'un périmètre de sécurité autour de la zone de danger.

Le système METTRE EN PLACE LE DISPOSITIF DES OPERATIONS INTERNES représente la mobilisation du dispositif précisé dans le POI. Conformément aux dispositions du POI, l'appel d'urgence arrive à une structure adaptée de l'installation, et est ensuite répercuté vers les autres acteurs de gestion de crise à l'intérieur du site. C'est une fonction essentielle pour le déroulement des opérations internes. En effet elle définit les moyens qui seront mis en œuvre pour lutter contre le sinistre, pour gérer la crise, mais aussi pour l'autoprotection des personnels travaillant sur le site industriel.

La fonction de la mise en sécurité de toutes les personnes et de tous les locaux se trouvant dans la zone de danger dans le site correspond au système SECURISER LES PERSONNES ET LES LOCAUX. Les accidents industriels majeurs ont souvent une cinétique rapide et/ou des effets qui peuvent atteindre toute l'installation industrielle en quelques minutes. Il est donc prudent d'assurer la protection des personnes se trouvant dans le site immédiatement après la confirmation de l'existence d'un risque. Dans ce but, le Centre de Traitement des Appels (CTA) interne alerte toutes les personnes se trouvant dans la zone à risques du site et tous les locaux (ateliers, bureaux etc.) en mode réflexe, afin de les informer de la survenue d'un accident et de leur donner des consignes de comportement. Pour la plupart des cas, deux solutions sont possibles : le confinement ou l'évacuation.

Enfin, le système GERER LA CRISE représente l'ensemble des actions de gestion de l'événement en interne. Il s'agit de la fonction la plus complexe du POI. Elle comporte toutes les actions qui sont effectuées afin de lutter contre le sinistre, diriger les opérations internes, communiquer, sécuriser le site, et assurer l'enregistrement de l'incident. Le POI sert à mettre en place cette fonction en identifiant des actions à réaliser en phase réflexe, et ensuite à aider le Directeur des Opérations Internes dans sa prise de décision lors de la gestion de l'incident en interne.

Ces 5 systèmes correspondent aux 5 fonctions génériques de tout POI. Les systèmes ASSURER LA VEILLE, PRENDRE LES 1ères MESURES et SECURISER LES PERSONNES ET LES LOCAUX ne sont pas décomposés au-delà de ce niveau. En effet, leur représentation à ce niveau suffit pour les analyser. En revanche, les systèmes METTRE EN PLACE LE DISPOSITIF DES OPERATIONS INTERNES et GERER LA CRISE sont décomposés au-delà de ce niveau, afin d'assurer une analyse plus complète. Chacun de ces systèmes est décomposé deux fois. Dans le prochain paragraphe, nous allons présenter le premier niveau de décomposition du système GERER LA CRISE. La décomposition complète de tous les systèmes, y compris le système PPI fait l'objet de l'Annexe 1 de ce document.

### 4.2.4. Dispositif de gestion de crise en interne

Le système GERER LA CRISE est décomposé en 5 sous-systèmes, qui sont organisés en forme d'étoile (fig. 20, page 82). La fonction DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES se retrouve au centre de l'étoile, car elle assure la coordination des autres fonctions. Cette fonction représente le travail de coordination et de commandement des opérations internes (cf. §2.4.3.3.2). Ce travail est effectué essentiellement dans le PC Ex par le DOI et les personnels constituant les différentes cellules du PC Ex. Ce travail vise essentiellement à appliquer la MRT (cf. §2.3.2.3) au niveau de la direction des opérations internes (niveau état – major interne), ainsi qu'à coordonner les opérations internes avec les acteurs extérieurs au site industriel (populations, médias, autorités municipales, préfectorales etc.). Afin d'accomplir cette mission, le PC Ex peut être organisé de différentes manières, qui doivent permettre de réaliser les fonctions du commandement des opérations. Le modèle « boite-noire », qui consiste en la représentation graphique de la fonction DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES avec ses ressources, les services supports associés, ses entrants et ses sortants, est illustré sur la fig. 21 en page 83.

La double flèche entre la sous-fonction DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES et les autres fonctions n'existe pas dans le formalisme FIS. En effet, une convention graphique de cette méthode impose les entrées (inputs) à chaque système à gauche de la boite et les sorties à droite. Ceci correspond aux interactions Fonction-Ressource-Fonction (cf. §3.1.3). Dans ce cas, la double flèche est utilisée par dérogation pour représenter les interactions entre la sous-fonction DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES et les autres sous-fonctions de sa fonction-parent GERER LA CRISE: chacune des sous-fonctions envoie des informations à la sous-fonction DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES sous forme de compte-rendu, et cette dernière envoie des informations aux sous-fonctions sous forme d'ordres et achemine des effectifs et des moyens quand ceux-ci sont nécessaires à la fonction.

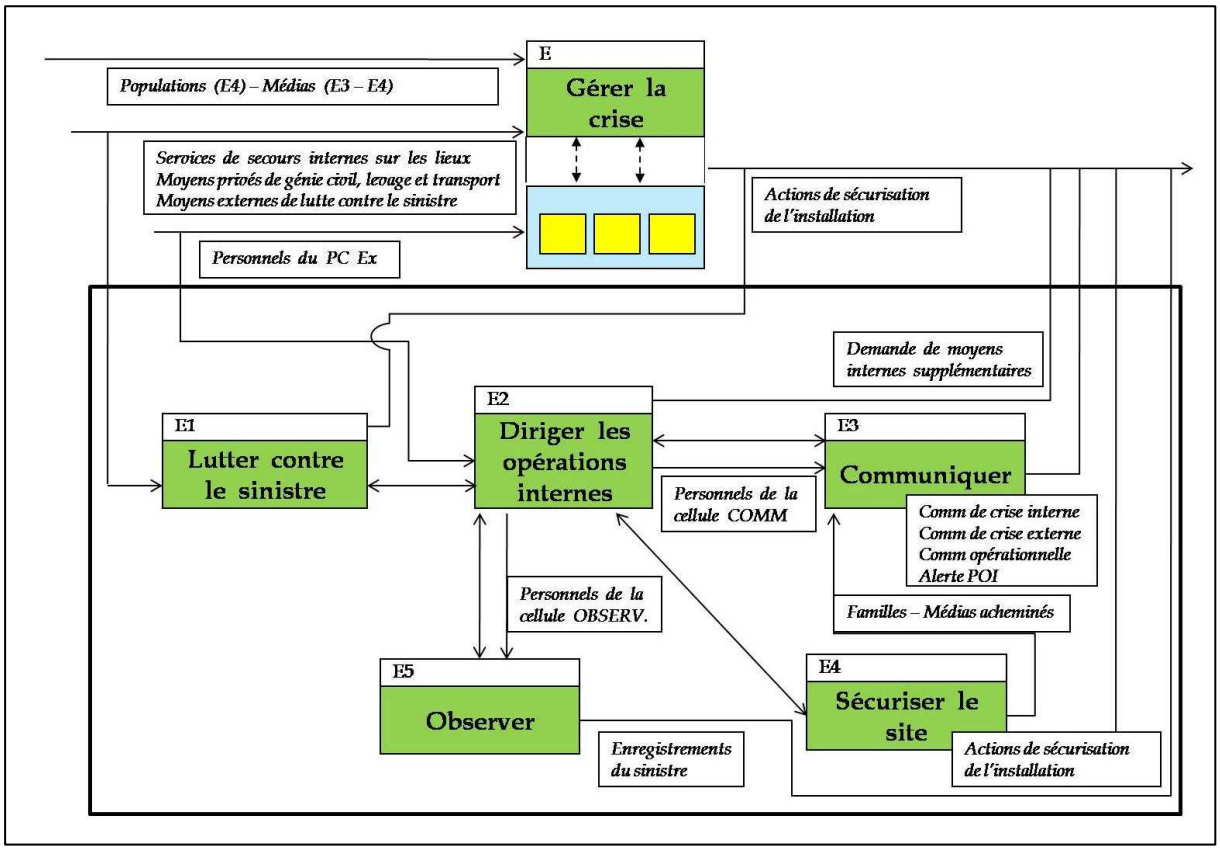


**Figure 20 :** Modèle structuro-fonctionnel du dispositif mis en place en interne pour la gestion de crise résultant d'un accident industriel majeur

La fonction LUTTER CONTRE LE SINISTRE représente toutes les actions prises sur le terrain pour lutter contre le sinistre. Elle est effectuée par les services de secours internes à l'établissement, éventuellement avec l'assistance de moyens externes au site. Les actions de lutte contre le sinistre comportent le secours aux victimes (cf. §2.4.3.5), la lutte contre les incendies (cf. §2.4.3.3), l'intervention face au risque chimique (cf. §2.4.3.4), et la gestion opérationnelle et commandement (cf. §2.4.3.2). Ce système est décomposé une fois en plus, mais cette décomposition ne sera pas traitée dans cette partie de ce document. Elle est en revanche illustrée en détail en Annexe 1.

# E2 : Diriger les opérations internes

**Fonctions**

E2 : Diriger les opérations internes

**Inputs**

- Personnels du PC Ex
- Compte - Rendu (en provenance du PCA)
- Compte - Rendu (en provenance de la Cellule COMMUNICATION)
- Compte - Rendu (en provenance du SERVICE DE SECURITE interne)
- Compte - Rendu (en provenance de la Cellule OBSERVATION)
- Personnels des équipes d'appui

**Ressources**

H.E2.1 : Directeur des Opérations Internes (DOI)
H.E2.1 : Personnels du PC Ex
I07 : Bilan de la situation (PC Ex)
I08 : Idée opérationnelle et exécution (PC Ex)
O11 : Procédures d'Opération Interne
T05 : Téléphone GSM
T06 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe)
T10 : Annuaire d'urgence
T12 : Radio VHF/UHF/Digital
T19 : Local PC Ex
T23 : Equipements informatiques
T28 : Moyens d'analyse d'information

**Outputs**

- Ordres (en provenance du PC Ex)
- Personnels de la Cellule Communication
- Personnels de la Cellule Observation
- Personnels de la Cellule Logistique
- Communication opérationnelle (POI)
- Ordre de mise à l'arrêt des ateliers ou de modification de leur fonctionnement

**Sous-systèmes**

**Figure 21 :** Modèle « boite-noire » du système DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES

Le système COMMUNICATION répond aux besoins de communication externe générés par l'événement et sa gestion. Il s'agit d'un côté de la communication dite « de crise », qui est dirigée vers les populations, les communes et les établissements concernés (comme par exemple les écoles et les établissements recevant du public), de manière à leur fournir des informations de base sur l'événement afin de les rassurer (cf. §2.4.3.6). Il s'agit aussi de la communication opérationnelle, c'est-à-dire la communication nécessaire pour les opérations internes, comme par exemple une demande de renforts auprès d'un site industriel voisin, la communication vers les autorités préfectorales (alerte initiale, mise à jour, demande de déclenchement du PPI), ou les communications vers les services déconcentrés de l'Etat ou les services d'urgence. Cette fonction est souvent effectuée par une cellule spécialisée du PC Ex, désignée « Cellule Communication », dont les personnels font partie intégrale des personnels du PC Ex.

Lors du déclenchement du POI, les accès du site doivent être contrôlés, de manière à assurer que personne ne puisse entrer ou sortir sans approbation du DOI. Ceci permet de filtrer l'entrée des personnes et d'assurer une évacuation du site dans les meilleures conditions, si celle – ci est décidée par le DOI. En particulier, les représentants des médias et familles doivent être accueillis et acheminés vers des salles adaptées (différentes pour les médias et les familles), afin de faciliter l'échange d'informations entre ces personnes et la Cellule Communication du PC Ex. Enfin, en cas d'activité de malveillance, cette fonction permettra d'appréhender les coupables. Cette activité est représentée par le système SECURISER LE SITE.

Le système OBSERVATION correspond aux activités d'enregistrement du sinistre. Des personnels du PC Ex faisant souvent partie d'une cellule dite « Observation » sont chargés de recueillir des enregistrements des effets du sinistre (pas nécessairement des opérations de secours), de manière à créer une banque de données sur l'accident. Cette banque de données pourra être utilisée en cas éventuellement de procédures judiciaires suite à l'accident, et en interne afin d'améliorer la sécurité des procédés mis en œuvre dans l'installation.

Le modèle POI permet de structurer l'analyse et valoriser le retour d'expérience, qui en retour alimente le modèle.

## 4.3.Exploitation du retour d'expérience

Dans le cadre de la mise en place de la méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels, le retour d'expérience joue un rôle assez important Il permet d'identifier les défaillances pouvant survenir lors de la mise en œuvre des plans de secours industriels. En outre, il alimente le modèle FIS et permet d'établir le niveau de probabilité d'occurrence initial des événements compris dans les arbres de défaillances des ressources.

Le travail d'identification et de recensement des points critiques de la mise en œuvre des Plans d'Opérations Internes s'est basé sur trois piliers principaux : la base de données ARIA, le suivi sur le terrain d'exercices POI et PPI dans des installations classées SEVESO II « seuil haut » et le retour d'expérience à partir de rapports d'exercices PPI.

### 4.3.1. Base de données ARIA

La base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) recense les accidents technologiques survenus dans des installations classées au titre de la législation « Installations Classées pour la Protection de l'Environnement » et celle du transport de matières dangereuses, et ayant porté atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement. La base de données ARIA a été créée et est mise à jour régulièrement par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI) dont le siège est à Lyon, et qui dépend de la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR) du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

En novembre 2008, la base de données ARIA recense plus de 32000 accidents ou incidents survenus en France ou à l'étranger. Elle est en évolution permanente, ce qui permet de collecter un grand nombre d'informations, classées sous forme de rapports d'accidents. Des rapports courts (environ une demi-page) sont publiés et accessibles sur Internet (http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/barpi_stats.gnc). Un nombre d'accidents (159 en novembre 2008), sélectionnés pour leur richesse en enseignements tirés, fait l'objet des rapports longs (2 à 20 pages), également accessibles sur Internet.

Dans le cadre du recensement des défaillances et des points critiques pouvant se produire lors de la mise en œuvre des plans des secours industriels (POI/PPI), l'intégralité des rapports longs a été étudiée. Ces rapports sont classés en 13 catégories, pour lesquelles le nombre d'accidents (en novembre 2008) est donné dans la liste ci-dessous :

- Agriculture/agroalimentaire : 15 accidents
- Chimie de base : 23 accidents
- Chimie fine : 20 accidents
- Autres industries chimiques : 12 accidents
- Pyrotechnie/Explosifs : 7 accidents
- Plastiques/Caoutchouc : 10 accidents
- Raffinage de pétrole : 9 accidents
- Dépôts pétroliers : 30 accidents
- Métallurgie/Travail des métaux : 6 accidents
- Bois/Papier/Carton : 3 accidents
- Manutention et entreposage : 7 accidents
- Assainissement/Gestion des déchets : 6 accidents

- Autres activités : 11 accidents

Des défaillances et/ou des points critiques ont été identifiés lors de la mise en œuvre des Plans d'Opération Internes et/ou des Plans Particuliers d'Intervention dans 64 des 159 rapports d'accidents. Au total, 129 points critiques ont été identifiés dans la mise en œuvre des POI, et 23 dans la mise en œuvre des PPI.

### 4.3.2. Suivi d'exercices POI et PPI sur le terrain

Dans le cadre de ce travail de recherche, des exercices des Plans d'Opérations Internes ont été suivies dans les installations concernées par les POI utilisés pour l'élaboration du modèle générique du Plan d'Opération Interne. Ces exercices, de nature mensuelle, annuelle ou biannuelle, ont permis de réaliser un retour d'expérience et d'identifier d'autres défaillances dans la mise en œuvre de ces plans. Jusqu'en décembre 2010, plusieurs exercices ont été suivis :

- Exercices POI mensuels : 32 (Perstorp/Pont-de-Claix)
- Exercices POI annuels : 02 (Perstorp/Pont-de-Claix et Sanofi-Aventis/Vertolaye)
- Exercices POI/PPI : 02 (SNF/Andrézieux-Bouthéon et Perstorp/Pont-de-Claix)
- Formations (internes) aux scénarii POI : 02 (Sanofi-Aventis/Vertolaye)
- De plus, un rapport d'exercice POI annuel (Sanofi-Aventis/Vertolaye) a été analysé afin d'identifier des points critiques potentiels.

Parmi ces exercices, ceux étant particulièrement riches en enseignements ont fait l'objet d'un rapport d'exercice, sous forme de main courante, accompagnée par les observations. Dans la plupart de cas, un seul observateur suivait l'exercice, localisé dans le PC Ex. Ces observations ont permis d'identifier 16 points critiques dans la mise en œuvre des POI.

### 4.3.3. Analyse des rapports d'exercices PPI

De plus, nous avons pu analyser les retours d'expérience obtenus à partir de 22 exercices PPI effectués sur le territoire français en 2007 et 2008. Chaque exercice de Sécurité Civile (y compris les exercices PPI) sur le territoire français fait l'objet d'un rapport soumis à la Direction de la Sécurité Civile du Ministère de l'Intérieur, de l'Outre-mer et des Collectivités Territoriales. Ces rapports mettent en évidence des points critiques identifiés dans la mise en œuvre des PPI en tant que dispositions spécifiques du dispositif ORSEC Départemental, dédiées à la gestion des accidents industriels majeurs. L'analyse de ces rapports a permis d'identifier 160 points critiques dans la mise en œuvre des PPI.

## 4.3.4.Exploitation statistique des défaillances identifiées

Le recensement de ces 328 défaillances identifiées à partir des activités présentées ci-dessus a été effectué en suivant le modèle générique POI/PPI qui a été formalisé avec la méthode FIS. Les résultats ont été classés dans deux tableaux (un pour les POI et un deuxième pour les PPI), comportant le type de défaillance et les fonctions, ressources et supports associés. La fréquence cumulée des défaillances identifiées dans le cadre du POI sont illustrées sur le schéma de la fig. 22. Les points critiques qui présentent les fréquences les plus élevées figurent sur le tableau 5 (page 88). Le tableau recensant toutes les défaillances dans la mise en œuvre des POI identifiées par le retour d'expérience effectué dans le cadre de ce travail de recherche fait l'objet de l'Annexe 2 de ce document.

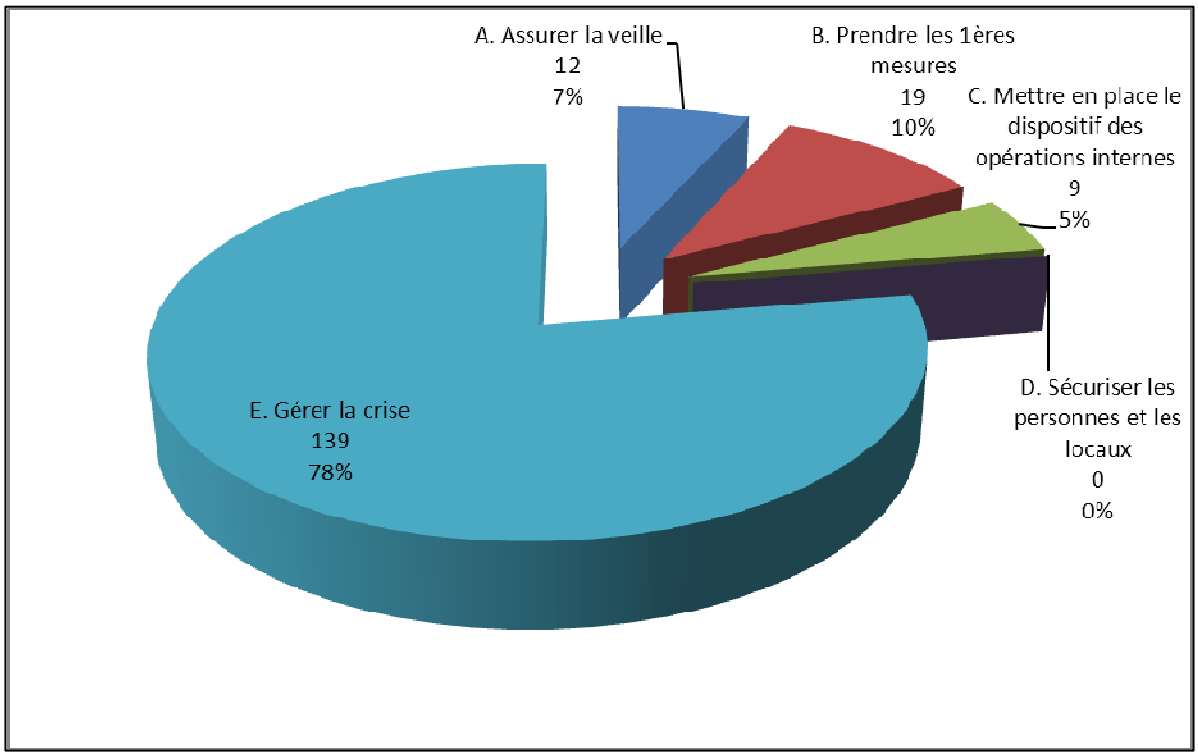


**Figure 22 :** Défaillances dans la mise en œuvre des Plans d'Opération Interne, identifiées par des exercices POI et l'analyse des rapports d'accidents (réparties par fonction du modèle POI)

Une lecture de la fig. 22 et du tableau 5 permettent de constater que la fonction E : GERER LA CRISE du POI comporte la partie la plus importante des défaillances dans le dispositif POI. Les problèmes dans le matériel de lutte contre le sinistre et les défaillances potentielles dans la mise en œuvre du raisonnement opérationnel dans le PC Ex semblent être les points critiques les plus fréquemment observés dans la mise en œuvre des POI.

**Tableau 5 :** Fréquence d'observation des points critiques dans la mise en œuvre des POI, identifiés lors d'exercices (2008-2010) ou l'analyse des rapports d'accidents

| Point critique | Fonction | Fréquence |
|---|---|---|
| Défaillance des moyens de lutte contre le sinistre | E | 39 |
| Difficulté dans l'appropriation des procédures POI par les personnels du PC Ex | E | 24 |
| Retard dans la mobilisation des personnels | C | 8 |
| Problèmes dans la communication entre le PC Ex et les équipes sur le terrain | E | 7 |
| Difficulté dans l'utilisation des équipements dans le PC Ex | E | 7 |
| Retard dans l'activation du POI | E | 4 |

Les fréquences cumulées des défaillances identifiées dans la mise en œuvre des PPI sont illustrées sur la fig. 23 (page 89). Les points critiques qui présentent les fréquences les plus élevées figurent sur le tableau 6 (page 90). Le tableau recensant toutes les défaillances dans la mise en œuvre des PPI identifiées par le retour d'expérience effectué dans le cadre de ce travail de recherche fait l'objet de l'Annexe 3 de ce document.

La lecture du diagramme de la fig. 23 révèle une répartition des défaillances des différentes fonctions. La fonction A : METTRE EN PLACE LE DISPOSITIF ORSEC DEPARTEMENTAL (qui comporte les sous-fonctions A1, A2 et A3) accumule 14% des défaillances observées. La fonction B : GERER L'EVENEMENT DE SECURITE CIVILE amasse la plus grande partie, c'est-à-dire 86% des défaillances. Les fonctions B1 : DIRIGER LES OPERATIONS DE SECOURS et B2 : LUTTER CONTRE LE SINISTRE présentent le plus grand nombre de défaillances, 41% et 23% respectivement. La faible audibilité de la sirène PPI, les problèmes de matériel de la lutte contre le sinistre et les difficultés dans le fonctionnement du PCO semblent être les défaillances les plus fréquemment observées lors de la mise en œuvre des Plans Particuliers d'Intervention.

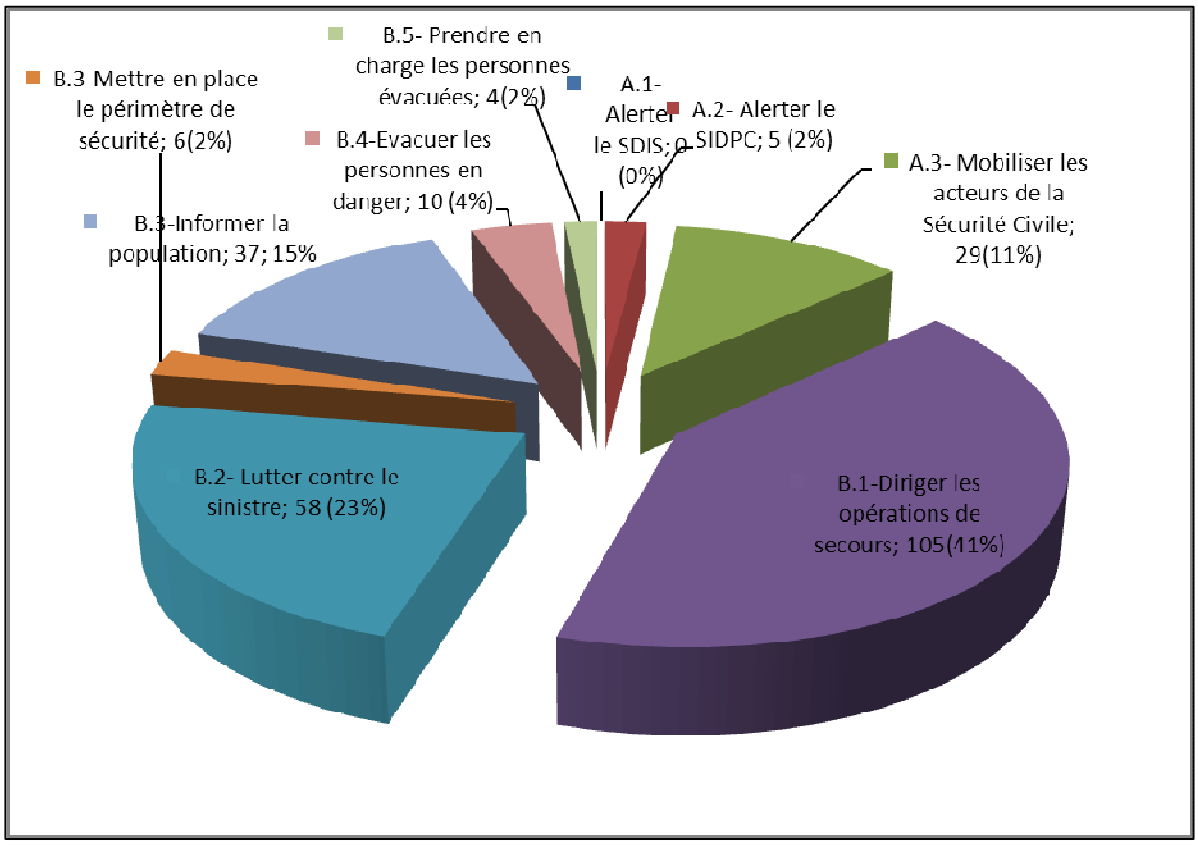


**Figure 23 :** Défaillances dans la mise en œuvre des Plans Particuliers d'Intervention, identifiées par des exercices POI et l'analyse des rapports d'accidents et d'exercices (réparties par fonction du modèle PPI)

Le retour d'expérience permet d'identifier les défaillances potentielles et de mettre à jour le modèle structuro-fonctionnel. L'agrégation du modèle et des défaillances identifiées à partir du retour d'expérience FIS permet de définir les points critiques dans la mise en œuvre des plans de secours industriels. De plus, ce travail de retour d'expérience alimente la taxonomie, car il permet d'identifier de nouvelles ressources mais aussi de compléter la taxonomie, et d'affecter une probabilité d'occurrence de base à ces événements.

**Tableau 6 :** Fréquence d'observation des points critiques dans la mise en œuvre des PPI, identifiés lors d'exercices (2007-2008) ou l'analyse des rapports d'accidents

| Point critique | Fonction | Fréquence |
|---|---|---|
| Message d'alerte pas suffisamment clair | A3 | 3 |
| Nombre insuffisant de téléphones fixes dans le local PCO ou téléphones ne fonctionnant pas | B1 | 5 |
| Trop de monde dans le PCO | | 4 |
| Inadéquation de lieu de base du PCO | | 4 |
| Manque d'informations sur l'évolution de la situation | | 6 |
| Difficulté de communication entre les acteurs de la sécurité civile | | 5 |
| Problème alimentation en eau (insuffisance, manque d'accès SP à côté de la réserve, retard, branchement difficile car sol meuble…) | B2 | 6 |
| Problème de matériels de lutte contre le sinistre (compatibilité entre matériels exploitant et SDIS, matériel non efficace, destruction pendant le sinistre, insuffisance, longueur tuyaux insuffisante) | | 5 |
| Manque d'informations des SP (type & quantités des matières…) | | 5 |
| Problème de déviation (capacité limitée, temps de mise en place trop long, mal exploitée…) | B3 | 5 |
| Effectif GN/PN faible | | 2 |
| Faible audibilité de la sirène | B4 | 8 |
| Manque d'informations et de formation des populations aux signaux et consignes de crise | | 5 |

## 4.4. Taxonomie des ressources du POI

Dans le cadre de ce travail de recherche, la taxonomie des ressources du modèle du Plan d'Opération Interne a été mise en place. A cause de la limitation dans le temps alloué, le choix entre le développement de la méthodologie jusqu'à son application sur le terrain et la mise en place de la taxonomie des ressources du modèle du Plan Particulier d'Intervention s'est imposé. L'objectif de ce travail étant le développement d'une méthodologie pour l'analyse de la robustesse de plans de secours industriels, nous avons opté pour la première des deux alternatives. L'avantage de ce choix est que la mise en place de la méthodologie

pour le Plan Particulier d'Intervention est faisable une fois la démarche développée et le modèle structuro-fonctionnel et générique mis en place, ce qui a été effectué dans le cadre de ce travail de recherche.

La mise en place de taxonomie des ressources a suivi la démarche déjà décrite (cf. §3.1.3.2). Dans le modèle FIS, les ressources ont déjà été classées en quatre catégories : humaines, techniques, organisationnelles et informationnelles. Selon ces 4 catégories, les ressources identifiées dans le modèle POI sont présentées aux tableaux 7 (page 92) et 8 (page 93). Ces catégories définissent un premier niveau de taxonomie de ressources. Des sous-catégories y ont été définies, et les ressources identifiées dans le modèle POI ont été affectées à une ou plusieurs de ces sous-catégories (fig. 24). Ensuite, des attributs ont été assignés aux catégories de la taxonomie. Ces attributs sont les fonctions requises, les modes de défaillance de base, l'arbre de défaillances et les questions d'évaluation du taux de défaillance.

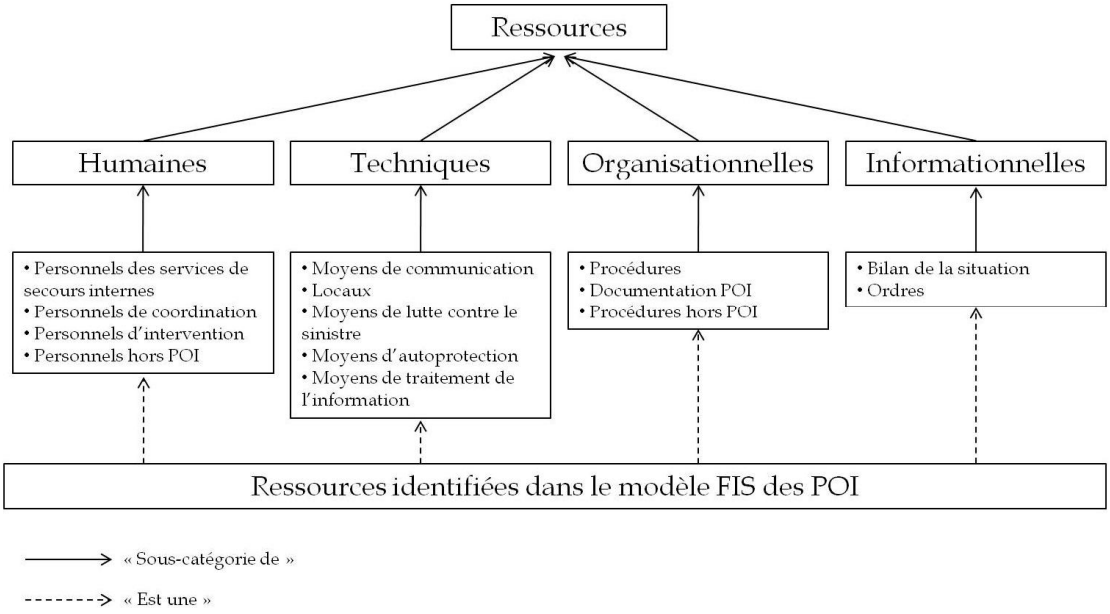


**Figure 24 :** Taxonomie des ressources

Cette taxonomie permet non seulement de capitaliser la connaissance obtenue à partir du développement du modèle POI et depuis le retour d'expérience, mais aussi d'évaluer les probabilités d'occurrence des événements compris dans les arbres de défaillances des ressources. Ces taux sont par la suite employés afin de calculer le taux de défaillance de chaque ressource à partir de l'arbre de défaillance de sa catégorie. Ainsi peut être calculée la probabilité de défaillance de chaque fonction du plan, à partir des taux de défaillance de

ses ressources. Cette approche a été validée par des experts dans le domaine de la sécurité industrielle et la Sécurité Civile.

**Tableau 7 :** Ressources humaines et techniques identifiées dans le POI

| **Ressources POI** | |
|---|---|
| Humaines | Techniques |
| • Agents sur place<br>• Ingénieur processus<br>• Personnels du CTA interne<br>• SP professionnels<br>• Secouristes professionnels<br>• SP auxiliaires<br>• Secouristes auxiliaires<br>• Personnels du PC Ex<br>• Personnels de la Cellule Communication<br>• Personnels de la Cellule Observation<br>• Equipes d'appui<br>• Agents de sécurité<br>• Personnels du service HSE<br>• Personnels de formation<br>• Personnels de l'installation | • Dispositif automatique de détection<br>• EPI sur place<br>• Equipements de secours sur place<br>• Téléphone GSM<br>• Téléphone fixe (ligne interne/externe)<br>• Dispositif automatique d'alerte<br>• Local CTA interne<br>• Beeper<br>• Radio VHF/UHF/digital<br>• Local Incendie<br>• Moyens SAV-INC-RCH-GOC<br>• Moyens de génie civil, levage et transport<br>• Moyens de mise en sécurité des locaux en danger<br>• Local PC Ex<br>• Equipements informatiques<br>• Moyens d'analyse<br>• Sirène POI<br>• Fax (ligne interne/externe)<br>• Local Accueil<br>• Equipements des agents de sécurité<br>• Moyens d'observation/enregistrement<br>• Moyens de logistique<br>• Moyens de déplacement et de transport des ressources<br>• Equipements de formation<br>• Moyens techniques de l'installation<br>• Annuaire d'urgence |

**Tableau 8 :** Ressources organisationnelles et informationnelles identifiées dans le POI

| **Ressources POI (suite)** | |
|---|---|
| Organisationnelles | Informationnelles |
| • Consignes de sécurité<br>• Procédure d'alerte POI<br>• Astreintes PC Ex<br>• Astreintes SP professionnels<br>• Astreintes Secouristes professionnels<br>• Astreintes des équipes d'appui<br>• Procédures de lutte contre le sinistre<br>• Procédures d'Opération Interne<br>• Procédure d'évaluation et de mise à jour du POI<br>• Procédures de formation<br>• Procédures / processus de l'installation | • Information de la survenue d'un accident<br>• Informations sur l'accident<br>• Ordre de mobilisation des personnels du PC Ex<br>• Ordre de mobilisation des services de secours internes<br>• Informations sur l'accident et consignes de protection<br>• Ordre de mobilisation des moyens d'appui et de soutien<br>• Bilan de la situation (PC Ex)<br>• Idée d'opération exécution (PC Ex)<br>• Ordre opérationnel (PC Ex)<br>• Bilan de la situation tactique<br>• Idée de manœuvre et exécution<br>• Ordre tactique |

Dans cette partie de ce document, nous allons présenter la description de la catégorie « Ressources Humaines », à titre d'exemple, en présentant en même temps la démarche suivie afin de définir chacun des attributs de cette catégorie. Cette approche a été reprise pour définir les attributs de toutes les autres catégories et sous-catégories. Ce travail a conduit à la mise en place de la taxonomie complète des ressources du POI, qui est présentée en Annexe 4.

## 4.4.1.Ressources Humaines

Dans le modèle générique du POI, et pour chaque fonction de celui-ci, les ressources humaines (RH) correspondent aux acteurs humains dont le rôle est d'intervenir (directement ou indirectement) pour la mise en œuvre de la fonction étudiée. Les attributs de cette catégorie de ressources (cf. §3.1.3.2) sont présentés sur les paragraphes suivants.

### 4.4.1.1.Fonctions requises.

Les fonctions requises sont les services supports définis dans le modèle FIS. Leur rôle est d'assurer le bon fonctionnement des ressources. Les ressources d'une même catégorie ont les mêmes fonctions requises (cf. §3.1.3.2). La catégorie « Ressources Humaines » comporte un seul support :

*Formation (initiale et continue):* Ce support correspond à toute formation suivie par la personne en question. Elle comporte les formations suivies avant et après l'embauche. La formation initiale comporte les formations professionnelles (par exemple Diplôme d'Ingénieur, BTS, Licence, Master etc.). La formation continue est la formation suivie par le travailleur après son embauche (par exemple formation par alternance). Les formations suivies dans l'entreprise (par exemple formation de sensibilisation à la sécurité au travail ou formation pratique sur un type d'appareil utilisé dans le site) rentrent dans le cadre de la formation continue. L'expérience dans le poste occupé est ici prise en compte comme une forme de formation.

Cette fonction requise est décomposée en trois sous-fonctions qui sont donc des sous-catégories de cette catégorie. Chacune de ces sous-fonctions résulte de la combinaison du support-parent et d'une sous-catégorie de cette catégorie des ressources :

- Formation spécialisée (sous-catégorie « Personnels des services de secours internes »)
- Formation PC Ex (sous-catégorie « Personnels de coordination »)
- Formation POI (sous-catégorie « Personnels d'intervention »)

L'absence de ces fonctions requises est une source de défaillances de la ressource étudiée. D'autres causes de défaillances peuvent être identifiées par le retour d'expérience. Les combinaisons d'événements pouvant conduire à la défaillance d'une catégorie de ressources sont représentées par l'arbre de défaillances de cette catégorie.

#### 4.4.1.2.Modes de défaillance de base.

Les modes de défaillance de base de cette catégorie de ressource sont définis dans son arbre de défaillances. Deux modes de défaillance de base sont identifiés pour la catégorie « Ressources Humaines ».

*Manque de compétence :* Il s'agit d'une réduction de la capacité de l'individu à effectuer le travail qui lui a été assigné. Il peut se manifester par le manque de dextérité pour effectuer un geste, la difficulté pour l'appropriation des procédures ou la difficulté pour l'utilisation des équipements spécialisés. Il résulte souvent d'une formation non appropriée.

*Ressources Humaines sur les lieux insuffisantes :* Le nombre de personnels disponibles sur site est inférieur au nombre nécessaire pour effecteur la fonction correspondante. Ceci peut être dû soit à une erreur de planification (le nombre de personnels prévu est insuffisant pour la fonction) soit à un défaut de mobilisation des personnels prévus. Le défaut de mobilisation résulte, pour la plupart des cas étudiés, d'une atteinte de la ressource humaine par la cause du sinistre ou par un autre engagement de la ressource dans le cadre des POI/PPI ou non.

### 4.4.1.3.Arbre de défaillances

L'arbre de défaillance de cette catégorie de ressources comporte les combinaisons logiques d'événements qui peuvent conduire à la défaillance d'une ressource humaine (fig. 25). Les événements de cet arbre de défaillance sont obtenus à partir de l'analyse du modèle POI (cf. §4.2) et du retour d'expérience (cf. §4.3).

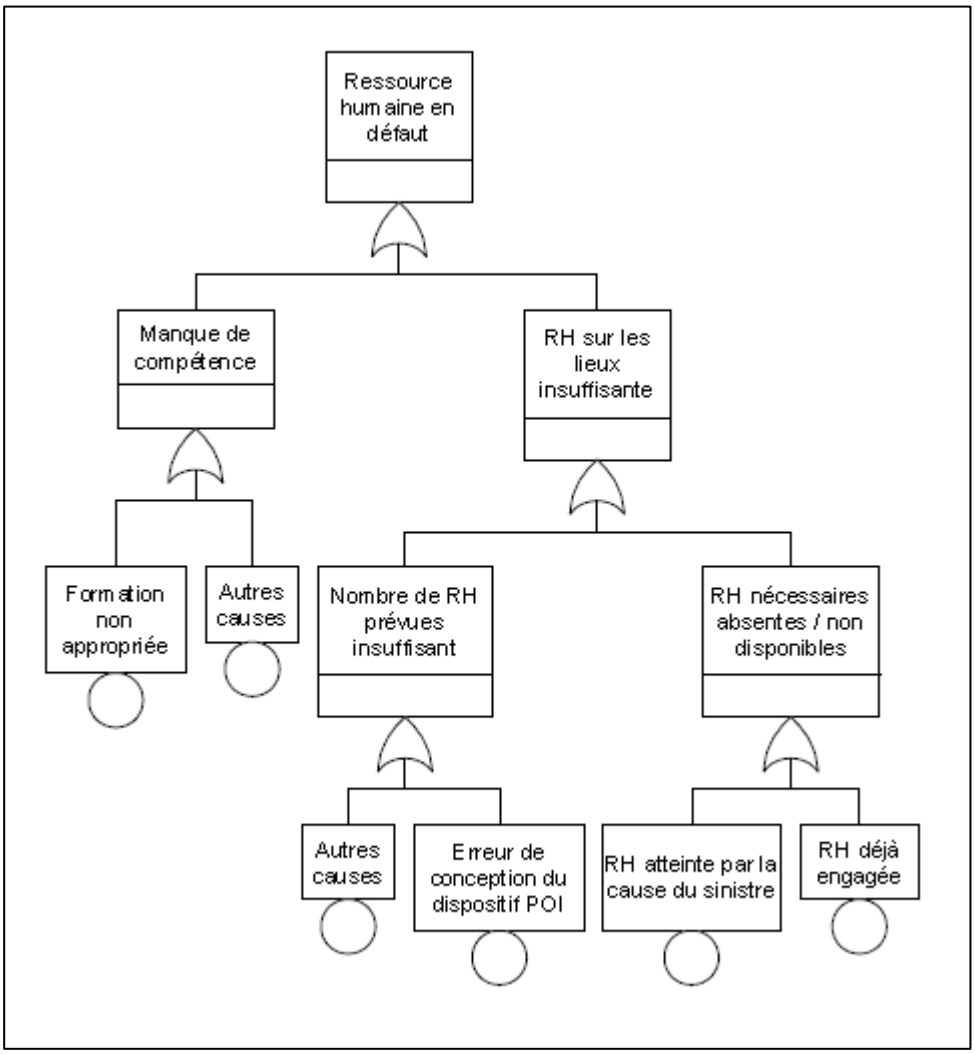


**Figure 25 :** Arbre de défaillance des ressources humaines

La lecture de l'arbre de défaillance de la fig. 25 permet d'appréhender les événements pouvant conduire à la défaillance d'une ressource humaine. Dans le cadre de cette analyse, un groupe d'acteurs humains peut être considéré en défaut si les acteurs ne sont pas assez compétents pour remplir leurs fonctions (événement « Manque de compétence ») ou bien si le nombre d'acteurs présents est insuffisant pour remplir leur rôle (événement « RH sur les lieux insuffisante »).

Le manque de compétence est représenté par la branche gauche de l'arbre de défaillances de la fig. 25. La défaillance au niveau de la formation est la cause principale du manque de compétence, ce qui correspond à la défaillance de la fonction requise « Formation » de la ressource humaine (événement « Formation non appropriée »). De plus, cette proposition a été confirmée par l'analyse du retour d'expérience. D'autres causes éventuelles peuvent être envisagées (« événement « Autres causes »), mais ni la lecture du modèle ni le retour d'expérience n'ont permis de les identifier. L'intérêt de représenter ces événements dans un arbre de défaillances est d'une part qu'une probabilité d'occurrence peut leur être attribuée et d'autre part que cette approche permet d'ajouter des événements mis en évidence par le retour d'expérience.

L'insuffisance du nombre de personnels disponibles sur les lieux de l'accident est représentée par la branche droite de l'arbre de défaillances de la fig. 25. Celle-ci peut résulter par une absence de prévision de ressources humaines dans le dispositif POI (événement « Nombre de RH prévues insuffisant ») ou bien par l'absence des personnels désignés au moment de l'accident (événement « RH nécessaires absentes/non disponibles »). L'absence de prévision de ressources humaines est une proposition logique résultant de la lecture du modèle FIS qui a été validée par le retour d'expérience. Elle est principalement due à une erreur de conception du POI (événement « Erreur de conception du dispositif POI »). D'autres causes éventuelles peuvent être envisagées (« événement « Autres causes »). De plus, en ce qui concerne l'absence ou l'indisponibilité des personnels désignés, celle-ci peut être attribuée à un engagement antérieur de ces personnels dans le cadre du POI ou non (événement « RH déjà engagée ») ou bien à une atteinte de ces personnels par les conséquences de l'accident, comme par exemple leur incapacité de traverser un nuage toxique afin de joindre leur lieu de rassemblement prédéfini (événement « RH atteinte par la cause du sinistre »). Ces deux événements sont pris en compte dans le modèle FIS. Le logiciel Xrisk permet de noter qu'une ressource peut être utilisée par plusieurs fonctions et ainsi ne pas être disponible pour une de celles-ci. De plus, les personnels devant transiter depuis une fonction vers une autre sont modélisés par une interaction entre ces deux fonctions, ce qui permet de visualiser les défaillances à ce niveau.

#### 4.4.1.4.Questions

La probabilité d'occurrence des événements de l'arbre de défaillances est obtenue à l'aide des questions d'évaluation. La probabilité est exprimée en termes de classe de probabilité d'occurrence (cf. §3.1.3.2). Des questions ont été développées pour 4 des événements de base de l'arbre de défaillances de la fig. 25. La classe de probabilité de défaillance E est attribuée par défaut aux événements « Autres causes ». Les questions portant sur chaque événement ont été regroupées dans un tableau.

Le tableau 9 présente les questions de l'événement « Formation non appropriée ». La première question permet de fixer un niveau de probabilité d'occurrence de base pour cet événement. Dans ce cas, l'interrogation porte sur le besoin de formation spécifique au rôle de la ressource humaine étudiée. La probabilité qu'un acteur humain soit mal formé pour remplir un rôle est bien évidemment supérieure si ce rôle nécessite une formation spécifique. Les niveaux de probabilité de base proposés dans le tableau sont assez importants, car elle porte sur les réactions des acteurs humains lors des situations de gestion crise. En effet, le retour d'expérience et la littérature spécialisée (par exemple ICSI, 2009) indiquent que la probabilité de l'erreur humaine en situation de stress et/ou de crise est assez importante. En revanche, la formation spécifique, adaptée et régulière peut agir favorablement pour l'acteur humain : un acteur bien formé est moins susceptible de faire des erreurs importantes. C'est pourquoi les questions portant sur la formation constituent des barrières de sécurité (points positifs) qui vont abaisser le niveau de probabilité initial.

**Tableau 9 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Formation non appropriée » de l'arbre de défaillances de la catégorie « Ressources humaines »

| **(Evénement : « Formation non appropriée »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les personnels ont besoin de formation spécifique afin d'accomplir leurs rôles ? | Oui | A | - |
| | Non | C | - |
| Les personnels sont formés aux méthodes, techniques et procédures qui correspondent à leur(s) rôle(s) dans le dispositif POI avant leur prise de fonction. | | | +2/3 |
| Les personnels sont formés suivant la doctrine de formation (par exemple type de formation, formation initiale et continue etc.) adaptée à leur emploi. | | | +2/3 |
| Les personnels sont formés par des formateurs confirmés. | | | +2/3 |
| Score total obtenu : | | | |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | |

Les questions de l'événement « Nombre de ressources humaines prévu insuffisant » sont illustrées sur le tableau 10. La première question permet de fixer un niveau de probabilité d'occurrence de base. Elle porte sur l'évaluation des besoins en personnel dans le cadre du POI. Dans le cas où les besoins en personnel sont mal connus, cette ressource humaine sera défaillante presque à chaque reprise. En revanche, l'évaluation des besoins

ne fait pas réduire essentiellement la probabilité d'occurrence de cet événement, si elle n'est pas accompagnée de mesures prises pour assurer la disponibilité des personnels nécessaires. C'est pourquoi les questions suivantes portent sur le nombre des personnels disponibles par rapport au nombre identifié. Si le nombre des personnels disponibles est supérieur ou égal au nombre nécessaires, ceci est considéré comme une barrière de sécurité. En revanche, si le nombre des personnels disponibles sont inférieur au nombre nécessaire, ceci est pris comme un facteur de risque et des points négatifs y sont attribués.

**Tableau 10 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Nombre de RH prévu insuffisant » de l'arbre de défaillances de la catégorie « Ressources humaines »

| **(Evénement : « Nombre de RH prévu insuffisant »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le besoin en personnel a été évalué précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de personnels prévus et disponibles est supérieur au nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de personnels prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | 0 |
| Le nombre de personnels prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | |

Le tableau 11 illustre la question portant sur l'événement « Ressource humaine atteinte par la cause du sinistre ». Cet événement correspond à l'indisponibilité des personnels à cause du sinistre : les conséquences de l'accident peuvent vraiment atteindre les personnels, par exemple les fumées d'incendie peuvent provoquer des asphyxies, ou les empêcher de rejoindre le lieu de l'accident ou de leur mission (par exemple un nuage toxique). Par conséquent, cette question porte sur la protection dispensée aux personnels, sous forme d'Equipements de Protection Individuelle (EPI) mais aussi sous forme de formation à l'autoprotection face aux risques présents dans l'installation.

**Tableau 11 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « RH atteinte par la cause du sinistre » de l'arbre de défaillances de la catégorie « Ressources humaines »

| (Evénement : « RH atteinte par la cause du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que tous les personnels disposent des Equipements de Protection Individuelle et sont formés aux principes et gestes d'autoprotection afin de minimiser le risque d'atteinte par des phénomènes dangereux susceptibles de se produire dans le site ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| | | Score total obtenu : | |

Enfin, la question d'évaluation de la probabilité de l'événement « Ressource humaine déjà engagée » fait l'objet du tableau 12. Elle porte sur l'identification des rôles des différentes personnes dans le POI, afin d'éviter qu'une personne aie plusieurs rôles.

**Tableau 12 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « RH déjà engagée » de l'arbre de défaillances de la catégorie « Ressources humaines »

| (Evénement : « RH déjà engagée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les rôles des personnels sont bien identifiés dans les procédures POI afin d'éviter les doubles rôles ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| | | Score total obtenu : | |

### 4.4.1.5.Relation entre les questions et la probabilité

Afin de définir la corrélation entre les scores obtenus par les réponses aux questions et les classes de probabilité attribuées à chaque événement des arbres de défaillances, différentes sources d'information ont été utilisées. Le retour d'expérience effectué a servi de référence, ayant été complété par des ressources bibliographiques, comme les travaux de Villemeur (1988), de Swain et Guttmann (1983), de Reason (1990) et de l'ICSI (2009).

En effet, ce retour d'expérience (cf. Annexes 2 et 3) comporte une liste des défaillances identifiées lors d'exercices POI/PPI ainsi que de l'analyse de rapports d'exercices et d'accidents réels. Une fréquence d'observation est associée à chaque mode de défaillance observé. A partir du nombre de défaillances observées et de la fréquence de mise en œuvre des plans de secours industriels, une probabilité d'occurrence de ces défaillances peut être déduite. Les probabilités d'occurrence de ces défaillances peuvent ainsi être obtenues comme le ratio de du nombre d'observations de chaque défaillance sur la fréquence de déclenchement du plan. Ces probabilités peuvent ensuite être exprimées en termes de classes de probabilités afin de pouvoir être associées aux questions définies ci-dessus.

Dans le cadre de cette étude, nous admettons par convention une fréquence moyenne de déclenchement du POI bimensuelle, ainsi qu'une fréquence de déclenchement du PPI annuelle. Le tableau 13 permet ainsi d'illustrer l'association des classes de probabilités d'occurrence aux tranches des probabilités ainsi estimées. De plus, les éléments issus des références bibliographiques évoquées ci-dessus ont été valorisés en permettant d'associer des classes de probabilité de défaillance à des questions des événements.

**Tableau 13 :** Tableau permettant d'associer des classes de probabilité aux probabilités d'occurrence des événements des arbres des défaillances du modèle POI

| Classe de probabilité | Description | Echelle de probabilité |
|---|---|---|
| A | Evènement courant | > 1 |
| B | Evènement probable | Entre 1 et 2/3 |
| C | Evènement improbable | Entre 2/3 et 1/2 |
| D | Evènement très improbable | Entre 1/2 et 1/3 |
| E | Evènement possible mais extrêmement improbable | < 1/3 |

#### 4.4.1.6.Sous-catégories

Les attributs de cette catégorie (fonctions requises, modes de défaillance de base, arbre de défaillances, questions) sont transmis aux catégories-enfants. Ces sous-catégories sont illustrées sur la fig. 24 de la page 90. Chacune des sous-catégories comporte des ressources :

- Personnels des services de secours internes (Sapeurs-Pompiers professionnels, Sapeurs-Pompiers auxiliaires, Secouristes professionnels, Secouristes auxiliaires).
- Personnels de coordination (Personnels du PC Ex, Directeur des Opérations Internes, Personnels de la cellule communication, Personnels de la cellule observation, Ingénieur d'astreinte au Poste de Commandement Avancé, Chef d'Intervention).

- Personnels d'intervention (Agents de sécurité, Equipes d'appui, Personnels du CTA interne, Agents sur place, Ingénieur de l'atelier).

La description de chaque catégorie de ressources du modèle POI comporte les fonctions requises, les modes de défaillance de base, l'arbre de défaillances et les questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de chaque événement. La démarche suivie afin de produire cette description pour la catégorie « Ressources humaines » a été développée dans ce paragraphe. Cette démarche a été employée pour effectuer la description complète de toutes les catégories de ressources, qui se trouve en Annexe 4 de ce document. La démarche n'y est pas répétée pour chaque catégorie, mais seuls les résultats sont exposés.

# 4.5.Arbres de défaillances des fonctions du POI

Dans ce paragraphe sont présentés les arbres de défaillances d'une partie des fonctions identifiées dans le modèle FIS du Plan d'Opération Interne. Ces arbres représentent la combinaison logique des événements pouvant conduire à la défaillance des fonctions. Leurs événements de base sont les événements au sommet des arbres de défaillances des ressources leur étant associées dans le modèle structuro-fonctionnel FIS (cf. §3.3.6.2). L'arbre de défaillances de la fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES est illustré sur le paragraphe suivant à titre d'exemple, en présentant en même temps la démarche suivie pour produire cet arbre. Cette approche a été reprise afin de développer les arbres de défaillances de toutes les fonctions du plan, qui sont présentés en Annexe 5 de ce document.

## 4.5.1.Fonction E2 : Diriger les Opérations Internes

L'arbre de défaillances de la fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES est illustré sur la fig. 26 (page 101). Le modèle « boite-noire » de cette fonction, qui comporte la représentation graphique FIS du système correspondant, avec sa fonction, ses ressources associées, les entrants et les sortants, est illustré sur la fig. 21, page 83 de ce document. Cette fonction consiste en l'application du raisonnement tactique par les personnels du PC Ex (cf. §2.3.2.3). Dans le cadre de cette étude, la direction des opérations internes est considérée en défaut si la MRT n'est pas mise en œuvre de façon adaptée (événement « Raisonnement Tactique en défaut »), ou il est impossible de communiquer (événement « Communication impossible ») ou bien les personnels du PC Ex qui sont chargés de la direction des opérations internes sont en défaut (événement « Personnels de coordination en défaut »).

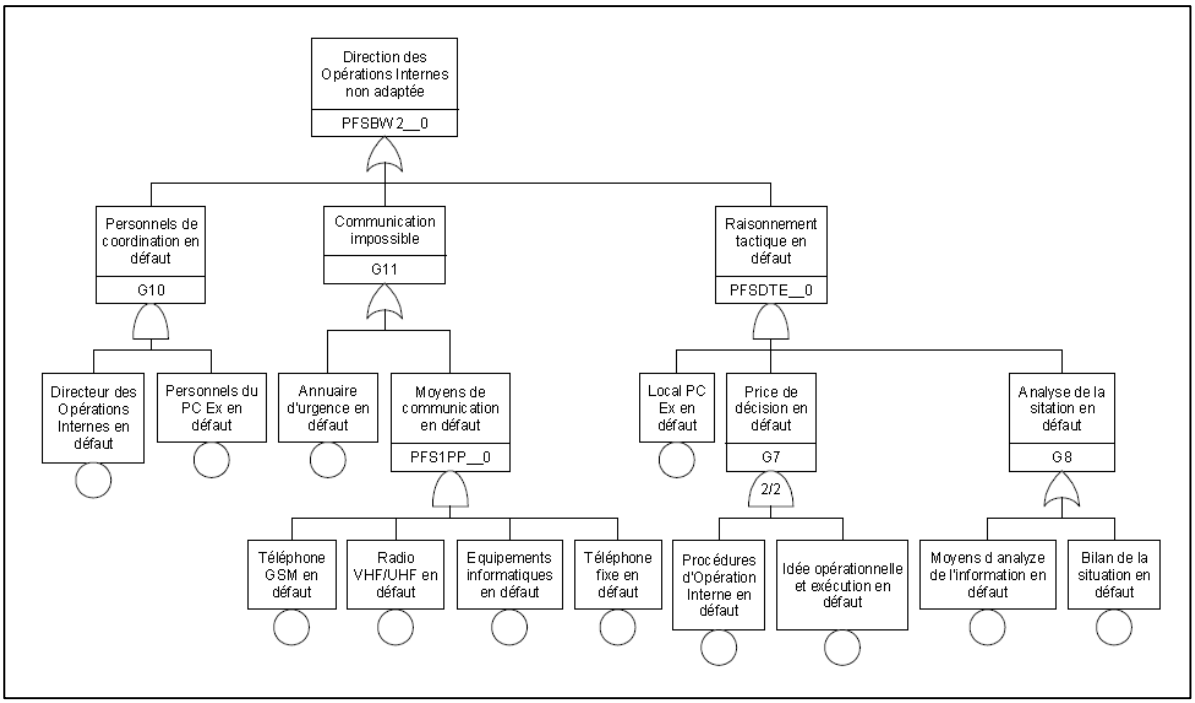


**Figure 26 :** Arbre de défaillances de la fonction E2 : Diriger les opérations internes

La défaillance au niveau de la mise en œuvre de la méthode de raisonnement tactique est représentée par la branche droite de l'arbre de défaillances de la fig. 26. Le raisonnement tactique est considéré défaillant dans le cadre de cette étude si la partie analytique et la partie synthèse de la MRT sont défaillantes (événements « Analyse de la situation en défaut » et « Prise de décision en défaut » respectivement), et le local abritant le Poste de Commandement Exploitant est également en défaut (événement « Local PC Ex en défaut »). La partie analytique de la MRT peut être non adaptée si le bilan de la situation est incomplet ou erroné (événement « Bilan de la situation en défaut ») ou les moyens d'analyse de la situation, comme par exemple les Fiches de Données de Sécurité (FDS) ne permettent pas d'avoir les informations nécessaires à la prise de décision (événement « Moyens d'analyse de l'info en défaut »). La partie de synthèse de la MRT sera non adaptée si l'idée opérationnelle est non adaptée (événement « Idée opérationnelle et exécution en défaut ») en même temps que les procédures POI sont défaillantes (événement « Procédures POI en défaut »).

La branche au milieu de l'arbre de défaillances de la fig. 26 représente la défaillance des communications. Dans le cadre de la direction des opérations internes, la défaillance dans la communication peut résulter de l'inadéquation de l'annuaire d'urgence (événement « Annuaire d'urgence en défaut ») ou bien de la défaillance de tous les moyens de communication en même temps (événement « Moyens de communication en défaut »).

La défaillance des personnels du PC Ex est illustrée par la branche gauche de l'arbre de défaillances de la fig. 26. La redondance dans la prise de décision est prise en compte avec

une porte OU entre les événements « Personnels du PC Ex en défaut » et « Directeur des Opérations Internes en défaut », qui font partie des Ressources Humaines du modèle (cf. §4.4.1.5).

L'arbre de défaillances de chaque fonction du système POI présente les combinaisons d'événements pouvant conduire à la défaillance de la fonction. Les événements de base de ces arbres sont les événements au sommet des arbres de défaillances des ressources du modèle. La démarche suivie pour développer l'arbre de défaillances de la fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES a été exposée dans ce paragraphe. Cette démarche a été mise en œuvre pour produire les arbres de défaillances de toutes les fonctions du modèle POI, qui sont présentés en Annexe 5 de ce document. La démarche n'y est pas répétée pour chaque fonction, mais seuls les résultats sont exposés.

## 4.6.Evaluation de la robustesse du POI

L'exploitation de la taxonomie des ressources permet d'obtenir les taux de défaillance des ressources. En effet, les classes de probabilité d'occurrence des événements des arbres de défaillances des ressources permettent d'obtenir le niveau de probabilité de défaillance des ressources (cf. §3.1.3.3 et §3.2.1). Ensuite, la classe de probabilité de défaillance de chaque fonction peut être calculée à partir des probabilités de défaillance de ses ressources en utilisant son arbre de défaillances (cf. §3.2.2).

La gravité de défaillance de chaque fonction peut être estimée à partir de l'étude de dangers de l'installation, en utilisant la règle de pondération de la gravité en fonction de la distance entre la fonction étudiée et les fonctions finales du système (cf. §3.2.3). Dans le cadre des plans de secours industriels, les sortants des fonctions finales peuvent être directement associés à un ou plusieurs scénarios des études de dangers. Ces fonctions sont essentiellement les fonctions concernant la lutte contre le sinistre pour le POI et les fonctions concernant la lutte contre le sinistre et la protection des populations pour le PPI. La gravité de ces fonctions est ainsi la gravité du plus sérieux de ces scénarios. Elle est exprimée en utilisant l'échelle de gravité définie dans le tableau 2 (page 66).

La criticité de la fonction est définie à partir de l'agrégation de la probabilité et la gravité de défaillance en utilisant un tableau « MMR » (cf. §3.2.4). Enfin, la criticité des fonctions-parents peut être estimée comme l'isobarycentre des points correspondant à ses fonctions-enfants sur un tableau « MMR » (cf. §3.2.4). La robustesse d'un POI est ainsi définie comme la criticité de défaillance du système correspondant.

# 4.7.Conclusion

Le développement de la méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels a été présenté dans cette partie. Le modèle structuro-fonctionnel FIS du Plan d'Opération Interne comporte 26 fonctions et plus de 160 ressources. Il permet de structurer l'analyse, de valoriser le retour d'expérience et d'identifier *a priori* les défaillances pouvant se manifester pendant la gestion de la crise. Le retour d'expérience à partir de 220 accidents et exercices a permis d'identifier 328 défaillances dans la mise en œuvre des POI et des PPI. De plus, il alimente le modèle et les arbres de défaillances des ressources. Un modèle des ressources du POI a été développé, qui comporte la taxonomie des ressources et les attributs de chaque catégorie (fonctions requises, modes de défaillance de base arbres de défaillances, et questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence des événements). Ces éléments ont permis d'élaborer un questionnaire pour chaque catégorie de ressources. L'exploitation de ce questionnaire permet d'analyser la robustesse du POI d'un site industriel.

Cette démarche est conforme à la démarche générale de modélisation présentée au §3.1.2. La méthode FIS défini le méta-modèle utilisé, à l'aide duquel un modèle structuro-fonctionnel des plans de secours a été développé. Ce modèle a ensuite été utilisé afin de créer un questionnaire permettant l'analyse du plan de secours (fig. 27).

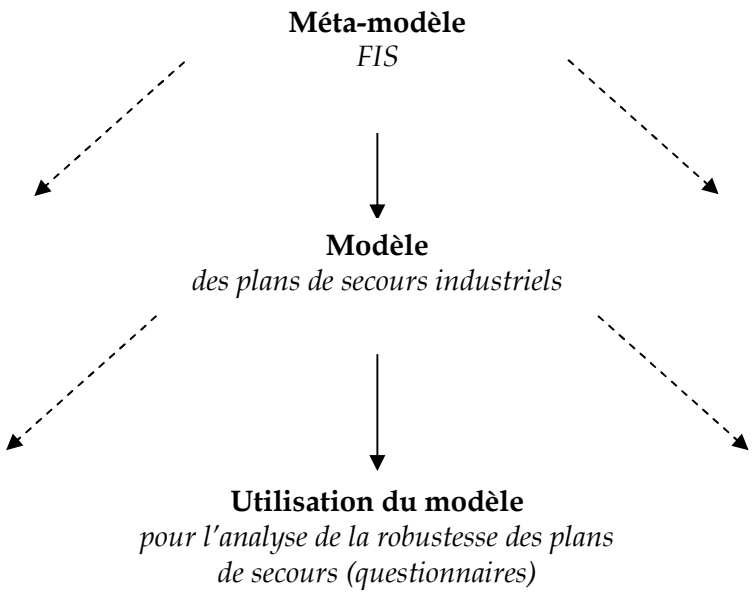


**Figure 27 :** Structure de démarche de formalisation des plans de secours industriels

L'utilité de la méthode est multiple. Tout d'abord, en mettant en évidence les fonctions, les ressources, leurs supports et les interactions du plan, le modèle structuro-fonctionnel

constitue en soi un guide de planification fonctionnelle générique, applicable pour la mise en œuvre des plans de secours industriels. De plus, la méthode pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels peut être utilisée pour l'évaluation des plans existants mais aussi pour l'aide à la décision dans le cadre de la mise en place des nouveaux plans. L'application de la méthode à des versions de travail du plan en développement permet sa modification itérative et son amélioration continue. Par conséquent, elle favorise une conception améliorée du plan de secours et facilite sa réalisation concrète.

La partie suivante présente l'exploitation de ce questionnaire pour l'analyse du POI de 2 sites industriels classés SEVESO II seuil haut.

[Cette page a été intentionnellement laissée vide]

# 5. Utilisation de la méthodologie pour l’analyse des POI de 2 sites SEVESO seuil haut

# 5. Utilisation de la méthodologie pour l'analyse des POI de 2 sites SEVESO seuil haut

La méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels a été appliquée aux Plans d'Opération Interne de deux installations industrielles classées SEVESO II seuil haut. Dans le cadre de ce travail, ils seront désignés comme Site Alpha et Site Bravo respectivement. Outre l'application de la méthodologie, ces installations industrielles se sont associées comme partenaires pour toute la durée de ce travail de recherche. Ils nous ont fourni leurs POI et nous font bénéficier de leur expertise et retour d'expérience (REX) sur le suivi d'incidents et accidents mais aussi lors d'exercices de simulation. La partie 5.1 présente les sites d'étude et la démarche de l'application de la méthode pour l'analyse des POI de ces deux sites. L'utilisation de la méthode pour l'analyse du Site Alpha fait l'objet de la partie 5.2, alors que la partie 5.3 présente les conclusions de ce chapitre.

## 5.1. Présentation des sites d'étude et modalités d'application

Le Site Alpha se situe dans une région montagneuse et est traversé par un ruisseau. Son activité principale est la chimie fine et plus précisément la fabrication des principes actifs destinés à la santé humaine. Environ 70 produits y sont fabriqués, comme des anti-inflammatoires, des anticancéreux, des antihistaminiques et des vasodilatateurs cérébraux. Les risques majeurs sont le risque toxique et le risque incendie. Les principaux produits pris en compte dans le cadre du Plan d'Opération Interne et du Plan Particulier d'Intervention sont l'ammoniac, le gaz liquéfié, l'acide fluorhydrique, l'acide chlorhydrique, le brome, le bromure de méthyle et des solvants inflammables. Plusieurs communes se trouvent dans les zones à risques du PPI de cette installation. La particularité du Site Alpha est son éloignement des centres urbains. Il se trouve dans une zone montagneuse, ce qui rend l'arrivée des renforts particulièrement difficile. Le premier Centre des Secours du Service Départemental d'Incendie et des Secours se trouve à une heure de trajet de l'installation, alors que le délai d'intervention de la Cellule Mobile d'Intervention Chimique (CMIC) est supérieur à une heure.

Le Site Bravo se trouve dans une commune sur la rive droite d'un ruisseau. Une autoroute passe à proximité de l'installation. Elle fut initialement construite pour la fabrication de chlore. De nos jours, ses activités principales comportent la production de chlore, la chimie des isocyanates (polyuréthanes) et les services industriels. La plateforme abrite 6 sociétés, ayant des activités chimiques intégrées : fourniture de $CO_2$, intermédiaires chimiques et agrochimiques, production de chlore par électrolyse et traitement thermique des déchets liquides spéciaux. Le Plan d'Opération Interne et le Plan Particulier d'Intervention comportent plusieurs matières dangereuses et procédés chimiques et pétrochimiques. Les risques incendie, explosion et toxique y sont présents. Des parties de deux communes se trouvent dans le périmètre PPI du site.

L'application de la méthode s'est déroulée sous forme d'audit réalisé en deux temps. Dans un premier temps, une analyse du document POI de chaque installation a permis d'identifier les grandes lignes du raisonnement opérationnel et de répondre aux questions d'évaluation du taux de défaillances de certaines ressources. La deuxième partie de l'audit comportait un entretien détaillé avec le responsable sécurité de chaque installation, afin de répondre aux questions et de déterminer les scénarios de l'étude de dangers de l'installation qui seront utilisés pour l'estimation de la gravité des fonctions.

La phase suivant l'audit consiste en l'exploitation des éléments d'information récoltés à partir de ce dernier. En effet, les réponses aux questions permettent d'obtenir les classes de probabilité de défaillance des ressources à partir des arbres de défaillances de celles-ci. Un deuxième calcul à partir des arbres de défaillances des fonctions permet de définir la probabilité de défaillance de chaque fonction. L'agrégation de la probabilité et de la gravité sur un tableau MMR conduit à la criticité de la fonction étudiée. La criticité des fonctions-parents peut ainsi être estimée comme l'isobarycentre des points représentant ses enfants sur un tableau MMR. La robustesse du POI est enfin évaluée comme la criticité du système POI du modèle FIS (cf. §4.6).

Ensuite, un rapport a été rédigé et mis à disposition des industriels. Ce rapport comporte un résumé non technique de la méthodologie pour l'analyse de robustesse ; il a suscité l'intérêt des industriels, et son application à grande échelle a été envisagée. Un guide pour l'application de la méthode a été mis en place. Il fait l'objet de l'Annexe 6 de ce document.

L'application de la méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels sur le Site Alpha est présentée sur les paragraphes suivants.

## 5.2.Analyse du POI du Site Alpha

Cette partie présente l'utilisation de la méthode d'analyse de la robustesse des plans de secours industriels du Site Alpha. L'audit correspondant à cette analyse a été effectué sur

deux jours. L'analyse de la criticité de la fonction E2 : Diriger les opérations internes de cette installation sera présentée ici à titre d'exemple. Le paragraphe 5.2.1 présente l'estimation du taux de défaillance des ressources. Le calcul de la criticité de la fonction fait l'objet du paragraphe 5.2.2. Le paragraphe 5.2.3 présente l'agrégation des criticités des autres fonctions du plan. Enfin, les conclusions de l'analyse du POI du site Alpha sont présentées sur le paragraphe 5.2.4.

## 5.2.1. Taux de défaillance des ressources

L'analyse de la robustesse du plan commence par l'estimation du taux de défaillance des ressources. Les paragraphes 5.1.1.1 à 5.1.1.8 présentent l'estimation du taux de défaillance de la fonction E2 : Diriger les opérations internes. Le modèle de cette fonction est présenté sur la fig. 21 de la page 83.

### 5.2.1.1. Personnels PC Ex & Directeur des Opérations Internes

Dans le cadre de cette installation, l'audit a donné les mêmes résultats pour les personnels du PC Ex et le Directeur des Opérations Internes. Les personnels du PC Ex sont tous des ingénieurs de l'installation. Le Directeur du site assume le rôle du DOI, et un nombre de hauts dirigeants de l'installation sont prévus comme remplaçants. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux questions, les scores obtenus et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

**Tableau 14 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Personnels de coordination déjà engagés » de l'arbre de défaillances des ressources « Personnels PC Ex » et « Directeur des Opérations Internes »

| **(Evénement : « Personnels de coordination déjà engagés »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les rôles des personnels sont bien identifiés dans les procédures POI afin d'éviter les doubles rôles ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 15 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Personnels de coordination atteints par la cause du sinistre » de l'arbre de défaillances des ressources « Personnels PC Ex » et « Directeur des Opérations Internes »

| **(Evénement : « Personnels de coordination atteints par la cause du sinistre »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce tous les personnels de coordination disposent des Equipements de Protection Individuelle (EPI) et sont formés aux principes et gestes d'autoprotection afin de minimiser le risque d'atteinte par des phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 16 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Formation non appropriée » de l'arbre de défaillances des ressources « Personnels PC Ex » et « Directeur des Opérations Internes »

| **(Evénement : « Formation non appropriée »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les personnels de coordination ont besoin de formation afin d'accomplir leurs rôles ? | Oui | A | - |
| | Non | B | - |
| Les personnels de coordination sont formés aux méthodes, techniques et procédures qui correspondent à leur(s) rôle(s) dans le dispositif POI avant leur prise de fonction. | | | +2/3 |
| Les personnels de coordination sont formés suivant la doctrine de formation (par exemple type de formation, formation initiale et continue etc.) adaptée à leur emploi. | | | +2/3 |
| Les personnels de coordination sont formés par des formateurs confirmés. | | | +2/3 |
| Score total obtenu : | | | +6/3 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 17 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Nombre de personnels de coordination prévu insuffisant » de l'arbre de défaillances des ressources « Personnels PC Ex » et « Directeur des Opérations Internes »

| **(Evénement : « Nombre de personnels de coordination prévu insuffisant »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le besoin en personnels de coordination a été évalué précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de personnels de coordination prévus et disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de personnels de coordination prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | 0 |
| Le nombre de personnels de coordination prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | 0 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | B |

**Tableau 18 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Difficulté dans l'appropriation des procédures POI » de l'arbre de défaillances des ressources « Personnels PC Ex » et « Directeur des Opérations Internes »

| **(Evénement : « Difficulté dans l'appropriation des procédures POI »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les personnels de coordination sont formés aux méthodes de raisonnement adaptées à la gestion des crises ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Les personnels de coordination participent à des exercices POI mensuels | | | +1 |
| Les personnels de coordination participent à des exercices POI annuels | | | +1/3 |
| Il n'y a pas d'exercices POI effectués dans l'installation | | | -1/3 |
| Score total obtenu : | | | +1/3 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | B |

La fig. 28 de la page suivante illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances des ressources « Personnels du PC Ex » et « Directeur des Opérations Internes ». Pour des raisons de lisibilité, les événements dont les probabilités d'occurrence sont estimées à partir des questions sont marqués en jaune. Nous pouvons constater que cette ressource a une classe de probabilité de défaillance de B, ce qui est plutôt imputable à un manque de formation des personnels du PC Ex en gestion de crise.

### 5.2.1.2.Local PC Ex, Local Incendie, Local CTA interne

Le local Incendie de l'installation abrite également le local du PC Ex et le local CTA interne. Les résultats de l'audit pour ces locaux sont présentés sur ce paragraphe. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux questions, les scores obtenus et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

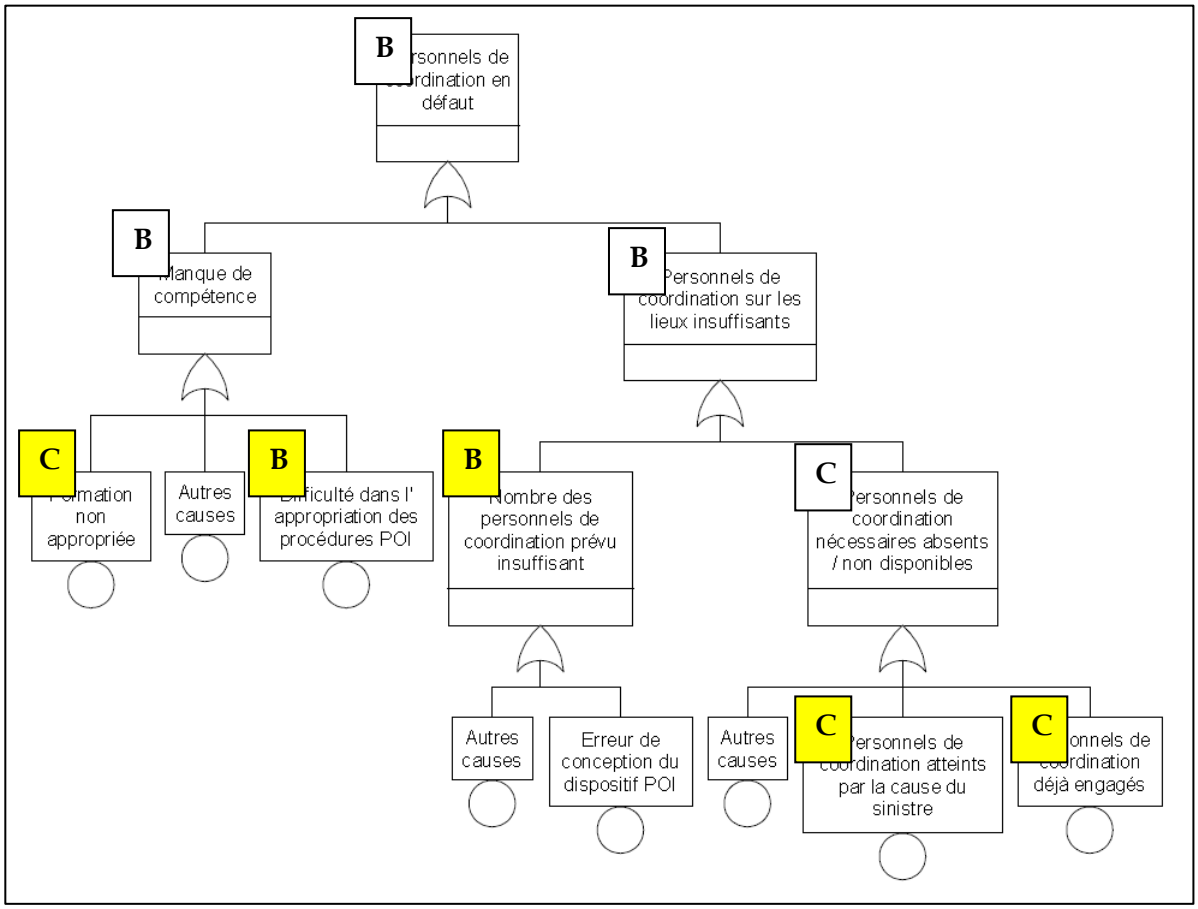


**Figure 28 :** Arbre de défaillances de la ressource « Personnels de coordination » et calcul effectué dans l'application de la méthode.

**Tableau 19 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Locaux endommagés lors du sinistre » de l'arbre de défaillances des ressources « Local PC Ex », « Local Incendie » et « Local CTA interne ».

| (Evénement : « Locaux endommagés lors du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les locaux de l'installation sont protégés (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) afin d'assurer une protection suffisante aux personnels se trouvant à l'intérieur, face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 20 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Locaux déjà utilisés » de l'arbre de défaillances des ressources « Local PC Ex », « Local Incendie » et « Local CTA interne ».

| (Evénement : « Locaux déjà utilisés ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures du POI définissent l'affectation des locaux afin d'éviter qu'une ressource soit affectée à deux taches ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 21 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Locaux non adaptés » de l'arbre de défaillances des ressources « Local PC Ex », « Local Incendie » et « Local CTA interne ».

| (Evénement : « Locaux non adaptés ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les caractéristiques techniques des locaux sont évaluées en fonction des besoins opérationnels anticipés ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les locaux sont adaptés aux besoins opérationnels anticipés. | | | +1 |
| Les locaux ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés. Ils arrivent peu ou pas du tout à remplir la fonction demandée, sans poser de risque pour l'opérateur. | | | 0 |
| Les locaux ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés, et leur usage peut être à l'origine de risques pour l'opérateur. | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 22 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaillance de maintenance » de l'arbre de défaillances des ressources « Local PC Ex », « Local Incendie » et « Local CTA interne ».

| **(Evénement : « Défaillance de maintenance »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les locaux ont besoin de maintenance afin d'assurer leur bon fonctionnement ? | Oui | B | - |
| | Non | C | - |
| Les RT sont maintenues en suivant les consignes techniques du fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues en suivant le planning proposé par le fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues par des techniciens agréés par la fabriquant | | | +1/3 |
| La RT est dans sa limite de garantie par le fabriquant | | | +1 |
| La RT a dépassé son durée de vie de garantie par le fabriquant, mais elle est maintenue de manière à réduire au maximum les pannes du matériel | | | 0 |
| L'âge de la RT est tel que même un programme de maintenance conséquent ne peut pas assurer le bon fonctionnement du matériel | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 23 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Nombre de locaux prévu insuffisant » de l'arbre de défaillances des ressources « Local PC Ex », « Local Incendie » et « Local CTA interne ».

| (Evénement : « Nombre de locaux prévu insuffisant ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les besoins en locaux ont été évalués précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de personnels disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de personnels prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | 0 |
| Le nombre de personnels prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | 0 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | B |

La fig. 29 de la page suivante illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances de ces ressources. Pour des raisons de lisibilité, les événements dont les probabilités d'occurrence sont estimées à partir des questions sont marqués en jaune. Cette ressource a une classe de probabilité de défaillance de B, ce qui est plutôt imputé à un manque de redondance de ce local.

#### 5.2.1.3.Moyens de communication

Le questionnaire correspondant à la catégorie de ressources « Moyens de communication » a été rempli par le Responsable Sécurité du Site Alpha pour les téléphones fixes, les fax, les radios VHF, et le dispositif automatique de détection. Les réponses au questionnaire pour ces ressources ayant été les mêmes, elles sont présentées ici sous un même paragraphe. Des beepers ne sont pas utilisés dans l'installation. Les résultats de l'audit pour ces ressources sont présentés dans ce paragraphe. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux questions, les scores obtenus et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

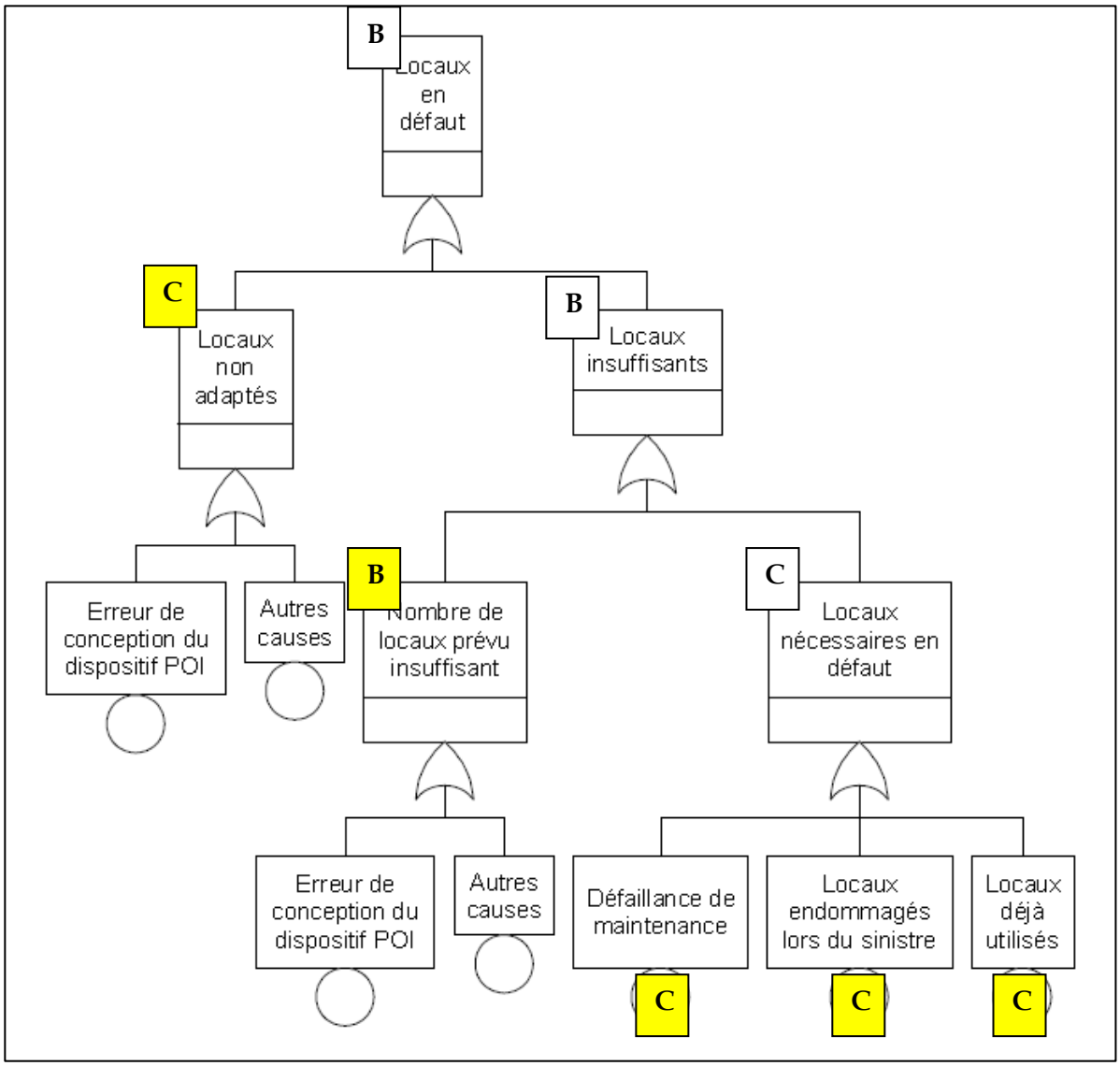


**Figure 29 :** Arbre de défaillances de la ressource « Locaux » et calcul effectué dans l'application de la méthode.

**Tableau 24 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens de communication déjà utilisés » de l'arbre de défaillances des ressources « Téléphone fixe », « Fax », « Radios VHF » et « Dispositif automatique de détection ».

| **(Evénement : « Moyens de communication déjà utilisés »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures du POI définissent l'affectation des moyens de communication afin d'éviter qu'une ressource soit affectée à deux taches ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 25 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaillance de maintenance » de l'arbre de défaillances des ressources « Téléphone fixe », « Fax », « Radios VHF » et « Dispositif automatique de détection ».

| **(Evénement : « Défaillance de maintenance »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les moyens de communication ont besoin de maintenance afin d'assurer leur bon fonctionnement ? | Oui | B | - |
| | Non | C | - |
| Les RT sont maintenues en suivant les consignes techniques du fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues en suivant le planning proposé par le fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues par des techniciens agréés par la fabriquant | | | +1/3 |
| La RT est dans sa limite de garantie par le fabriquant | | | +1 |
| La RT a dépassé son durée de vie de garantie par le fabriquant, mais elle est maintenue de manière à réduire au maximum les pannes du matériel | | | 0 |
| L'âge de la RT est tel que même un programme de maintenance conséquent ne peut pas assurer le bon fonctionnement du matériel | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 26 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaillance de maintenance » de l'arbre de défaillances des ressources « Téléphone fixe », « Fax », « Radios VHF » et « Dispositif automatique de détection ».

| **(Evénement : « Moyens de communication non adaptés »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les caractéristiques techniques des moyens de communication sont évaluées en fonction des besoins opérationnels anticipés ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les moyens de communication sont adaptés aux besoins opérationnels anticipés. | | | +1 |
| Les moyens de communication ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés. Ils arrivent peu ou pas du tout à remplir la fonction demandée, sans poser de risque pour l'opérateur. | | | 0 |
| Les moyens de communication ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés, et leur usage peut être à l'origine de risques pour l'opérateur. | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 27 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Nombre de moyens de communication prévu insuffisant » de l'arbre de défaillances des ressources « Téléphone fixe », « Fax », « Radios VHF » et « Dispositif automatique de détection ».

| **(Evénement : « Nombre de moyens de communication prévu insuffisant »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les besoins en moyens de communication ont été évalués précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de personnels disponibles est supérieur au nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de personnels prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | 0 |
| Le nombre de personnels prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 28 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens de communication endommagés lors du sinistre » de l'arbre de défaillances des ressources « Téléphone fixe », « Fax », « Radios VHF » et « Dispositif automatique de détection ».

| **(Evénement : « Moyens de communication endommagés lors du sinistre »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les moyens de communication sont protégés (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) de façon suffisante face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 29 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaillance de maintenance » de l'arbre de défaillances des ressources « Téléphone fixe », « Fax », « Radios VHF » et « Dispositif automatique de détection ».

| **(Evénement : « Panne de réseau »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que des moyens de communication redondants sont prévus ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le dispositif de gestion de crise comporte des moyens de communication redondants, dont des moyens dépendant d'un réseau (par exemple téléphone fixe ou GSM etc.) et des moyens ne nécessitant pas de réseau (par exemple radiotéléphonie VHF) | | | +1 |
| Tous les moyens de communication du dispositif de gestion de crise dépendent de réseaux. | | | 0 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 30 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaut d'alimentation électrique » de l'arbre de défaillances des ressources « Téléphone fixe », « Fax », « Radios VHF » et « Dispositif automatique de détection ».

| **(Evénement : « Défaut d'alimentation électrique »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-t-il une source d'alimentation électrique pour les appareils de communication ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Il existe une source d'alimentation redondante en cas de panne électrique. | | | +1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

La fig. 30 illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances de ces ressources. Pour des raisons de lisibilité, les événements dont les probabilités d'occurrence sont estimées à partir des questions sont marqués en jaune. Ces ressources ont une classe de probabilité de défaillance de C. Cette classe de probabilité de défaillance est le niveau le plus bas pouvant être atteint pour cette ressource.

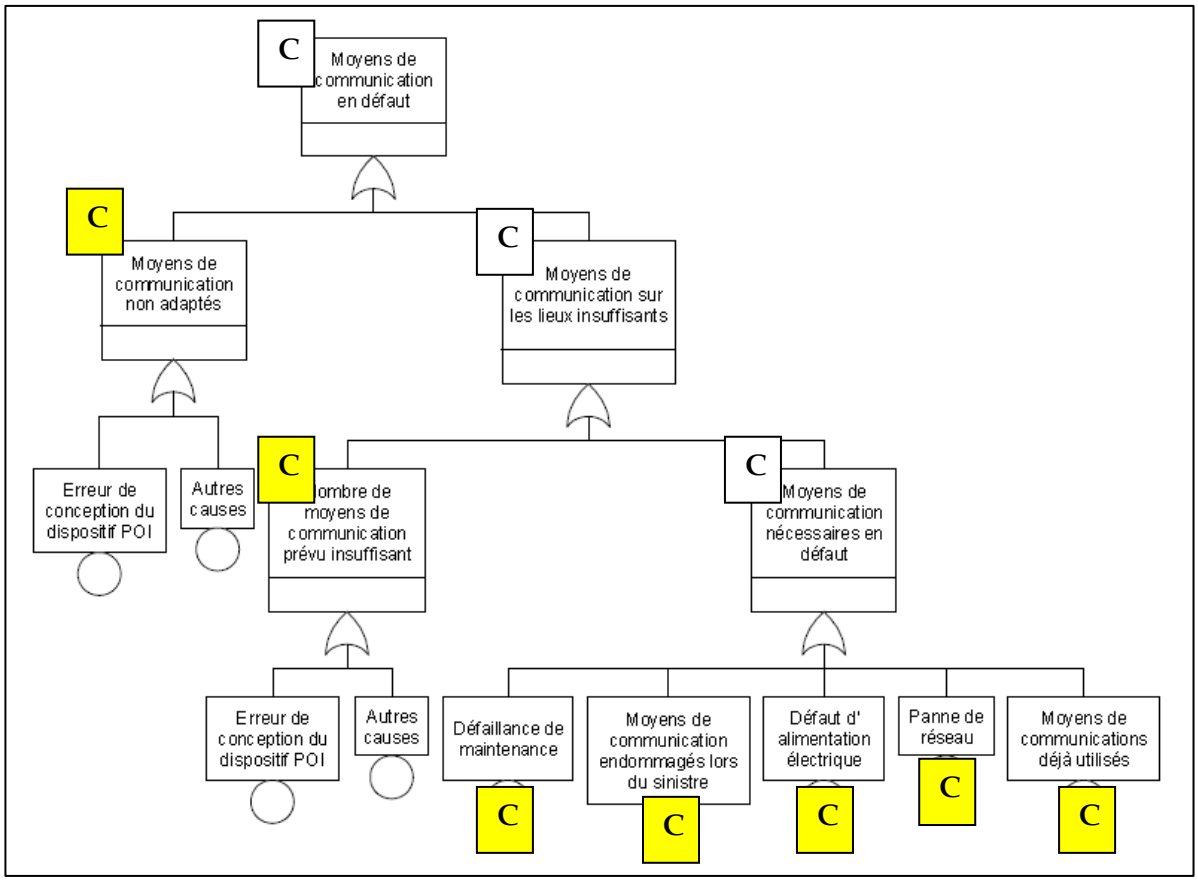


**Figure 30 :** Arbre de défaillances de la ressource « Moyens de communication » et calcul effectué dans l'application de la méthode.

### 5.2.1.4.Téléphones GSM

Les résultats de l'audit pour la ressource technique « Téléphone GSM » sont présentés sur ce paragraphe. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux questions, les scores obtenus et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

**Tableau 31 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Téléphones GSM endommagés lors du sinistre » de l'arbre de défaillances de la ressource « Téléphone GSM ».

| (Evénement : « Téléphones GSM endommagés lors du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les téléphones GSM sont protégés (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) de façon suffisante face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 32 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaillance de maintenance » de l'arbre de défaillances de la ressource « Téléphone GSM ».

| (Evénement : « Défaillance de maintenance ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les téléphones GSM ont besoin de maintenance afin d'assurer leur bon fonctionnement ? | Oui | B | - |
| | Non | C | - |
| Les RT sont maintenues en suivant les consignes techniques du fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues en suivant le planning proposé par le fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues par des techniciens agréés par la fabriquant | | | +1/3 |
| La RT est dans sa limite de garantie par le fabriquant | | | +1 |
| La RT a dépassé son durée de vie de garantie par le fabriquant, mais elle est maintenue de manière à réduire au maximum les pannes du matériel | | | 0 |
| L'âge de la RT est tel que même un programme de maintenance conséquent ne peut pas assurer le bon fonctionnement du matériel | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 33 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Téléphones GSM non adaptés » de l'arbre de défaillances de la ressource « Téléphone GSM ».

| (Evénement : « Téléphones GSM non adaptés ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les caractéristiques techniques des téléphones GSM sont évaluées en fonction des besoins opérationnels anticipés ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les téléphones GSM sont adaptés aux besoins opérationnels anticipés. | | | +1 |
| Les téléphones GSM ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés. Ils arrivent peu ou pas du tout à remplir la fonction demandée, sans poser de risque pour l'opérateur. | | | 0 |
| Les téléphones GSM ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés, et leur usage peut être à l'origine de risques pour l'opérateur. | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 34 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Téléphones GSM déjà utilisés » de l'arbre de défaillances de la ressource « Téléphone GSM ».

| (Evénement : « Téléphones GSM déjà utilisés ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures du POI définissent l'affectation des téléphones GSM afin d'éviter qu'une ressource soit affectée à deux taches ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 35 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Nombre de téléphones GSM prévu insuffisant » de l'arbre de défaillances de la ressource « Téléphone GSM ».

| (Evénement : « Nombre de téléphones GSM prévu insuffisant ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les besoins en téléphones GSM ont été évalués précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de téléphones GSM disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de téléphones GSM prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | +1/3 |
| Le nombre de téléphones GSM prévu est égal au nombre nécessaire, mais une partie des personnels ne sont pas disponibles | | | -1/3 |
| Le nombre de téléphones GSM prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | -1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | A |

**Tableau 36 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaut d'alimentation électrique » de l'arbre de défaillances de la ressource « Téléphone GSM ».

| (Evénement : « Défaut d'alimentation électrique ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-t-il une source d'alimentation électrique pour les appareils de communication ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Il existe une source d'alimentation redondante en cas de panne électrique. | | | +1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 37 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Panne de réseau » de l'arbre de défaillances de la ressource « Téléphone GSM ».

| (Evénement : « Panne de réseau ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que des moyens de communication redondants sont prévus ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le dispositif de gestion de crise comporte des moyens de communication redondants, dont des moyens dépendant d'un réseau (par exemple téléphone fixe ou GSM etc.) et des moyens ne nécessitant pas de réseau (par exemple radiotéléphonie VHF) | | | +1 |
| Tous les moyens de communication du dispositif de gestion de crise dépendent de réseaux. | | | 0 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

La fig. 31 de la page suivante illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances de cette ressource. Pour des raisons de lisibilité, les événements dont les probabilités d'occurrence sont estimées à partir des questions sont marqués en jaune. Elles a une classe de probabilité de défaillance de A, ce qui est attribué au nombre limité de téléphones disponibles.

#### 5.2.1.5.Moyens de traitement de l'information

Dans le cadre de cette installation, l'audit a donné les mêmes résultats pour les moyens d'analyse de l'information, l'annuaire d'urgence et les moyens d'enregistrement. Les résultats de l'audit pour ces ressources sont présentés sur ce paragraphe. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux questions, les scores obtenus et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

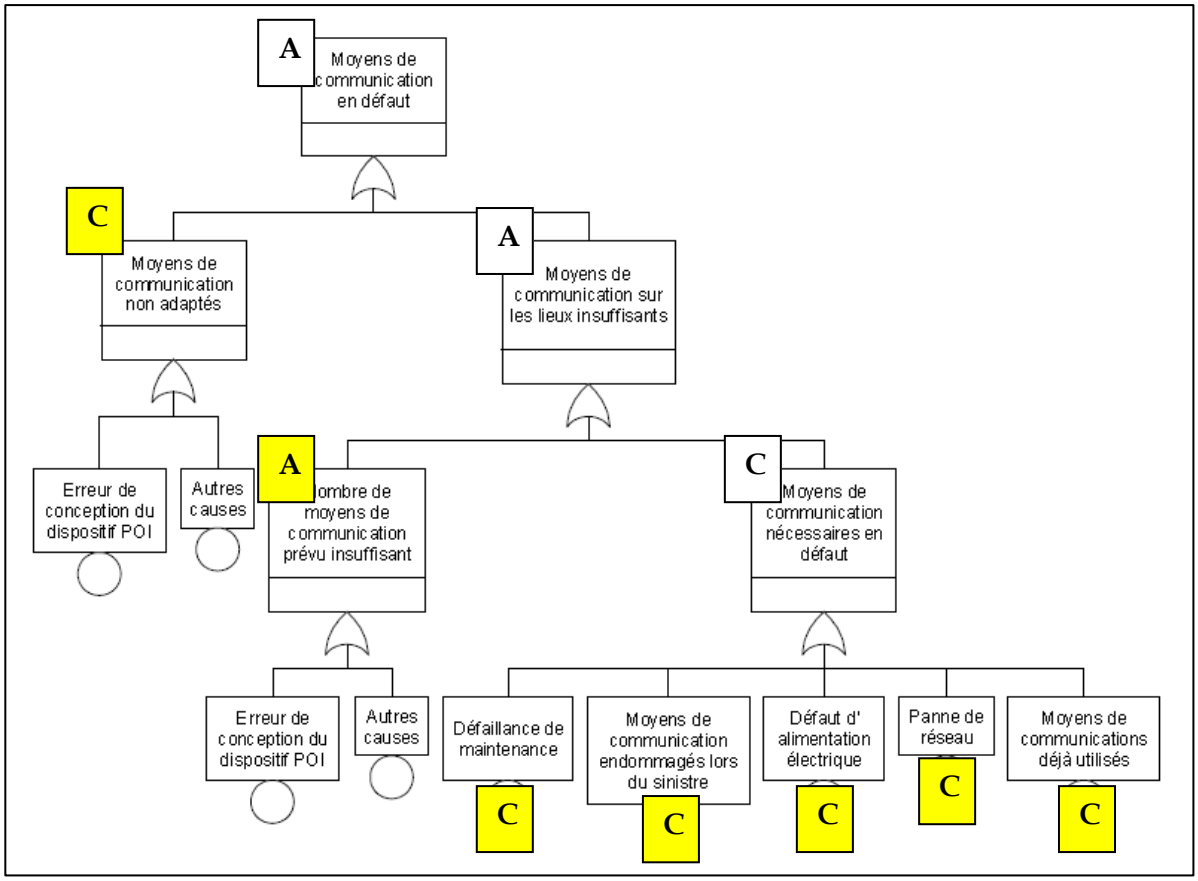


**Figure 31 :** Arbre de défaillances de la ressource « Téléphones GSM » et calcul effectué dans l'application de la méthode.

**Tableau 38 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens de traitement de l'information endommagés lors du sinistre » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens de traitement de l'information ».

| (Evénement : « Moyens de traitement de l'information endommagés lors du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les moyens de traitement de l'information sont protégés (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) de façon suffisante face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| | | Classe de probabilité d'occurrence : | C |

**Tableau 39 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens de traitement de l'information non à jour » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens de traitement de l'information ».

| (Evénement : « Moyens de traitement de l'information non à jour ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-il une procédure de mise à jour des moyens de traitement de l'information ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les moyens de traitement de l'information sont mis à jour régulièrement. L'édition ultime de tous les produits est disponible aux personnels | | | +1 |
| Une partie des moyens de traitement de l'information sont mis à jour régulièrement | | | +1/3 |
| Les moyens de traitement de l'information ne sont pas systématiquement mis à jour. La mise à jour est aléatoire | | | 0 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 40 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens de traitement de l'information déjà utilisés » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens de traitement de l'information ».

| (Evénement : « Moyens de traitement de l'information déjà utilisés ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures du POI définissent l'affectation des moyens de traitement de l'information afin d'éviter qu'une ressource soit affectée à deux taches ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 41 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens de traitement de l'information non adaptés » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens de traitement de l'information ».

| **(Evénement : « Moyens de traitement de l'information non adaptés »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les caractéristiques techniques des moyens de traitement de l'information sont évaluées en fonction des besoins opérationnels anticipés ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les moyens informatiques sont adaptés aux besoins opérationnels anticipés. | | | +1 |
| Les moyens de traitement de l'information ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés. Ils arrivent peu ou pas du tout à remplir la fonction demandée, sans poser de risque pour l'opérateur. | | | 0 |
| Les moyens de traitement de l'information ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés, et leur usage peut être à l'origine de risques pour l'opérateur. | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 42 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Nombre de moyens de traitement de l'information prévu insuffisant » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens de traitement de l'information ».

| **(Evénement : « Nombre de moyens de traitement de l'information prévu insuffisant »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les besoins en moyens de traitement de l'information ont été évalués précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de moyens de traitement de l'information disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de moyens de traitement de l'information prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | 0 |
| Le nombre de moyens de traitement de l'information prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

La fig. 32 de la page suivante illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances de cette ressource. Pour des raisons de lisibilité, les événements dont les probabilités d'occurrence sont estimées à partir des questions sont marqués en jaune. Cette ressource a une classe de probabilité de défaillance de C, qui constitue le niveau de probabilité de défaillance le plus bas pouvant être atteint pour cette ressource.

#### 5.2.1.6.Moyens informatiques

Les résultats de l'audit pour la ressource technique « Moyens informatiques » sont présentés sur ce paragraphe. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux questions, les scores obtenus et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

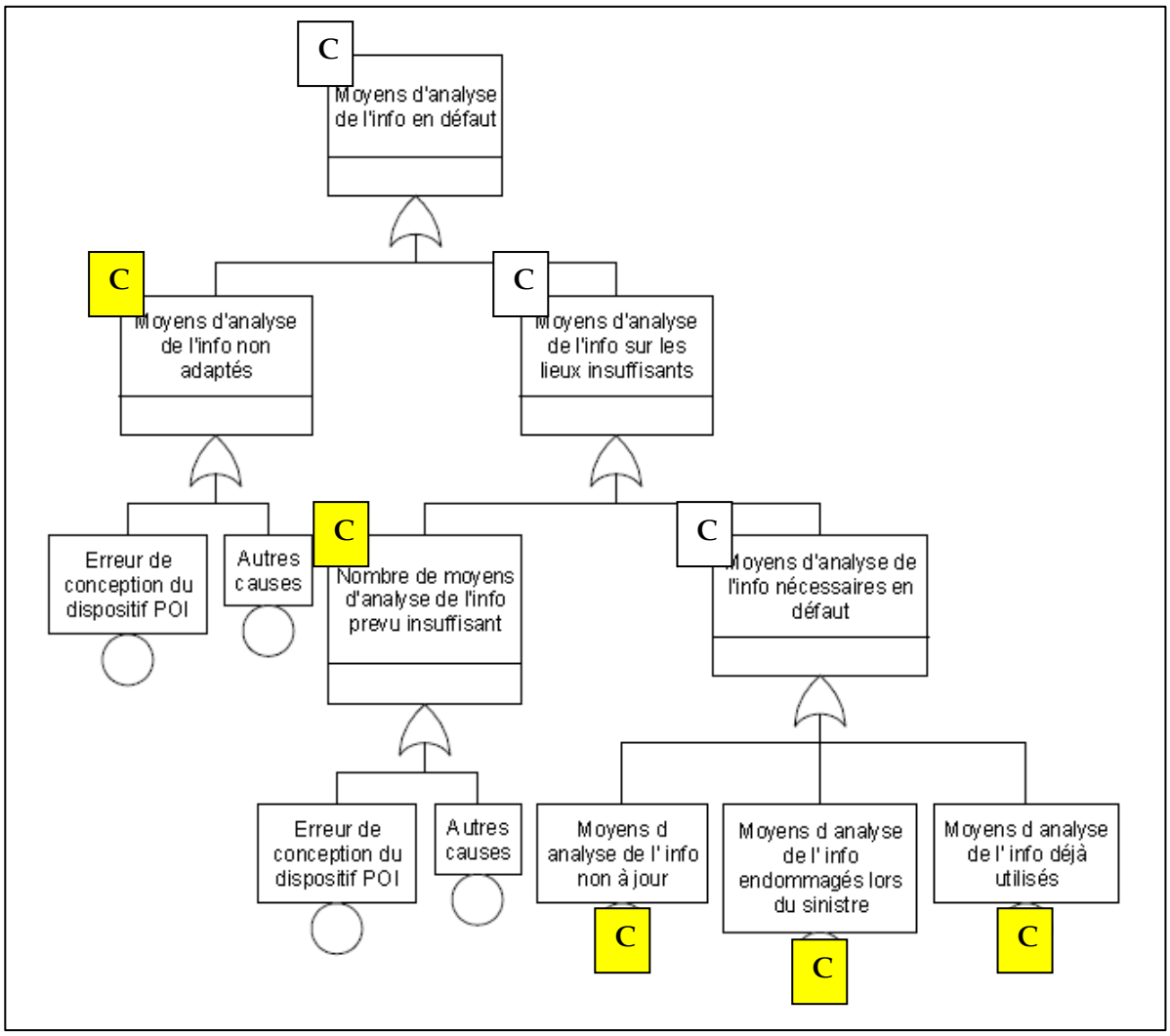


**Figure 32 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Moyens de traitement de l'information » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha

**Tableau 43 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens informatiques déjà utilisés » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| (Evénement : « Moyens informatiques déjà utilisés ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures du POI définissent l'affectation des moyens informatiques afin d'éviter qu'une ressource soit affectée à deux taches ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 44 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaut d'alimentation électrique » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| **(Evénement : « Défaut d'alimentation électrique »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-t-il une source d'alimentation électrique pour les moyens informatiques ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Il existe une source d'alimentation redondante en cas de panne électrique. | | | +1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 45 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Panne de réseau » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| **(Evénement : « Panne de réseau »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que des moyens informatiques redondants sont prévus ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le dispositif de gestion de crise comporte des moyens de communication redondants, dont des moyens dépendant d'un réseau (par exemple téléphone fixe ou GSM etc.) et des moyens ne nécessitant pas de réseau (par exemple radiotéléphonie VHF) | | | +1 |
| Tous les moyens de communication du dispositif de gestion de crise dépendent de réseaux. | | | 0 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 46 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens informatiques endommagés lors du sinistre » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| (Evénement : « Moyens informatiques endommagés lors du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les moyens informatiques sont protégés (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) de façon suffisante face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 47 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens informatiques non à jour » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| (Evénement : « Moyens informatiques non à jour ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-il une procédure de mise à jour des moyens informatiques ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les moyens informatiques sont mis à jour régulièrement. L'édition ultime de tous les produits est disponible aux personnels | | | +1 |
| Une partie des moyens informatiques sont mis à jour régulièrement | | | +1/3 |
| Les moyens informatiques ne sont pas systématiquement mis à jour. La mise à jour est aléatoire | | | 0 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 48 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Moyens informatiques non adaptés » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| **(Evénement : « Moyens informatiques non adaptés »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les caractéristiques techniques des moyens informatiques sont évaluées en fonction des besoins opérationnels anticipés ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les moyens informatiques sont adaptés aux besoins opérationnels anticipés. | | | +1 |
| Les moyens informatiques ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés. Ils arrivent peu ou pas du tout à remplir la fonction demandée, sans poser de risque pour l'opérateur. | | | 0 |
| Les moyens informatiques ne sont pas bien adaptés aux besoins opérationnels anticipés, et leur usage peut être à l'origine de risques pour l'opérateur. | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 49 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Défaillance de maintenance » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| (Evénement : « Défaillance de maintenance ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les moyens informatiques ont besoin de maintenance afin d'assurer leur bon fonctionnement ? | Oui | B | - |
| | Non | C | - |
| Les RT sont maintenues en suivant les consignes techniques du fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues en suivant le planning proposé par le fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues par des techniciens agréés par la fabriquant | | | +1/3 |
| La RT est dans sa limite de garantie par le fabriquant | | | +1 |
| La RT a dépassé son durée de vie de garantie par le fabriquant, mais elle est maintenue de manière à réduire au maximum les pannes du matériel | | | 0 |
| L'âge de la RT est tel que même un programme de maintenance conséquent ne peut pas assurer le bon fonctionnement du matériel | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 50 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Nombre de moyens informatiques prévu insuffisant » de l'arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques ».

| (Evénement : « Nombre de moyens informatiques prévu insuffisant ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les besoins en moyens informatiques ont été évalués précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de moyens informatiques disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de moyens informatiques prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | +1/3 |
| Le nombre de moyens informatiques prévu est égal au nombre nécessaire, mais une partie des personnels ne sont pas disponibles | | | -1/3 |
| Le nombre de moyens informatiques prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

La fig. 33 de la page suivante illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances de cette ressource. Pour des raisons de lisibilité, les événements dont les probabilités d'occurrence sont estimées à partir des questions sont marqués en jaune. Cette ressource a une classe de probabilité de défaillance de C. Cette classe de probabilité de défaillance est le niveau le plus bas pouvant être atteint pour cette ressource.

#### 5.2.1.7.Procédures POI & Astreintes

Le questionnaire correspondant à la catégorie de ressources « Ressources organisationnelles » a été rempli par le Responsable Sécurité du Site Alpha pour les procédures d'alerte POI, les procédures opérationnelles du POI et les astreintes mises en place dans le POI (PC Ex, Sapeurs-Pompiers Auxiliaires et Secouristes Auxiliaires). Les réponses au questionnaire pour ces ressources ayant été les mêmes, elles sont présentées ici sous un même paragraphe. Ceci fait preuve d'une politique opérationnelle de l'installation en ce qui concerne toutes les procédures POI. Les résultats de l'audit pour ces ressources sont présentés dans ce paragraphe. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux

questions, les scores obtenus et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

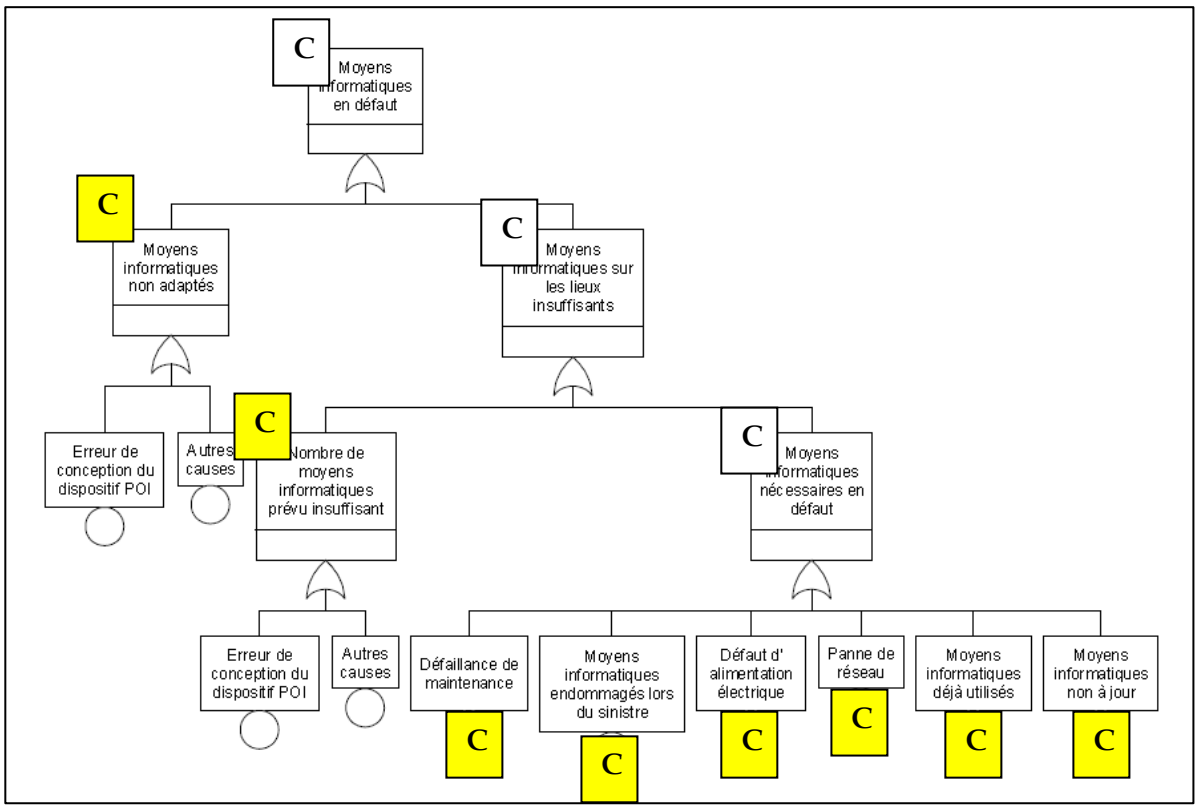


**Figure 33 :** Arbre de défaillances de la ressource « Moyens informatiques » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha

**Tableau 51 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Manque de copies des fiches » de l'arbre de défaillances de la catégorie de ressources « Ressources organisationnelles ».

| (Evénement : « Manque de copies des fiches ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| La diffusion des copies des fiches nécessaires à la gestion de crise est prévue dans le POI ? | Oui | C | - |
| | Non | A | - |
| La diffusion de toutes les copies est notée sur un tableau de diffusion, afin de faire suivre les modifications, si nécessaire | | | +1/3 |
| Un nombre suffisant des fiches à consulter et/ou remplir est présent au(x) poste(s) de commandement | | | +2/3 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | D |

**Tableau 52 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Documentation non adaptée » de l'arbre de défaillances de la catégorie de ressources « Ressources organisationnelles ».

| (Evénement : « Documentation non adaptée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le document POI comporte des fiches destinées à tous les acteurs impliqués dans le POI ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les documents sont très succincts et concrets | | | +1/3 |
| Il n'y a pas plus de deux pages par personne | | | +1/3 |
| La forme des documents permet d'assimiler les points-clés en moins de 1 min | | | +1/3 |
| Les documents comportent les éléments suivants : localisation de la personne, moyens d'identification (si nécessaire), rôle (exprimé en termes des tâches à accomplir), moyens nécessaires et disponibles, fiche reflexe | | | +1 |
| Score total obtenu : | | | +2 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | D |

**Tableau 53 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Erreur de conception du dispositif POI » de l'arbre de défaillances de la catégorie de ressources « Ressources organisationnelles ».

| **(Evénement : « Erreur de conception du dispositif POI »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le document principal comporte toutes les procédures nécessaires à la mise en œuvre du POI ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les procédures du POI ont été produites par des acteurs compétents dans le domaine de la gestion des risques industriels et connaissant les aléas particuliers liés aux matières dangereuses stockées et procédés mis en œuvre dans le site. | | | +2/3 |
| Les procédures POI ont été produites suivant une procédure type, où les besoins opérationnels sont dérivés des scénarios d'accidents, ces derniers reflétant les risques envisagés par l'installation. | | | +2/3 |
| Les procédures mis en place sont testées régulièrement par le biais des exercices mettant en œuvre des scénarios de crise permettant de tester si la procédure est adaptée à la gestion des crises. | | | +1/3 |
| La politique opérationnelle repose sur une sur-réaction au début de l'intervention, suivie d'une démobilisation ultérieure une fois que ceci s'avère nécessaire. | | | +1/3 |
| Score total obtenu : | | | +2 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | D |

**Tableau 54 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Mise à jour défaillante » de l'arbre de défaillances de la catégorie de ressources « Ressources organisationnelles ».

| **(Evénement : « Mise à jour défaillante »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Une procédure est en place afin de modifier/mettre à jour le POI ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le plan est modifié/mis à jour lorsqu'il présente des défaillances lors d'une situation d'urgence | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si des exercices et/ou manœuvres révèlent des défaillances | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si la hiérarchie de l'installation est modifiée | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si la réglementation en vigueur est modifiée | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si les services compétents de l'Etat demandent une modification | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour lorsqu'il y a un changement des conditions de l'installation ou de son environnement | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si la réglementation en vigueur et/ou les règles internes de la société l'imposent | | | +1/3 |
| Score total obtenu : | | | +7/3 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | D |

La fig. 34 de la page suivante illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances de ces ressources. Pour des raisons de lisibilité, les événements dont les probabilités d'occurrence sont estimées à partir des questions sont marqués en jaune. Ces ressources ont une classe de probabilité de défaillance de D. Cette classe de probabilité de défaillance est le niveau le plus bas pouvant être atteint pour cette ressource.

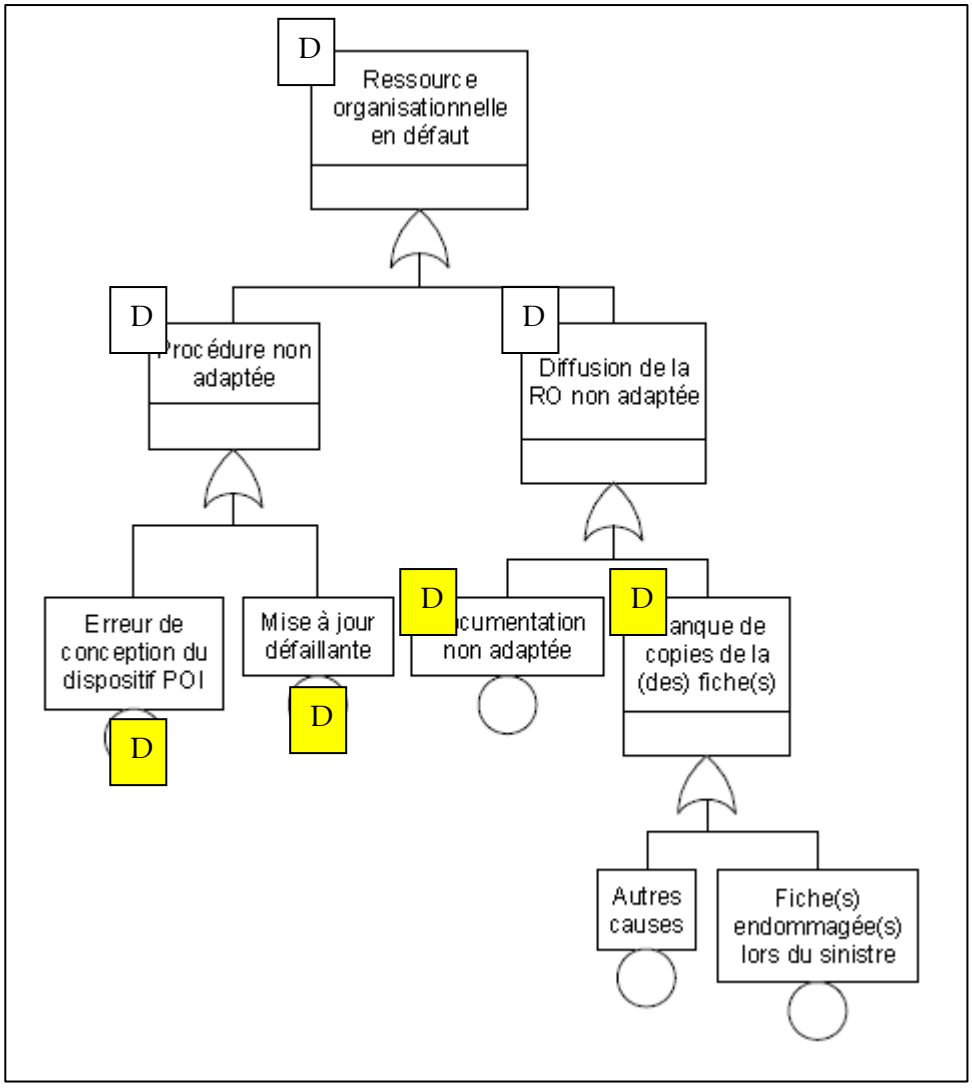


**Figure 34 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Ressources Organisationnelles » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha

### 5.2.1.8.Ressources Informationnelles

Le questionnaire correspondant à la catégorie de ressources « Ressources informationnelles » a été rempli par le Responsable Sécurité du Site Alpha pour les informations utilisées dans le cadre du POI, le cadre d'ordres et les réflexions opérationnelles prévues. Les réponses au questionnaire pour ces ressources ayant été les mêmes, elles sont présentées ici sous un même paragraphe. Ceci fait preuve d'une politique opérationnelle de l'installation en ce qui concerne la gestion de l'information dans le cadre du POI. Les résultats de l'audit pour ces ressources sont présentés sur ce paragraphe. Les tableaux suivants illustrent les réponses aux questions, les scores obtenus

et la classe de probabilité de défaillance assignée. Les réponses de l'audit sont surlignées en jaune.

**Tableau 55 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Ressource informationnelle périmée » de l'arbre de défaillances de la catégorie de ressources « Ressources informationnelles ».

| (Evénement : « RI périmée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les procédures POI définissent des moments critiques de prise de décision et les informations nécessaires pour cela. | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 56 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « Ressource informationnelle incomplète » de l'arbre de défaillances de la catégorie de ressources « Ressources informationnelles ».

| (Evénement : « RI incomplète ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures POI comportent des cadres d'organisation de l'information ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les procédures POI comportent un cadre d'ordres | | | +1/3 |
| Les procédures POI comportent un format type de rapport/point de la situation | | | +1/3 |
| Les procédures POI contiennent une structure pour l'utilisation de la Méthode de Raisonnement Tactique. | | | +1/3 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

**Tableau 57 :** Questions d'évaluation de la probabilité d'occurrence de l'événement « RI mal organisée » de l'arbre de défaillances de la catégorie de ressources « Ressources informationnelles ».

| (Evénement : « RI mal organisée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les personnels du PC Ex ainsi que les responsables des équipes de terrain (Sapeurs-Pompiers, Secouristes, équipes d'appui, sécurité etc.) sont formés à l'utilisation du cadre d'ordres, du format type d'un rapport, ainsi qu'à la Méthode de Raisonnement Tactique adaptée à leur niveau de commandement. | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Des fiches d'aide à la décision sont mises à disposition des personnels du PC Ex ainsi que les responsables des équipes de terrain (Sapeurs-Pompiers, Secouristes, équipes d'appui, sécurité etc.), afin d'assurer la continuité dans la transmission des informations. | | | +1 |
| Score total obtenu : | | | +1 |
| Classe de probabilité d'occurrence : | | | C |

La fig. 35 illustre le calcul effectué pour l'arbre de défaillances de cette ressource. Elles ont une classe de probabilité de défaillance de C. Ce niveau de probabilité de défaillance est le niveau le plus bas pouvant être atteint pour cette ressource.

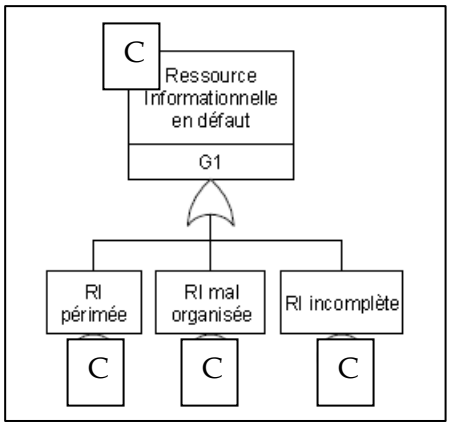


**Figure 35 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Ressources Informationnelles » et calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha

### 5.2.2. Criticité de la fonction E2 : Diriger les opérations internes

L'arbre de défaillances de cette fonction et le calcul effectué dans le cadre de l'analyse du POI du Site Alpha sont illustrés sur la fig. 36. Les événements de base de cet arbre sont les événements au sommet des arbres de défaillances des ressources attribuées à cette fonction. Les probabilités de défaillance de ces événements ont été présentées dans les paragraphes précédents. Pour des raisons de lisibilité, ces événements sont marqués en bleu. La probabilité de défaillance de cette fonction est C. Une lecture critique de l'arbre de défaillances de cette fonction révèle que les points critiques pour cette fonction sont les acteurs humains.

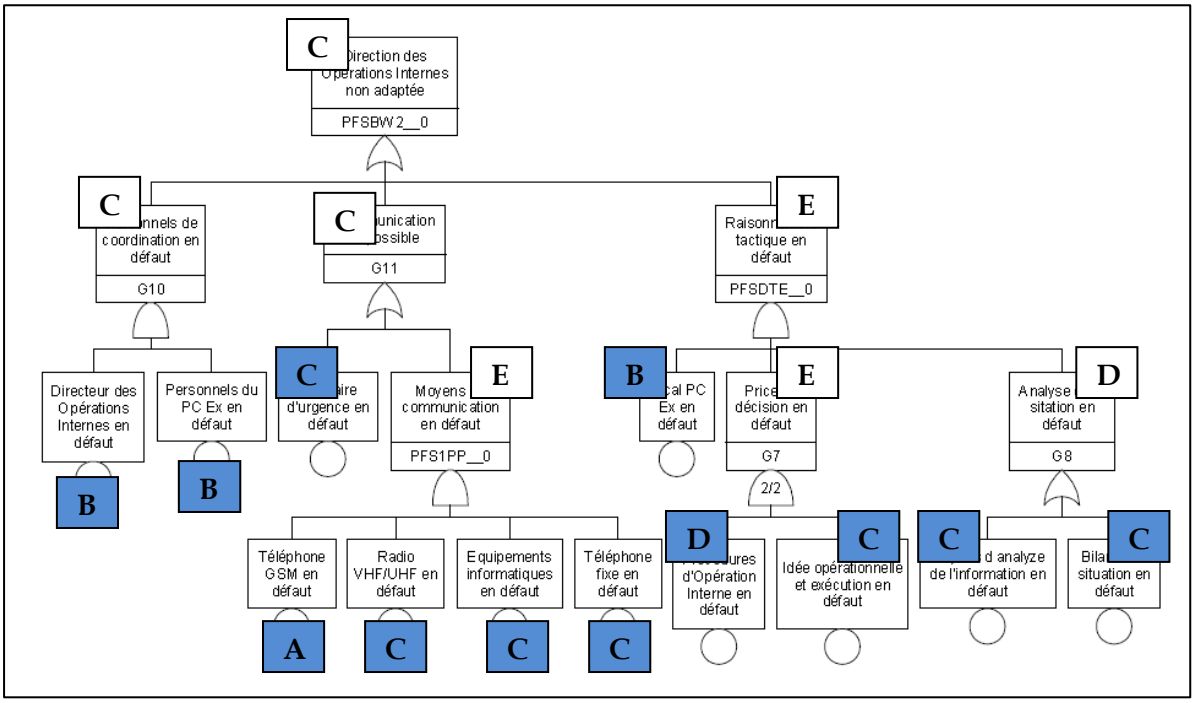


**Figure 36 :** Arbre de défaillances de la fonction E2 : Diriger les opérations internes et calcul effectué dans le cadre de l'exemple de l'application de la méthode

La gravité de défaillance de cette fonction est estimée à partir des études de danger de l'installation. Cette fonction n'est pas une fonction finale, mais elle est liée à toutes les fonctions finales du modèle POI. Par conséquent, son niveau de gravité sera inférieur de deux niveaux par rapport au niveau de gravité de la fonction finale ayant l'impact le plus important. Dans le cas de cette installation, les études de danger du site indiquent que le risque le plus important est le risque toxique. Le scénario toxique majorant est une fuite de chlore qui implique, dans le Seuil des Effets Létaux, une population de 120 habitants environ. Cette situation correspond à une gravité de niveau Désastreux (cf. §3.2.3). La

gravité de la fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES est inférieure de 2 niveaux à cette dernière : cela donne un niveau Important.

### 5.2.3.Criticité du POI

La même analyse est menée pour toutes les fonctions du POI du Site Alpha. Les tableaux 57 et 58 ci-dessous illustrent la criticité des fonctions du POI en fonction de leur probabilité et gravité de défaillance.

**Tableau 58 :** Tableau récapitulatif de la criticité des fonctions du POI du site Alpha

| Fonction | | Taux de défaillance | Gravité | Criticité |
|---|---|---|---|---|
| A | Surveiller l'incident | E | Important | |
| B | Prendre les 1ères mesures | D | Catastrophique | |
| C1 | Alerter le CTA interne | E | Important | |
| C2 | Mobiliser les personnels du PC Ex | B | Important | |
| C3 | Mobiliser les services de secours internes | <E | Important | |
| C4 | Alerter tous les locaux en danger | C | Important | |
| C5 | Mobiliser les moyens d'appui et de soutien | C | Important | |
| D | Sécuriser toutes les personnes et locaux en danger | E | Catastrophique | |
| E1.1 | Secours à Personnes | E | Désastreux | |
| E1.2 | Incendie | D | Catastrophique | |
| E1.3 | Intervention face aux risques chimiques | D | Désastreux | |
| E1.4 | Gestion opérationnelle et commandement | D | Important | |

**Tableau 59 :** Tableau récapitulatif de la criticité des fonctions du POI du site Alpha (suite)

| Fonction | | Taux de défaillance | Gravité | Criticité |
|---|---|---|---|---|
| E2 | Diriger les opérations internes | C | Important | |
| E3 | Communiquer | D | Catastrophique | |
| E4 | Sécuriser le site | E | Catastrophique | |
| E5 | Observer | D | Important | |

La criticité des fonctions-parents est obtenue à partir des criticités de ses fonctions-enfants. Chaque fonction-parent est ainsi estimée sur un tableau MMR comme l'isobarycentre des points correspondant à ses fonctions-enfants (cf. §4.6). Le tableau 59 présente la criticité de la fonction C : METTRE EN PLACE LE DISPOSITIF DES OPERATIONS INTERNES à partir des fonctions C1 : ALERTER LE CTA INTERNE, C2 : MOBILISER LES PERSONNES DU PC Ex, C3 : MOBILISER LES SERVICES DE SECOURS INTERNES, C4 : ALERTER TOUTES LES PERSONNES ET LES LOCAUX EN DANGER et C5 : MOBILISER LES MOYENS D'APPUI ET DE SOUTIEN.

**Tableau 60 :** Estimation de la criticité de la fonction C : Mettre le place le dispositif des opérations internes, à partir de ses fonctions-enfants

| GRAVITE | PROBABILITE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | <E | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | | |
| Catastrophique | | | | | | |
| Important | C3 | C1 | **C** | C4, C5 | C2 | |
| Sérieux | | | | | | |
| Modéré | | | | | | |

Suivant le même principe, le tableau 60 présente la criticité de la fonction E1 : LUTTER CONTRE LE SINISTRE, obtenue à partir de l'agrégation des criticités des fonctions E1.1 : SECOURS AUX PERSONNES, E1.2 : INCENDIE, E1.3 : INTERVENTION FACE AUX RISQUES CHIMIQUES et E1.4 : GESTION OPERATIONNELLE ET COMMANDEMENT.

**Tableau 61 :** Estimation de la criticité de la fonction E1 : Lutte contre le sinistre, à partir de ses fonctions-enfants

| GRAVITE | PROBABILITE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | E1.1 | E1.3 | | | |
| Catastrophique | E1 | E1.2 | | | |
| Important | | E1.4 | | | |
| Sérieux | | | | | |
| Modéré | | | | | |

Le même principe est utilisé pour obtenir la criticité de la fonction E : GERER LA CRISE (tableau 61) à partir des criticités des fonctions E1 : LUTTER CONTRE LE SINISTRE (qui a été obtenue dans le tableau précédent), E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES, E3 : COMMUNIQUER, E4 : SECURISER LE SITE et E5 : OBSERVER.

**Tableau 62 :** Estimation de la criticité de la fonction E : Gérer la crise, à partir de ses fonctions-enfants

| GRAVITE | PROBABILITE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | E1 | E3, E4 | | | |
| Important | | E5 | E | E2 | |
| Sérieux | | | | | |
| Modéré | | | | | |

Enfin, la criticité du POI du Site Alpha est obtenue à partir de l'agrégation des criticités de ses sous-fonctions (tableau 62), A : ASSURER LA VEILLE, B : PRENDRE LES 1ères MESURES, C : METTRE EN PLACE LE DISPOSITIF DES OPERATIONS INTERNES (qui a été obtenue précédemment à partir des criticités de ses fonctions-enfants), D : SECURISER LES LOCAUX EN DANGER et E : GERER LA CRISE (qui a aussi été obtenue précédemment à partir des criticités de ses fonctions-enfants).

**Tableau 63 :** Estimation de la criticité du POI du Site Alpha, à partir de ses fonctions

| GRAVITE | PROBABILITE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | D | B<br>POI | | | |
| Important | | A C E | | | |
| Sérieux | | | | | |
| Modéré | | | | | |

## 5.2.4. Discussion des résultats de l'analyse

L'analyse de la robustesse du POI du Site Alpha indique un niveau de risque intermédiaire (jaune). Ceci signifie que le plan est en état de fonctionnement. Des mesures plus ou moins importantes peuvent être prises pour améliorer sa robustesse. Le coût des mesures doit être pris en compte en fonction de l'impact que celles-ci vont amener sur le fonctionnement du plan.

Une lecture du tableau récapitulatif de la criticité des fonctions du POI de cette installation indique que la plupart des fonctions du plan sont à un niveau de risque intermédiaire. En effet, toutes les fonctions du POI du Site Alpha ont un niveau de probabilité de moyen à assez faible, ce qui fait preuve d'une politique de développement des capacités de réaction importantes, intégrée aux activités du site. En revanche, la proximité de nombreux enjeux humains au site entraine des niveaux de gravité des fonctions du POI élevés et amène ainsi à des niveaux de risque intermédiaires. Seulement 2 fonctions sont à un niveau de risque élevé. En particulier la criticité importante de la fonction E1.3 : Intervention face aux risques chimiques peut être attribuée également à la gravité importante de cette fonction, à cause de la proximité des enjeux humains au site.

L'analyse des arbres de défaillances de ces deux fonctions indique que le point critique dans les 2 cas est le facteur humain : les Personnels du PC Ex pour la fonction C2 : Mobiliser les personnels du PC Ex, et les Sapeurs-Pompiers pour la fonction E1.3 : Intervention face aux risques chimiques. Les ressources techniques jouent un rôle assez secondaire.

La lecture des arbres de défaillances des ressources du POI révèle que les ressources organisationnelles et les ressources informationnelles ont un taux de défaillance très limité, ce qui est indicatif d'un Plan d'Opération Interne clair, bien rédigé et mis à jour de manière régulière et efficace. Le point critique de ce POI est l'élément humain. Le manque de formation dans certains cas, comme la formation des personnels du PC Ex dans les méthodes de raisonnement opérationnel en gestion de crise, est pénalisant pour ces ressources humaines. La fréquence « annuelle » des exercices POI peut avoir un effet similaire. Dans d'autres cas, le nombre limité de personnels contribue à un taux de défaillance moyen. Le cas des Sapeurs-Pompiers professionnels mérite d'être abordé : les 3 Sapeurs-Pompiers professionnels de garde sont chargés de l'opération du CTA interne, l'intervention en cas d'urgence pour la lutte contre l'incendie, le risque chimique et le secours à personnes, mais ils ont également un rôle important à jouer dans la sûreté du site (sans être formés à ce type d'activités). Pendant les heures ouvrées, les Sapeurs-Pompiers auxiliaires suffisent pour assurer une capacité de réaction rapide et efficace. En revanche, dans des cas où la cinétique de l'événement impose la mobilisation de moyens conséquents très rapidement, les capacités des trois Sapeurs-Pompiers professionnels sont limitées. De plus, le manque de ressources techniques redondantes dans certains cas, comme les moyens INC ou les moyens RCH semble être pénalisant. Enfin, il est intéressant de noter que la ressource « Téléphone GSM » a le taux de défaillance le plus élevé (classe A), à cause de la disponibilité limitée de ces appareils aux acteurs impliqués dans le POI. Pourtant, ce problème est souvent atténué par la redondance des moyens de communication.

A partir de cette discussion, les mesures suivantes peuvent être proposées :

- Continuer de maintenir un plan clair et opérationnel.
- Former les personnels du PC Ex aux méthodes de raisonnement opérationnel en situation de crise.
- Augmenter la fréquence des exercices. Des exercices fonctionnels mensuels sont proposés.
- Ajouter un Sapeur-Pompier professionnel en garde
- Prévoir des téléphones GSM pour les acteurs impliqués dans le POI.

## 5.3.Conclusions

Dans cette partie nous avons présenté la mise en œuvre de la méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels pour l'analyse du POI d'une installation classée Seveso II seuil haut. L'analyse de la criticité de défaillance de la fonction E2 : Diriger les Opérations Internes a été présentée à titre d'exemple, ainsi que l'agrégation

des criticités des fonctions afin d'obtenir un résultat final pour le POI. La lecture critique du rapport de l'analyse permet de proposer des mesures d'amélioration du plan.

Le retour d'expérience à partir de l'application de la méthodologie aux Sites Alpha et Bravo est fort intéressant. En effet, il semble qu'une lecture systématique du POI à analyser avant l'audit est essentielle. L'utilisateur de la méthode doit se donner le temps de bien appréhender le dispositif mis en place par le plan. Il est de plus utile à l'utilisateur, surtout si il est externe à l'installation, de suivre un exercice POI comportant la prise de décision et la mise en œuvre réelle des moyens identifiés avant de tenter de présenter les questionnaires au Responsable Sécurité de l'installation.

La méthode a suscité l'intérêt des industriels et son application à grande échelle a été envisagée. La méthodologie pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels est en partie basée sur des méthodes d'analyse du risque industriel, il est facile de sensibiliser les Responsables Sécurité des installations aux principes de sa mise en œuvre. La représentation des niveaux de risques par des couleurs est de plus assez intuitive. De plus, les questionnaires semblent pertinents ; en effet, ils ont permis de mettre en évidence des points forts et des points faibles des Plans d'Opération Interne des installations. Enfin, l'application de la méthode comportant un audit sur deux jours au maximum n'est pas pénalisante pour les activités du Responsable Sécurité, tandis que le rapport fourni à la fin de l'exploitation des données permet une lecture facile des résultats.

[Cette page a été intentionnellement laissée vide]

# 6.Conclusion

# 6.Conclusion

La gestion d'une crise résultant d'un accident industriel majeur nécessite la mise en place de réflexions adaptées, une unité de comportement et une capacité de réaction rapide et efficace. Or, les conditions de la crise ne permettant pas toujours la mise en place de ce dispositif pendant le temps même de la crise, un travail d'anticipation est nécessaire. Ce travail est généralement effectué sous la forme des plans de secours industriels qui sont mis en place par l'exploitant et les autorités publiques afin de gérer les crises provoquées par les accidents industriels majeurs. Malgré le caractère assez encadré de la mise en place des plans de secours, des défaillances peuvent émailler leur déclenchement et perturber leur opérationnalité. Il existe ainsi un besoin d'analyse de ces plans en vue d'améliorer la gestion de crise. Peu de travaux se sont intéressés jusqu'à présent à cet aspect des plans.

L'objectif de ce travail est de présenter une méthode d'analyse des plans de secours industriels, permettant d'évaluer la capacité de ces plans à se dérouler normalement, malgré des différentes contraintes qui imposent leur fonctionnement en mode dégradé.

Les plans de secours sont des systèmes organisationnels complexes, c'est pourquoi il est nécessaire de formaliser ces plans afin de pouvoir effectuer une analyse structurée. La démarche est basée sur le développement d'un modèle structuro-fonctionnel du système à l'aide de l'approche de modélisation FIS. La formalisation du système à l'aide de ce modèle permet de le représenter sous forme de fonctions, de ressources et d'interactions, et facilite ainsi l'emploi de méthodes d'analyse des risques. La probabilité de défaillance des ressources du modèle est évaluée en faisant appel à des arbres de défaillances. La probabilité de défaillance des fonctions du modèle est calculée à partir des probabilités de défaillances des ressources associées à travers l'arbre de défaillances de chaque fonction. La gravité de défaillance de chaque fonction est estimée suivant les conséquences maximales de cette défaillance sur le système et son environnement. La combinaison de la probabilité et de la gravité de défaillance de chaque fonction permet d'obtenir sa criticité. La robustesse du système est finalement obtenue à partir de l'agrégation des criticités de ses fonctions.

Cette approche d'analyse de la robustesse des systèmes organisationnels a été appliquée au cas des plans de secours industriels. Cette application est basée sur une double approche : une analyse *a priori* consiste à développer un modèle structuro-fonctionnel et générique FIS des plans de secours industriels. Ce modèle du plan permet de structurer l'analyse et d'identifier les défaillances pouvant se manifester pendant la gestion de la crise. L'analyse *a posteriori* repose sur un retour d'expérience réalisé sur 220 accidents et exercices. Ce REX a permis d'identifier 328 défaillances dans la mise en œuvre des POI et des PPI. Le retour d'expérience est structuré et valorisé par le modèle ; en retour, il alimente le modèle et les arbres de défaillances des ressources. Le modèle FIS et le retour

d'expérience ont permis d'élaborer un questionnaire pour chaque catégorie de ressources. L'exploitation de ce questionnaire permet d'analyser la robustesse du POI d'un site industriel.

Deux audits employant ce questionnaire ont été menés sur les POI de deux sites industriels classés Seveso II seuil haut. Les enseignements pouvant être tirés de ces 2 applications sont les suivants. Une lecture systématique du POI à analyser avant l'audit est nécessaire et l'utilisateur de la méthode doit se donner le temps de bien appréhender le dispositif mis en place par le plan. Le questionnaire semble pertinent. En effet, il a permis de mettre en évidence des points forts et des points faibles des Plans d'Opération Interne plus ou moins pressentis par les Responsables Sécurité de ces 2 sites. De plus, le rapport fourni à la fin de l'exploitation des données permet une lecture aisée des résultats. Enfin, la méthode a suscité l'intérêt des industriels et son application à grande échelle a été envisagée.

Les **perspectives** issues de ce travail de recherche sont relatives à l'amélioration de la méthode ainsi qu'à son utilisation.

Certaines pistes d'évolution et de mise à jour de la méthode peuvent être envisagées. En premier lieu, le modèle FIS des plans de secours industriels est en constante évolution. En effet, il peut être mis à jour de façon itérative à partir de l'analyse des retours d'expérience, de la lecture critique des plans existants et des guides de planification, et éventuellement lors du changement de la réglementation en vigueur. En deuxième lieu, l'expression de probabilités d'occurrence des événements des arbres de défaillances sous forme quantitative plutôt que qualitative peut être un élément d'évolution intéressant, qui permettra une analyse plus précise. En troisième lieu, le modèle FIS et la taxonomie des ressources peuvent être adaptés afin de prendre en compte la propagation des défaillances à travers les fonctions du plan. De plus, l'approche d'expression de la gravité de défaillance des fonctions des plans de secours pourrait être modifiée afin de prendre en compte les différences entre les finalités du POI et celles des études de dangers. Ceci faciliterait l'adaptation de la méthode en vue de la mise en place d'un outil d'analyse de la robustesse des plans de secours spécialisés, dédiés aux risques naturels. En effet, ces plans ne bénéficient pas d'une description précise de l'aléa comme les plans de secours industriels, qui s'appuient sur les études de dangers. Par ailleurs, les conséquences des aléas naturels s'étendent sur une zone plus importante par rapport aux aléas industriels. Par conséquent, l'analyse des plans de secours spécialisés ne pourrait pas s'appuyer sur les études de dangers ou une connaissance de l'aléa équivalente. Enfin, les propositions d'amélioration du dispositif d'intervention d'urgence et de gestion de crise, qui sont effectuées implicitement à travers les questions d'évaluation du taux d'occurrence des événements des arbres de défaillances des ressources, pourraient être formalisées et structurées selon

une typologie des barrières de sécurité. Elles pourront ainsi être insérées dans l'analyse dès l'analyse des arbres de défaillances.

Cette méthode constitue une boite à outils qui peut être utilisée non seulement pour l'évaluation des plans existants, mais aussi pour l'élaboration du dispositif défini dans un plan de secours industriel. En effet, le modèle structuro-fonctionnel FIS des plans de secours industriels peut être mis à disposition des industriels et/ou des autorités afin de constituer un guide à l'élaboration de ces plans. De plus, la méthode peut être appliquée à différentes étapes du développement d'un plan de secours industriel de façon itérative afin d'améliorer la qualité du plan au cours de son élaboration.

De plus, les informations obtenues et structurées dans le cadre de ce travail de recherche pourraient être valorisées par la mise en place d'un outil informatique de gestion du plan de secours en temps réel. Cet outil informatique pourrait constituer une aide à la décision aux membres des cellules de crise. Il pourrait comporter les supports à la mise en œuvre du plan (par exemple les fiches d'aide à la décision) sous format informatique afin de faciliter leur exploitation rapide en utilisant une interface adaptée. De plus, ce logiciel pourrait fournir des éléments d'information concernant les points critiques du plan pendant le déroulement de ces fiches afin d'éviter la survenue des défaillances en gestion de crise.

Cette approche pourrait aussi être valorisée dans le cadre de la formation des cadres de gestion de crise. Un simulateur de base d'entrainement à la gestion de crise peut être développé à partir du modèle structuro-fonctionnel des plans de secours, en ajoutant à celui-ci le système réel à piloter, modélisé de la même façon. En effet, les blocs fonctionnels du modèle contiennent un certain nombre d'informations, comme par exemple les entrées nécessaires, les sorties produites, les défaillances potentielles. Des règles simples pour la simulation peuvent être ajoutées (Thevenon & Flaus, 2000) afin de réaliser un simulateur global du système, qui pourrait être enrichi en fonction des besoins de la simulation. Le mécanisme permettant de définir la partie simulée et la partie réalisée par l'apprenant dans le cas du simulateur d'entrainement devra être défini sur la base des fonctions (boites fonctionnelles) qui seront attribuées à l'une ou l'autre catégorie au moment de la description de la configuration de la simulation. Un module de simulation dynamique de l'organisation d'un plan d'urgence peut ainsi être créé.

La méthodologie pour l'analyse des plans de secours industriels a été basée sur une approche d'analyse de la robustesse des systèmes organisationnels. Cela signifie que cette méthodologie pourrait être appliquée sur d'autres systèmes, notamment d'autres types de plans d'urgence. Un travail de recherche sur l'analyse de la robustesse des Plans Communaux de Sauvegarde faisant appel à la modélisation structuro-fonctionnelle de ces plans est en cours à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Enfin, cette méthode s'approche d'une démarche d'ingénierie des systèmes dans la mise en œuvre des plans de secours. Le développement de ces plans est souvent effectué comme

un projet de grande ampleur pour les installations et/ou les collectivités concernées, dont le produit final est le plan de secours. L'ingénierie des systèmes est la science et l'art du développement d'un système opérationnel capable de répondre à des exigences dans un environnement caractérisé par des contraintes opposées (NASA, 2007), comme par exemple les plans de secours. L'approche d'ingénierie de systèmes permet d'intégrer les processus de conception du système, les processus de gestion technique du projet et les processus de réalisation du produit. Les processus de gestion technique sont plus proches de la mentalité traditionnelle de gestion de projet. Les processus de conception du système sont utilisés pour définir les exigences du produit (dans ce cas, le plan de secours) et mettre en place la solution technique. L'approche de modélisation structuro-fonctionnelle peut être appliquée pour améliorer la conception du plan. Enfin, les processus de réalisation du produit comportent l'intégration du produit dans son environnement et l'évaluation de celui-ci. La méthodologie pour l'analyse de la robustesse peut être utilisée dans le cadre de cette évaluation des plans de secours. Ainsi, l'approche développée dans le cadre de ce travail de recherche peut évoluer vers une démarche d'ingénierie des systèmes pour la mise en place des secours industriels.

# Références bibliographiques

# Références bibliographiques


Anon., 2003. *NEDIES Workshop on Analysis of Natech (Natural Disasters triggering technological disasters) disaster management*, 20-21 October 2003, Ispra, Italy, http://nedies.jrc.it/doc/Natech-Workshop-SUMMARY.pdf

Coll., 2006. *A Failure of Initiative – Final Report of the Select Bipartisan Committee to Investigate the Preparation for and response to Hurricane Katrina*, U.S. House of Representatives, ISBN: 0-16-075-9

Coll., 1994. *IDEF5 Method Report*, Knowledge Based Systems, http://www.idef.com/pdf

Adnet, F., Maistre, J.P., Lapandry, C., Cupa, M., Lapostolle, F., 2003. Organisation des secours médicaux lors de catastrophes à effets limités en milieu urbain. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation,* 22(2003), 5-11

Cdt. Agnes, G., 1998. *Gestion opérationnelle et commandement – Aide mémoire tactique du Ltn intervenant en renfort en qualité de chef de groupe*, Ecole Nationale Supérieure des Officiers des Sapeurs – Pompiers, ISBN : 2-11-090121-7

Air Force Wright Aeronautical Laboratories, 1981. *Integrated Computer-Aided Manufacturing (ICAM) Architecture Part II – Volume IV – Function Modeling Manual (IDEF0)*, AFWAL-TR-81-4023, U.S. Air Force

Alexander, D., 2000. Scenario methodology for teaching principles of emergency management. *Disaster Prevention and Management*, 9(2), 89-97, ISSN: 0965-3562

Alexander, D., 2002. *Principles of emergency planning and management*, Terra Publishing, ISBN: 1-903544-10-6

Alexander, D., 2005. Towards the development of a standard in emergency planning. *Disaster Prevention and Management*, 14(2), 158-175

American Institute of Chemical Engineers, 2000. *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd edition*, ISBN: 0-8169-0720-X

Augusto, V., 2008. *Modélisation, analyse et pilotage de flux en milieu hospitalier à l'aide d'UML et des réseaux de Pétri*. Thèse de Doctorat en Génie Industriel. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

Auf Der Heide, E., 1989. *Disaster Response – Principles of Preparation and Coordination,* Mosby, online edition, http://orgmail2.coe-dmha.org/dr/Index.htm

Ayyub, B.M., 2001. *Elicitation of Expert Opinions for Uncertainty and Risks*, CRC Press, ISBN: 0-8493-1087-3

Baiardi, F., Telmon, C., Sgandurra, D., 2009. Hierarchical, model-based risk management of critical infrastructures. *Reliability Engineering and System Safety,* 64 (2009), 1403-1415

Beckmann, D., Menkhoff, L., Sawischlewski, K., 2006. Robust lessons about practical early warning systems. *Journal of Policy Modeling*, 28(2006), 163-193

Bénaben, F., Hanachi, C., Lauras, M., Couget, P., Chapurlat, V., 2008. A metamodel and its ontology to guide crisis characterization and its collaborative management. *Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference: May 2008, Washington D.C., USA*

Bethke, L., Good, J., Thompson, P., 1997. *Building capacities for risk reduction*, United Nations Disaster Management Training Program.

Bézivin, J., 2005. On the unification power of models. *Software and Systems Modeling*, 4(2), 171-188.

Boutaud, A., 2004. *Le développement durable: penser le changement ou changer le pansement? – Bilan et analyse des outils d'évaluation des politiques publiques locales en matière de développement durable en France : de l'émergence d'un changement dans les modes de faire au défi d'un changement dans les modes de penser*. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre et de l'Environnement. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

Calmes, F., Charbonnel, G., Dumas, P., 1989. *La méthode OSSAD, Tome 2*, Editions Organisation (Paris), 267 p.

Chen, W.F., Richard Liew, J.Y., 2003. *The Civil Engineering Handbook, Second Edition*, CRC Press, ISBN: 0-8493-0958-1

Chen, G., Zhang, X., 2009. Fuzzy-based methodology for performance assessment of emergency planning and its application. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(2009), 125-132.

Christou, M.D., Amendola, A., Smeder, M., 1999. The control of major accident hazards: The land-use planning issue. *Journal of Hazardous Materials*, 65(1999), 151-178

Coburn, A.W., Spence, R.J.S., Pomonis, A., 1994. *Vulnerability and risk assessment*, Cambridge Architectural Research Limited & United Nations Disaster Management Training Program.

Colardelle, C., Denis-Remis, C., Guinet, V., Wybo, J.L., 2002), *REXAO – Guide Méthodologique de collecte, formalisation et partage d'expériences de gestion d'incidents, d'accidents et de crises*, version provisoire

Cox, L.A., 2008. What's wrong with risk matrices? *Risk Analysis*, 28(2), 497-512

Crichton, M., Fin R., 2001. Training for emergency management: tactical decision games. *Journal of Hazardous Materials*, 88(2001), 255-266.

Crocq, L., Huberson, S., Vraie, B., 2009. *Gérer les grandes crises : Sanitaires, écologiques, politiques et économiques*, Odile Jacob, ISBN : 978-2738123312

Cruz, A.M., Steinberg, L.J., Vetere Arellano, A.L., Nordvik, J.P., Pisano, F., 2004. *State of the Art in Natech Risk Management*, European Communities.

Dautun, C., 2007. *Contribution à l'étude des crises de grande ampleur : Connaissance et aide à la décision pour la Sécurité Civile*. Thèse de Doctorat en Sciences et Génie de l'Environnement. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

David, R., Alla, H., 1999. *Du Grafcet aux réseaux de Petri, 2e édition revue et augmentée*, HERMES, Paris, ISBN : 2-86601-352-5

Davis, J., Lambert, R., 2002. *Engineering in Emergencies, Second edition*, ITDG Publishing, ISBN: 1-85539-545-5

Debray, B., Chaumette, S., Descourriere S., Trommeter, V., 2006. *Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle*, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

Deming, W.E., 1986. *Out of the Crisis*, MIT Press.

Desinde, M., Flaus, J.M., Ploix, S., 2006. Outil et méthodologie pour l'évaluation des risques de procédé en temps réel. *Actes du 15e Congrès de Maitrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement – Lambda Mu 15: 9-13 octobre 2006, Lille*

Dezfuli, H., Stamatelatos, M., Maggio, G., Everett, C., Youngblood, R., 2010. *NASA Risk-Informed Decision Making Handbook*, Office of Safety and Mission Assurance, National Aeronautics and Space Administration.

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 1985. *Guide d'élaboration d'un Plan d'Opération Interne,* ISBN : 2-905015-16-0

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2006. *La conduite du retour d'expérience – Eléments de culture professionnelle,* http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion-risques/rex

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2006. *Guide méthodologique « La conduite du retour d'expérience – éléments techniques et opérationnels,* http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion-risques/rex

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2006. *Guide National de Référence : Risques Chimiques et Biologiques,* http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/formation/referentiel-sp/formations-specialisees/risques-chimiques/view

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2006. *Guide ORSEC Départemental – Méthode générale, Tome G.1,*

http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/dossiers/plan-orsec

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2007. *ORSEC Départemental – Disposition Spécifique – Plan Particulier d'Intervention –PPI) – Etablissements SEVESO « seuil haut », Guide, Tome S.1.2.*, http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion-risques/planification-orsec

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2007. *ORSEC Départemental – Disposition Spécifique – Plan Particulier d'Intervention (PPI) – Etablissements SEVESO « seuil haut », Mémento, Tome S.1.1.*, http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion-risques/planification-orsec

Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles, 2007. *Référentiel National – Compétences de Sécurité Civile – Premiers Secours en Equipe Niveaux 1 et 2*, http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_l_interieur/defense_et_securite_civiles/formation/nnfasc/osc/ocs-index/view

Direction de la Sécurité Civile, 2009. *Guide ORSEC Départemental – Dispositions Générales*, Tome G.2, http://www.interieur.gouv.fr

Direction de la Sécurité Civile, 2009. *Exercices de Sécurité Civile – Guide thématique sur les exercices PPI*, ISBN : 978-2-11-098558-3.

Dror, Y., 1988. Decision Making Under Disaster Conditions. in Comfort, L., ed., 1988. *Managing Disasters: Administrative and Policy Strategies*. Duke University Press: Durham, N.C.

Dumas, P., Charbonnel, G., 1989. *La méthode OSSAD, Tome 1*, Editions Organisation (Paris), ISBN : 2-7081-1209-0

Eriksson, K., 2009. Knowledge transfer between preparedness and emergency response: a case study. *Disaster Prevention and Management*, 18(2), 162 – 169, ISSN: 0965-3562

Emergency Management Australia, 2004. *Emergency Planning*, ISBN: 0-9750474-5-0

Falato, C.P., Smith, S.M., Kress, T, 2007. Local government involvement in disaster preparedness in the USA. *International Journal of Emergency Management*, 4(4), 575-583

Federal Aviation Administration, 2000. *System Safety Handbook*

Federal Aviation Administration, 2006. *National Airspace System – System Engineering Manual*

Federal Emergency Management Agency, 1993. *Emergency Management Guide for Business and Industry*, http://www.fema.gov/business/guide/index.shtm

Federal Emergency Management Agency, 1996. *Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning, State and Local Guide (SLG) 101*, http://www.fema.gov

Federal Emergency Management Agency, 2003. *Guidelines for HazMat/WMD response, Planning and Prevention Training*, http://www.usfa.dhs.gov/fireservice/subjects/hazmat//hmep.shtm

Federal Emergency Management Agency, 2003. *Principles of Emergency Management*, Independent Study Program IS 230, http://www.training.fema.gov/EMIWeb/IS

Federal Emergency Management Agency, 2009. *Developing and maintaining state, territorial, tribal and local government emergency plans*, http://www.fema.gov/about/divisions/cpg.shtm

Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers Français, 2002. *Guide d'intervention face au risque chimique, 2ème édition*, ISBN : 2-9511767-5

Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers Français, 2004. *Sapeur-pompier Volontaire 2ème classe : Schéma National de Formation des Sapeurs-Pompiers Volontaires*, Editions Vagnon, ISBN-10 : 2857253605

Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers Français, 2005. *Sapeur-pompier Volontaire Sergent : Schéma National de Formation des Sapeurs-Pompiers Volontaires*, Editions Du Plaisancier, ISBN-10 : 2857254942

Fiedrich, F., Gehbauer, F., Rickers, U., 2000. Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters. *Safety Science*, 35(2000), 41-57.

Fischer, H.W., 1998. The role of the new information technologies in emergency mitigation, planning, response and recovery. *Disaster Prevention and Management*, 7(1), 28-37.

Flaus, J.M., 2007. *Méthodologie FISE*, document interne G-SCOP/INPG

Flaus, J.M., 2008. A model-based approach for systematic risk analysis. *IMechE*, 222 (Part O: Risk and Reliability), 79-93

Flaus, J.M., Berthelier, E., Giannocaro, F., 2010. Modélisation de systèmes organisationnels pour l'analyse des défaillances : application au plan de sauvegarde communal. *8ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation – MOSIM '10 : 10-12 mai 2010, Hammamet, Tunisie.*

Franke, J., Charoy, F., Ulmer, C., 2010. A Model for Temporal Coordination of Disaster Response Activities. *Proceedings of the 7th International ISCRAL Conference: May 2-5, 2010, Seattle, USA*.

Gandon, F., 2002. Ontology engineering : a survey and a return on experience, *Institut de Recherche en Informatique et Automatique*, ISSN : 0249-6399

Garb, J.L., Cromley, R.G., Wait, R.B., 2007. Estimating populations at risk for disaster preparedness and response. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 4(1).

Giap, Q.H., Ploix, S., Flaus, J.M., 2009. Managing diagnosis processes with interactive decompositions. *Proceedings of the 5th IFIP Conference on Artificial Intelligence Applications & Innovations: April 23-25, 2009, Thessaloniki, Greece*, Springer.

Georgiadou, P.S., Papazoglou, I.A., Kiranoudis, C.T., Markatos, N.C., 2010. Multi-objective emergency response optimization for major accidents. *Journal of Hazardous Materials*, 178(2010), 792-803.

Glassey, O., Chapelet, J.M., 2002. *Comparaison de trois techniques de modélisation de processus : ADONIS, OSSAD et UML*. Working paper de l'IDHEAP 14/2002 (UER : Management public / Systèmes d'information).

Godard, O., Henry, C., Lagadec, P., Michel-Kerjan, E., 2002. *Traité des nouveaux risques*, Editions Gallimard, ISBN : 2-07-042103-1

Groupe d'Etudes de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques, 2001. *Guide méthodologique du GESIP pour l'élaboration du P.O.I. d'un site industriel, usine chimique, complexe pétrochimique – Rapport GESIP 96/01*

Groupe d'Etudes de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques, 2001. *Guide méthodologique du GESIP pour l'élaboration du Plan d'Opération Interne d'un établissement de stockage de produits inflammables (dépôt) ou d'un petit établissement industriel – Rapport n° 96/02 – Réédition 2001*

Groupe d'Etudes de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques, 2000. *Guide méthodologique du GESIP pour l'élaboration d'une courbe de montée en puissance – Rapport n° 96/03*

Gruber, T., 1993. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43, 907-928

Gruber, T., 1993. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220

Harding, T.W., et al., 2001. *Management des risques majeurs : des disciplines à l'interdisciplinarité,* programme plurifacultaire du Rectorat MRM, Université de Genève

Heuer, R.J., 1999. *Psychology of Intelligence Analysis*, U.S. Central Intelligence Agency, Center for the Study of Intelligence, https://www.cia.gov

Hubert, E., 2005. *Gouvernance et vulnérabilités de territoire péri-industriel: Méthodologie d'aide à la réflexion pour une maîtrise de l'urbanisation efficace et durable vis-à-vis du risque industriel majeur*. Thèse de Doctorat en Sciences et Génie de l'Environnement. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

International Electrotechnical Commission, 2003. *Functional Safety – Safety instrumented requirements for the process industry sector, IEC 61511*, ISBN: 2-8318-7683-4

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2002. *Handbook for Delegates*.

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2004. *Disaster Preparedness Training Program*.

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2007. *Disaster response and contingency planning guide*.

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2009. *World Disasters Report 2009: Focus on early warning, early action*, ISBN: 92-9139-142-5

International Standardization Organization, 2009. *Risk Management – Principles and Guidelines, ISO 31000:2009*

Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle, 2009. *L'analyse des risques – Fréquence des événements initiateurs d'accident*, ISSN: 2100-3874

Institute for Electrical and Electronics Engineers, 1997. *IEEE Guide for Incorporating Human Action Reliability Analysis for Nuclear Power Generating Stations, IEEE Std 1082-1997*.

Ishida, T., 2002. Q: A Scenario Description Language for Interactive Agents. *IEEE Computer*, 35(11), 42-47

Jackson B., 2008. *The Problem of Measuring Emergency Preparedness – The Need for Assessing "Response Reliability" as Part of Homeland Security Planning*, Rand Corporation, http://www.rand.org

Joly, C., Descourriere, S., Farret, R., Debray, B., 2006. *L'étude de dangers d'une installation classée*, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

Kaiser, W., Schindler, M., 1999. Precautions against industrial accidents: experience in applying the Seveso II Directive in central and eastern European countries. *Journal of Hazardous Materials*, 65(1999), 59-75

Kanno, T., Furuta, K., 2006. Resilience of Emergency Response Systems. *2nd Symposium on Resilience Engineering: November 8-10, 2006, Juan-les-Pins, France*, http://www.resilience-engineering.org/proceedings.htm

Karagiannis, G.M., Piatyszek, E., 2009. Conséquences des tremblements de terre et besoins opérationnels suivant une catastrophe sismique. *1er Colloque National « Gestion des Catastrophes Naturelles – Les Premières Heures »* : 13-14 novembre 2009, Patras, Grèce [en grec].

Karagiannis, G.M., Piatyszek, E., Flaus, J.M., 2010. Industrial emergency planning modeling: A first step towards a Robustness Analysis Tool. *Journal of Hazardous Materials*, 181(2010), 324-334

Karagiannis, G.M., Piatyszek, E., Flaus J.M., 2010. Robustness Analysis of Industrial Emergency Plans: a model-based methodology. Brebbia, C.A. (ed.), 2010. 7th International Conference on Computer Simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation – Risk Analysis 2010: September 13-15, 2010, Algarve, Portugal, WIT Press, ISBN: 978-1-84564-472-7.

Karagiannis, G.M., Piatyszek, E., Flaus, J.M., 2010. *Méthodologie pour l'analyse de robustesse des plans de secours industriels. Actes du 17e Congrès sur la Maitrise des Risques et Sûreté de Fonctionnement – λμ17 :* 5-7 octobre 2010, La Rochelle, France, ISBN : 2-35147-024-9.

Kendra, J., Rozdilsky, J., McEntire, D.A., 2008. Evacuating Large Urban Areas: Challenges for Emergency Management Policies and Concepts. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 5(1)

Kent, 1994. *Disaster preparedness, 2nd edition*, United Nations Disaster Management Training Program.

Kervern, G.Y., 1995. *Eléments fondamentaux des cindyniques*, Economica, ISBN : 2-7178-2756-0.

Kreps, G.A., 1973. *Decision Making under Conditions of Uncertainty: Civil Disturbance and Organizational Change in Urban Police and Fire Departments*, Report Series 13, University of Delaware, Disaster Research Center.

Lagadec P., 1991. *La gestion des crises : outils de réflexion à l'usage des décideurs*, McGraw Hill

Lagadec, P., 1996. *Cellules de crise : les conditions d'une conduite efficace*. Editions D'organisation

Lagadec, P., 2007. *Katrina : Examen des rapports d'enquête, Tomes 1 et 2*, Ecole Polytechnique – Centre National de la Recherche Scientifique, http://ceco.polytechnique.fr

Larken, J., Shannon, H., Strutt, J.E., Jones, B., 2001. *Performance indicators for the assessment of emergency preparedness in major accident hazards*, U.K. Health and Safety Institute, ISBN: 0-7176-2038-7

LeCoze, J.C., 2010. Accident in a French dynamite factory: an example of an organizational investigation. *Safety Science,* 48(2010), 80-90

Lindell, M.K., 1995. Assessing emergency preparedness in support to hazardous facility risk analyses: Application to siting a US hazardous waste incinerator. *Journal of Hazardous Materials*, 40(1995), 297-319.

Lissandre, M., 1990. *Maitriser SADT*, Armand Colin Editeur, ISBN : 2200-42022-6

Londiche, H., 2004. *Analyse des risques*, Document interne Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Mannan, S., 2005. *Lees' Loss Prevention in the Process Industries, Third Edition,* Volumes 1, 2 & 3, Elsevier, ISBN: 0-7506-7555-1

Margossian, N., 2007. *Le Règlement REACH – La réglementation européenne sur les produits chimiques*, DUNOD, ISBN : 978-2-10-051350-5.

Mayer, H., 2005. *First Responder Readiness: A systems approach to readiness assessment using model based vulnerability analysis techniques*. Master's thesis. U.S. Naval Postgraduate School

Mayer, R.J., Painter, M.K., deWitte, P.S., 1992. *IDEF Family of Methods for Concurrent Engineering and Business Re-engineering Applications*, Knowledge-Based Systems Inc.

McEntire, D.A., 2006. *Disaster Response and Recovery: Strategies and Tactics for Resilience*, Wiley, ISBN-13: 978-0-0471-78974-7

McEntire, D.A., 2005. *Disaster Response Operations and Management – Instructor's Guide*, Federal Emergency Management Agency.

Mileti, D.S., Peek, L., 2000. The social psychology of public response to warning of a nuclear power plant accident. *Journal of Hazardous Materials*, 75(2000), 181-194.

Mileti, D.S., Sorensen, J.H., Brien, P.W., 1992. Toward an Explanation of Mass Care Shelter Use in Evacuations. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 10(1), 25-42.

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables, 2007. *Le plan de prévention des risques technologiques (PPRT) – Guide méthodologique*.

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, 2007. *Les risques majeurs – Dossiers d'information*.

Moriyama, T., Ohtani, H. 2009. Risk assessment tools incorporating human error probabilities in the Japanese small-sized establishment. *Safety Science*, 47(2009), 1379-1397

National Aeronautics and Space Administration, 1999, *System Safety Handbook*, DHB-S-001.

National Aeronautics and Space Administration, 2007. *Systems Engineering Handbook*, NASA/SP-2007-6105.

National Association of Emergency Medical Technicians, 2007. *Pre-Hospital Trauma Life Support, 6th edition*, Mosby, ISBN: 978-0-323-03331-2

National Fire Protection Association, 2000. *Standard for Industrial Fire Brigades, NFPA 600*

National Fire Protection Association, 2002. *Standard on Emergency Services Incident Management System, NFPA 1561*

National Fire Protection Association, 2002. *Standard for Low-, Medium-, and High Expansion Foam, NFPA 11*

National Fire Protection Association, 2007. *Standard on Disaster/Emergency Management and Business Continuity Programs, NFPA 1600*

Noran, O., 2004. UML vs. IDEF: An Ontology-Oriented Comparative Study in View of Business Modelling. *Proceedings of the 6th International Conference on Enterprise Information Systems, Porto, Portugal, April 14-17, 2004* : (3) 674-682

O'Mahony, M., Doolan, D., O'Sullivan, A., Hession, M., 2008. Emergency Planning and the Control of Major Accident Hazards (COMAH/Seveso II) Directive: An approach to determine the public safety zone for toxic cloud releases. *Journal of Hazardous Materials*, 154(2008), 335-365

Lcl. Pandele, P., 1998. *Gestion Opérationnelle et Commandement – la méthode de raisonnement tactique d'état – major niveau 1 (CODIS et PC de site en phase 2 et 3)*, Ecole Nationale Supérieure des Officiers des Sapeurs – Pompiers, ISBN : 2-11-090954-4

Lcl. Pandele, P., 1998. *Gestion Opérationnelle et Commandement – Le poste de commandement du chef de site*, Ecole Nationale Supérieure des Officiers des Sapeurs – Pompiers, ISBN : 2-11-090962-5

Lcl. Pandele, P., 1998. *Gestion opérationnelle et commandement – Le chef de groupe*, Ecole Nationale Supérieure des Officiers des Sapeurs – Pompiers, ISBN : 2-11-090956-0

Pavard, B., Dugdale, J., Saoud, N.B., Darcy, S., Salembier, P., Design of robust socio – technical systems. *2nd Symposium on Resilience Engineering: November 8-10, 2006, Juan-les-Pins, France,* http://www.resilience-engineering.org/proceedings.htm

Perillhon, P., 2007. *La Gestion des Risques – Méthode MADS MOSAR II – Manuel de mise en œuvre*, Les éditions démos, ISBN : 978-2-915647-38-9

Quarantelli, E.L., 1983. People's reactions to emergency warnings. *Dam Safety Conference: August 23-24, 1983, Carleston West Virginia,* http://dspace.udel.edu:8080/dspace/handle/19716/35

Quarantelli, E.L., 1990. *The Warning Process and Evacuation Behavior: The Research Evidence*, Preliminary Paper 148, Disaster Research Center, Atlanta.

Quarantelli, E.L., 1995. *Emergent behaviors and groups in times of disasters*, Preliminary Paper 226, Disaster Research Center, Atlanta.

Ramsay, C., 1999. Protecting your business: from emergency planning to crisis management. *Journal of Hazardous Materials*, 65(1999), 131-149

Rigas, F., 2005. *Sécurité Industrielle*, Papasotiriou (Athènes), ISBN: 960-7530-65-9 [en grec]

Rigas, F., Sklavounos, S., 2004. Major Hazards Analysis for Populations Adjacent to Chemical Storage Facilities. *Process Safety and Environmental Protection*, 82(B5), 341-341.

Reason, J.T., 1990. *Human Error*, Cambridge University Press.

Rockett, J.P., 1994. A Constructive Critique of United Kingdom Emergency Planning. *Disaster Prevention and Management*, 3(1), 47-60.

Ross, D.T., 1977. Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 3(1), 16-34.

Simon, H., 1981. *The Sciences of the Artificial*, MIT Press.

Sohier, A., 2002. *A European Manual for "Off-Site Emergency Planning and Response to Nuclear Accidents"*, Belgian Nuclear Research Center, ISBN: 90-76971-06-4

Sorensen, J.H., Shumpert, B.L., Vogt, B.M., 2004. Planning for protective action decision making: evacuate or shelter-in-place. *Journal of Hazardous Materials*, A109(2004), 1-11

Sorensen, J.H., Mileti, D.S., 1988. Warning and Evacuation: Answering some basic Questions. *Industrial Crisis Quarterly*, 2(1988), 195-209.

Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz, 2000. *Führung und Leitung im Einsatz – Führungssystem, DV 100*

Stamatelatos, M., 2002. *Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners, Version 1.1*, NASA Office of Safety and Mission Assurance

Stamatelatos, M., Vesely, W., 2002. *Fault Tree Handbook with Aerospace Applications, Version 1.1*, NASA Office of Safety and Mission Assurance

Schroll, C., 2002. *Industrial Fire Protection Handbook*, CRC Press, ISBN: 1-58716-058-7

Sphrere Project, 2004. *Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Response*, The Sphere Project, ISBN: 92-9139-097-6.

Suh, N.P., 2001. *Axiomatic Design: Advances and Applications*, Oxford University Press.

Swain, A.D., Guttman, H.E., 1983. *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear plant applications*, NUREG/CR-1278, U.S. Nuclear Regulatory Commission.

Swanson, M., Wohl, A., Pope, L., Grance, T., Hash, J., Thomas, R., 2002. *Contingency Planning Guide for Information Technology Systems*, National Institute of Standards and Technology/U.S. Departmet of Commerce.

Thevenon, L., Flaus, J.M., 2000. Modular representation of complex hybrid systems: application to the simulation of batch processes. *Simulation Practice and Theory*, 8(5), 283-306.

Thivel, P.X., Bultel, Y., Delpech, F., 2007. Risk analysis of a biomass combustion process using MOSAR and FMEA methods. *Journal of Hazardous Materials*, 151(2008), 221-231

Vesely, W.E., Goldberg, F.F., Roberts, N.H., Hassl, D.F., 1981. *Fault Tree Handbook*, NUREG -0492, U.S. Nuclear Regulatory Commission

Villemeur, A., 1988. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Editions Eyrolles.

Union des Industries Chimiques, 1981. *Les cahiers de sécurité, cahier n°3 : L'analyse par arbre des causes*.

United Nations Development Program, 1992. *An Overview of Disaster Management*, United Nations Disaster Management Training Program.

United Nations Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), 2004. *Living with Risk – A global review of disaster reduction activities, Volumes I &II*, ISBN: 92-1-101050-0

Urbanik, T., 2000. Evacuation time estimates for nuclear power plants. *Journal of Hazardous Materials*, 75(2000), 165-180

U.K. Ministry of Defence, 2007. *Safety Management Requirements for Defence Systems – Part 1: Requirements, Defence Standard 00-56*

U.K. Ministry of Defence, 2007. *Safety Management Requirements for Defence Systems – Part 2: Guidance for Establishing a Means of Complying with Part 1, Defence Standard 00-56*

U.S. Air Force Space and Missiles Center, 2004. *SMC Systems Engineering Primer and Handbook: Concepts, Processes and Techniques, Second Edition*

U.S. Department of the Army, 1997. *Staff Organization and Operations, FM 101-5*

U.S. Department of the Army, 1998. *Risk Management, FM 100-14*

U.S. Department of the Army, 2001. *Tactics, FM 3-90*

U.S. Department of the Army, 2003. *Mission Command: Command and Control of Army Forces, FM 6-0*

U.S. Department of the Army, 2005. *Army Planning and Orders Production, FM 5-0*

U.S. Department of Defense, 1980. *Military Standard – Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, MIL-STD-1629A*

U.S. Department of Defense, 1993. *Standard Practice for Systems Safety, MIL-STD-882D*

U.S. Department of Defense, 2001. *Systems Engineering Fundamentals*, Defense Acquisition University Press.

U.S. Environmental Protection Agency, Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Transportation, 1987, *Technical Guidance for Hazards Analysis – Emergency Planning for Extremely Hazardous Substances*

U.S. National Response Team, 2001. *Hazardous Materials Emergency Planning Guide*, http://www.nrt.org/Production/NRT/NRTWeb.nsf/PagesByLevelCat/Level3GeneralNRTPublications?Opendocument

U.S. White House, 2006. *The Federal Response to Hurricane Katrina – Lessons Learned*, http://georgewbush-whitehouse.archives.gov/reports/katrina-lessons-learned/

Vallee, A., 2004. *Natech disasters risk management in France*, Accidental Risk Division, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, http://hal-ineris.ccsd.cnrs.fr/docs/00/16/02/98/PDF/vallee-2004-225.pdf

Wenger, D., Friedman, B., 1986. Local and national media coverage of disaster: a content analysis of the print media's treatment of disaster myths. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 4(1986), 27-50

Wybo, J.L., 2008. The role of simulation exercises in the assessment of robustness and resilience of private or public organizations. *Urban Structures under Multi-Hazard Threats: Lessons of 9/11 and Research Issues for Urban Future Work – NATO series*, Springer

[Cette page a été intentionnellement laissée vide]

# Annexes

# Annexe 1 : Modèle structuro-fonctionnel du dispositif d'intervention face à un accident industriel majeur

Ce modèle a été construit en utilisant une méthode de modélisation de processus industriels et en s'appuyant sur des guides de plans de secours génériques et industriels (FEMA, 1993 ; FEMA, 1996 ; FEMA, 2009 ; U.S. NRT, 2001 ; DDSC, 2006 ; DDSC, 2007 ; DSC, 2009 ; EMA, 2004 ; GESIP, 2001 ; IFRC, 2007 ; NFPA, 2007 ; U.S. Army, 2005 ; U.S. EPA, 1987), sur la littérature (Auf Der Heide, 1989 ; Alexander, 2002 ; Mannan, 2005 ; McEntire, 2006) et sur un nombre de plans existants, dont le POI et le PPI du site de Sanofi-Aventis à Vertolaye (63), le POI de la plate-forme chimique du Pont-de-Claix (38), le PPI du site de SNF à Andrézieux-Bouthéon (42), le PPI nucléaire du port militaire de Toulon (83) et le PPI du barrage de Saint-Cassien (06). Il a été validé par des professionnels du métier de la gestion des risques industriels et de la Sécurité Civile. Dans la modélisation des plans de secours industriels en utilisant la méthode FIS, chaque activité générique qui est (ou doit être) définie par le plan est représentée par un processus. La structure est ensuite construite en mettant en place les interactions entre les processus. Enfin, les ressources nécessaires à l'implémentation de chaque action, ainsi que leurs supports correspondants, sont identifiés et ajoutés dans le modèle (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010).

Trois systèmes majeurs sont considérés dans le modèle FIS de la réponse aux accidents industriels majeurs en mettant en œuvre des plans de secours industriels définis dans la Directive SEVESO II (fig. 37). Chacun de ces trois systèmes (correspondant à l'installation industrielle, son environnement et le PPI respectivement) est décomposé en sous-systèmes, en suivant le principe de décomposition FIS. Les entrées et les sorties représentent les flux d'information (communication), des personnes importants pour l'intervention ou des actions sur une entité (par exemple des actions de réponse d'urgence).

## Système ENV : ENVIRONNEMENT

Ce système représente l'environnement du site industriel. Il comporte les personnes, les biens et l'environnement naturel situés autour du site, mais aussi les collectivités territoriales, les sites industriels avoisinants, les sociétés privées spécialisées font aussi partie de l'environnement de l'installation. L'environnement va jouer un rôle important sur la gestion de la crise, comme il définit le cadre de l'intervention, mais aussi les besoins de communications, les risques supplémentaires (par exemple une explosion provoquant un mouvement de terrain), le potentiel d'effets dominos etc.

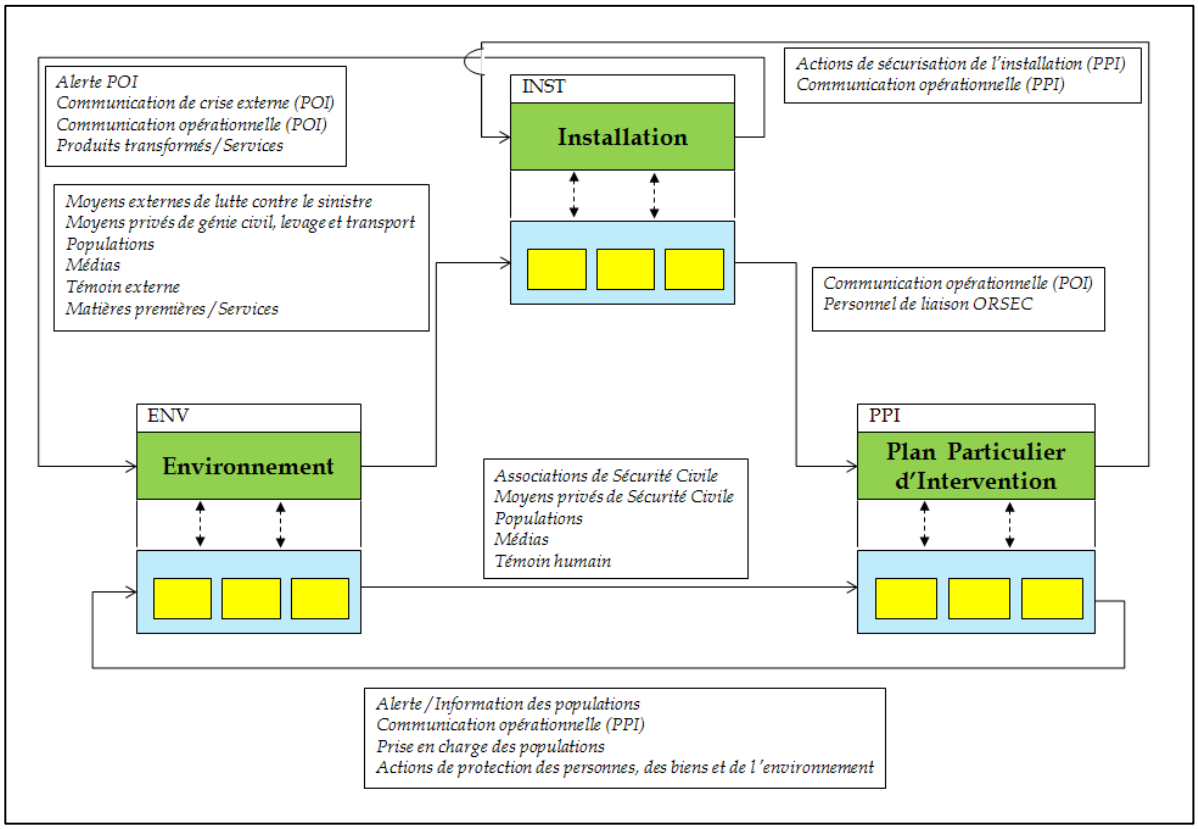


**Figure 37 :** Modèle structurel-fonctionnel du dispositif d'intervention d'urgence face aux accidents industriels majeurs (Karagiannis, Piatyszek & Flaus, 2010)

L'environnement de l'installation industrielle peut être représenté de manière structurelle comme dans la figure 38. Les infrastructures, les collectivités territoriales, les emplacements des services d'urgence, les établissements critiques, les établissements des services de l'état et les enjeux spéciaux apparaissent sur ce schéma. La localisation de ces structures par rapport au site industriel, et la topographie générale vont définir le cadre de l'intervention.

De plus, l'environnement de l'installation peut être perçu du point de vue des acteurs concernés (fig. 39). Sur ce schéma apparaissent les décideurs (autorités nationales et départementales, les Maires), les services spécialisés (Police, Gendarmerie, Sapeurs-Pompiers publics, SAMU), les gestionnaires (services déconcentrés de l'état, associations, entreprises, gestionnaires de réseaux), les médias (locaux et/ou nationaux, presse écrite et/ou audiovisuelle), mais aussi la population. Les interactions entre l'installation et ces acteurs, mais aussi les interactions entre les acteurs eux-mêmes vont agir sur la gestion de la crise qui va suivre l'accident industriel.

Il aurait été possible de représenter l'environnement en autant de systèmes qu'il y a d'acteurs, mais ceci aurait fortement alourdi la figure 4 et surchargé ce schéma de flèches

(et donc la représentation d'interactions, sans forcement contribuer à la qualité de l'analyse).

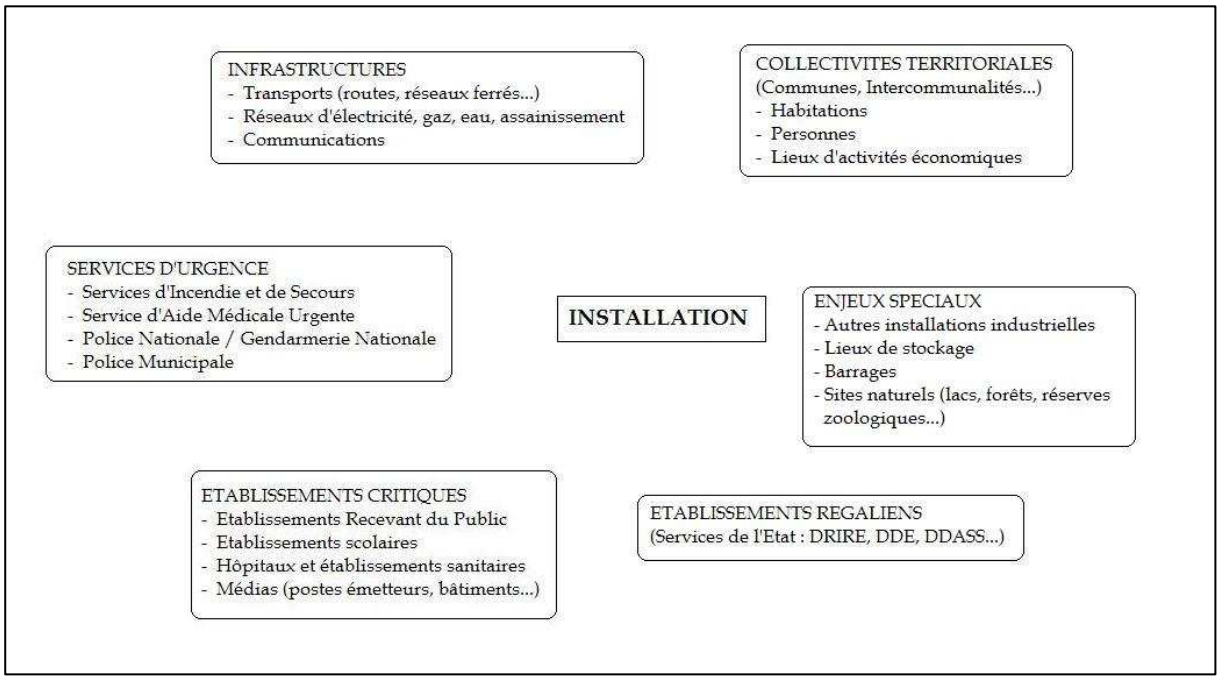


**Figure 38 :** Représentation structurelle de l'environnement de l'installation industrielle (adapté depuis FEMA, 2003)

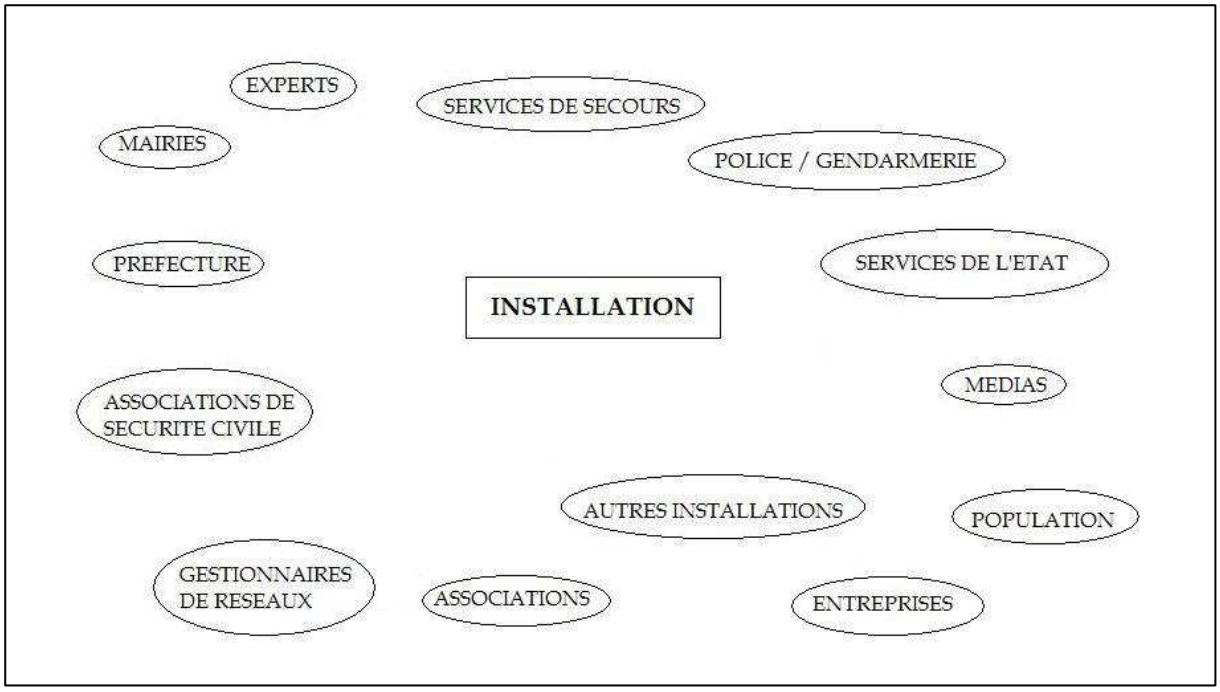


**Figure 39 :** Représentation de l'environnement de l'installation industrielle du point de vue des acteurs impliqués

## Système INST : INSTALLATION

Ce système correspond au site industriel lui – même. La fonction principale de toute installation industrielle est la production des produits finis ou intermédiaires, à partir de matières premières ou d'autres produits intermédiaires. De plus en plus, la sécurité est une préoccupation majeure des installations industrielles. De plus, les installations classées SEVESO II « seuil haut » sont soumises à des règles particulières en ce qui concerne la sécurité des installations. Entre autres, elles sont obligées de mettre en œuvre des plans de gestion d'accidents industriels majeurs, appelés « plans d'urgence internes » dans le jargon de la directive SEVESO II de l'Union, Européenne, ou « Plans d'Opération Interne » dans le jargon de la législation française dite Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Ce système comporte deux fonctions principales, et peut ainsi être décomposé en deux sous-systèmes (fig. 40) :

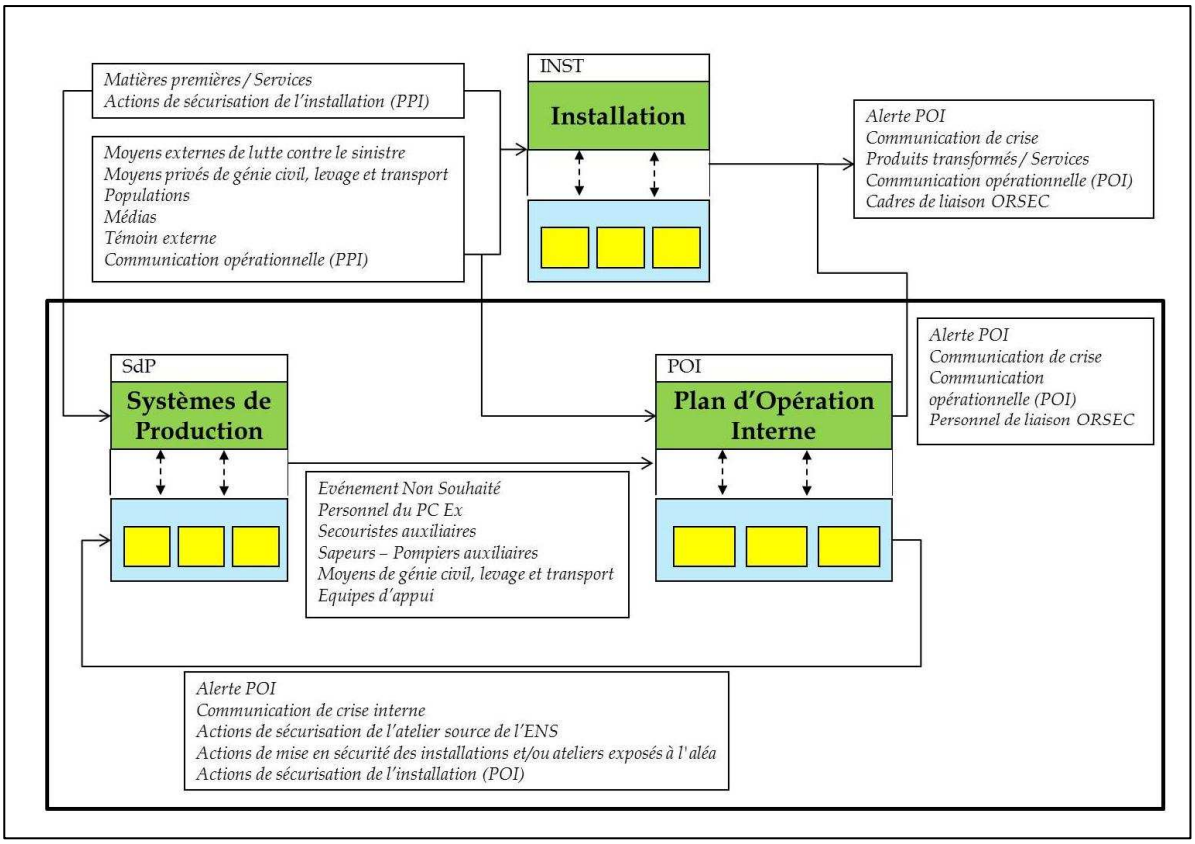


**Figure 40 :** Modèle structuro-fonctionnel d'une installation industrielle dans le cadre de la réponse aux accidents industriels majeurs

- Le sous-système SYSTEMES DE PRODUCTION, qui représente les activités de production de produits et/ou de services de l'installation. Ce système ne sera pas

développé en plus de détail, vu que l'objectif de ce travail porte sur les plans de secours industriels.

- Le sous-système PLAN D'OPERATION INTERNE, qui représente le dispositif mis en place en interne d'un site industriel afin de gérer les accidents industriels majeurs.

Cette décomposition sert un double objectif. En premier lieu, l'analyse est centrée sur le Plan d'Opération Interne, tout en prenant en compte les activités de production de l'installation industrielle. Comme l'objectif de l'analyse est d'évaluer la robustesse de l'intervention basée sur la mise en œuvre du plan de secours, seul le système PLAN D'OPERATION INTERNE est décomposé au-delà de ce niveau. Le deuxième objectif de la décomposition du système INSTALLATION est d'illustrer les interactions entre les activités de production de l'installation industrielle et le dispositif mis en place par le POI. Par exemple, les accidents industriels majeurs imposent souvent une modification du mode d'opération ou même l'arrêt d'une partie ou de toutes les activités de l'installation. Dans ce cas, les informations nécessaires (ordres) doivent être données par le Poste de Commandement Exploitant (PC Ex) vers les centres d'activité concernés (par exemple les ateliers de l'installation), afin de maintenir un contrôle de l'installation efficace. Ce flux d'information est un exemple type de l'interaction entre ces deux sous-systèmes.

## Système SdP : Systèmes de Production

Ce système correspond à la fonction principale du site industriel chimique (la production des produits finaux ou intermédiaires). Vu que l'objectif de ce travail de recherche est l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels et s'intéresse donc à l'analyse du système *Installation* en situation accidentelle, cette fonction sera modélisée en tant que « boite-noire » et ne sera pas plus détaillée (fig. 41). L'événement non souhaité, déclencheur de la mise en œuvre du dispositif prescrit par le POI, est un sous – produit de ce système.

## Système POI : PLAN D'OPERATION INTERNE

Ce système représente le POI lui6même, c'est-à-dire le dispositif mis en place au préalable afin de gérer les situations d'urgence qui se produisent dans les limites de l'installation et qui peuvent entrainer des dommages graves aux personnes, aux biens et à l'environnement. Ce système comporte toutes les fonctions du POI et les ressources et supports nécessaires pour sa mise en œuvre.

# SdP : Systèmes de Production

**Inputs**

- Actions de sécurisation de l'atelier source de l'ENS
- Actions de sécurisation de l'installation (POI)
- Actions de mise en sécurité des installations et/ou ateliers exposés à l'aléa
- Communication de crise interne
- Matières premières / Services
- Alerte POI
- Actions de sécurisation de l'installation (PPI)
- Enregistrements du sinistre
- Ordre de mise à l'arrêt des ateliers ou de modification de leur fonctionnement (POI-Exploitation)

**Fonctions**

**Ressources**

H.INST.1 : Personnels

O.INST.1 : Procédures / Processus de l'installation

T.INST.1 : Moyens techniques

**Sous-sytèmes**

**Outputs**

- Personnels du PC EX
- Sapeurs-Pompiers auxiliaires
- Secouristes auxiliaires
- Evénement Non Souhaité
- Equipes d'appui
- Moyens de génie civil, levage et transport
- Produits transformés / Services

**Figure 41 :** Modèle boite-noire du système SdP : SYSTEMES DE PRODUCTION

Le Plan d'Opération Internes constitue la base de la gestion des accidents industriels majeurs à l'intérieur du site industriel. Il est rédigé par l'exploitant et définit les modalités de la gestion des accidents : la hiérarchie, les personnes compétentes, les moyens privilégiés, l'organisation interne, les communications. Ce système a été décomposé en 5 fonctions, qui sont illustrées sur la fig. 42 et décrites dans les paragraphes suivants.

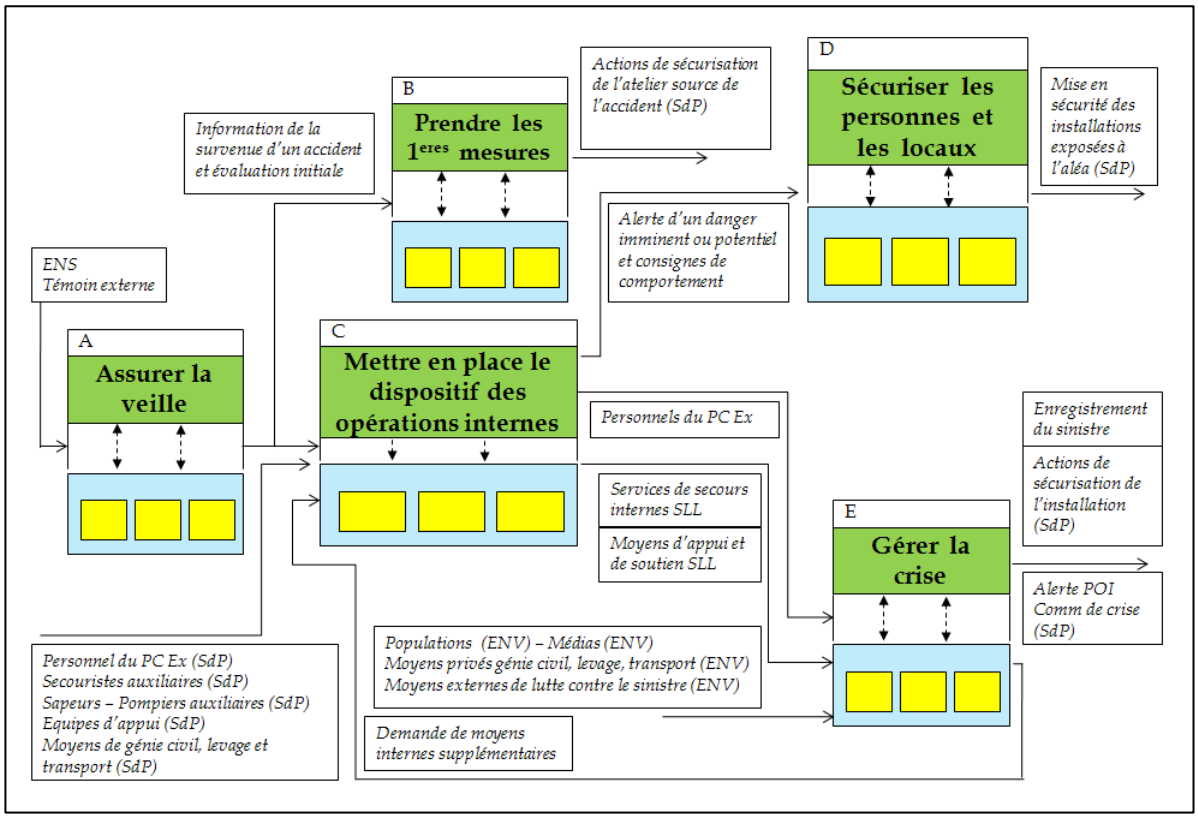


**Figure 42 :** Modèle structuro-fonctionnel d'un Plan d'Opération Interne

## Fonction A : ASSURER LA VEILLE

Il s'agit de la détection de la survenue d'un Evénement Non Souhaité qui a déjà ou qui peut entrainer des dommages aux personnes, aux biens et à l'environnement (par exemple incendie ou fuite de matières dangereuses). La détection peut être effectuée par un ou plusieurs dispositifs technologiques de détection automatique (par exemple automate d'appel), par un ou plusieurs témoins humains, ou par une combinaison de ces deux mécanismes. Cette fonction comporte la localisation du phénomène, une évaluation de l'intensité perçue, et de son étendue. Dans le cas d'un témoin humain ou de l'existence d'un dispositif de surveillance en temps réel (par exemple caméras de surveillance), elle peut aussi comporter une évaluation (plus ou moins préliminaire) des dégâts subis (dommages matériels, personnes blessées, éventuellement morts, nuages des gaz…). Cette

fonction fait partie de la phase d'alerte du POI et constitue l'amont du déclenchement du POI. Le modèle boite-noire de cette fonction est illustré sur la fig. 43.

## Fonction B. PRENDRE LES 1ères MESURES

Une fois qu'un Evénement Non Souhaité potentiellement dangereux est identifié comme tel, les agents sur place doivent prendre les 1ères mesures qui visent à assurer leur propre sécurité. Ces mesures peuvent comprendre des actions simples qui visent à éviter la propagation de l'accident (par exemple, fermeture d'une vanne ou d'un circuit, extinction d'un petit foyer à l'aide des extincteurs) mais aussi une évacuation des lieux sinistrés et l'établissement d'un périmètre de sécurité autour de la zone de danger. Une fois la sécurité des agents assurée, ils peuvent agir pour sécuriser les lieux et assister les services de secours internes, par exemple en dirigeant les engins de secours vers les lieux du sinistre. Le schéma de la figure 44 montre le modèle « boîte-noire » de cette fonction.

## Fonction C. METTRE EN PLACE LE DISPOSITIF DES OPERATIONS INTERNES

Cette fonction représente la mobilisation du dispositif précisé dans le POI. C'est une fonction essentielle pour le déroulement des opérations internes, comme elle définit les moyens qui seront mis en œuvre pour lutter contre le sinistre, pour gérer la crise, mais aussi pour l'autoprotection des personnels travaillant dans le site industriel. Conformément aux dispositions du POI, l'appel d'urgence arrive à une structure adaptée de l'installation, et est ensuite répercuté vers les autres acteurs de gestion de crise à l'intérieur du site. Suivant le principe de décomposition fonctionnelle de la méthode FIS, le système C. Mettre en place le dispositif des opérations internes est décomposé en 5 sous-systèmes. Cette décomposition est présentée par le schéma de la figure 45.

## Sous-fonction C1 : ALERTER LE CTA INTERNE

Cette fonction correspond à l'alerte passée au CTA interne. L'émetteur de l'alerte peut être le témoin qui a observé l'incident, le dispositif de détection automatique, ou une combinaison de ces deux mécanismes. Dans le cas d'un témoin humain, une ligne téléphonique est dédiée aux appels d'urgence internes et une ligne externe sert à accueillir les appels externes. Dans le cas du dispositif de détection automatique, un signal électrique va indiquer la survenue d'une situation anormale.

# A : Surveiller l'incident

**Fonctions**

A : Surveiller l'incident

**Ressources**

H00 : Témoin externe
H01 : Agents sur place
H02 : Ingénieur processus
I01 : Information sur la survenue d'un accident
O01 : Consignes de sécurité
T01 : Dispositif automatique de détection

**Inputs**

- ENS
- Témoin externe

**Outputs**

- Information de la survenue d'un accident et évaluation initiale

**Sous-systèmes**

**Figure 43 :** Modèle boite-noire de la fonction A : SURVEILLER L'INCIDENT

# B : Prendre les 1ères mesures

**Fonctions**

B : Prendre les 1ères mesures

**Ressources**

| |
|---|
| H01 : Agents sur place |
| H02 : Ingénieur processus |
| I01 : Information sur la survenue d'un accident |
| O01 : Consignes de sécurité (hors POI) |
| T02 : Equipements de protection individuelle sur place |
| T03 : Equipements de secours sur place |

**Inputs**

• I.B.1 : Information de la survenue d'un accident ou ENS et évaluation initiale

**Outputs**

• O.B.1 : Actions de sécurisation de l'atelier source de l'accident ou ENS

**Sous-systèmes**

**Figure 44 :** Modèle boite-noire de la fonction B : PRENDRE LES 1ères MESURES

Le CTA interne peut être une structure dédiée au traitement des appels d'urgence ou un poste de garde général de l'installation. Cette fonction peut être attribuée à des structures différentes en fonction des heures (ouvrées et non ouvrées). En plus, les appels en provenance de l'extérieur peuvent souvent passer aussi par un intermédiaire en plus : le standard de l'installation.

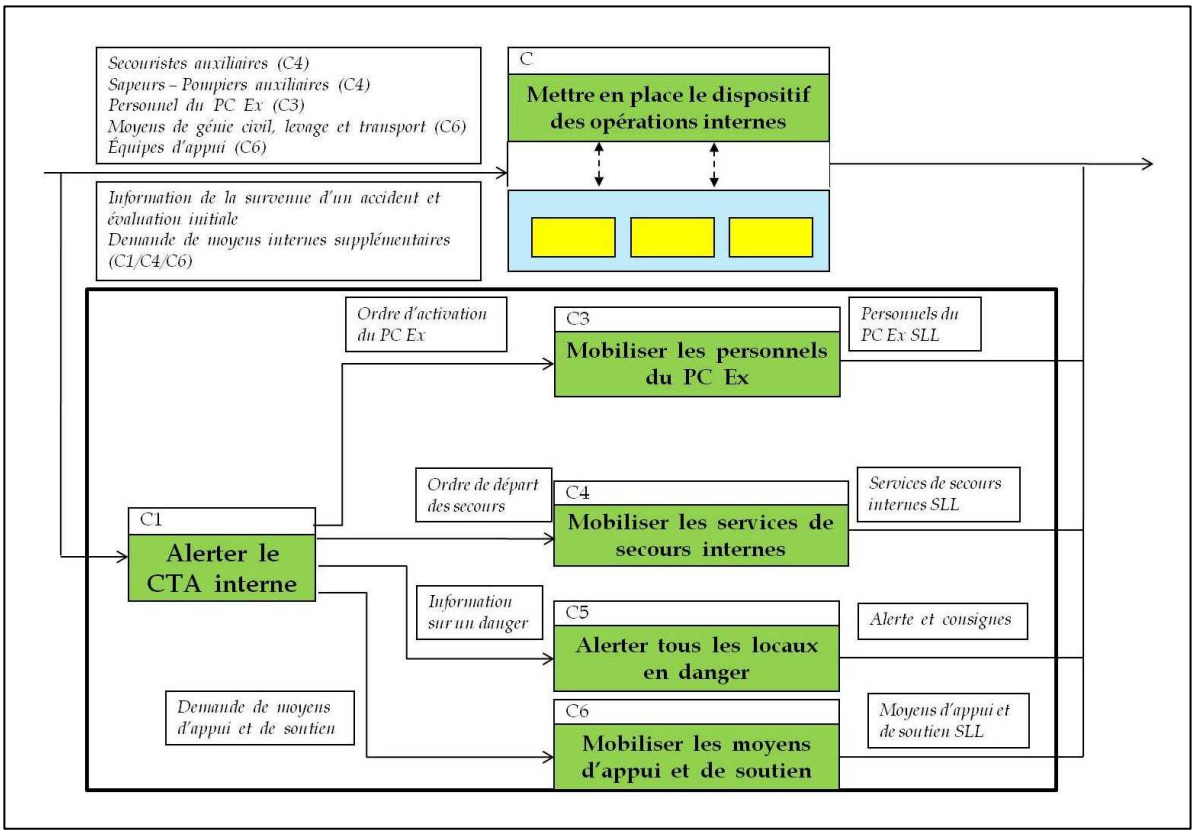


**Figure 45 :** Modèle structuro-fonctionnel de la mise en place du dispositif des opérations internes

Le CTA interne peut être une structure dédiée au traitement des appels d'urgence ou un poste de garde général de l'installation. Cette fonction peut être attribuée à des structures différentes en fonction des heures (ouvrées et non ouvrées). En plus, les appels en provenance de l'extérieur peuvent souvent passer aussi par un intermédiaire en plus : le standard de l'installation.

Une fois l'alerte reçue au CTA interne, les informations doivent être enregistrées et exploitées de manière à permettre une mobilisation rapide et adaptée du dispositif des opérations internes. Dans le cas d'une alerte provenant d'un dispositif automatique, les informations techniques de base sur la nature de l'événement sont transmises au CTA interne directement, et les agents au poste de garde doivent suivre une procédure adaptée pour confirmer l'incident et avoir éventuellement des informations complémentaires. Dans le cas d'un témoin humain, l'appel doit être pris en charge, et l'agent du CTA interne

recevant l'appel doit interroger l'appelant dans le but d'obtenir le plus rapidement possible, les informations nécessaires qui permettront une mobilisation adaptée des services de secours internes à l'établissement. Le schéma de la figure 47 montre le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction.

## Sous-fonction C2 : MOBILISER LES PERSONNELS DU PC Ex

Si la gravite et/ou la cinétique de l'accident nécessitent la mise en œuvre du dispositif POI, le CTA interne devra appeler les personnels du PC Ex. Ces personnels (des cadres de l'entreprise) sont informés de la situation par téléphone, par beeper ou par un autre moyen désigné dans le POI. Une fois informés, ils quittent leur travail et rejoignent les locaux du PC Ex. Le schéma de la figure 48 montre le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction.

Cette sous-fonction est encore décomposée en deux étapes (voir fig. 46). Ces étapes ont les mêmes ressources et supports que la sous-fonction parent. L'ordre d'activation du PC Ex est envoyé par le CTA interne vers les personnels du PC Ex d'astreinte. Ces personnels reçoivent l'ordre d'activation et quittent leur travail, afin de se déplacer vers les locaux du PC Ex. Le PC Ex est activé une fois un minimum de personnels en place.

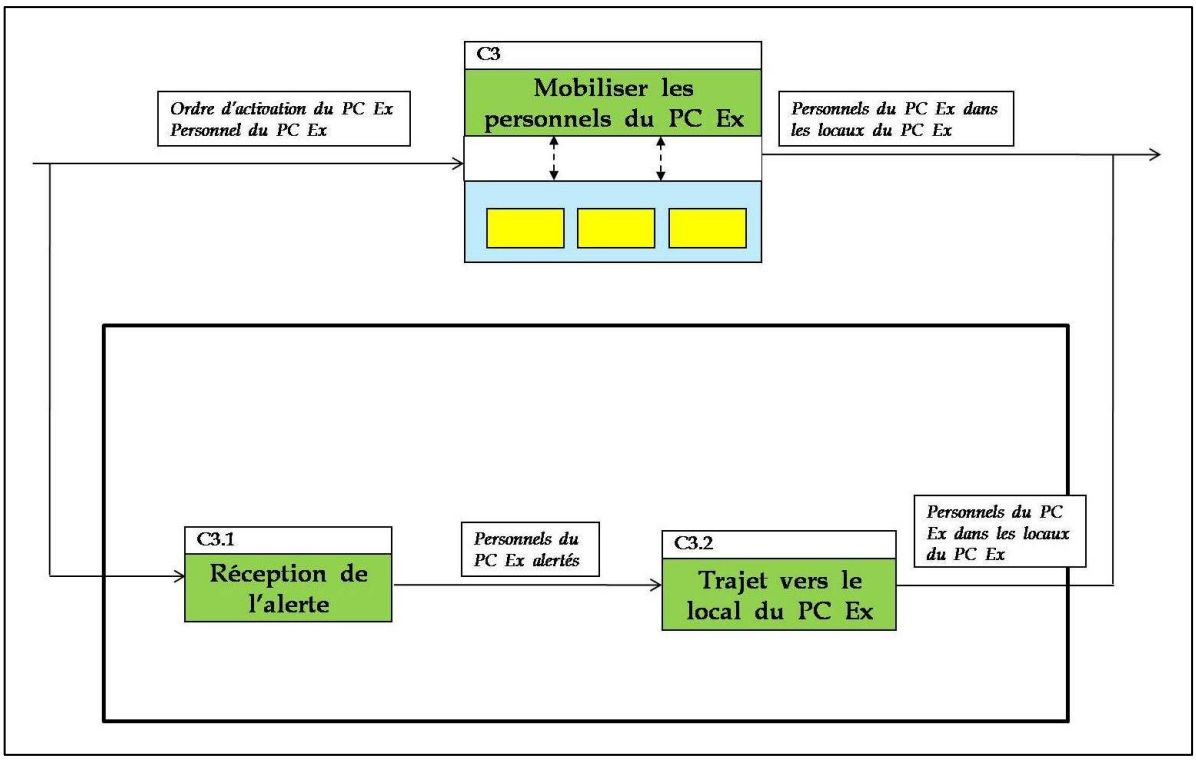


**Figure 46 :** Modèle structuro-fonctionnel de la mobilisation des personnels du PC Ex

# C1 : Alerter le CTA interne

**Fonctions**

C1 : Alerter le CTA interne

**Ressources**

H01 : Agents sur place
H02 : Ingénieur processus
H03 : Personnels du CTA interne
I01 : Information sur la survenue d'un accident
O02 : Procédure d'alerte POI
T04 : Téléphone GSM
T05 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe)
T06 : Dispositif automatique d'alerte
T07 : Local CTA interne

**Inputs**

- Information de la survenue d'un accident et évaluation initiale
- Demande de moyens internes supplémentaires

**Outputs**

- Information sur l'événement

**Sous-systèmes**

**Figure 47 :** Modèle boite-noire de la fonction C1 : ALERTER LE CTA INTERNE

# C2 : Mobiliser les personnels du PC Ex

**Fonctions**

C2 : Mobiliser les personnels du PC Ex

**Ressources**

| |
|---|
| H.C2.2 : Personnels du PC Ex |
| H03 : Personnels du CTA interne |
| I03 : Ordre de mobilisation des personnels du PC Ex |
| O02 : Procédure d'alerte POI |
| O03 : Astreintes PC Ex |
| T04 : Téléphone GSM |
| T05 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe) |
| T09 : Beeper |
| T10 : Radio VHF/UHF/digital |

**Inputs**

- Ordre d'activation du PC Ex
- Personnel du PC Ex

**Outputs**

- Personnel du PC Ex dans les locaux du PC Ex

| Sous-systèmes |
|---|
| C2.1 : Réception de l'alerte |
| C2.2 : Trajet vers le local du PC Ex |

**Figure 48 :** Modèle boite-noire de la fonction C2 : MOBILISER LES PERSONNELS DU PC Ex

# C3 : Mobiliser les services de secours internes

**Fonctions**

C3 : Mobiliser les services de secours internes

**Ressources**

| |
|---|
| C3.2.H.C4.2.2 : Sapeurs-Pompiers auxiliaires |
| C3.2.H.C4.2.3 : Secouristes auxiliaires |
| C3.4.H.C3.4.1 : Secouristes |
| C3.4.H.C3.4.2 : Sapeurs-Pompiers |
| H03 : Personnels du CTA interne |
| H04 : Sapeurs - Pompiers |
| H05 : Secouristes |
| I04 : Ordre de mobilisation des services de secours internes |
| O02 : Procédure d'alerte POI |
| O04 : Astreintes Sapeurs-Pompiers auxiliaires |
| O05 : Astreintes Secouristes auxiliaires |
| T04 : Téléphone GSM |
| T05 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe) |
| T06 : Dispositif automatique d'alerte |
| T09 : Beeper |
| T10 : Radio VHF/UHF/digital |
| T11 : Local Incendie |
| T12 : Moyens des services de secours |

**Inputs**

- Ordre de départ des secours
- Sapeurs - Pompiers auxiliaires
- Secouristes auxiliaires
- Demande de moyens internes supplémentaires

**Outputs**

- Services de secours internes SLL

| Sous-systèmes |
| --- |
| C3.1 : Ordre de départ des secours |
| C3.2 : Réception de l'alerte |
| C3.3 : Equipement |
| C3.4 : Départ des secours |
| C3.5 : Trajet vers le lieu de la mission |

**Figure 49 :** Modèle boite-noire de la fonction C3 : MOBILISER LES SERVICES DE SECOURS INTERNES

## Sous-fonction C3 : MOBILISER LES SERVICES DE SECOURS INTERNES

Si la gravite et/ou la cinétique de l'accident nécessitent la mise en œuvre du dispositif POI, le CTA interne devra mobiliser les services de secours internes. Normalement, une équipe sera envoyée sur les lieux tout de suite après la réception de l'alerte. Elle fera les reconnaissances et fera appel, si nécessaire, à des renforts, via le CTA interne. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est montrée sur le schéma de la fig. 49. De manière à mieux représenter la procédure de mobilisation des services de secours internes en cas d'incident nécessitant une intervention d'urgence, cette sous-fonction est encore décomposée en cinq étapes (voir fig. 50).

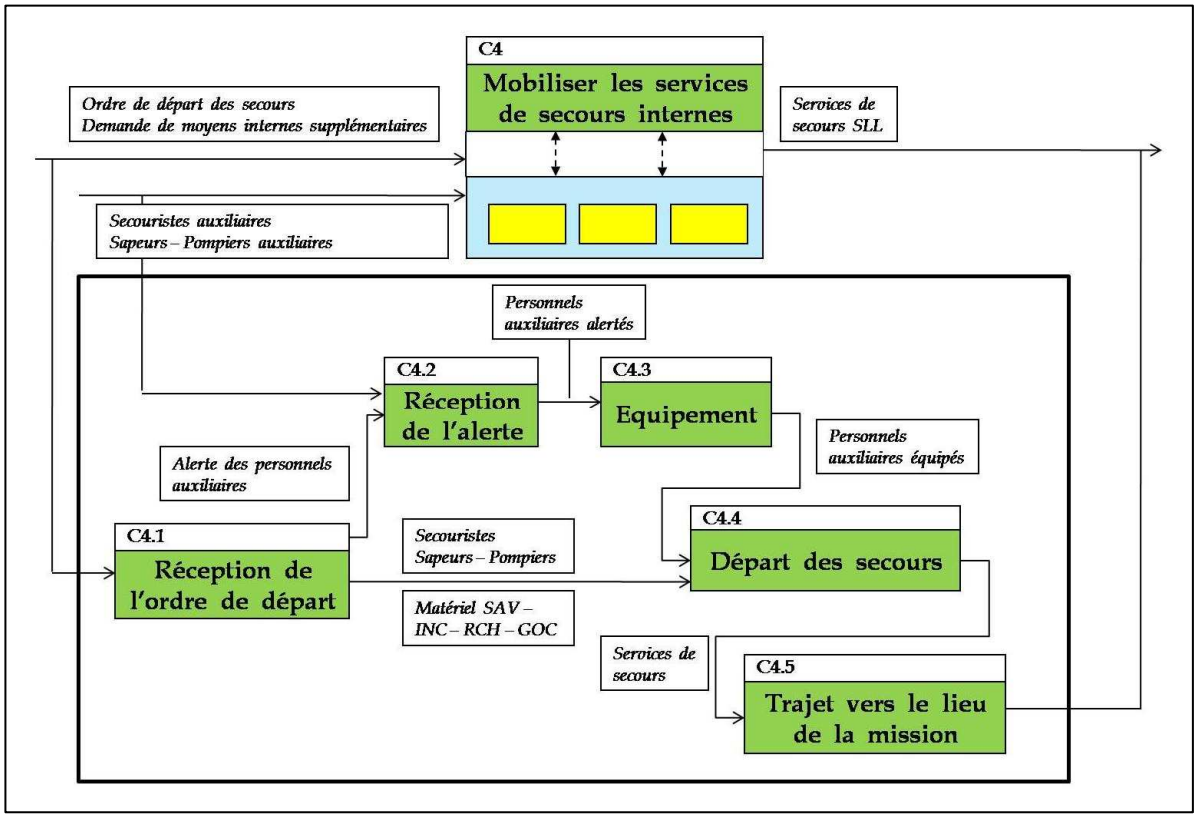


**Figure 50 :** Modèle structuro-fonctionnel de la mobilisation des services de secours internes

En général, pendant les heures ouvrées, les personnels (Sapeurs-Pompiers et Secouristes) professionnels sont prêts à intervenir, tandis que les personnels auxiliaires doivent être alertés, ensuite quitter leur travail et se déplacer vers le local incendie afin de s'équiper, avant de pouvoir partir en intervention (ce qui peut nécessiter un nouveau déplacement du local incendie ou du PRM vers le lieu de la mission). Alors, de par ce système d'organisation, le délai d'intervention des effectifs professionnels est notamment

inférieur à celui des effectifs auxiliaires. Ainsi, les personnels professionnels sont les premiers à partir, de manière à assurer une première intervention dans des délais adaptés. Si la situation le nécessite, ces personnels feront appel à des renforts, et le CTA interne mobilisera alors les personnels auxiliaires. Si, au cours de l'intervention, des effectifs supplémentaires sont nécessaires, le CTA interne fait appel à d'autres personnels auxiliaires. En cas d'accident dont la gravité importante est connue *a priori*, le CTA interne mobilisera tout de suite un nombre d'effectifs auxiliaires sans attendre la reconnaissance. Dans ce cas, la première sortie peut consister d'effectifs professionnels et auxiliaires.

Pendant les heures non ouvrées, un minimum d'effectifs reste (ou doit rester) dans le site, de manière à assurer une capacité opérationnelle suffisante. Le nombre d'effectifs en garde dépend de la taille de l'installation et des procédés mis en œuvre pendant ces heures. En cas d'incident nécessitant une intervention importante, et donc des renforts, le CTA interne sera amené à mobiliser les effectifs professionnels et auxiliaires qui sont en dehors du site. Ces personnels devront alors de quitter leur domicile et se déplacer vers le site, où ils s'équiperont au local incendie ou à un PRM, avant de se déplacer vers le lieu du sinistre ; dans ce cas, la première sortie comportera des effectifs de garde, et les sorties ultérieures des effectifs professionnels et auxiliaires qui deviennent disponibles. Toute cette procédure doit être bien détaillée dans le POI.

Les politiques des installations classées SEVESO II « seuil haut » en ce qui concerne les services d'incendie internes sont différentes en fonction de nombreux paramètres. En général, plus l'installation est isolée (donc plus longs les délais d'intervention des Sapeurs-Pompiers publics), plus l'intensité des phénomènes prévus dans les études de danger est importante, et plus le service d'incendie interne est conséquent. Les capacités des services d'incendie internes dépendent aussi des moyens d'incendie fixes et des mesures de prévention sur le site. Les services d'incendie internes peuvent donc être entièrement professionnels, entièrement composés des Sapeurs-Pompiers auxiliaires, ou mixtes. La stratégie de maintenir une capacité de première intervention rapide (Sapeurs-Pompiers professionnels) et une capacité de renfort plus importante (Sapeurs-Pompiers auxiliaires) est plus souvent mise en œuvre. Qu'ils soient professionnels, auxiliaires ou mixtes, les services d'incendie internes assurent aussi la mission d'intervention face aux risques chimiques, après avoir suivi des formations adaptées et être dotés de moyens spécialisés.

# C4 : Alerter tous les locaux en danger

**Fonctions**

C4 : Alerter tous les locaux en danger

**Ressources**

- H01 : Agents sur place
- H02 : Ingénieur processus
- H03 : Personnels du CTA interne
- I05 : Informations sur l'incident et consignes particulières
- O02 : Procédure d'alerte POI
- T04 : Téléphone GSM
- T05 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe)
- T06 : Dispositif automatique d'alerte
- T08 : Annuaire d'urgence
- T22 : Sirène POI

**Inputs**

- Information sur un danger imminent ou potentiel

**Outputs**

- Alerte d'un danger imminent ou potentiel et consignes de comportement

**Sous-systèmes :**

**Figure 51 :** Modèle boite-noire de la fonction C4 : ALERTER TOUS LES LOCAUX EN DANGER

## Sous-fonction C4 : ALERTER TOUTES LES PERSONNES ET LES LOCAUX EN DANGER

Les accidents industriels majeurs, comme les explosions et les incendies, ont souvent une cinétique rapide. Même les accidents industriels à cinétique plutôt lente, comme les dispersions des gaz toxiques et/ou explosifs, peuvent atteindre toute l'installation industrielle en quelques minutes. Il est donc prudent d'assurer la protection des personnes se trouvant dans le site immédiatement après la confirmation de l'existence d'un risque. Dans ce but, le CTA interne alerte toutes les personnes se trouvant dans la zone à risques du site et tous les locaux (ateliers, bureaux etc.) en mode réflexe en cas d'accident industriel nécessitant le déclenchement du POI. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est montré sur le schéma de la fig. 51.

## Sous-fonction C5 : MOBILISER LES MOYENS D'APPUI ET DE SOUTIEN

Les moyens d'appui et de soutien sont constitués des équipes d'appui ainsi que des moyens de génie civil, levage et transport. Ils apportent un soutien opérationnel important aux activités de gestion de crise. Leur mobilisation peut être effectuée au début de l'opération (si la situation le nécessite) ou ultérieurement, si l'évolution de la situation nécessite leur intervention. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est montré sur le schéma de la figure 54.

De manière à mieux représenter la procédure de mobilisation des moyens d'appui et de soutien en cas de mise en œuvre du POI, cette sous-fonction est encore décomposée en trois étapes (voir fig. 52). Ces étapes ont les mêmes ressources et supports que la sous-fonction parent. La demande de moyens internes supplémentaires est envoyée par le CTA interne vers les équipes d'appui et les services ou ateliers du site industriel disposant des moyens de génie civil, levage et transport. Après réception de cette demande, les moyens d'appui et de soutien quittent leur travail, afin de se déplacer vers un PRM communiqué par le CTA interne. Les équipes se forment et s'équipent, et ensuite elles se dirigent vers le lieu de leur mission. Une attribution de moyens d'appui et de soutien peut aussi être accordée suite à une demande de moyens internes supplémentaires par le PC Ex.

## Fonction D. SECURISER LES PERSONNES ET LES LOCAUX

Cette fonction représente la mise en sécurité de toutes les personnes et de tous les locaux se trouvant dans la zone de danger dans le site. Les accidents industriels majeurs ont souvent une cinétique rapide et/ou des effets qui peuvent atteindre toute l'installation industrielle en quelques minutes. Il est donc prudent d'assurer la protection des personnes

se trouvant dans le site immédiatement après la confirmation de l'existence d'un risque. Dans ce but, le CTA interne alerte toutes les personnes se trouvant dans la zone à risques du site et tous les locaux (ateliers, bureaux etc.) en mode réflexe, afin de les informer de la survenue d'un accident et de leur donner des consignes de comportement. Pour la plupart des cas, deux solutions sont possibles : le confinement ou l'évacuation.

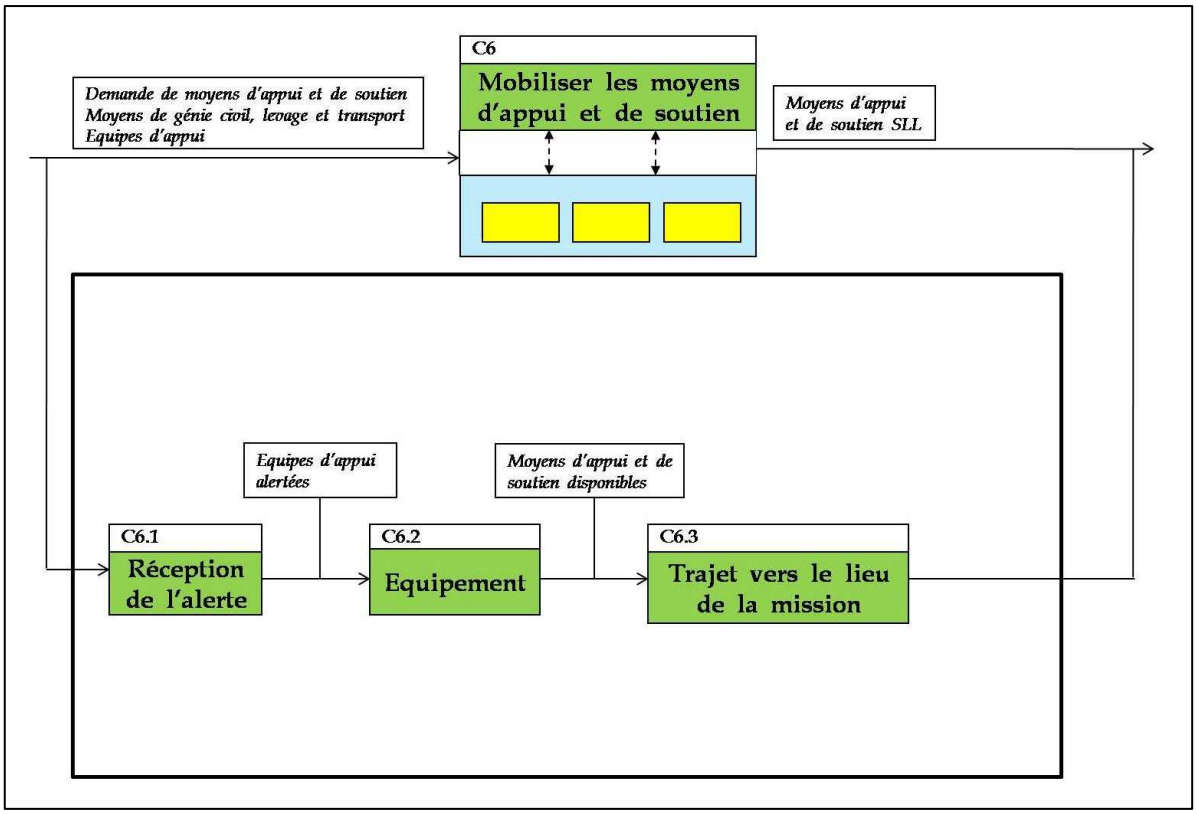


**Figure 52 :** Modèle structuro-fonctionnel de la mobilisation des moyens d'appui et de soutien

Dans le cas des aléas industriels majeurs (explosions, incendies, perte de confinement de matières dangereuses), la mesure de protection la plus prudente est l'évacuation de toutes les personnes de la zone à risques, de manière à éviter l'exposition des personnes à l'aléa. Dans le cas où la cinétique de l'accident est telle qu'elle ne permet pas l'évacuation (par exemple explosion imminente, passage d'un nuage de gaz toxiques etc.), l'option de confinement dans des bâtiments sécurisés s'avère nécessaire. Dans ce cas, les personnes devront se confiner dans les bâtiments définis dans le POI et des mesures de confinement (arrêt des ventilations, calfeutrage des ouvertures) doivent être prises afin d'assurer une exposition minimale des personnels aux aléas. La mise en arrêt des ateliers peut être aussi nécessaire. Après le confinement, les personnels seront informés sur la situation par la cellule Communication du PC Ex par des moyens de communication adaptés. Une fois le risque passé ou si la situation est aggravée au point de ne plus garantir la sécurité des personnes confinées, l'évacuation sera l'option à retenir, avec des mesures de protection

adaptées (par exemple, évacuation sous protection respiratoire dans le cas de nuage toxique). Le modèle « boite-noire » de cette fonction est montré sur le schéma de la fig. 55.

## Fonction E. GERER LA CRISE

Cette fonction représente l'ensemble des actions de gestion de l'événement en interne. Il s'agit de la fonction la plus complexe du POI. Elle comporte toutes les actions qui sont effectuées afin de lutter contre le sinistre, diriger les opérations internes, communiquer, sécuriser le site, et assurer l'enregistrement de l'incident. Le POI sert à mettre en place cette fonction en identifiant des actions à réaliser en phase réflexe, et ensuite à aider le DOI dans sa prise de décision lors de la gestion de l'incident en interne.

La fonction E : GERER LA CRISE est décomposée en cinq sous-fonctions (fig. 53). Chacune de ces sous-fonctions correspond à une grande fonction du POI. Les sous-fonctions sont organisées suivant la représentation graphique en forme d'étoile : la sous-fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES se trouve au centre de l'étoile, car elle assure la coordination des autres fonctions.

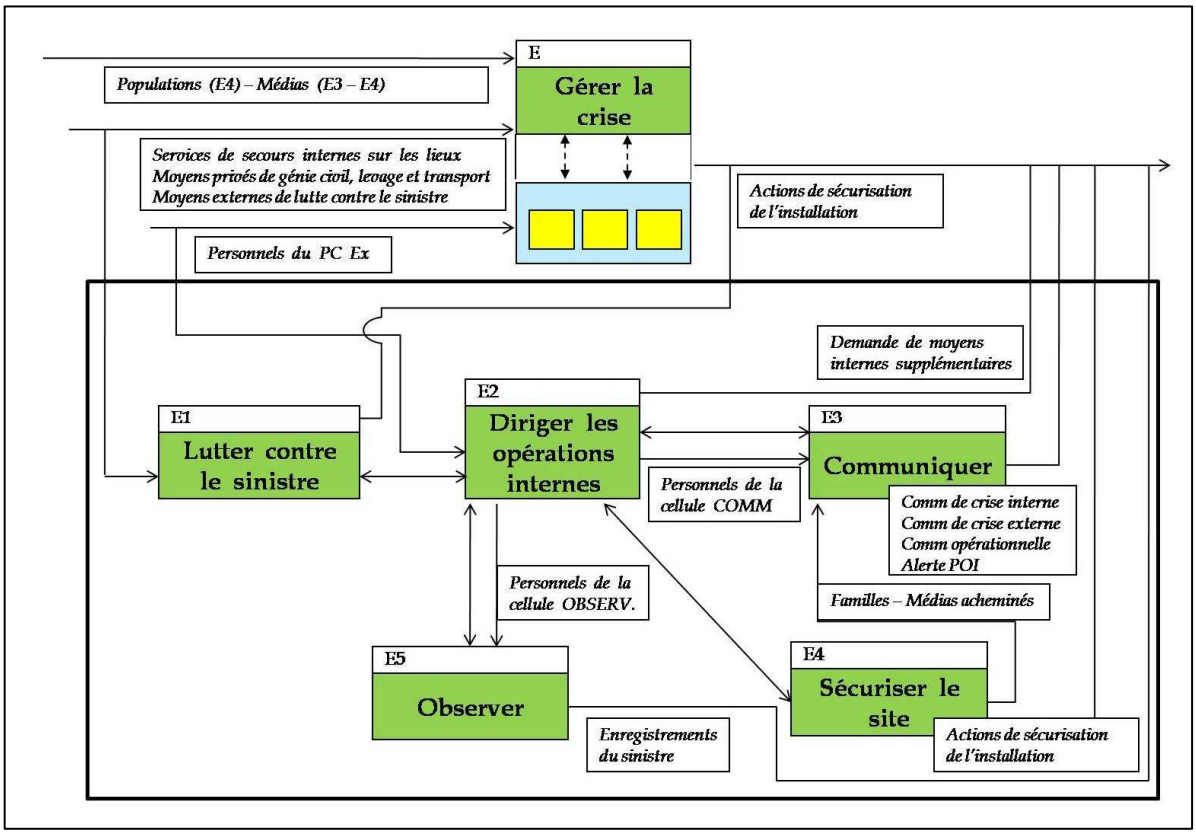


**Figure 53 :** Modèle structuro-fonctionnel du dispositif mis en place en interne pour la gestion de crise résultant d'un accident industriel majeur

# C5 : Mobiliser les moyens d'appui et de soutien

**Fonctions**

C5 : Mobiliser les moyens d'appui et de soutien

**Ressources**

| |
|---|
| H.C5.3 : Equipes d'appui |
| H03 : Personnels du CTA interne |
| I06 : Ordre de mobilisation des moyens d'appui et de soutien |
| O02 : Procédure d'alerte POI |
| O15 : Astreintes équipes d'appui |
| T.C5.2-4 : Moyens de génie civil, levage et transport |
| T04 : Téléphone GSM |
| T05 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe) |
| T09 : Beeper |
| T10 : Radio VHF/UHF/Digital |

**Inputs**

- Demande de moyens internes d'appui et de soutien
- Moyens de génie civil, levage et transport
- Equipes d'appui
- Moyens privés de génie civil, levage et transport

**Outputs**

- Moyens d'appui et de soutien SLL

| Sous-systèmes: |
|---|
| C5.1 : Réception de l'alerte |
| C5.2 : Equipement |
| C5.3 : Trajet vers le lieu de la mission |

**Figure 54 :** Modèle boite-noire de la fonction C5 : MOBILISER LES MOYENS D'APPUI ET DE SOUTIEN

# D : Sécuriser toutes les personnes et les locaux

**Fonctions**

D : Sécuriser toutes les personnes et les locaux

**Ressources**

H01 : Agents sur place

H02 : Ingénieur processus

I05 : Informations sur l'accident et consignes particulières

O01 : Consignes de sécurité (hors POI)

T06 : Téléphone fixe

T04 : Téléphone GSM

T07 : Dispositif automatique d'alerte

T18 : Moyens de mise ne sécurité des locaux en danger

**Inputs**

• Alerte d'un danger imminent ou potentiel et consignes de comportement

**Outputs**

• Actions de mise en sécurité des installations et/ou ateliers exposés à l'aléa

**Sous-systèmes**

**Figure 55 :** Modèle boite-noire de la fonction D : SECURISER TOUTES LES PERSONNES ET LES LOCAUX

La double flèche entre la sous-fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES et les autres fonctions n'existe pas dans le formalisme FISE, qui impose les entrées (inputs) à chaque système ou fonction à gauche de la boite et les sorties à droite. Dans ce cas, la double flèche est utilisée par dérogation pour représenter le trinôme ordres, compte-rendu et effectifs – moyens : chacune des sous – fonctions envoie des informations à la sous-fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES sous forme de compte-rendu, et cette dernière envoie des informations aux sous-fonctions sous forme d'ordres et achemine des effectifs et des moyens quand ceux-ci sont nécessaires à la fonction. Cette représentation dérogatoire est développée sur le schéma de la figure 56.

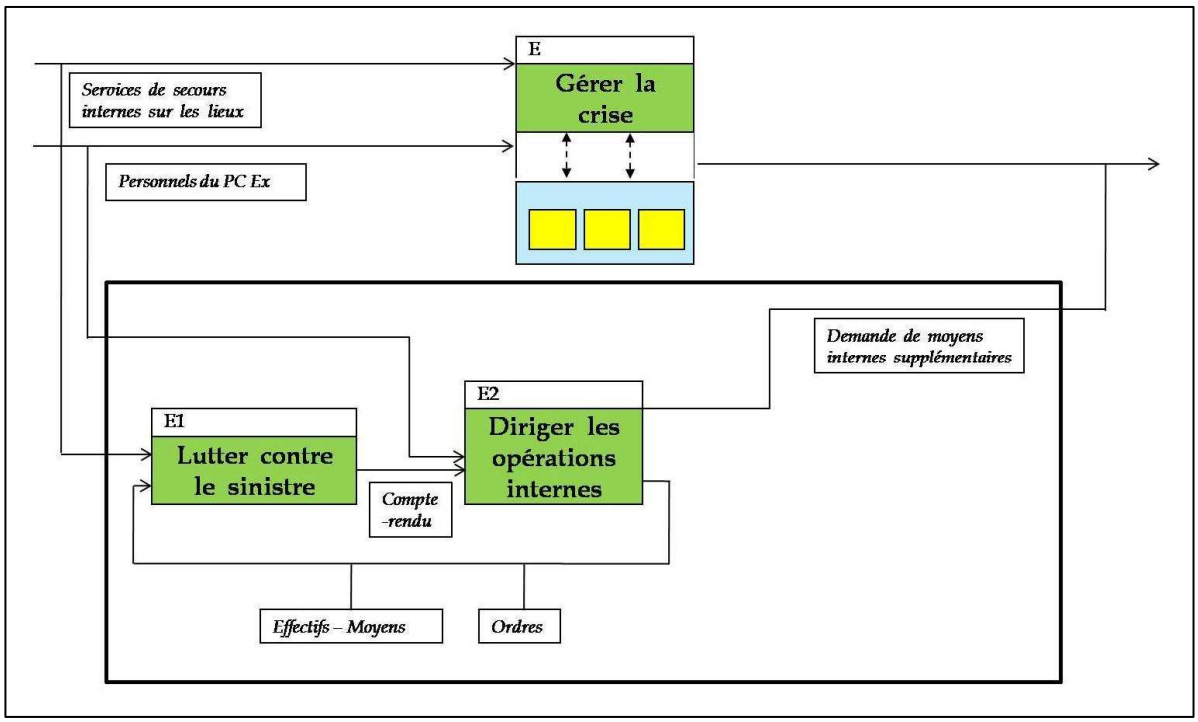


**Figure 56 :** Représentation dérogatoire du trinôme ordres, compte-rendu et effectifs – moyens dans la représentation graphique des cinq sous-fonctions de la fonction E : GERER LA CRISE.

## Sous-fonction E1 : LUTTER CONTRE LE SINISTRE

Cette sous-fonction représente toutes les actions prises sur le terrain pour lutter contre le sinistre. Elle est effectuée par les services de secours internes à l'établissement, éventuellement avec l'assistance de moyens externes au site. Les actions de lutte contre le sinistre comportent le secours aux victimes, la lutte contre les incendies, l'intervention face au risque chimique, et la gestion opérationnelle et commandement.

Cette fonction est encore décomposée en quatre étapes, de manière à mieux représenter le fonctionnement du sous-système (voir figure 57). Afin de favoriser la cohérence des différents termes utilisés, la décomposition de cette fonction a été effectuée en suivant les

missions principales des secours susceptibles d'être mises en œuvre dans une installation faisant l'objet d'un classement SEVESO II « seuil haut ». Les disciplines utilisées sont :

- SAV : Secours à victimes
- INC : Incendie
- RCH : Interventions face aux risques chimiques
- GOC : Gestion opérationnelle et commandement

Sur la représentation graphique de la figure 57, les étapes sont encore organisées en forme d'étoile, l'étape assurant la coordination occupant le centre de la forme. La double flèche entre l'étape E1.4 : GOC et les autres étapes reprend le formalisme décrit au paragraphe concernant la fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES. Ce flux d'informations fait partie des procédures de communication de la fonction Gestion Opérationnelle et Commandement. Ces procédures font partie de la formation d'application des responsables des équipes des Sapeurs-Pompiers et des Secouristes, et constituent ainsi un système d'organisation de la communication opérationnelle.

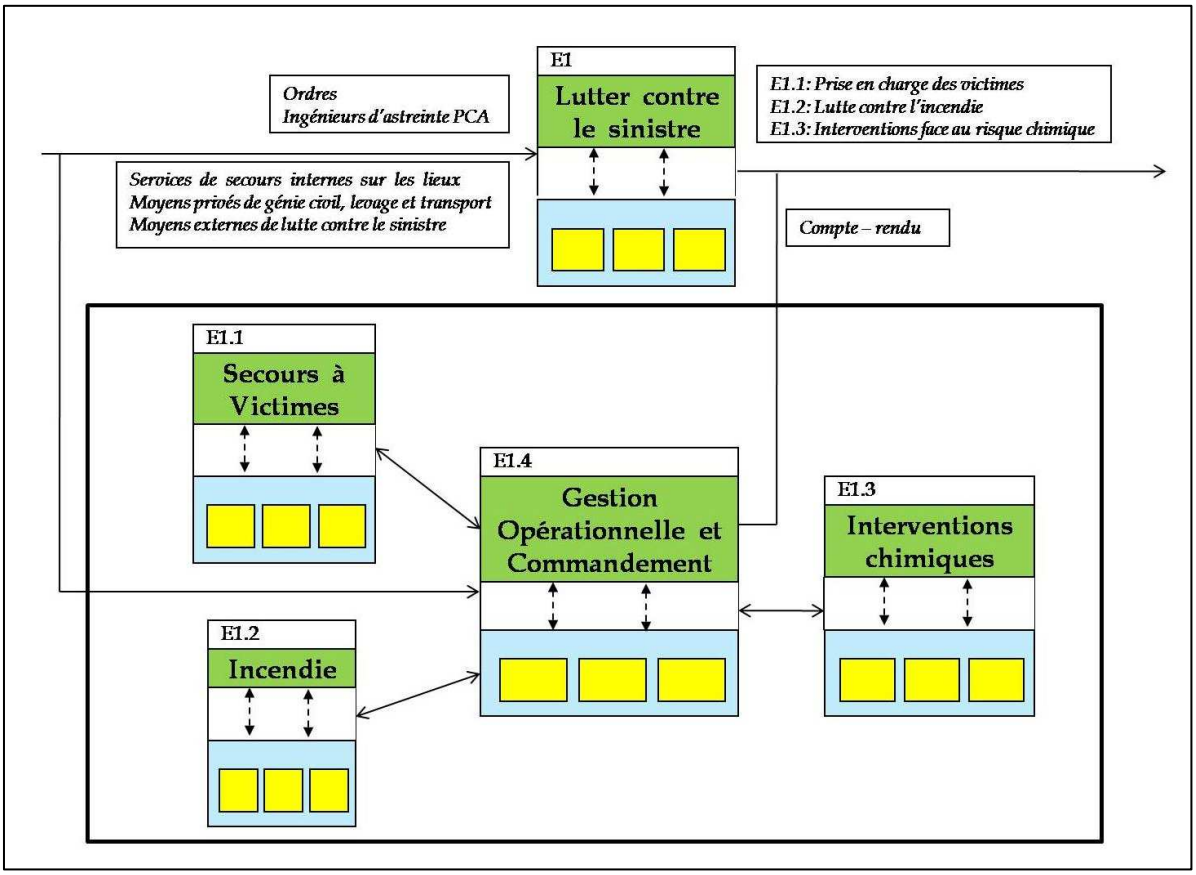


**Figure 57 :** Modèle structuro-fonctionnel du dispositif interne de lutte contre le sinistre

## E1.1 : Secours à Victimes (SAV)

Le secours à victimes constitue la prise en charge des victimes de traumatismes et malaises divers. Elle est assurée par des secouristes. Le modèle « boite-noire » de cette étape est montré sur le schéma de la figure 58. La mission SAV nécessite une intervention dans des délais très courts. Plus le temps jusqu'au traitement spécialisé est prolongé, plus le pronostique de la victime est faible. L'exemple souvent évoqué pour la planification de la couverture des services de secours médicaux est le cas d'un arrêt cardiaque : après 4-6 minutes sans Réanimation Cardio-Pulmonaire, les séquelles neurologiques sont graves, même en cas de réanimation, et la probabilité de survie de la victime diminue fortement. La probabilité de survie de la victime diminue avec le temps jusqu'à la défibrillation. De ce fait, les délais d'intervention des services de secours médicaux internes sont de l'ordre de 5-10 min. Ce délai est bien inférieur au temps nécessaire pour l'intervention des secouristes auxiliaires. Donc, la stratégie est souvent d'employer le nombre minimum de secouristes professionnels, qui est nécessaire pour assurer l'armement d'une ambulance par garde, afin d'assurer la couverture du site dans des délais adaptés.

## E1.2 : Incendie (INC)

La lutte contre l'incendie constitue toutes les actions d'extinction d'un incendie déclaré dans le site industriel classé SEVESO II « seuil haut », indépendamment de la taille ou de la localisation du sinistre. Elle est assurée par le service d'incendie interne au site. Le modèle « boite-noire » de cette étape est montré sur le schéma de la figure 59.

## E1.3 : Interventions face au risque chimique (RCH)

Les interventions face au risque chimique constituent la mission des Sapeurs-Pompiers internes qui nécessite le plus de technicité et de connaissances scientifiques. Sur les sites industriels classés SEVESO II « seuil haut », où le risque chimique est prédominant, cette mission prend une valeur encore plus importante. La mission RCH comporte toutes les actions menées dans l'objectif de protéger les personnes, les biens et l'environnement des effets des accidents d'origine chimique (pertes de confinement des matières dangereuses – toxiques, explosives, corrosives…). Le modèle « boite-noire » de cette étape est montré sur le schéma de la figure 60.

# E1.1 : Secours à Personnes (SAP)

**Fonctions**

E1.1 : Secours à Personnes (SAP)

**Inputs**

- Ordres (en provenance du PCA)
- Secouristes
- Moyens SAP

**Ressources**

| |
|---|
| H.E1.1.2 : Secouristes (auxiliaires et professionnels) |
| H.E1.1.3 : Moyens SAP |
| I11 : Ordre tactique |
| O06 : Procédures de lutte contre le sinistre |

**Outputs**

- Compte - Rendu (vers le PCA)
- Prise en charge des victimes (actions)

**Sous-systèmes**

**Figure 58 :** Modèle boite-noire de la fonction E1.1 : SECOURS A PERSONNES

# E1.2 : Incendie (INC)

**Fonctions**

E1.2 : Lutte contre l'incendie

**Ressources**

H.E1.2.2 : Sapeurs-Pompiers (professionnels et auxiliaires)

I11 : Ordre tactique

O07 : Procédures de lutte contre le sinistre

T.E1.2.3 : Moyens INC

T24 : Dispositif automatique de lutte contre l'incendie

**Inputs**

- Ordres (en provenance du PCA)
- Sapeurs-Pompiers
- Moyens INC

**Outputs**

- Extinction incendie (actions)
- Compte - Rendu (vers le PCA)

**Sous-systèmes**

**Figure 59 :** Modèle boite-noire de la fonction E1.2 : INCENDIE

# E1.3 : Interventions Chimiques (RCH)

**Fonctions**

E1.3 : Intervention face aux risques chimiques

**Ressources**

H.E1.3.2 : Sapeurs-Pompiers (professionnels et auxiliaires)

HT.E1.3.4 : Moyens d'appui et de soutien

I12 : Ordre tactique

O08 : Procédures de lutte contre le sinistre

T.E1.3.3 : Moyens RCH

**Inputs**

- Ordres (en provenance du PCA)
- Sapeurs-Pompiers
- Moyens RCH
- Moyens d'appui et de soutien

**Outputs**

- Interventions face au risque chimique (actions)
- Compte - Rendu (vers le PCA)

**Sous-systèmes**

**Figure 60 :** Modèle boite-noire de la fonction E1.3 : INTERVENTION FACE AU RISQUE CHIMIQUE

## E1.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement (GOC)

La mission Gestion Opérationnelle et Commandement est la fonction de coordination des forces de lutte contre le sinistre sur le terrain. Bien qu'elle soit moins visible que les autres missions de lutte, elle est la première à être mise en place et la dernière à être désactivée après la fin de l'opération. La Gestion Opérationnelle et Commandement est la mission du chef d'opération à tous niveaux de la montée en puissance. En général, la capacité d'un service d'incendie et de secours interne à un site SEVESO ne dépasse pas celle d'un groupe (1 à 3 véhicules – environ 24 hommes). Le modèle « boite-noire » de cette étape est montré sur le schéma de la figure 61.

L'objectif de la mission GOC est de faire appliquer la Marche Générale des Opérations, en l'adaptant à l'événement et aux conditions de gestion de l'incident. Pour ce faire, le chef de l'opération applique la méthode de raisonnement tactique : une approche stratégique ayant pour objet de systématiser l'ensemble des questions que le chef de l'opération est amené à se poser lorsqu'il est confronté à des situations nécessitant des réponses adaptées et rapides. C'est une méthode qui sert à répondre aux questions suivantes : Où ? Par où ? Contre quoi ? Comment ? Avec quoi ?

## Sous-fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES

Cette sous-fonction représente le travail de coordination et de commandement des opérations internes. Ce travail est effectué essentiellement dans le PC Ex par le DOI et les personnels constituant les différentes cellules du PC Ex. Il vise essentiellement à appliquer la MRT au niveau de la direction des opérations internes (niveau état-major interne), ainsi qu'à coordonner les opérations internes avec les acteurs extérieurs au site industriel (populations, médias, autorités municipales, préfectorales etc.). Afin d'accomplir cette mission, le PC Ex peut être organisé de différentes manières, qui doivent permettre de réaliser les fonctions du commandement des opérations. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est présenté au schéma de la figure 62.

## Sous-fonction E3 : COMMUNIQUER

Cette sous – fonction répond aux besoins de communication externe générés par l'événement et sa gestion. Il s'agit d'un côté de la communication dite « de crise », qui est dirigée vers les populations, les communes et les établissements concernés, de manière à leur fournir des informations de base sur l'événement afin de les rassurer. Il s'agit aussi de la communication opérationnelle, c'est-à-dire la communication nécessaire pour les opérations internes, comme par exemple une demande de renforts auprès d'un site industriel avoisinant, la communication vers les autorités préfectorales (alerte initiale, mise à jour, demande de déclenchement du PPI), ou les communications vers les services

déconcentrés de l'Etat ou les services d'urgence. Cette fonction est effectuée par une cellule spécialisée du PC Ex, désignée « Cellule Communication », dont les personnels font partie intégrale des personnels du PC Ex. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est présenté au schéma de la figure 63.

## Sous-fonction E4 : SECURISER LE SITE

Lors du déclenchement du POI, les accès du site doivent être contrôlés, de manière à assurer que personne ne puisse entrer ou sortir sans approbation du DOI. Ceci permet de filtrer l'entrée des personnes et d'assurer une évacuation du site dans les meilleures conditions, si celle-ci est décidée par le DOI. En particulier, les représentants des médias et familles doivent être accueillis et acheminés vers des salles adaptées (différentes pour les médias et les familles), afin de faciliter l'échange d'informations entre ces personnes et la Cellule Communication du PC Ex. Enfin, en cas d'activité de malveillance, cette fonction permettra d'appréhender les coupables. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est présenté au schéma de la figure 64.

## Sous-fonction E5 : OBSERVER

Cette sous-fonction correspond aux activités d'enregistrement du sinistre. Des personnels du PC Ex faisant partie d'une Cellule dite « Observation » sont chargés de recueillir des enregistrements des effets du sinistre, de manière à créer une banque des données sur l'accident. Cette banque de données pourra être utilisée en cas éventuellement de procédures judiciaires suite à l'accident, et en interne afin d'améliorer la sécurité des procédés mis en œuvre dans l'installation. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est présenté au schéma de la fig. 65.

## Sous-fonction S_T4 : LOGISTIQUE (fonction support)

Cette sous-fonction correspond au soutien logistique opérationnel de l'opération de gestion de crise en interne. Elle est une fonction très importante pour la continuité des opérations de lutte contre le sinistre nécessitant l'approvisionnement en moyens utilisables, comme la lutte contre l'incendie et l'intervention face aux risques chimiques. Elle peut être intégrée à d'autres fonctions (par exemple, la logistique en émulseur est souvent intégrée à la lutte contre l'incendie). Enfin, cette fonction prend de l'importance lors d'interventions de relativement longue durée.

# E1.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement (GOC)

**Fonctions**

E1.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement

**Inputs**

- Compte - Rendu (en provenance de SAV)
- Compte - Rendu (en provenance de INC)
- Compte - Rendu (en provenance de RCH)
- Services de secours internes SLL
- Ingénieurs d'astreinte PCA
- Moyens d'appui et de soutien SLL
- Moyens privés de lutte contre le sinistre
- Ordres (en provenance du PC Ex)

**Ressources**

H.E1.4.5 : Ingénieurs d'astreinte PCA
H : Chef d'Intervention
I09 : Bilan de la situation tactique
I10 : Idée de manœuvre et exécution
I11 : Ordre opérationnel (PC Ex)
O10 : Procédures de lutte contre le sinistre
T05 : Téléphone GSM
T12 : Radio VHF/UHF/Digital
T28 : Moyens d'analyse de l'information

**Outputs**

- Ordres (en provenance du PCA)
- Moyens SAV - INC – RCH
- Secouristes
- Sapeurs-Pompiers
- Moyens d'appui et de soutien

**Sous-systèmes**

**Figure 61 :** Modèle boite-noire de la fonction E1.4 : GESTION OPERATIONNELLE ET COMMANDEMENT

# E2 : Diriger les opérations internes

**Fonctions**

E2 : Diriger les opérations internes

**Inputs**

- Personnels du PC Ex
- Compte - Rendu (en provenance du PCA)
- Compte - Rendu (en provenance de la Cellule COMMUNICATION)
- Compte - Rendu (en provenance du SERVICE DE SECURITE interne)
- Compte - Rendu (en provenance de la Cellule OBSERVATION)
- Personnels des équipes d'appui

**Ressources**

H.E2.1 : Directeur des Opérations Internes (DOI)
H.E2.1 : Personnels du PC Ex
I07 : Bilan de la situation (PC Ex)
I08 : Idée opérationnelle et exécution (PC Ex)
O11 : Procédures d'Opération Interne
T05 : Téléphone GSM
T06 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe)
T10 : Annuaire d'urgence
T12 : Radio VHF/UHF/Digital
T19 : Local PC Ex
T23 : Equipements informatiques
T28 : Moyens d'analyse d'information

**Outputs**

- Ordres (en provenance du PC Ex)
- Personnels de la Cellule Communication
- Personnels de la Cellule Observation
- Personnels de la Cellule Logistique
- Communication opérationnelle (POI)
- Ordre de mise à l'arrêt des ateliers ou de modification de leur fonctionnement

**Sous-systèmes**

**Figure 62 :** Modèle boite-noire de la fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES

# E3 : Communiquer

**Fonctions**

E3 : Communication "de crise"

**Inputs**

- Ordres (en provenance du PC Ex)
- Personnels de la Cellule Communication
- Médias
- Familles des personnels du site acheminées
- Médias acheminés
- Renseignements/Messages externes

**Ressources**

| |
|---|
| H.E3.2 : Personnels de la Cellule Communication |
| I11 : Ordre opérationnel (PC Ex) |
| O11 : Procédures des Opérations Internes |
| R1 : Personnels du CTA interne |
| T05 : Téléphone GSM |
| T06 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe) |
| T10 : Annuaire d'urgence |
| T19 : Local PC Ex |
| T22 : Sirène POI |
| T23 : Equipements informatiques |
| T24 : Fax (ligne interne et/ou externe) |

**Outputs**

- Compte - Rendu (vers le PC Ex)
- Communication de crise interne (POI)
- Alerte POI
- Communication de crise externe (POI)

**Sous-systèmes**

**Figure 63 :** Modèle boite-noire de la fonction E3 : COMMUNIQUER

# E4 : Sécuriser le site

**Fonctions**

E4 : Sécuriser le site

**Ressources**

H06 : Agents de sécurité
I13 : Ordre de sécurisation du périmètre du site
O13 : Procédures d'Opération Interne
T05 : Téléphone GSM
T06 : Téléphone fixe (ligne interne et/ou externe)
T12 : Postes radio VHF/UHF/Digital
T25 : Local Accueil
T26 : Equipements des agents de sécurité

**Inputs**

- Ordres (en provenance du PC Ex)
- Médias
- Populations

**Outputs**

- Compte - Rendu (vers le PC Ex)
- Actions de sécurisation de l'installation
- Médias acheminés
- Familles des personnels du site acheminées

**Sous-systèmes**

**Figure 64 :** Modèle boite-noire de la fonction E4 : SECURISER LE SITE

# E5 : Observer

**Fonctions**

E5 : Observer

**Ressources**

H.E5.2 : Personnels de la Cellule Observation
I14 : Ordre (PC Ex)
O14 : Procédures d'Opération Interne
T03 : Equipements de Protection Individuelle
T05 : Téléphone GSM
T12 : Postes radio VHF/UHF/Digital
T19 : Local PC Ex
T27 : Moyens d'Observation / Enregistrement

**Inputs**

- Ordres (en provenance du PC Ex)
- Personnels de la Cellule Observation
- Logistique (services)

**Outputs**

- Compte-Rendu (vers le PC Ex)
- Enregistrements du sinistre

**Sous-systèmes**

**Figure 65 :** Modèle boite-noire de la fonction E5 : OBSERVER

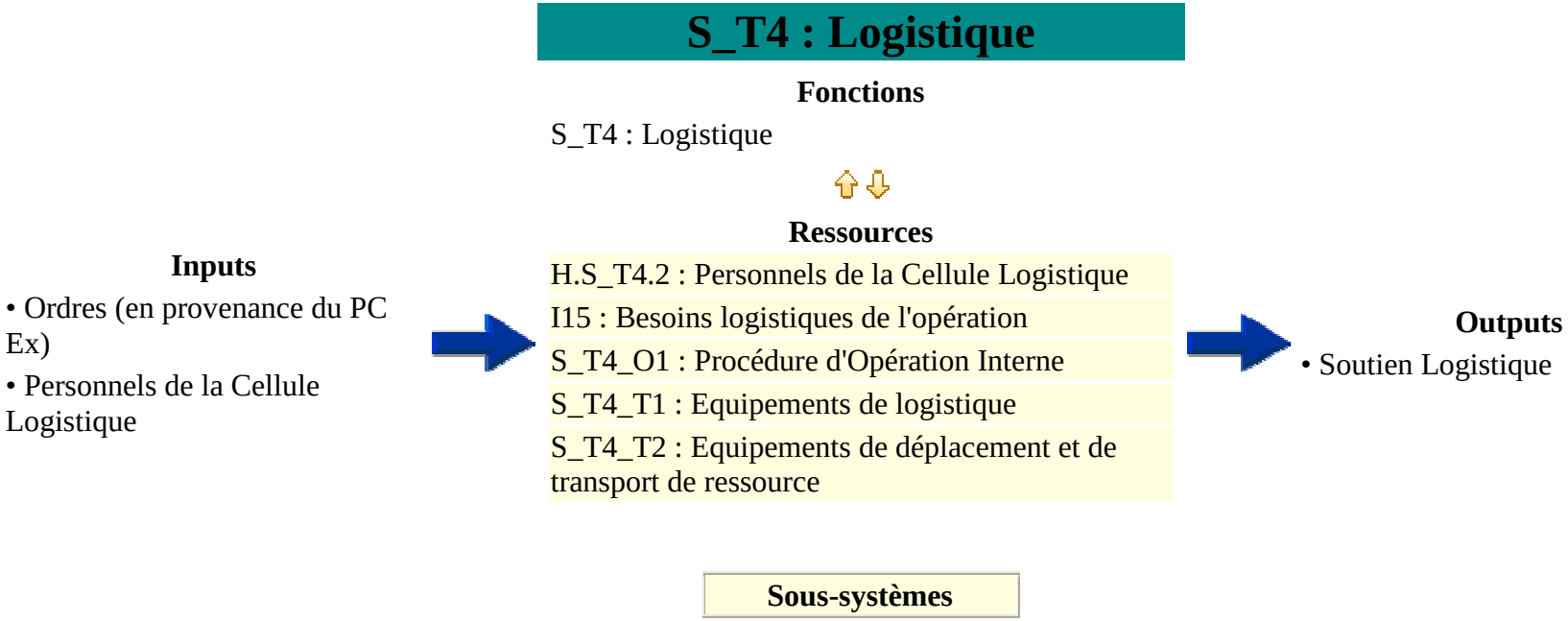


**Figure 66 :** Modèle boite-noire de la fonction S_T4 : LOGISTIQUE

# Système PPI : PLAN PARTICULIER D'INTERVENTION

Le Plan Particulier d'Intervention est une disposition spécifique du dispositif opérationnel ORSEC, et constitue ainsi la base de la réponse de la Sécurité Civile face aux accidents industriels majeurs qui dépassent ou risquent de dépasser les limites de l'installation industrielle dans laquelle ils surviennent. Le PPI en tant que disposition spécifique est déclenché par le Préfet après demande de l'Exploitant. Le Préfet assume ainsi le rôle de DOS, et se met en charge du dispositif ORSEC départemental. Les interactions du système PPI sont montrées sur le schéma de la fig. 37 (page 176). Ce système est décomposé en deux sous-systèmes (fig. 67).

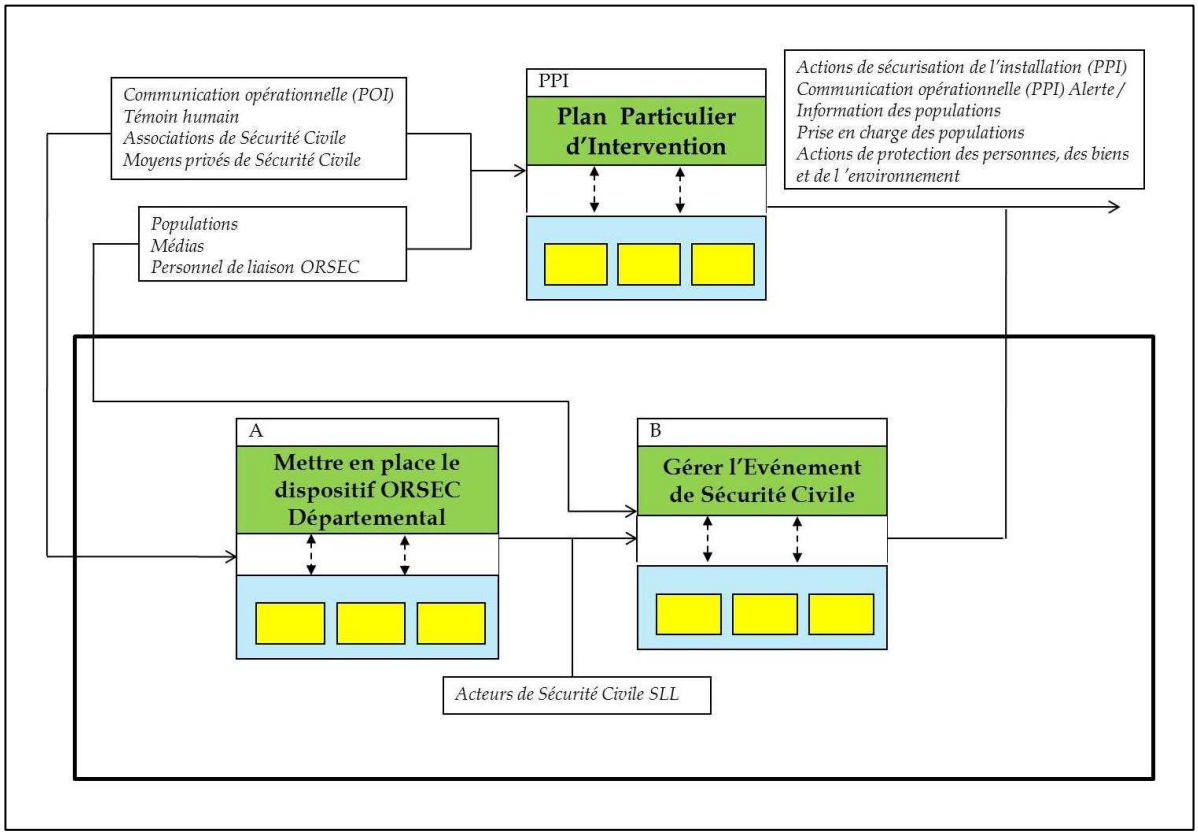


**Figure 67 :** Modèle structuro-fonctionnel d'un Plan Particulier d'Intervention

Le premier de ces deux systèmes, METTRE EN PLACE LE DISPOSITIF ORSEC DEPARTEMENTAL, comporte l'alerte des services d'urgence et des acteurs opérationnels et la mobilisation de toutes les ressources nécessaires à la réponse de la Sécurité Civile à l'accident industriel et ses conséquences. Le deuxième comporte le dispositif lui-même de gestion de crise, tant sur le terrain qu'au niveau stratégique. Ils sont décrits sur les paragraphes suivants.

## Fonction A : Mettre en place le dispositif ORSEC Départemental

Cette fonction correspond à la montée en puissance du dispositif opérationnel et celui de gestion de crise au niveau départemental ; elle est d'ailleurs décomposée en trois sous-systèmes (fig. 68). Ces trois sous-systèmes correspondent aux grandes phases de l'activation du dispositif ORSEC Départemental dans le cadre de l'intervention face à un accident industriel majeur. La procédure d'activation commence par l'alerte donnée au Service Interministériel Départemental de Protection Civile (cadre et/ou élu d'astreinte). L'information est normalement passée par l'industriel dans le cadre de son dispositif d'interface POI/PPI. Pendant les heures non ouvrées, ou sur des petites installations, où le personnel dans l'installation peut être limité, l'incident peut être découvert par un témoin proche mais en dehors des limites physiques de l'installation. Dans ce cas, l'alerte au Service Interministériel Départemental de Protection Civile (SIDPC) est donnée par le Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et des Secours (CODIS). Une fois le SIDPC alerté, ce service fait activer le PPI par le Préfet et répercute l'alerte vers tous les acteurs désignés dans le PPI.

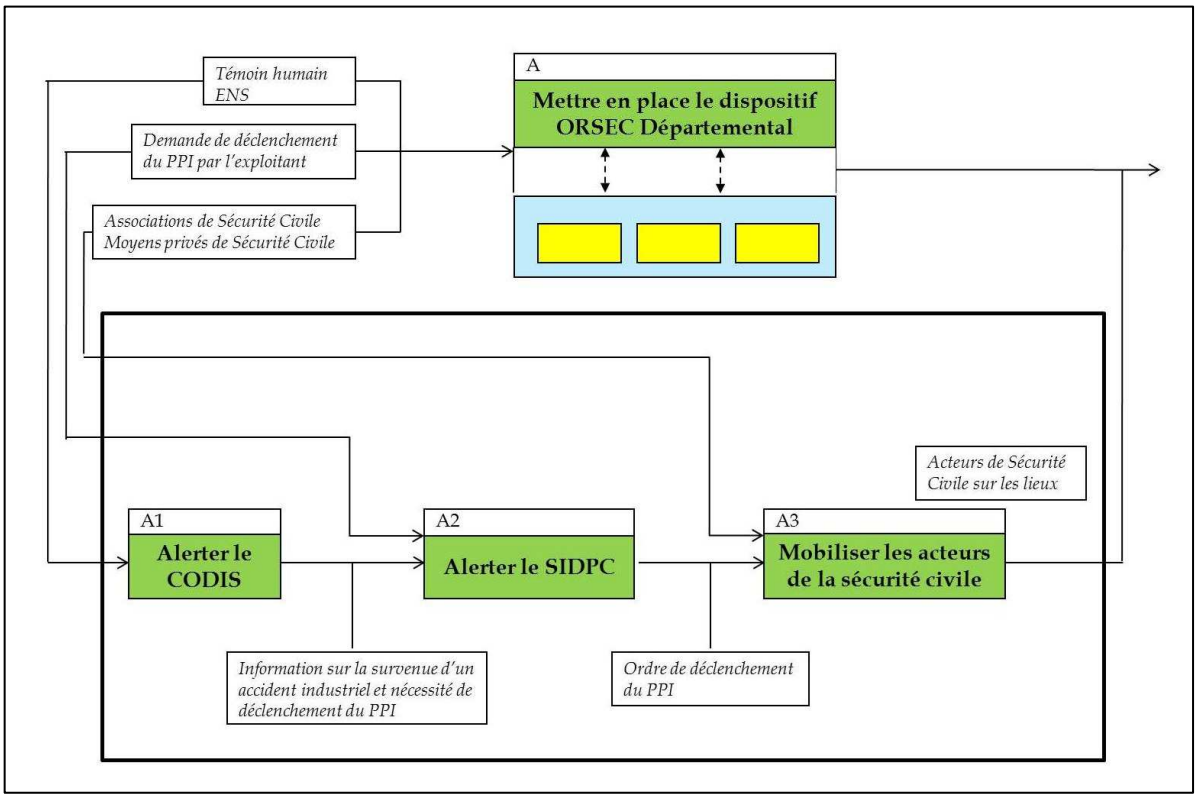


**Figure 68 :** Modèle structuro-fonctionnel de la mise en place du dispositif ORSEC départemental

## Fonction A1 : Alerter le CODIS

En temps normal, l'alerte au SIDPC est donnée par l'exploitant qui peut fournir des éléments d'information précis et concrets dans un temps adapté. En revanche, en heures non ouvrées, en fin de semaine, en jour férié ou dans des installations de petite envergure, où le dispositif de surveillance et/ou d'intervention peut être d'une capacité plus limitée, l'alerte peut être donnée par un citoyen se trouvant en dehors de l'installation et ayant observé la survenue de l'événement (par exemple une explosion ou des flammes) ou ses conséquences immédiates (par exemple des fumées). Ce dernier appelle le Service Départemental d'Incendie et des Secours (SDIS), en composant le 18. L'appel est reçu au Centre de Traitement des Appels (CTA), où les informations sont traitées afin de mobiliser les moyens nécessaires. Ensuite, l'opération est gérée au Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et des Secours (CODIS). Le modèle « boite-noire » FIS de cette fonction est illustré sur la fig. 69.

## Fonction A2 : Alerter le SIDPC

Une fois le sinistre dépasse les capacités du Plan d'Opération Interne ou si les conséquences de l'événement dépassent ou risquent de dépasser les limites de l'installation, l'exploitant demande la mise en œuvre du Plan Particulier d'Intervention. A ce fait, il contacte le SIDPC ou un membre du Corps Préfectoral d'astreinte, suivant la procédure d'alerte définie dans le PPI. Selon la même procédure, le Préfet arrête la mise en en œuvre du PPI. La fig. 70 montre le modèle « boite-noire » de cette fonction.

## Fonction A3 : Mobiliser les acteurs de la Sécurité Civile

La première phase du PPI est la montée en puissance du dispositif de gestion de crise. Les acteurs de Sécurité Civile sont mobilisés afin d'assurer que les moyens nécessaires sont mis en œuvre. Les services d'urgence, les services de l'Etat, les associations de Sécurité Civile en font partie, comme ils jouent ou peuvent jouer un rôle important dans la gestion de la crise. La mobilisation est effectuée par le SIDPC conformément aux dispositions définies dans le document principal PPI. Les services d'urgence, comme le SDIS sont souvent déjà mobilisés en avance, comme ils se trouvent rapidement sur le terrain et disposent ainsi des renseignements nécessaires à l'organisation de la montée en puissance. Les informations que ces services peuvent fournir sont fort utiles pour la montée de puissance du reste du dispositif. Le modèle « boite-noire » de cette fonction est illustré sur la fig. 71.

# A1 : Alerter le CODIS

**Fonctions**

I.PPI.A1 : Alerter le CODIS

**Ressources**

PPI.H1 : Témoin humain

PPI.H2 : Agents CTA/CODIS

PPI.O1 : Procédure de prise en charge d'appel au CTA/CODIS

PPI.T1 : Réseau téléphonique fixe

PPI.T2 : Réseau téléphonique portable

PPI.T3 : Salle CTA./CODIS

**Inputs**

- Témoin humain
- Evénement Non Souhaité

**Outputs**

- Information sur la survenue d'un accident et nécessité d'activer le PPI

**Sous-systèmes**

**Figure 69 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.A1 : ALERTER LE CODIS

# A2 : Alerter le SIDPC

**Fonctions**

I.PPI.A2 : Alerter le SIDPC

**Inputs**

- Information sur la survenue d'un accident et nécessité d'activer le PPI
- Demande de déclenchement du PPI par l'exploitant

**Ressources**

| |
|---|
| PPI.H2 : Agents CTA/CODIS |
| PPI.H3 : Personnels SIDPC |
| PPI.H4 : Membres du Corps Préfectoral |
| PPI.I1 : Informations sur la survenue de l'accident et premiers éléments |
| PPI.O2 : Procédure d'alerte PPI |
| PPI.T1 : Réseau téléphonique fixe |
| PPI.T2 : Réseau téléphonique portable |
| PPI.H24 : Personnels PC Ex |

**Outputs**

- Ordre de déclenchement du PPI

**Sous-systèmes**

**Figure 70 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.A2 : ALERTER LE SIDPC

# A3 : Mobiliser les acteurs de la Sécurité Civile

**Fonctions**

I.PPI.A3 : Mobiliser les acteurs de la Sécurité Civile

**Ressources**

- PPI.H3 : Personnels SIDPC
- PPI.H4 : Membres du Corps Préfectoral
- PPI.H5 : Bénévoles des Associations de Sécurité Civile
- PPI.H6 : Experts
- PPI.H7.T5 : Moyens privés de Sécurité Civile
- PPI.I2 : Ordre de mobilisation des acteurs de la Sécurité Civile
- PPI.O2 : Procédure d'alerte PPI
- PPI.O3 : Modus operandi des Associations de Sécurité Civile
- PPI.T4 : Equipements des Associations de Sécurité Civile

**Inputs**

- Associations de Sécurité Civile
- Moyens privés de Sécurité Civile
- Ordre de déclenchement du PPI

**Outputs**

- Acteurs de Sécurité Civile sur les lieux

**Sous-systèmes**

**Figure 71 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.A3 : MOBILISER LES ACTEURS DE LA SECURITE CIVILE

## Fonction B : Gérer l'Evénement de Sécurité Civile

Il s'agit du fonctionnement du dispositif mis en place par le PPI afin de répondre aux conséquences de l'accident. Cette fonction comporte toutes les actions effectuées pour lutter contre le sinistre, le secours et la sauvegarde des populations sinistrées. La fonction B : GERER LA CRISE est décomposée en cinq sous-fonctions (fig. 72). Celles-ci sont organisées suivant la représentation graphique en forme d'étoile (déjà utilisée pour les fonctions E et E1 du modèle POI) : la sous-fonction B1 : DIRIGER LES OPERATIONS DE SECOURS se trouve au centre de l'étoile, comme elle assure la coordination des autres fonctions. La double flèche sur la fig. 72 est une utilisation atypique de la méthode de modélisation FIS et correspond aux échanges entre la fonction B1 : DIRIGER LES OPERATIONS DE SECOURS et les autres sous-fonctions de la fonction B : GERER LA CRISE. Le même aspect atypique a été utilisé de façon dérogatoire pour les fonctions E : GERER LA CRISE et E1 : LUTTER CONTRE LE SINISTRE du modèle structuro-fonctionnel du Plan d'Opération Interne.

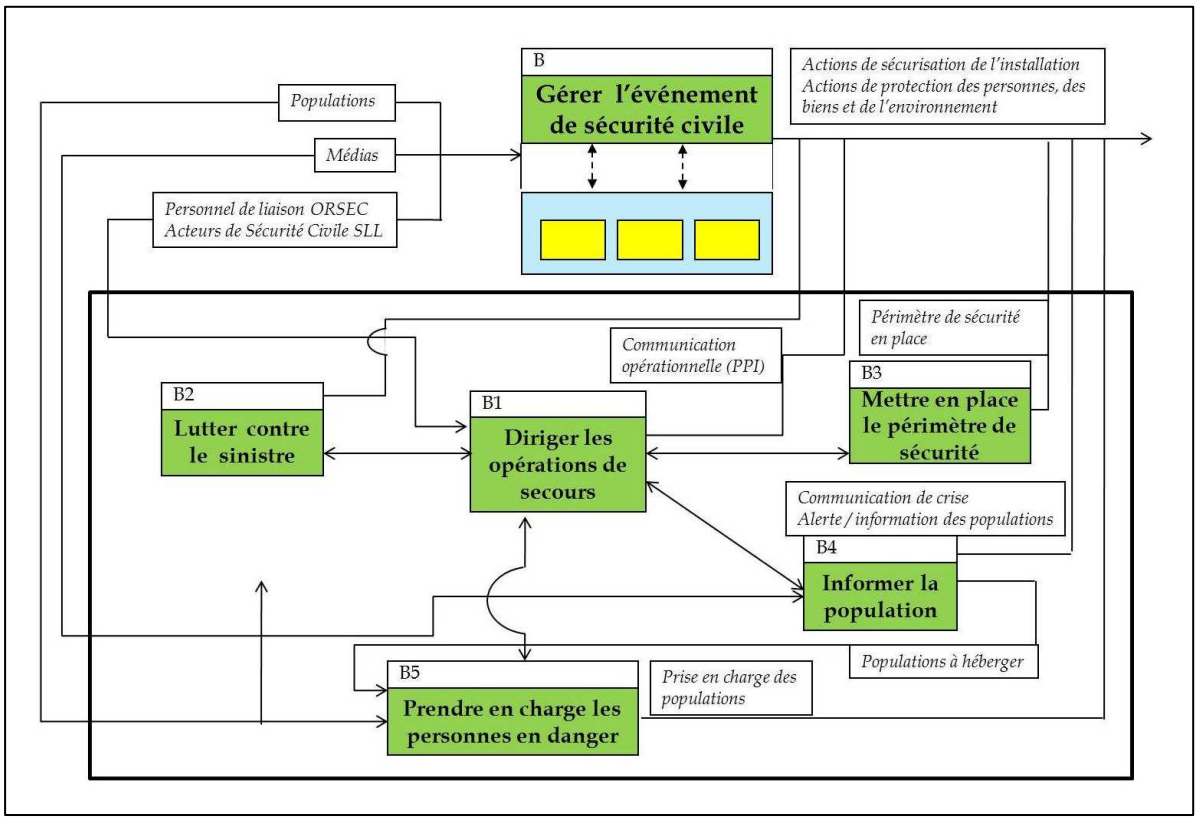


**Figure 72 :** Modèle structuro-fonctionnel du dispositif mis en place pour la gestion d'un événement de Sécurité Civile résultant d'un accident industriel majeur

## Fonction B1 : Diriger les opérations de secours

Cette fonction représente la coordination et la direction des opérations de secours. Ce travail est effectué par le Préfet en tant que Directeur des Opérations de Secours (DOS), qui a la responsabilité réglementaire pour les opérations. Celui-ci est assisté par les personnels du SIDPC et des services de l'Etat. Il s'agit de la mise en œuvre de la MRT au niveau départemental afin de faciliter la prise de décision dans le cadre de la gestion de la crise. Physiquement, la coordination des opérations est assurée par le Centre Opérationnel Départemental (COD) et le Poste de Commandement Opérationnel (PCO). Ces deux entités ont des rôles complémentaires : le PCO assure la direction des opérations sur le terrain (niveau opérationnel), alors que la mission du COD est la coordination au niveau stratégique. Le modèle « boite-noire » de cette fonction est illustré sur la fig. 74, p.216 ci-dessous.

## Fonction B2 : Lutter contre le sinistre

Il s'agit de toutes les actions prises sur le terrain pour lutter contre le sinistre. Cette fonction est effectuée par les services de secours, assistés par les équipes de l'installation et les associations de Sécurité Civile. Des moyens privés peuvent également être utilisés. Les actions de lutte contre le sinistre comportent le secours aux victimes, la lutte contre les incendies, l'intervention face au risque chimique, et la gestion opérationnelle et commandement. Comme la fonction E1 : LUTTER CONTRE LE SINISTRE du POI, cette fonction est également décomposée en quatre étapes (fig. 73). Les missions principales des secours susceptibles d'être mises en œuvre dans une installation faisant l'objet d'un classement SEVESO II « seuil haut » ont encore été employées pour faciliter la décomposition. Sur la représentation graphique de la figure 27, les étapes sont encore organisées en forme d'étoile, l'étape assurant la coordination occupant le centre de la forme. La double flèche entre l'étape B2.4 : GOC et les autres étapes reprend le formalisme décrit au paragraphe concernant la fonction E2 : DIRIGER LES OPERATIONS INTERNES du POI. Ce flux d'informations fait partie des procédures de communication de la fonction Gestion Opérationnelle et Commandement.

## Sous-fonction B2.1 : Incendie (INC)

Cette sous-fonction correspond aux actions de lutte contre l'incendie effectuées sur le terrain. Vu l'envergure des incendies des installations chimiques et pétrochimiques, des moyens importants sont mis en œuvre par les Sapeurs-Pompiers, assistés par les équipes de l'installation et éventuellement par les équipes des installations avoisinantes. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est illustré sur la fig. 75, page 223 ci-dessous.

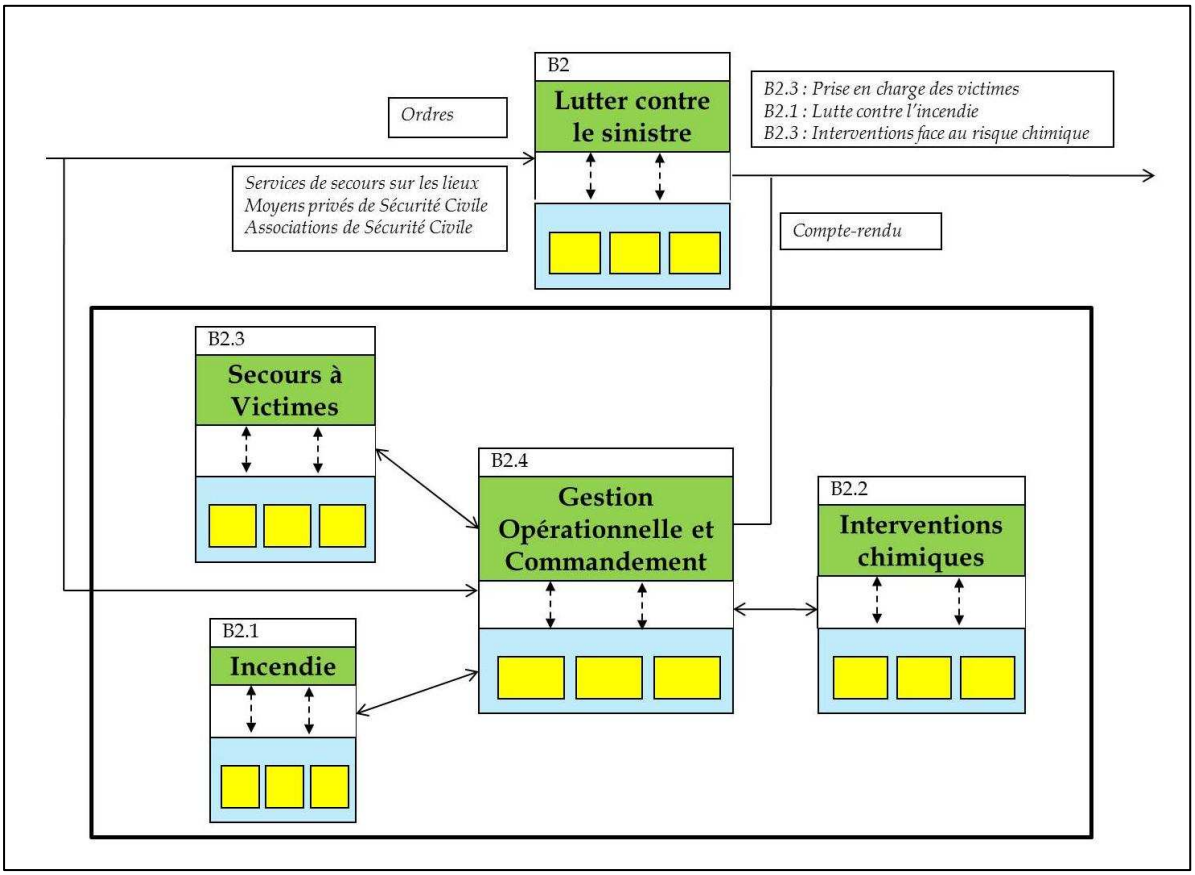


**Figure 73 :** Modèle-structuro fonctionnel du dispositif de lutte contre le sinistre

## Sous-fonction B2.2 : Intervention face aux risques chimiques

Il s'agit des mesures prises afin de protéger les personnes, les biens et l'environnement des effets des accidents d'origine chimique, qui résultent le plus souvent des pertes de confinement des matières dangereuses. Cette mission est remplie par la Cellule Mobile d'Intervention Chimique (CMIC) du SDIS, assistée par les équipes spécialisées de secours de l'installation et éventuellement par des équipes spécialisées des installations avoisinantes. Des moyens privés peuvent éventuellement être mis en œuvre. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est illustré sur la fig. 76, page 224 ci-dessous.

# PPI.B1 : Diriger les Opérations de Secours

**Fonctions**

PPI.B1 : Diriger les Opérations de Secours

**Ressources**

PPI.H3 : Personnels SIDPC
PPI.H4 : Membres du Corps Préfectoral
PPI.H6 : Experts
PPI.H8 : Représentants des services de l'Etat compétents
PPI.H9 : Représentants des services de secours et d'urgence
PPI.I3 : Bilan de la situation (PCO & COD)
PPI.I4 : Idée opérationnelle et exécution (PCO & COD)
PPI.O3 : Procédures PPI
PPI.T6 : Moyens de communication (PCO & COD)
PPI.T7 : Moyens d'analyse de l'information (PCO & COD)
PPI.T8 : Local PCO
PPI.T9 : Local COD
PPI.H24 : Personnels PC Ex

**Inputs**

- Compte-rendu
- Compte-rendu
- Compte-rendu
- Compte-rendu

**Outputs**

- Ordres

**Figure 74 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B1 : DIRIGER LES OPERATIONS DE SECOURS

# PPI.B2.1 : Incendie (INC)

**Fonctions**

PPI.B2.1 : Incendie

**Ressources**

| |
|---|
| PPI.H10 : Sapeurs-Pompiers (SDIS) |
| PPI.H11 : Sapeurs-Pompiers (installation) |
| PPI.H12 : Sapeurs-Pompiers (installations avoisinantes) |
| PPI.I4 : Ordre tactique |
| PPI.O4 : Procédures INC (SDIS) |
| PPI.O5 : Procédures INC (installation) |
| PPI.O6 : Procédures INC (installations avoisinantes) |
| PPI.T10 : Moyens INC (SDIS) |
| PPI.T11 : Moyens INC (installation) |
| PPI.T12 : Moyens INC (installations avoisinantes) |
| PPI.T13 : Dispositif automatique d'extinction incendie |

**Inputs**

- Ordre tactique
- Moyens privés de Sécurité Civile

**Outputs**

- Actions de lutte contre l'incendie
- Compte-rendu

**Sous-systèmes**

**Figure 75 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B2.1 : INCENDIE (INC)

# PPI.B2.2 : Intervention face aux risques chimiques (RCH)

**Fonctions**

PPI.B2.2 : Intervention face aux risques chimiques

**Ressources**

- PPI.H10 : Sapeurs-Pompiers (SDIS)
- PPI.H11 : Sapeurs-Pompiers (installation)
- PPI.H12 : Sapeurs-Pompiers (installations avoisinantes)
- PPI.I4 : Ordre tactique
- PPI.O7 : Procédures RCH (SDIS)
- PPI.O8 : Procédures RCH (installation)
- PPI.O9 : Procédures RCH (installations avoisinantes)
- PPI.T14 : Moyens RCH (SDIS)
- PPI.T15 : Moyens RCH (installation)
- PPI.T16 : Moyens RCH (installations avoisinantes)
- PPI.T17 : Moyens de génie civil, levage et transport

**Inputs**

- Ordre tactique
- Moyens privés de Sécurité Civile

**Outputs**

- Interventions face aux risques chimiques
- Compte-rendu

**Figure 76 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B2.2 : INTERVENTION FACE AUX RISQUES CHIMIQUES

## Sous-fonction B2.3 : Secours à Victimes

La mission du secours à victimes constitue la prise en charge des blessés et/ou intoxiqués. Elle est assurée par des secouristes, qui peuvent faire partie de plusieurs entités (SDIS, SAMU, associations de Sécurité Civile, installation…). Si l'état des victimes l'impose, un médecin urgentiste peut prendre en charge le secours médicalisé. Si le nombre des victimes est supérieur au nombre pouvant être pris en charge par le système médical local, le Plan Nombreuses Victimes (ou Plan Rouge) est activé. Ceci consiste en le tri des blessés afin d'assurer leur traitement en fonction de la gravité de leur situation et des moyens disponibles. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est illustré sur la fig. 77, page 226 ci-dessous.

## Sous-fonction B2.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement

Il s'agit de la coordination de la réponse opérationnelle sur le terrain. Elle est assumée par le Commandant des Opérations de Secours (COS), qui est désigné par le DOS et assume la responsabilité pour la conduite des opérations sur le terrain. Dans le cas des accidents industriels majeurs, le COS est un Officier Sapeur-Pompier. Il est assisté dans son travail par le Poste de Commandement équipé des moyens nécessaires et armé par des Officiers Sapeurs-Pompiers. L'objectif de cette mission est d'appliquer la Méthode de Raisonnement Tactique afin de gérer la réponse opérationnelle au sinistre. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est illustré sur la fig. 78, page 227 ci-dessous.

## Fonction B.3 : Mettre en place le périmètre de sécurité

Afin de protéger les personnes et les biens dans le cas d'un accident industriel majeur, un périmètre de sécurité est mis en place. Les personnes n'intervenant pas directement à la gestion du sinistre ne sont pas autorisées à entrer dans ce périmètre. Ceci est défini comme un rayon autour du site, et est clairement identifié dans le document PPI. L'objectif est d'éviter à la population d'être exposée à des risques da nature incendie, explosion et/ou toxique, ainsi que d'isoler la zone à risques. Les populations qui se trouvent dans le périmètre sont invitées à respecter un confinement strict. Toute circulation entrante dans la zone dangereuse est interdite. Cette mission est remplie par les forces de l'ordre (Police Nationale et Gendarmerie Nationale), les Conseils Généraux, les Directions Interdépartementales des Routes (DIR) et les gestionnaires des réseaux routiers (comme par exemple Autoroutes du Sud de la France ou la Société des Autoroutes Rhône-Alpes), la SNCF pour le trafic ferroviaire et Voies Navigables de France pour le trafic fluvial. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est illustré sur la fig. 79, page 228 ci-dessous.

# PPI.B2.3 : Secours à Victimes (SAV)

**Fonctions**

PPI.B2.3 : Secours à Victimes (SAV)

**Ressources**

PPI.H10 : Sapeurs-Pompiers (SDIS)
PPI.H13 : Secouristes (installation)
PPI.H14 : Secouristes (Associations de Sécurité Civile)
PPI.H15 : Médecins urgentistes (SDIS & SAMU)
PPI.I4 : Ordre tactique
PPI.O10 : Procédures SAV (SDIS)
PPI.O11 : Procédures SAV (SAMU)
PPI.O12 : Procédures SAV (installation)
PPI.O13 : Procédures SAV (installations avoisinantes)
PPI.O14 : Procédures SAV (Associations de Sécurité Civile)
PPI.T18 : Moyens SAV (SDIS)
PPI.T19 : Moyens SAV (SAMU)
PPI.T20 : Moyens SAV (installation)
PPI.T21 : Moyens SAV (installations avoisinantes)
PPI.T22 : Moyens SAV (Associations de Sécurité Civile)

**Inputs**

- Ordre tactique
- Moyens privés de Sécurité Civile
- Associations de Sécurité Civile

**Outputs**

- Actions de secours à victimes
- Compte-rendu

**Figure 77 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B2.3 : SECOURS A VICTIMES (SAV)

# PPI.B2.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement

**Fonctions**

PPI.B2.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement

**Ressources**

PPI.H16 : Commandant des Opérations de Secours (COS)
PPI.H17 : Officiers Sapeurs-Pompiers (SDIS)
PPI.I5 : Bilan de la situation (PCA)
PPI.I6 : Idée de manœuvre et exécution (PCA)
PPI.I6 : Ordre opérationnel
PPI.O3 : Procédures PPI
PPI.T23 : Véhicule Poste de Commandement (VPC)
PPI.T6 : Moyens de communication
PPI.T7 : Moyens d'analyse de l'information

**Inputs**

- Compte-rendu (INC)
- Compte-rendu (RCH)
- Compte-rendu (SAV)
- Ordre opérationnel

**Outputs**

- Ordre tactique
- Compte-rendu

**Sous-systèmes**

**Figure 78 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B2.4 : GESTION OPERATIONNELLE ET COMMANDEMENT

# PPI.B3 : Mettre en place le périmètre de sécurité

**Fonctions**

PPI.B3 : Mettre en place le périmètre de sécurité

**Inputs**

• Ordre

**Ressources**

| | |
|---|---|
| PPI.H18 : Personnels PN/GN | PPI.O18 : Procédures VNF |
| PPI.H19 : Personnels DIR | PPI.O19 : Procédures SNCF |
| PPI.H20 : Personnels Conseil Général | PPI.O20 : Procédures des gestionnaires |
| PPI.H21 : Personnels VNF | PPI.O3 : Procédures PPI |
| PPI.H22 : Personnels SNCF | PPI.T24 : Moyens PN/GN |
| PPI.H23 : Personnels des gestionnaires des réseaux | PPI.T25 : Moyens DIR |
| PPI.I7 : Ordre opérationnel | PPI.T26 : Moyens Conseil Général |
| PPI.O15 : Procédures PN/GN | PPI.T27 : Moyens VNF |
| PPI.O16 : Procédures DIR | PPI.T28 : Moyens SNCF |
| PPI.O17 : Procédures Conseil Général | PPI.T29 : Moyens des gestionnaires des réseaux |

**Outputs**

• Compte-rendu

• Actions de protection des personnes et des biens

**Figure 79 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B3 : METTRE EN PLACE LE PERIMETRE DE SECURITE

## Fonction B4 : Informer la population

L'alerte de la population en phase reflexe se fait principalement par les sirènes PPI. Celles-ci doivent couvrir tout le périmètre PPI et sont activées par le Directeur des Opérations Internes, afin d'assurer la rapidité de l'alerte. Les sirènes doivent être conformes aux caractéristiques techniques du signal national d'alerte. Des systèmes téléphoniques automatisés d'alerte peuvent également être utilisés pour alerter les établissements sensibles, les médias et les acteurs PPI. La rapidité de la réaction de la population, qui doit immédiatement se confiner, est essentielle. Dans le cas d'une évacuation décidée par le DOS, le message peut être communiqué par des moyens des forces de l'ordre (véhicules avec haut-parleurs), par des systèmes téléphoniques automatisés d'alerte et/ou par les médias. La fin d'alerte est décidée par le Préfet ; elle est communiquée par moyen de la sirène PPI (signal de fin d'alerte) ou par des moyens téléphoniques. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est illustré sur la fig. 81 (page 229).

## Fonction B5 : Prendre en charge les personnes en danger

Cette fonction comporte l'évacuation et l'hébergement d'urgence des personnes. Il s'agit d'une fonction assez difficile à accomplir dans le cadre du PPI, notamment à cause des moyens importants devant être mis en œuvre. Elle est décomposée en deux étapes (fig. 80).

## Evacuer les personnes en danger

L'évacuation des personnes se retrouvant autour d'un site industriel au moment de la survenue d'un accident majeur peut s'avérer nécessaire. La décision d'évacuer va se baser essentiellement sur l'évaluation des risques envisagés par les personnes sur place face aux bénéfices ou risques potentiels d'une évacuation. Cette mission est effectuée sur décision du Directeur des Opérations de Secours par les Sapeurs-Pompiers, la Police Nationale, la Gendarmerie Nationale et éventuellement la Police Municipale de la collectivité concernée. Des moyens privés ou associatifs peuvent être également impliqués, comme par exemple des bus pour le transport des évacués. Le modèle « boite-noire » de cette étape est illustré sur la fig. 82 (page 232).

## Prise en charge des personnes évacuées

Suite à l'évacuation, il revient à la responsabilité pour l'hébergement des collectivités territoriales et de l'Etat. Les évacuations à cause des accidents technologiques majeurs sont plutôt rares et de court terme ; en revanche, une évacuation à moyen terme peut être possible. Les évacués sont plutôt hébergés dans des bâtiments existants, come par exemple

des gymnases. Des moyens municipaux sont souvent mis en œuvre, mais les associations de Sécurité Civile (comme par exemple les Réserves Communales de Sécurité Civile ou la Croix-Rouge Française) jouent un rôle important dans cette mission. Le modèle « boite-noire » de cette sous-fonction est illustré sur la fig. 83, page 233 ci-dessous.

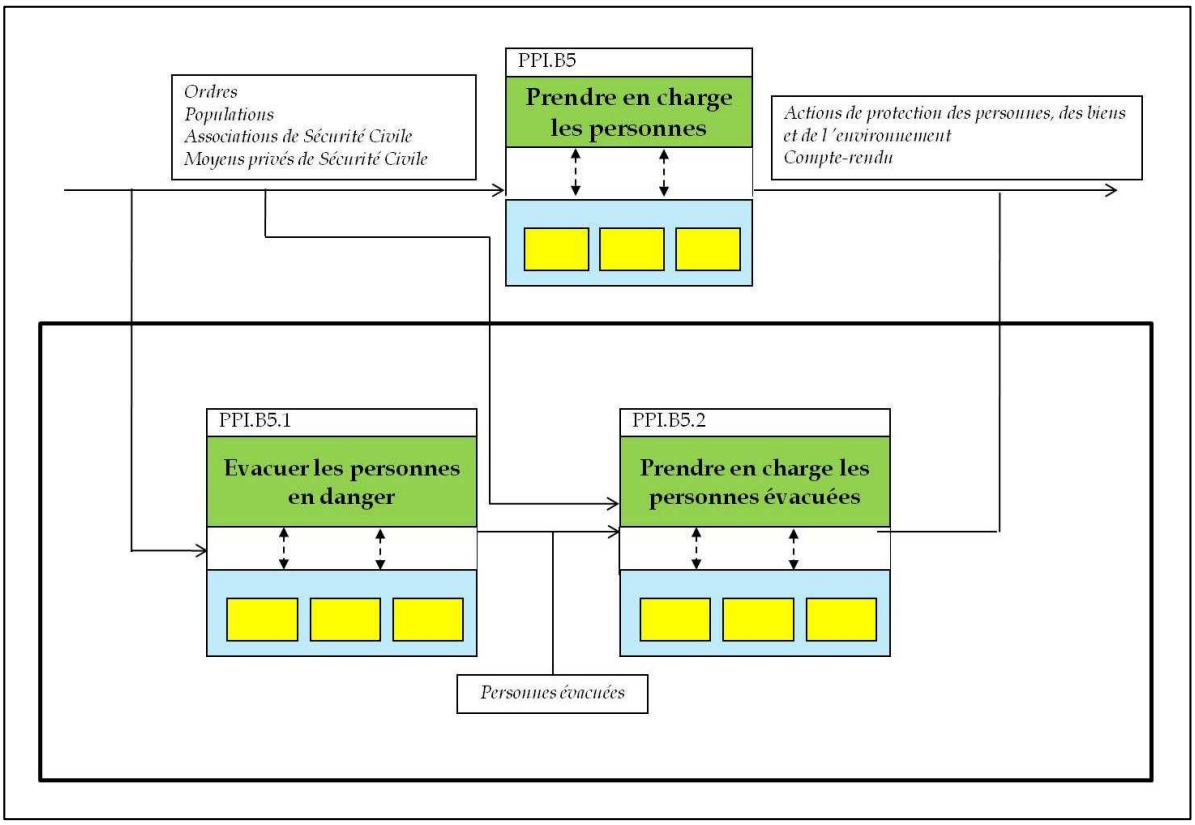


**Figure 80 :** Modèle-structuro fonctionnel du dispositif de prise en charge des populations

# PPI.B4 : Informer la population

**Fonctions**

PPI.B4 : Informer la population

**Ressources**

| |
|---|
| PPI.H18 : Personnels PN/GN |
| PPI.H24 : Personnels PC Ex |
| PPI.H25 : Populations |
| PPI.H3 : Personnels SIDPC |
| PPI.HTO.1 : Médias |
| PPI.I7 : Ordre opérationnel |
| PPI.O15 : Procédures PN/GN |
| PPI.O3 : Procédures PPI |
| PPI.T24 : Moyens PN/GN |
| PPI.T30 : Sirène PPI |
| PPI.T31 : Système téléphonique automatisé d'alerte |

**Inputs**

- Ordres
- Populations
- Médias

**Outputs**

- Compte-rendu
- Signal national d'alerte
- Alerte des populations

**Sous-systèmes**

**Figure 81 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B4 : INFORMER LA POPULATION

# PPI.B5.1 : Evacuer les personnes en danger

**Fonctions**

PPI.B5.1 : Evacuer les personnes en danger

**Ressources**

| |
|---|
| PPI.H10 : Sapeurs-Pompiers (SDIS) |
| PPI.H18 : Personnels PN/GN |
| PPI.H25 : Populations |
| PPI.H26 : Personnels Police Municipale |
| PPI.I7 : Ordre opérationnel |
| PPI.O15 : Procédures PN/GN |
| PPI.O20 : Procédures OPD (SDIS) |
| PPI.O21 : Procédures Police Municipale |
| PPI.T24 : Moyens PN/GN |
| PPI.T32 : Moyens OPD (SDIS) |
| PPI.T36 : Moyens Police Municipale |

**Inputs**

- Ordres
- Populations

**Outputs**

- Compte-rendu
- Actions de protection des personnes
- Personnes évacuées

**Sous-systèmes :**

**Figure 82 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B5.1 : EVACUER LES PERSONNES EN DANGER

# PPI.B5.2 : Héberger les évacués

**Fonctions**

PPI.B5.2 : Héberger les évacués

**Ressources**

| |
|---|
| PPI.H27 : Bénévoles des Associations de Sécurité Civile |
| PPI.H28 : Personnels municipaux |
| PPI.I7 : Ordre opérationnel |
| PPI.O22 : Procédures des Associations de Sécurité Civile |
| PPI.O23 : Procédures du Plan Communal de Sauvegarde |
| PPI.T37 : Moyens des Associations de Sécurité Civile |
| PPI.T38 : Locaux CHU |
| PPI.T39 : Moyens municipaux |

**Inputs**

- Ordres
- Personnes évacuées
- Associations de Sécurité Civile

**Outputs**

- Actions de protection des personnes
- Compte-rendu

**Sous-systèmes :**

**Figure 83 :** Modèle boite-noire de la fonction PPI.B5.2 : HEBERGER LES PERSONNES EVACUEES

# Annexe 2 : Défaillances observées dans la mise en œuvre des POI

| Défaillance | Sous-fonction | Ressource | Support | Fréquence |
|---|---|---|---|---|
| **A. Surveiller l'incident** | | | | **12** |
| Dispositif de détection inadapté | A1 | Dispositif de détection | | 8 |
| Effet domino d'un autre accident survenu en dehors du site; effets non prévus et non perçus | A1 | | | 1 |
| Agents compétents pas en poste (absents) | A1 + A2 | Agents sur place | Formation | 1 |
| Non prise en compte des alarmes | A1 + A2 | Agents sur place<br>Ingénieur processus | Formation | 1 |
| Mauvaise gestion des alarmes en salle de contrôle | A2 | | | 1 |
| | | | | |
| **B. Prendre les 1ères mesures** | | | | **19** |
| Mauvaise réaction des opérateurs | | Agents sur place | Formation | 1 |
| Non respect des procédures d'urgence | | Agents sur place | Formation | 1 |
| Pas d'utilisation d'EPI par les agents sur place | | Agents sur place<br>EPI/Moyens de secours | Formation | 2 |
| Moyens de secours insuffisants inadaptés | | EPI/Moyens de secours | Maintenance | 2 |
| Dispositif d'alerte gaz défaillant | | Moyens de communication | Maintenance | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Consignes de sécurité écrites en une lange autre que la langue maternelle ou maitrisée par les agents | | Consignes de sécurité | Affichage | 1 |
| Absence de réaction initiale du personnel | | Agents de sécurité<br>Consignes de sécurité<br>Fiches de consignes | Formation<br>Mise à jour | 1 |
| Intervention des agents en dehors de leurs compétences | | Agents sur place | Formation | 1 |
| Dispositif d'arrêt d'urgence défaillant | | Moyens de secours | Maintenance | 1 |
| Utilisation inadaptée des extincteurs | | Agents sur place | Formation | 1 |
| Non utilisation des RIA par les agents sur place | | Agents sur place | Formation | 1 |
| Issues de secours mal accessibles | | Moyens de secours | | 1 |
| Exutoires de désenfumage défaillants | | Moyens de secours | Maintenance | 1 |
| Absence de RIA | | Moyens de secours | | 1 |
| Dispositif d'extinction automatique défaillant | | Moyens de secours | Maintenance | 2 |
| Non fermeture automatique des volets de ventilation | | Moyens de secours | Maintenance | 1 |
| | | | | |
| | | | | **9** |
| Membres du PC Ex pas joignables | C3 | Personnels du PC Ex<br>Moyens de communication | Maintenance | 1 |
| Arrivée tardive des membres du PC Ex | C3 | Personnels du PC Ex | | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Modalités d'alerte inadaptées | C3 | Personnels du PC Ex<br>Moyens de communication<br>Astreintes PC Ex | Formation<br>Maintenance | 1 |
| Arrivée tardive des Sapeurs - Pompiers auxiliaires | C4 | Sapeurs - Pompiers auxiliaires | | 1 |
| Alerte des SP et secouristes auxiliaires défaillante | C4 | Sapeurs - Pompiers auxiliaires<br>Secouristes auxiliaires<br>Moyens de communication | Maintenance | 1 |
| Alarme externe déconnectée de l'alarme interne, donc non déclenchée dans un temps utile | C5 | Sirène POI | Maintenance | 1 |
| Utilisation inadaptée du dispositif automatique d'alerte | C1 + C2 | Dispositif automatique d'alerte<br>Agents sur place<br>Ingénieur processus | Formation | 1 |
| Mauvaise gestion des alarmes en salle de contrôle | C1 | Agents au CTA interne | Formation | 1 |
| | | | | |
| **D. Sécuriser les personnes et les locaux** | | | | **?** |
| | | | | |
| **E. Gérer la crise** | | | | **139** |
| Procédure POI non mise à jour / Rôles et responsabilités mal définis | | Procédure POI | Mise à jour | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Formation du personnel inadéquate | | Personnels du PC Ex<br>Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes | Formation | 1 |
| Formation des personnel du PC Ex inadéquate | | Personnels du PC Ex | Formation | 1 |
| Manque des plans de l'installation, indiquant les équipements sources de danger | | | | 1 |
| Scenario non pris en compte dans les EDD | | Procédure POI | | 1 |
| Arrivée tardive des Sapeurs - Pompiers auxiliaires | E1 | Sapeurs - Pompiers auxiliaires<br>Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Approvisionnement en eau insuffisant | E1 | Moyens INC<br>Sapeurs - Pompiers | Maintenance | 1 |
| Nombre des secouristes et Sapeurs - Pompiers auxiliaires sur le site insuffisant | E1 | Sapeurs - Pompiers auxiliaires<br>Secouristes auxiliaires | | 1 |
| Barrages flottants inadaptés | E1 | Moyens RCH | Maintenance | 1 |
| Plans et procédures d'urgence mal compris | E1 | Agents sur place<br>Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes<br>Personnels du PC Ex<br>Procédure POI<br>Fiches POI (toutes) | Formation<br>Mise à jour | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Communication difficile entre les équipes INC | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Moyens GOC | Formation<br>Maintenance | 1 |
| Décès d'un Sapeur - Pompier / Secouriste<br>(cause autre que la mission) | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes | Formation | 1 |
| Cuvette de rétention et/ou bassin d'urgence sous - dimensionnés | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Moyens INC<br>Moyens RCH | | 3 |
| Défaillance de la pompe de reprise du site | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Personnels du PC Ex<br>Moyens INC<br>Moyens RCH | Maintenance | 1 |
| Traumatisme d'un ou plusieurs Sapeurs - Pompiers ou Secouristes (cause mission) | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes | | 2 |
| Mauvais état des tuyaux d'incendie | E1 | Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Tubes Draeger périmés | E1 | Moyens RCH | Maintenance | 1 |
| Absence de bac de rétention | E1 | Moyens INC<br>Moyens RCH | | 2 |
| Destruction des équipements des services de secours par la cause du sinistre | E1 | Moyens SAV<br>Moyens INC<br>Moyens RCH<br>Moyens GOC | | 2 |
| Absence de dispositif automatique d'extinction | E1 | Moyens INC | | 3 |
| Réseau sprinkler endommagé pendant l'incident | E1 | Moyens INC | | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Défaillance des pompes du réseau incendie | E1 | Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Défaillance d'un véhicule Sapeurs - Pompiers | E1 | Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Manque d'eau pour extinction | E1 | Moyens INC | | 4 |
| Bac de rétention non étanche | E1 | Moyens INC | Maintenance | 3 |
| Difficulté à déclencher les pompes incendie | E1 | Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Rideaux d'eau inadaptés (h=10m) par rapport au nuage (h= 30m) | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Moyens RCH | | 1 |
| Manque de pompe(s) pour pompage des eaux d'extinction | E1 | Moyens INC | | 1 |
| Quantité des moyens INC inadéquate par rapport aux moyens prévus | E1 | Moyens INC | | 1 |
| Voie d'accès aux services d'urgence inaccessible | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes<br>Moyens SAV<br>Moyens INC<br>Moyens GOC<br>Moyens RCH | | 1 |
| Eclatement des tuyaux incendie par des véhicules passant par-dessus | E1 | Moyens INC | | 1 |
| Insuffisance d'émulseur | E1 | Moyens INC | | 3 |
| Incapacité de localisation de l'alimentation de l'incendie | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Moyens INC<br>Moyens GOC | | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Non respect des règles de sécurité pendant l'intervention | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes<br>Moyens SAV<br>Moyens INC<br>Moyens RCH<br>Procédures SAV<br>Procédures INC<br>Procédures RCH | Formation | 1 |
| Raccords des moyens hydrauliques des renforts inadaptés | E1 | Moyens INC | | 1 |
| Intervention trop lente | E1 | | | 1 |
| manque de caméra thermique (incapacité de localiser les "points chauds" de l'incendie) | E1 | Moyens INC | | 1 |
| Pas de surveillance du site de l'incendie après extinction | E1 | Sapeurs - Pompiers<br>Procédure INC<br>Procédure GOC | Formation | 1 |
| Défaillance de l'approvisionnement en mousse | E1 | Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Non fermeture automatique des volets de ventilation | E1 | Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Problème sur un poteau d'incendie | E1 | Moyens INC | Maintenance | 1 |
| Badges des personnels de secours non adaptés et non à jour | E1 | Moyens GOC<br>Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes | Mise à jour | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Itinéraire VPCA non identifié | E1 | Moyens GOC<br>Sapeurs - Pompiers | Mise à jour | 1 |
| Vannes non identifiées | E1 | Moyens INC | | 1 |
| Pas de plans de l'installation dans les véhicules de secours | E1 | Moyens GOC | | 1 |
| Matériel RCH absent / non adapté | E1 | Moyens RCH | Maintenance | 1 |
| Déclenchement trop tardif du POI | E2 | Personnels du PC Ex<br>Procédure POI<br>Fiches Reflexes<br>FAD | Formation<br>Mise à jour | 4 |
| Répartition des rôles dans le PC Ex longue / pas claire | E2 | Personnels du PC Ex<br>Procédures POI | Formation | 2 |
| Mauvaise appréciation des moyens disponibles | E2 | Personnels du PC Ex | Formation | 1 |
| Personnels du PC Ex arrivés tardivement | E2 | Personnels du PC Ex | | 2 |
| Personnels du PC Ex non compétents avec les procédures POI | E2 | Personnels du PC Ex | Formation | 2 |
| Personnels du PC Ex non compétents avec les moyens disponibles dans la salle PC Ex | E2 | Personnels du PC Ex<br>Moyens de communication<br>Moyens informatiques | Formation | 7 |
| Appréciation inadaptée de la situation | E2 | Personnels du PC Ex | Formation | 4 |
| Positionnement du PC Ex dans le nuage explosif | E2 | Personnels du PC Ex<br>Local PC Ex | Formation | 1 |
| Limite mal définie entre POI et PPI | E2 | Personnels du PC Ex | | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Décisions prises dans des délais tardifs | E2 | Personnels du PC Ex<br>Moyens d'analyse | Formation | 3 |
| Retard important dans la demande des renforts par le SDIS | E2 | Personnels du PC Ex<br>Moyens d'analyse<br>Fiches d'Aide à la Décision | Formation | 1 |
| Utilisation inadaptée des FDS | E2 | Personnels du PC Ex<br>Moyens d'analyse<br>Fiches d'Aide à la Décision | Formation | 1 |
| Utilisation inadaptée des fiches tactiques | E2 | Fiches reflexes<br>Fiches d'Aide à la Décision | Formation<br>Mise à jour | 1 |
| Fiches POI inadaptées ou non à jour | E2 | Fiches reflexes<br>Fiches d'Aide à la Décision | Mise à jour | 2 |
| Supports papier insuffisants en nombre | E2 | Fiches reflexes<br>Fiches d'Aide à la Décision | Logistique | 1 |
| Outils informatiques inadaptés ou non fonctionnels | E2 | Moyens informatiques | Maintenance | 1 |
| Ambiguités sur la chaîne de commandement | E2 | Procédures POI | Mise à jour<br>Formation | 1 |
| Présence POI non suivie | E2 | Personnels du PC Ex | Formation | 1 |
| Annuaire de crise non à jour | E2 | Annuaire de crise | Maintenance | 1 |
| Ingénieurs d'astreinte PCA | E2 | Personnels du PC Ex<br>Astreintes ING | | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Localisation du lieu du sinistre tardive ou erronée | E1 + E2 | Sapeurs - Pompiers<br>Personnels du PC Ex<br>Moyens GOC<br>Moyens d'analyse d'information | Formation | 1 |
| Communication défaillante entre le terrain et le PC Ex | E1 + E2 | Sapeurs - Pompiers<br>Personnels du PC Ex<br>Moyens GOC<br>Radios VHF/UHF/Digital | Formation<br>Maintenance | 7 |
| Gestion du BdR inadaptée et/ou tardive | E1 + E2 | Moyens INC<br>procédures POI | Formation | 1 |
| Fausse information sur la localisation du sinistre | E1 + E2 | Personnels du PC Ex<br>Sapeurs - Pompiers | Formation<br>Moyens d'analyse | 2 |
| Moyens de communication non redondants | E1 + E2 | Radio VHF<br>Téléphone GSM<br>Téléphone fixe<br>Fax<br>Beeper | Maintenance | 1 |
| Défaillance de la connexion radio | E1 + E2 | Radio VHF | Maintenance | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Procédures POI non respectées | E1 + E2 | Personnels du PC Ex<br>Sapeurs - Pompiers<br>Secouristes<br>Agents de sécurité<br>Procédure POI<br>Fiches POI (toutes) | Formation<br>Mise à jour | 1 |
| Retard dans la communication vers les communes concernées | E3 | Personnels du PC Ex<br>Fiches Mission<br>Fiches Reflexe<br>Procédures de communication<br>Moyens de communication | Formation<br>Mise à jour | 3 |
| Préfecture pas alertée de la levée du POI | E3 | Personnels du PC Ex<br>Fiches Mission<br>Fiches Reflexe<br>Procédures de communication<br>Moyens de communication | Formation<br>Mise à jour | 1 |
| Communication avec les médias défaillante | E3 | Personnels du PC Ex<br>Fiches Mission<br>Fiches Reflexe<br>Procédures de communication<br>Moyens de communication | Formation<br>Mise à jour | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Manque de communication avec les autorités, ou communication hors délai | E3 | Personnels du PC Ex<br>Fiches Mission<br>Fiches Reflexe<br>Procédures de communication<br>Moyens de communication | Formation<br>Mise à jour | 4 |
| Absence d'information du public | E3 | Personnels du PC Ex<br>Fiches Mission<br>Fiches Reflexe<br>Procédures de communication<br>Moyens de communication | Formation<br>Mise à jour | 1 |
| Consignes d'interface avec SNCF inadaptés | E3 | Procédures de communication<br>Fiches Mission<br>Fiches reflexe | Mise à jour | 1 |
| Sirène d'alarme non perçue | E3 | Sirène POI | Maintenance | 1 |
| Standard non isolé | E3 | Personnels du CTA interne<br>Local CTA interne | Maintenance | 1 |
| Matériel de communication interne PC Ex en panne | E2 | Téléphone fixe | Maintenance | 2 |
| Information diffusée involontairement aux médias | E3 | Personnels du PC Ex<br>Fiches Mission<br>Fiches Reflexe | Formation<br>Mise à jour | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Procédures de communication | | |
| Clôture inadaptée | E4 | Local Accueil | Maintenance | 1 |
| Agents de sécurité en nombre non suffisant | E4 | Agents de sécurité | | 1 |
| Salle accueil des familles / médias non adaptée | E4 | Local Accueil | Maintenance | 1 |
| Stationnement de véhicules en dehors de la porte principale | E4 | Local Accueil<br>Agents de sécurité<br>Fiches Reflexes<br>Fiches Mission | Maintenance<br>Mise à jour<br>Formation | 1 |
| Information vers les locaux accueil diffusée tardivement | E4 + E3 | Personnels du PC Ex<br>Agents de sécurité<br>Procédures de communication<br>Fiches Mission<br>Fiches Reflexe<br>Moyens de communication | Maintenance<br>Formation<br>Mise à jour | 1 |
| Matériel dédié à la formation non adapté | E5 | Moyens d'observation /enregistrement | Maintenance | 1 |
| Mesures de concentration des polluants mal localisées | E1 + E5 | Sapeurs - Pompiers<br>Personnels du PC Ex<br>Moyens RCH | Formation | 1 |

# Annexe 3 : Défaillances observées dans la mise en œuvre des PPI

| Fonction | Défaillance | Fréquence |
|---|---|---|
| **A.1- Alerter le SDIS** | | **0** |
| | | |
| **A.2- Alerter le SIDPC** | **Total** | **5** |
| | Sous-préfet alerté directement à la place du SIDPC | 1 |
| | Problème lors de l'alerte du SIDPC | 1 |
| | L'exploitant ne donne pas l'alerte | 1 |
| | SIDPC contacté tardivement | 1 |
| | Alerte du SIDPC tardive | 1 |
| | | |
| **A.3- Mobiliser les acteurs de la Sécurité Civile** | **Total** | **29** |
| | Cadre de permanence DDE non alerté | 1 |
| | Moyens du SDIS mobilisé tardivement | 1 |
| | Mairie pas présente au COD | 1 |
| | SAMU pas prévenu | 1 |
| | Commissariat alerté tardivement | 1 |
| | Conseiller HazMat de l'usine non contacté | 1 |
| | Décalage important entre l'alerte et l'activation des moyens | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | Dispositif automatique d'alerte ne fonctionne pas | 1 |
| | Retard important dans l'alerte de la DDE | 1 |
| | Acteurs PCO non prévenus | 1 |
| | Mobilisation trop longue en heures non ouvrée | 1 |
| | Absence des représentants de la Mairie au PCO | 1 |
| | Très longue mise en route des équipes | 1 |
| | Difficulté à joindre les élus | 1 |
| | Implication tardive des autorités réglementairement en charge des questions | 1 |
| | Personnels du PCO/COD et/ou élus d'astreinte pas alertés | 1 |
| | Véhicules SP (publics) retardés à cause de débris sur la route d'accès | 1 |
| | Arrivée tardive du SDIS et gendarmerie au PCO | 1 |
| | Pas de représentants de la police municipale au PCO et au COD | 1 |
| | Maire bloqué au barrage de police | 1 |
| | DDASS contactée très tardivement | 1 |
| | Services de Police avertis du POI 5min après le PPI | 1 |
| | Message d'alerte pas suffisamment clair | 3 |
| | Délai important entre la décision de déclencher le PPI et l'alerte des services | 1 |
| | Envoi incorrect de message d'alerte à la maire et pas à l'astreinte de la mairie. | 1 |
| | | |

| | | |
|---|---|---|
| **B.1-Coordonner la réponse de la sécurité civile** | **Total** | **105** |
| | Prise de décision des SP sur un risque d'explosion sans concertation avec responsable site | 1 |
| | Communication et coordination PCO/COD difficile et insuffisante | 2 |
| | Nombre insuffisant de téléphones fixes dans le local PCO ou ne fonctionnent pas | 5 |
| | Pas de remontée d'info au COD (PCO informe CODIS à la place) | 1 |
| | Décalage entre info arrivant au COD et réalité sur le terrain | 1 |
| | Impossibilité d'utiliser le réseau de communications "ACROPOL" car maintenance | 1 |
| | Le PCM des SP(trop près de l'événement) a servi de COD | 1 |
| | PCO/COD débordés par le flux d'information | 1 |
| | Cacophonie au PCO car salle de briefing est la même où se tiennent les cellules | 1 |
| | Identification difficile du chef des opérations sur le terrain | 1 |
| | Confusion entre les messages en provenance des deux usines | 1 |
| | DRIRE non informée de l'évolution de la situation : Synergi en marche mais non utilisé | 1 |
| | Décès annoncé par la radio VHF | 1 |
| | Problème de communication avec le SDIS | 1 |
| | Difficultés de communication avec GN | 1 |
| | Difficulté à joindre quelqu'un dans les structures de gestion de crises | 1 |
| | Trop de monde dans le PCO | 4 |
| | Coordination interservices problématique | 2 |
| | L'exploitant ne confirme pas ses actions par fax au préfet | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | Regroupement des informations depuis le terrain problématique | 1 |
| | Local PCO mal organisé | 1 |
| | Absence de contact DRE sur les TMD | 1 |
| | Absence de liaison radio SDIS et SAMU | 1 |
| | Manque d'équipement/Manque de moyens de la salle PCO | 3 |
| | Manque d'information sur l'évolution de la situation | 6 |
| | Acteurs du SIDPC rendus au PCO au lieu de COD | 1 |
| | Multiplicité des PC | 1 |
| | Non avertissement d'une ou plusieurs prises de mesures | 2 |
| | Mauvaise coordination et communication DOS-COS-Exploitant | 1 |
| | Exploitant pas joignable par le PCO/COD | 1 |
| | Consignes d'interface avec SNCF inadaptés | 1 |
| | Pas d'installation de PC Opérationnel | 1 |
| | Passage entre les phases "crise" et après - crise" mal défini | 1 |
| | Communication de crise imprudente | 1 |
| | Fausse information sur la localisation du sinistre | 1 |
| | Difficulté dans la localisation du sinistre | 1 |
| | Ambigüités concernant la personne compétente à donner des ordres | 1 |
| | Conflit d'intérêt entre les services | 1 |
| | Difficulté de transmission GN | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | Difficultés de Cellule de crise de la Mairie pour avoir des informations sur la situation sur le terrain | 1 |
| | Déviation par le Finistère (département voisin), coordination nécessaire | 1 |
| | Capacités opérationnelles des PCO/COD sous - dimensionnées | 1 |
| | Mauvaise gestion des médias (journalistes dans le PCO…) | 2 |
| | Trop grand nombre de personnes dans le COD | 1 |
| | Difficulté de communication entre les acteurs de la sécurité civile | 5 |
| | Inadéquation du lieu-base du PCO | 4 |
| | Manque de outils de visualisation d'information (cartographie, mural, ...) | 3 |
| | Manque d'identification des acteurs sur place dont ceux au PCO | 2 |
| | Manque de personnes pour s'occuper des appels téléphoniques | 2 |
| | Mise en œuvre prématurée du PPI | 1 |
| | Organisation du travail en cellules de crise pas prévue | 1 |
| | Pas de accueil immédiat du DOI par le PCO, lors du passage du POI au PPI | 1 |
| | Difficulté pour l'exploitant de joindre la préfecture | 1 |
| | Difficulté pour récupérer le PCO | 1 |
| | Difficulté de transmission d'informations entre le véhicule PC du SDIS et les autres structures de commandement | 1 |
| | Répartition du cadres du SDIS entre le véhicule PC et le PCO | 1 |
| | Difficulté pour joindre le COD | 1 |
| | Difficulté de circulation de l'information entre les différents PC | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | Communication PCO/COD et PC SDIS/CODIS insuffisante | 1 |
| | Les Maires doivent être plus associés dans les décisions concernant les populations prises au PCO | 1 |
| | Rôle du PCO mal identifié par les intervenants | 1 |
| | Communication à l'aide de téléphones portables | 1 |
| | Avoir la même heure dans les différents PC | 1 |
| | Communication entre les PC | 1 |
| | Nécessiter de partager d'avantage les connaissances entre exploitant/SDIS et DRIRE | 1 |
| | Privilégier les gens ayant meilleure connaissance du site au PCO plutôt qu'au COD | 1 |
| | PCO inutilisé | 1 |
| | Besoin d'avoir le PC de site proche du PCO | 1 |
| | Difficulté de transmissions gommées par l'utilisation de portables | 1 |
| | Représentant du DOS bloqué en préfecture par les médias, impossibilité de rejoindre le terrain | 1 |
| | Pas de comme entre PC et CIP, pas de chef CIP désigné | 1 |
| | Confusion POI/PPI | 1 |
| | Difficulté posée par l'intervention de services extérieurs chez l'exploitant quand ils ne disposent pas du matériel adéquat | 1 |
| | DOI se sent inutile au COD/PCO, COI seul sur le terrain | 1 |
| | Problèmes liés à l'absence du DOS ou représentant du DOS sur le terrain pour dialoguer avec le COS | 1 |
| | | |
| **B.2- Lutter contre le** | **Total** | **58** |

| | | |
|---|---|---|
| **sinistre** | Problème alimentation en eau (insuffisance, manque d'accès SP à coté de la réserve, retard, branchement difficile car sol meuble…) | 6 |
| | Prise en compte difficile des conséquences de l'explosion | 1 |
| | Difficulté d'accès à la coupure de la ventilation | 1 |
| | Non respect de la procédure "Revêtir un scaphandre" par les SP | 1 |
| | Relevés d'ammoniac demandés tardivement | 1 |
| | Dérapage au PC exploitant à l'annonce d'un décès | 1 |
| | Problème de matériels de lutte contre le sinistre (compatibilité entre matériels exploitant et SDIS, matériel non efficace, destruction pendant le sinistre, insuffisance, longueur des tuyaux insuffisante) | 5 |
| | Intervention des SP du site sans casque/cagoule | 1 |
| | Information téléphonique d'urgence incompréhensibles | 1 |
| | Force de l'ordre pas assez nombreux | 1 |
| | Personnel POI ne garde pas les protections | 1 |
| | Besoins complémentaires sous-estimés | 1 |
| | Fonctionnement des ordinateurs du PCO problématique | 1 |
| | Retards sur les transmissions des résultats des mesures | 1 |
| | Retard dans la remontée d'informations sur le terrain | 1 |
| | Utilisation de Synergi pas adaptée | 1 |
| | Incapacité d'anticiper la dispersion d'un produit toxique dans l'atmosphère et/ou dans une nappe phréatique/milieu aquatique | 1 |
| | Incapacité de localiser l'alimentation de l'incendie | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | Services d'urgence partis trop tôt après clôture de l'incident (pas de surveillance) | 1 |
| | Défaillance d'approvisionnement en mousse des Sapeurs - Pompiers | 1 |
| | Evaluations du risque (pendant la phase de crise) incomplètes | 1 |
| | Défaillance de la connexion radio | 1 |
| | Problèmes dans la chaine médicale | 1 |
| | Problème dans l'intégration de la structure de l'aide médicale de catastrophe | 1 |
| | Equipements de communication des équipes du terrain défaillants | 1 |
| | Plans des services de secours inadaptés | 1 |
| | Manque d'information des SP (sur les matières en jeu, quantité…) | 5 |
| | Incident industriel suivi et/ou précédé d'un incident d'origine naturelle | 1 |
| | Obstruction des accès pompiers à l'usine | 2 |
| | Problème de déviation (capcité limitée, temps de mise en place trop long,mal exploité…) | 5 |
| | PPI incomplet, trompeur ou irrespecté | 3 |
| | Retard pour le début des actions | 2 |
| | Difficulté de gérer les personnes en danger | 1 |
| | Mauvaise localisation du PMA | 1 |
| | Insuffisance des personnels du site | 1 |
| | Impossibilité de procéder rapidement à des prélèvements et mesures de concentrations toxiques dans le périmètre PPI | 1 |
| | Erreur sur le sens du vent | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| **B3 - Mettre en place le périmètre de sécurité** | **Total** | **6** |
| | Recensement des populations dans le périmètre non à jour | 2 |
| | Passage du personnel GN dans la zone de 1200m afin de mettre ne place bouclage | 1 |
| | Effectif GN faible | 2 |
| | Itinéraire de déviation mise en place avant la signature de l'arrêté préfectoral | 1 |
| | | |
| **B4 - Informer la population** | **Total** | **37** |
| | Ville de S.B. alertée avec plus de 2h15 de retard | 1 |
| | Mauvaise connaissance des consignes de confinement du personnel des ERP | 1 |
| | Moyens de communication des écoles non adaptés | 1 |
| | Faible audibilité de la sirène | 8 |
| | Seulement 20% de la population s'est confinée | 1 |
| | Pas de communication par les médias | 1 |
| | Difficulté à joindre les directeurs d'école | 1 |
| | Consignes de mise à l'abri non respectées par les entreprises voisines | 1 |
| | France bleue non écouté par 2/3 de la population | 1 |
| | Entreprises voisines alertées tardivement | 1 |
| | Pas d'information préventive aux populations | 1 |
| | Manque d'informations et de formation des populations aux signaux et consignes de crise | 5 |

| | | |
|---|---|---|
| | Population ne sait ce que veut dire confinement | 1 |
| | Cellule d'Information au Public absente ou introuvable | 2 |
| | Difficulté de communication des consignes (chauffeur étranger) | 1 |
| | Communiqué de presse tardif : 1h après le déclenchement du PPI | 1 |
| | Doutes sur l'efficacité du système de télé-alerte de la population en temps réel | 1 |
| | Difficulté de disposer des ensembles mobiles de diffusion d'alerte | 1 |
| | Non déclenchement de la sirène RNA | 1 |
| | Diffusion de l'alerte via GALA problématique (qualité de l'enregistrement) | 1 |
| | La population ignore la signification de la sirène PPI | 1 |
| | Commande de déclenchement de sirène PPI trop proche du danger | 1 |
| | Refus de l'exploitant de communiquer l'info par radio | 1 |
| | | |
| **B.5-Evacuer les personnes en danger** | **Total** | **10** |
| | Problème de confinement (pas assez de scotch, pas de vérification par les autorités…) | 4 |
| | Problème pratique d'évacuation des personnes | 1 |
| | Prise de décision pour évacuer difficile | 1 |
| | Retard dans l'évacuation des blessés | 1 |
| | Evacuation des personnes bloquées sur l'autoroute sous le nuage toxique non prévue | 1 |
| | Absence d'anticipation sur l'explosion : population non évacuée | 1 |
| | SDIS demande intégration dans le PPI de la notion d'évacuation de la population | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| **B.6- Prendre en charge les personnes évacuées** | **Total** | **4** |
| | Pas de salle d'accueil des personnes évacuées | 1 |
| | Mise à l'abri non respectée dans les usines voisines | 1 |
| | Difficulté de gérer les enfants | 1 |
| | Manque de moyens matériels dans les établissements | 1 |

# Annexe 4 : Taxonomie des ressources du POI

Dans le modèle FIS du Plan d'Opération Interne, les ressources ont déjà été classées en quatre catégories : humaines, techniques, organisationnelles et informationnelles. Selon ces 4 catégories, les ressources identifiées dans le modèle du POI générique sont présentées aux tableaux 63 et 64.

**Tableau 64 :** Ressources humaines et techniques identifiées dans le POI

| **Ressources POI** | |
|---|---|
| Humaines | Techniques |
| • Agents sur place<br>• Ingénieur processus<br>• Personnels du CTA interne<br>• SP professionnels<br>• Secouristes professionnels<br>• SP auxiliaires<br>• Secouristes auxiliaires<br>• Personnels du PC Ex<br>• Personnels de la Cellule Communication<br>• Personnels de la Cellule Observation<br>• Equipes d'appui<br>• Agents de sécurité<br>• Personnels du service HSE<br>• Personnels de formation<br>• Personnels de l'installation | • Dispositif automatique de détection<br>• EPI sur place<br>• Equipements de secours sur place<br>• Téléphone GSM<br>• Téléphone fixe (ligne interne/externe)<br>• Dispositif automatique d'alerte<br>• Local CTA interne<br>• Beeper<br>• Radio VHF/UHF/digital<br>• Local Incendie<br>• Moyens SAV-INC-RCH-GOC<br>• Moyens de génie civil, levage et transport<br>• Moyens de mise en sécurité des locaux en danger<br>• Local PC Ex<br>• Equipements informatiques<br>• Moyens d'analyse<br>• Sirène POI<br>• Fax (ligne interne/externe)<br>• Local Accueil<br>• Equipements des agents de sécurité<br>• Moyens d'observation/enregistrement<br>• Moyens de logistique<br>• Moyens de déplacement et de transport des ressources<br>• Equipements de formation<br>• Moyens techniques de l'installation<br>• Annuaire d'urgence |

**Tableau 65 :** Ressources organisationnelles et informationnelles identifiées dans le POI

| **Ressources POI (suite)** | |
|---|---|
| Organisationnelles | Informationnelles |
| • Consignes de sécurité<br>• Procédure d'alerte POI<br>• Astreintes PC Ex<br>• Astreintes SP professionnels<br>• Astreintes Secouristes professionnels<br>• Astreintes des équipes d'appui<br>• Procédures de lutte contre le sinistre<br>• Procédures d'Opération Interne<br>• Procédure d'évaluation et de mise à jour du POI<br>• Procédures de formation<br>• Procédures / processus de l'installation | • Information de la survenue d'un accident<br>• Informations sur l'accident<br>• Ordre de mobilisation des personnels du PC Ex<br>• Ordre de mobilisation des services de secours internes<br>• Informations sur l'accident et consignes de protection<br>• Ordre de mobilisation des moyens d'appui et de soutien<br>• Bilan de la situation (PC Ex)<br>• Idée d'opération exécution (PC Ex)<br>• Ordre opérationnel (PC Ex)<br>• Bilan de la situation tactique<br>• Idée de manœuvre et exécution<br>• Ordre tactique |

## Ressources Humaines

Dans le modèle générique du POI, les ressources humaines (RH) correspondent aux acteurs humains dont la fonction est d'intervenir (directement ou indirectement, par convention ou par sens commun) pour la mise en œuvre de la fonction étudiée.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Formation (initiale et continue):* Ce support correspond à toute formation suivie par la personne en question. Elle comporte les formations suivies avant et après l'embauche. La formation initiale comporte les formations professionnelles (par exemple Diplôme d'Ingénieur, BTS, License, Master etc.). La formation continue est la formation suivie par le travailleur après son embauche (par exemple formation par alternance). Les formations suivies dans l'entreprise d'emploi (par exemple formation de sensibilisation à la sécurité au travail ou formation pratique sur un type d'appareil utilisé dans le site) rentrent dans le cadre de la formation continue. L'expérience dans le poste tenu est ici prise en compte comme une forme de formation.

Ce support-parent comporte les supports suivants :

- Formation spécialisée (sous-catégorie « Personnels des services de secours internes »)
- Formation PC Ex (sous-catégorie « Personnels de coordination »)
- Formation POI (sous-catégorie « Personnels d'intervention »)

2. Arbre de défaillance. L'arbre de défaillance de la catégorie est donné à la fig. 84.

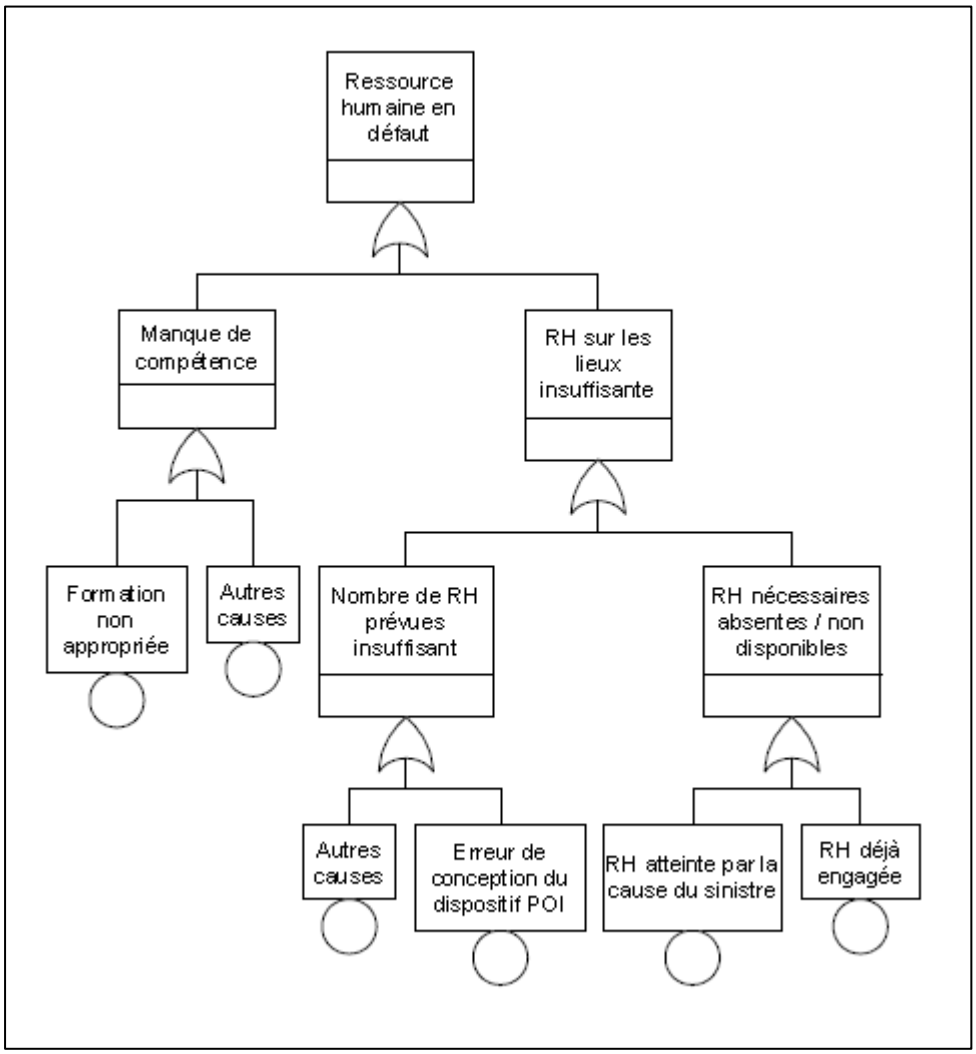


**Figure 84 :** Arbre de défaillance des ressources humaines

3. Modes de défaillance de base.

*Manque de compétence :* Il s'agit d'une réduction de la capacité de l'individu à effectuer le travail qui lui a été assigné. Il peut se manifester par le manque de dextérité pour effectuer un geste, la difficulté pour l'appropriation des procédures ou la difficulté pour l'utilisation des équipements spécialisés. Il résulte souvent d'une formation non appropriée.

*Ressources Humaines sur les lieux insuffisantes :* Le nombre de personnels disponibles sur site est inférieur au nombre nécessaire pour effecteur la fonction correspondante. Ceci peut être dû soit à une erreur de planification (le nombre de personnels prévu est insuffisant pour la fonction) soit à un défaut de mobilisation des personnels prévus. Le défaut de mobilisation résulte, pour la plupart des cas étudiés, par une atteinte de la ressource

humaine par la cause du sinistre ou par un engagement de la ressource dans le cadre des POI/PPI ou non.

1. Questions et tableau de conversion.

| (Evénement : « Formation non appropriée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les personnels ont besoin de formation afin d'accomplir leurs rôles ? | Oui | A | - |
| | Non | B | - |
| Les personnels sont formés aux méthodes, techniques et procédures qui correspondent à leur(s) rôle(s) dans le dispositif POI avant leur prise de fonction. | | | +2/3 |
| Les personnels sont formés suivant la doctrine de formation (par exemple type de formation, formation initiale et continue etc.) adaptée à leur emploi. | | | +2/3 |
| Les personnels sont formés par des formateurs confirmés. | | | +2/3 |

| (Evénement : « Nombre de RH prévu insuffisant ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le besoin en personnel a été évalué précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de personnels disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de personnels prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | 0 |
| Le nombre de personnels prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |

| (Evénement : « RH atteinte par la cause du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce tous les personnels disposent des Equipements de Protection Individuelle (EPI) et sont formés aux principes et gestes d'autoprotection afin de minimiser le risque d'atteinte par des phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

| (Evénement : « RH déjà engagée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les rôles des personnels sont bien identifiés dans les procédures POI afin d'éviter les doubles rôles ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

## Personnels des services de secours internes

Cette catégorie de ressources humaines comporte les personnels participant aux opérations de lutte contre le sinistre sur le terrain. Il s'agit des personnels faisant partie des services de secours internes au site industriel.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Formation spécialisée :* Il s'agit de la formation nécessaire aux emplois de lutte contre le sinistre. En fonction de l'emploi des personnels concernés et des risques présents dans le site industriel, elle peut comporter des sujets comme le secourisme, la lutte contre l'incendie, le sauvetage, l'intervention face aux risques chimiques etc. Elle est souvent dispensée par des organismes privés ou est effectuée en interne dans la société, mais elle peut aussi être dispensée par le SDIS du département où est située l'installation.

*Surveillance médicale :* De par la nature de leur activité, ces personnels peuvent être exposés à des risques de santé. De plus, les emplois correspondants nécessitent une activité physique plus importante. Ainsi, une surveillance médicale adaptée est nécessaire pour garantir leur bien être.

*Entrainement physique :* L'intervention sur le terrain impose des besoins physiques supérieurs aux activités quotidiennes. Les personnels des services de secours doivent ainsi

suivre un entrainement physique leur permettant de répondre aux situations qui correspondent à leur emploi.

2. Arbre de défaillance. L'arbre de défaillance de la catégorie est donné à la fig. 85.

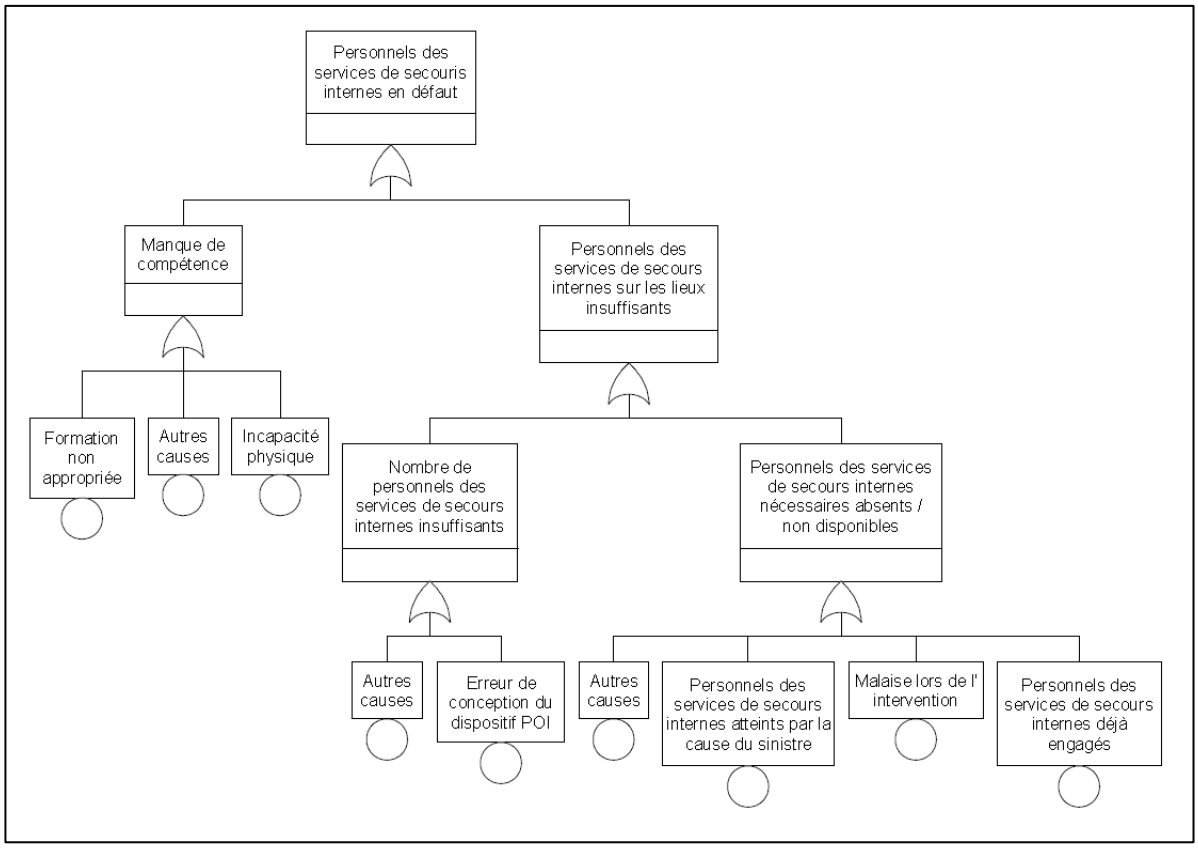


**Figure 85 :** Arbre de défaillances des personnels des services de secours internes

3. Modes de défaillance de base. Outre les modes de défaillance de base de sa catégorie-parent, la liste des modes de défaillances de base de cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Incapacité physique :* Les personnels sont incapables de répondre aux besoins physiques de l'intervention. Bien que cette situation soit assez rare, elle peut être à l'origine d'un délai ou échec propre des manœuvres de secours et/ou de sauvetage. Elle résulte d'un manque d'entrainement physique.

*Malaise lors de l'intervention :* Un ou plusieurs équipiers font un malaise lors d'une intervention. C'est une situation qui peut mettre en danger toute l'équipe de secours. Il s'agit souvent de l'évolution d'une maladie non surveillée.

4. Questions d'évaluation. Outre les questions de sa catégorie-parent, la liste des questions de cette catégorie des ressources est donnée ci-dessous :

| (Evénement : « Malaise lors de l'intervention ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les Sapeurs-Pompiers et Secouristes (professionnels et auxiliaires) de l'installation bénéficient d'une surveillance médicale adaptée à leur emploi ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

| (Evénement : « Incapacité physique ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les Sapeurs-Pompiers et Secouristes (professionnels et auxiliaires) de l'installation suivent un entraînement physique régulier adapté à leur emploi ? | Oui | D | - |
| | Non | C | - |

5. Dans cette catégorie, on retrouve les ressources humaines suivantes :

*Sapeurs-Pompiers professionnels :* Il s'agit des Sapeurs-Pompiers de l'installation, qui sont employés en tant que tels. Ces personnels ne font pas partie du personnel des ateliers ou des bureaux de l'installation. En revanche, leur rôle est d'intervenir en premier sur tout incident nécessitant une action urgente pour lutter contre les incendies, prendre des mesures face au risque chimique, et/ou sauver des personnes en danger. Les installations industrielles peuvent avoir des équipes de Sapeurs-Pompiers professionnels, afin de maintenir une capacité d'intervention immédiate à chaque incident nécessitant une action urgente. Ces personnels sont attachés au service sécurité de l'installation. En plus du rôle d'intervention d'urgence, ils sont souvent chargés des actions de prévention incendie et de la maintenance des équipements spécialisés. Souvent peu nombreux, ils constituent la force de première intervention de l'installation face à un accident. Si la situation le nécessite, ils font appel à des renforts, ce qui entraine la mobilisation des Sapeurs-Pompiers Auxiliaires.

*Sapeurs-Pompiers auxiliaires :* Les Sapeurs-Pompiers auxiliaires sont des membres du personnel de l'installation qui auront suivi des formations adaptées à cet emploi (Equipier de Première Intervention). Si leur mobilisation est jugée nécessaire, ils seront contactés et devront se rendre dans le point de rassemblement prévu, en quittant soit leur poste de travail (pendant leur garde), soit leur domicile (pendant les heures non ouvrées ou entre deux gardes).

*Secouristes professionnels :* Il s'agit des Secouristes de l'installation qui, comme les Sapeurs-Pompiers Professionnels, sont recrutés en tant que Secouristes. Ils ne font pas partie du personnel des ateliers ou des bureaux de l'installation, mais leur rôle est d'intervenir à chaque incident nécessitant une action de secours. Les installations industrielles peuvent avoir des équipes de Secouristes professionnels, afin de maintenir une capacité d'intervention immédiate à chaque incident nécessitant une action urgente. Ces personnels sont attachés au service sécurité de l'installation. Souvent peu nombreux, ils constituent la force de première intervention de l'installation face à un accident. Si la situation le nécessite, ils font appel à des renforts, ce qui résulte en la mobilisation des Secouristes Auxiliaires. Souvent les Sapeurs-Pompiers Professionnels, ayant suivi des formations adaptées en Secourisme (Premiers Secours en Equipe 1 & 2), jouent aussi le rôle d'intervention de secours.

*Secouristes auxiliaires :* Il s'agit de membres du personnel de l'installation qui ont suivi des formations adaptées, initiales et continues (Premiers Secours en Equipe ou Sauveteur Secouriste du Travail). La procédure de mobilisation est essentiellement la même que celle des Sapeurs-Pompiers auxiliaires.

## Personnels de coordination

Dans cette catégorie de ressources humaines on retrouve les personnels qui participent dans la coordination des opérations internes, et la prise de décision au niveau interne. Il s'agit essentiellement des cadres de l'entreprise qui font partie du PC Ex.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Formation PC Ex :* Il s'agit de la formation des personnels du PC Ex aux fonctions du POI. Les personnels doivent suivre une formation initiale avant être intégrés dans le système d'astreintes POI. Ensuite, des exercices et des formations continues vont permettre de maintenir les bons réflexes et de mettre à jour les connaissances.

2. Arbre de défaillance. L'arbre de défaillance de la catégorie est donné à la fig. 86.
3. Modes de défaillance de base. Outre les modes de défaillance de base de sa catégorie-parent, la liste des modes de défaillances de base de cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Difficulté dans l'appropriation des procédures du POI :* C'est le problème qui est le plus souvent observé dans les Postes de Commandement Exploitant (PC Ex). Il se manifeste par une difficulté des membres du PC Ex, presque toujours des ingénieurs et cadres de la société en question, de mettre en place une méthode de raisonnement opérationnel afin d'analyser la situation, identifier les tâches à accomplir et procéder à une prise de décision adaptée à la situation et aux moyens disponibles. Bien que la gestion de crise ne soit pas la

première responsabilité des ingénieurs et cadres d'une installation chimique, ce problème peut être dépassé avec une formation adaptée aux questions de gestion de crise intégrée à la formation POI, accompagnée d'un entraînement régulier par le biais d'exercices POI.

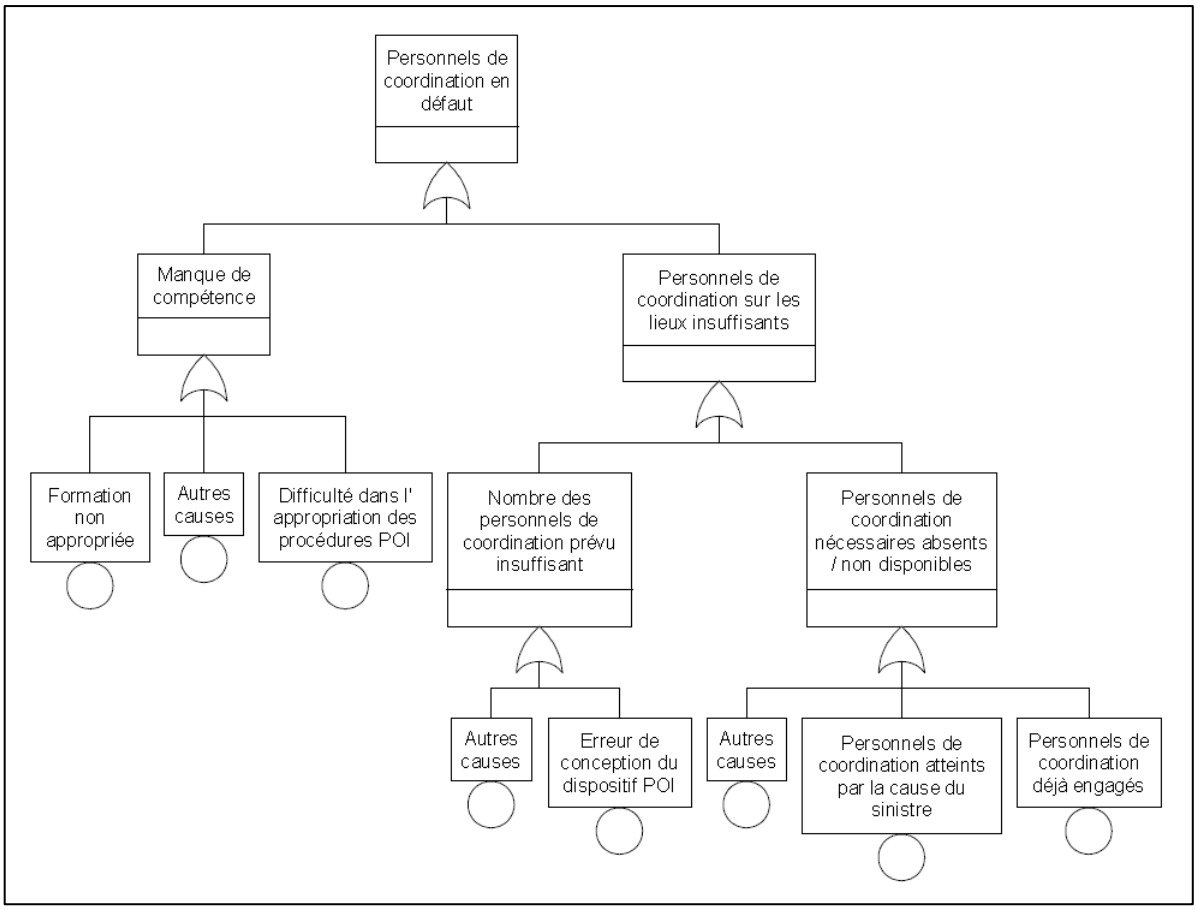


**Figure 86 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Personnels de coordination »

4. Questions d'évaluation. Outre les questions de sa catégorie-parent, la liste des questions de cette catégorie des ressources est donnée ci-dessous :

| (Evénement : « Difficulté dans l'appropriation des procédures POI ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les personnels de coordination sont formés aux méthodes de raisonnement adaptées à la gestion des crises ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les personnels de coordination participent à des exercices POI mensuels | | | +1 |
| Les personnels de coordination participent à des exercices POI annuels | | | +1/3 |
| Il n'y a pas d'exercices POI effectués dans l'installation | | | -1/3 |

5. Dans cette catégorie, on retrouve les ressources humaines suivantes :

*Personnels du PC Ex :* Cette ressource représente les personnels du site industriel constituant le PC Ex. Ces personnes ont généralement suivi une formation initiale et continue adaptée, qui les habilite à cette fonction. Ces personnes sont choisies en fonction de leurs compétences et position dans la société. Il s'agit souvent d'ingénieurs ou cadres techniques du site industriel. Le personnel du PC Ex est mobilisé suivant des astreintes établies au préalable. Une fois le dispositif du POI déclenché, le CTA (Centre de Traitement des Appels) interne suivra la procédure adaptée afin de mobiliser les personnels du PC Ex. Cette procédure est différente en fonction des horaires. Pendant les heures ouvrées, ces personnes quittent leur poste de travail afin d'intégrer le local du PC Ex ou se rendent dans un lieu spécifique. Pendant les heures non ouvrées, ils seront contactés à domicile et devront rejoindre l'installation afin d'assumer leur mission.

*Personnels de la Cellule Communication :* Les personnels de la Cellule Communication font partie des personnels du PC Ex, et la Cellule Communication est une des Cellules du PC Ex. Donc, en arrivant au local du PC Ex, ils se présentent au DOI, qui peut modifier leur mission ou les assigner à une autre cellule.

*Personnels de la Cellule Observation :* Comme les personnels de la Cellule Communication, les personnels de la Cellule Observation font partie des personnels du PC Ex, et la Cellule Observation est une des Cellules du PC Ex. Donc, en arrivant au local du PC Ex, ils se présentent au DOI, qui peut modifier leur mission ou les assigner à une autre cellule.

*Directeur des Opérations Internes (DOI) :* En tant que représentant de l'Exploitant, le DOI a la responsabilité réglementaire des opérations internes. Il dirige ainsi tout le dispositif opérationnel de l'installation.

*Ingénieur d'astreinte au Poste de Commandement Avancé (PCA) :* Il s'agit d'un membre du personnel du PC Ex qui est présent au PCA, afin d'apporter des connaissances techniques spécifiques aux équipes sur le terrain et d'assurer le lien entre le PC Ex et le PCA.

*Chef d'Intervention :* Cette personne est le responsable des équipes qui interviennent sur le terrain. Il assure le commandement des équipes de Sapeurs-Pompiers et de Secouristes. Selon le dispositif mis en place dans l'installation, il peut également commander les moyens d'appui et de soutien (équipes d'appui et moyens de génie civil, levage et transport).

## Personnels d'intervention

Cette catégorie regroupe les personnels ayant un rôle dans la mise en œuvre du POI autre que les secours ou la coordination des opérations.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Formation POI.* Il s'agit de la formation nécessaire aux personnels intervenant dans le cadre du POI à des fonctions autres que les secours ou la coordination. En général, cette formation comporte une sensibilisation à l'organisation interne mise en place pour gérer un accident industriel majeur en interne, le cadre général de leur mission, des méthodes et techniques communes à toutes les fonctions (par exemple la communication par radio VHF), ainsi que des méthodes et techniques spécifiques à chaque fonction particulière.

2. Arbre de défaillance. L'arbre de défaillance de la catégorie est illustré sur la fig. 87.
3. Modes de défaillance de base. Cette catégorie de ressources ne présente pas de modes de défaillances supplémentaires par rapport à ceux définis pour la catégorie-parent (« Ressources Humaines »).
4. Questions d'évaluation. Cette catégorie de ressources ne présente pas de questions supplémentaires par rapport à ceux définis pour la catégorie-parent (« Ressources Humaines »). Les points attribués aux questions d'un événement sont modifiés, afin de prendre en compte l'implication peu directe de ces personnels aux opérations de gestion de crise.

| (Evénement : « Nombre de RH prévu insuffisant ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le besoin en personnel a été évalué précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de personnels disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +2 |
| Le nombre de personnels prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de personnels prévu est égal au nombre nécessaire, mais une partie des personnels ne sont pas disponibles | | | -1/3 |
| Le nombre de personnels prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |

5. Dans cette catégorie, on retrouve les ressources humaines suivantes :

*Agents de sécurité :* Ces personnels assurent la sécurité physique des locaux face aux actions de malveillance. Ils font souvent partie de sociétés de sécurité privées. Leurs tâches comprennent la surveillance des parties sensibles de l'installation, l'accueil pendant les heures ouvrées, les gardes pendant les heures non ouvrées, et le contrôle des équipements de sécurité (par exemple le périmètre extérieur) et de surveillance (par exemple les caméras) de l'installation. Dans le cas de déclenchement du POI, ils assurent l'accueil des personnes aux points d'accès de l'installation, la sécurisation des lieux, et ils dirigent et accompagnent les personnes sensibles (par exemple les journalistes) dans l'installation.

*Equipes d'appui :* Les équipes d'appui jouent un rôle de soutien opérationnel. Il s'agit des membres du personnel de l'installation qui assurent des missions comme la logistique ou le soutien opérationnel. Leur démarche de mobilisation est en principe la même que celle du personnel du PC Ex.

*Personnels du CTA interne :* Ce sont les agents de garde au CTA interne. Indépendamment de l'emplacement du CTA interne et de ses autres rôles fonctionnels dans l'installation (par exemple poste de garde), ces agents sont habilités, après avoir suivi des formations adaptées, à recevoir les appels d'urgence (provenant de l'intérieur du site et/ou de l'extérieur de celui-ci) et surveiller les alertes automatiques.

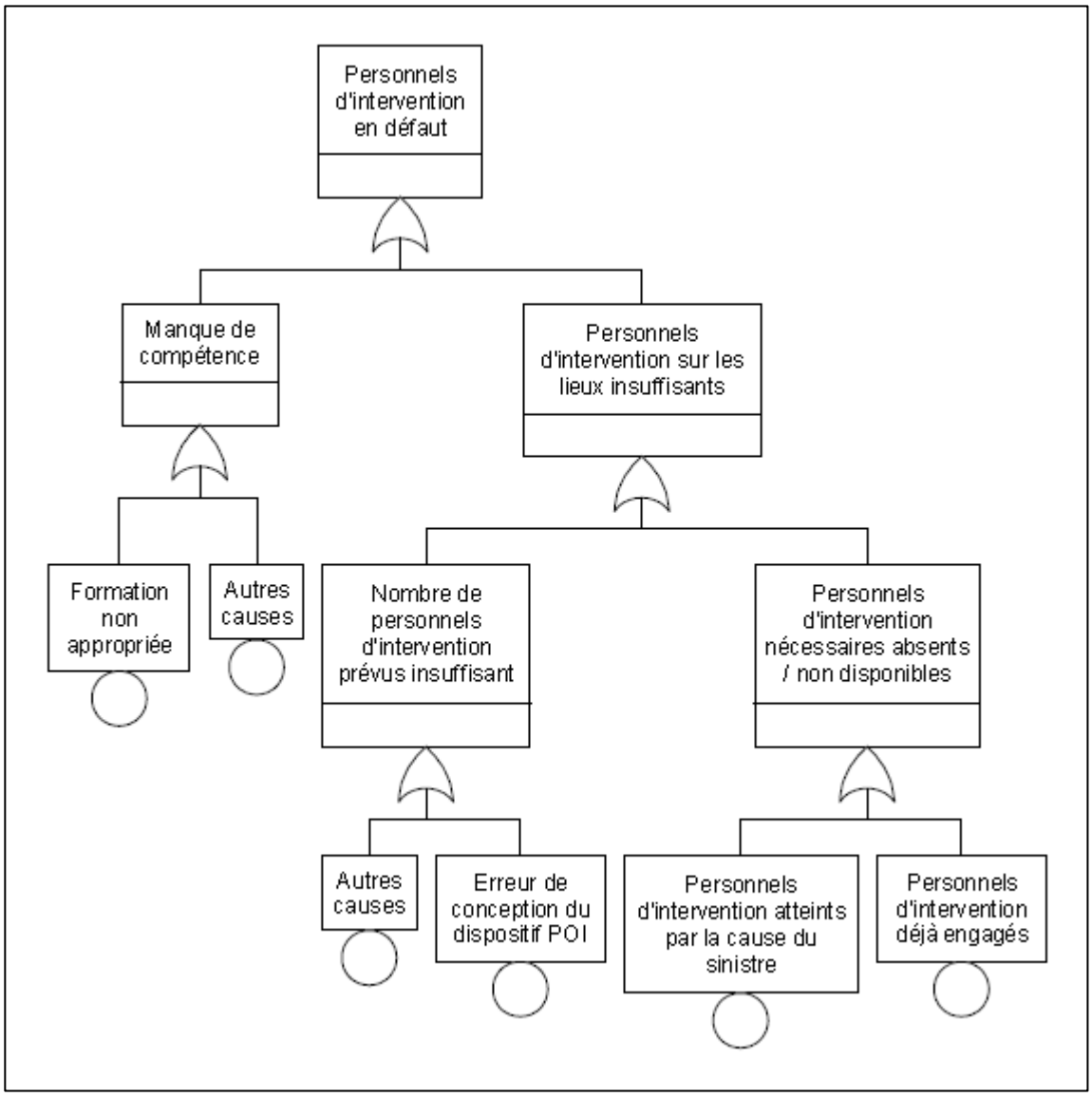


**Figure 87 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Personnels d'intervention »

*Agents sur place :* Cette ressource correspond aux personnes travaillant dans l'atelier où survient l'incident. Ils sont les premiers à pouvoir identifier et localiser l'incident, évaluer la situation dans un premier temps, passer l'alerte dans des délais adaptés, essayer de limiter les dommages causés par le sinistre, et évacuer si la situation présente un risque immédiat pour eux – mêmes.

*Ingénieur de l'atelier :* L'ingénieur de l'atelier est le responsable qui contrôle le déroulement des procédés mis en œuvre dans l'atelier. En cas d'incident, il doit donc être en mesure de faire une évaluation rapide de la situation sur place et passer les informations adaptées au CTA interne. Lors de la mise en place du dispositif du Plan d'Opération Interne, il est l'interlocuteur privilégié du service de secours interne sur les lieux du sinistre.

## Ressources Techniques

Dans le modèle générique du POI, les ressources techniques (RT) sont les équipements utilisés par les acteurs humains ou mis en œuvre automatiquement dans les différentes activités de la fonction.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Maintenance :* Les opérations de maintenance sont nécessaires au bon fonctionnement de tout appareil, machine ou outil. Les objectifs de la maintenance sont la réparation des pannes, le changement des pièces dégradées, et toute autre opération visant à assurer le bon fonctionnement de la ressource technique en question. Les opérations de maintenance doivent suivre les consignes du constructeur, et sont ainsi propres à chaque ressource technique. Dans le cas des ressources techniques d'une installation industrielle, on peut distinguer entre la maintenance interne et la maintenance externe. La maintenance interne comportera toutes les opérations de maintenance effectuées par les personnels habilités de l'installation. Celles-ci consisteront en des réparations plutôt simples ou la maintenance « utilisateur ».

Ce support-parent comporte les supports suivants :

- Maintenance électronique (sous-catégorie « Moyens de communication » et « Moyens de traitement de l'information »)
- Maintenance des locaux (sous-catégorie « Locaux »)
- Maintenance des équipements de lutte contre le sinistre (sous-catégories « Moyens de lutte contre le sinistre » et « Moyens d'autoprotection »)
- Mise à jour (sous-catégorie « Moyens d'analyse de l'information »)

2. Arbre de défaillance. L'arbre de défaillance de la catégorie est donné à la fig. 88.
3. Modes de défaillance de base. La liste des modes de défaillances de base est donnée ci-dessous :

*Ressource technique non adaptée :* La ressource technique disponible ne correspond pas aux besoins réels du scénario envisagé. Il s'agit d'un choix d'appareil non adapté. Cette défaillance est souvent due à une erreur dans la conception du dispositif POI.

*Ressources techniques sur les lieux insuffisantes :* Le nombre des ressources techniques disponibles sur les lieux du sinistre est inférieur au nombre nécessaire pour effectuer la fonction correspondante. Ceci peut être dû à une erreur de conception du dispositif POI (le nombre de ressources prévues est insuffisant pour la réalisation de la fonction) ou à une défaillance des ressources prévues. Les ressources peuvent être en défaut si elles sont endommagées lors du sinistre, si elles ne sont pas disponibles, ou à cause d'une erreur de maintenance.

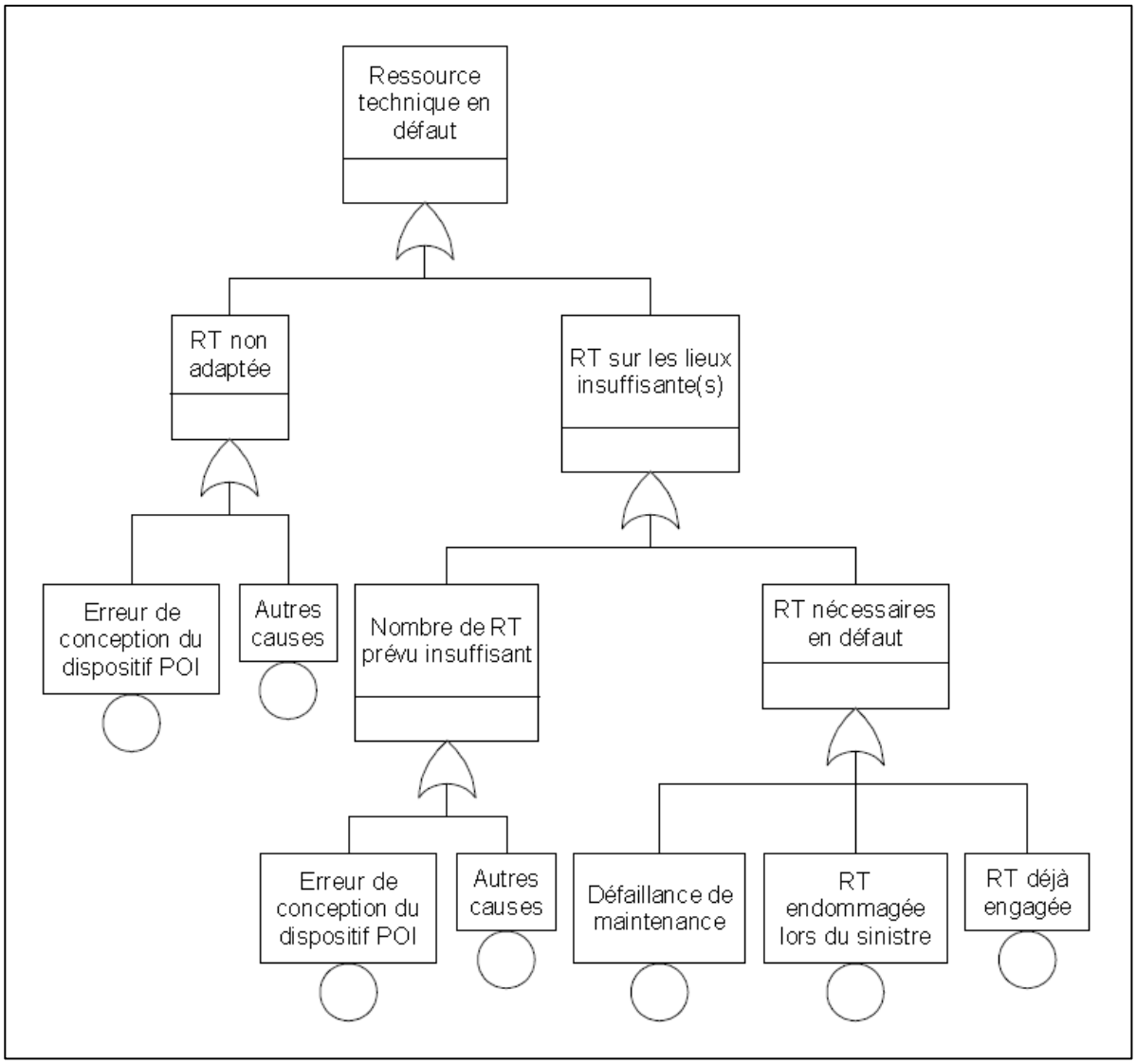


**Figure 88 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Ressources Techniques »

4. Questions d'évaluation.

| (Evénement : « RT non adaptée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les caractéristiques techniques des ressources techniques sont évaluées en fonction des besoins opérationnels anticipés ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les ressources techniques sont adaptées aux besoins opérationnels anticipés. | | | +1 |
| Les ressources techniques ne sont pas bien adaptées aux besoins opérationnels anticipés. Ils arrivent peu ou pas du tout à remplir la fonction demandée, sans poser de risque pour l'opérateur. | | | 0 |
| Les ressources techniques ne sont pas bien adaptées aux besoins opérationnels anticipés, et leur usage peut être à l'origine de risques pour l'opérateur. | | | -1 |

| (Evénement : « RT endommagée lors du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les ressources techniques sont protégées (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) de façon suffisante face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

| (Evénement : « Nombre de RT prévu insuffisant ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les besoins en ressources techniques ont été évalués précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de RT disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de RT prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | +1/3 |
| Le nombre de ressources techniques prévu est égal au nombre nécessaire, mais une partie des personnels ne sont pas disponibles | | | -1/3 |
| Le nombre de ressources techniques prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |

| (Evénement : « Défaillance de maintenance ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les ressources techniques ont besoin de maintenance afin d'assurer leur bon fonctionnement ? | Oui | B | - |
| | Non | C | - |
| Les RT sont maintenues en suivant les consignes techniques du fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues en suivant le planning proposé par le fabriquant | | | +1/3 |
| Les RT sont maintenues par des techniciens agréés par la fabriquant | | | +1/3 |
| La RT est dans sa limite de garantie par le fabriquant | | | +1 |
| La RT a dépassé son durée de vie de garantie par le fabriquant, mais elle est maintenue de manière à réduire au maximum les pannes du matériel | | | 0 |
| L'âge de la RT est tel que même un programme de maintenance conséquent ne peut pas assurer le bon fonctionnement du matériel | | | -1 |

| (Evénement : « RT déjà engagée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures du POI définissent l'affectation des ressources techniques afin d'éviter qu'une ressource soit affectée à deux taches ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

## Moyens de communication

Les moyens de communication représentent tous les appareils et ressources utilisés pour transmettre des informations dans le cadre des opérations internes. Il s'agit d'appareils électroniques plus ou moins sophistiqués.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Maintenance électronique :* Il s'agit de la maintenance spécialisée des appareils électroniques, comme les moyens de communication.

*Alimentation électrique :* Vu que les moyens de communication sont souvent des appareils électroniques, et en fait des moyens de télécommunication, ils nécessitent pour leur fonctionnement d'une alimentation électrique constante. Cette alimentation peut être fournie sous forme d'alimentation directe par une prise du réseau EDF, d'un générateur électrique (par exemple dans un Poste de Commandement Mobile) ou à partir des batteries (par exemple dans le cas des postes radio portatifs). Dans le cas du générateur, l'alimentation électrique comprend aussi des provisions de carburant. Dans le cas des batteries, il faudra prévoir des chargeurs et éventuellement des batteries de rechange.

*Réseau :* La majorité (à l'exception des postes radio VHF/UHF) des types d'appareils de communication ne peuvent fonctionner que dans un réseau. Les réseaux peuvent être internes à l'installation (par exemple réseau interne de téléphone fixe) ou externes (par exemple téléphone GSM).

2. Arbre de défaillance. L'arbre de défaillance des moyens de communication est illustré à la fig. 89.
3. Modes de défaillance de base. Outre les modes de défaillance de base de sa catégorie-parent, la liste des modes de défaillances de base de cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Défaut d'alimentation électrique :* Ce mode de défaillance correspond à un manque d'alimentation en courant électrique. Il peut s'agir d'une panne du réseau EDF

(potentiellement due à l'accident industriel lui-même), d'une défaillance des générateurs utilisés, ou d'un épuisement des batteries.

*Panne de réseau :* Le terme est ici utilisé pour faire référence à toute situation où le réseau est en défaillance est empêche ainsi les communications. Cette situation peut être due à plusieurs raisons, par exemple une panne des équipements du réseau (par exemple lors d'un tremblement de terre) ou une surcharge du réseau (souvent provoquée par l'accident industriel lui-même).

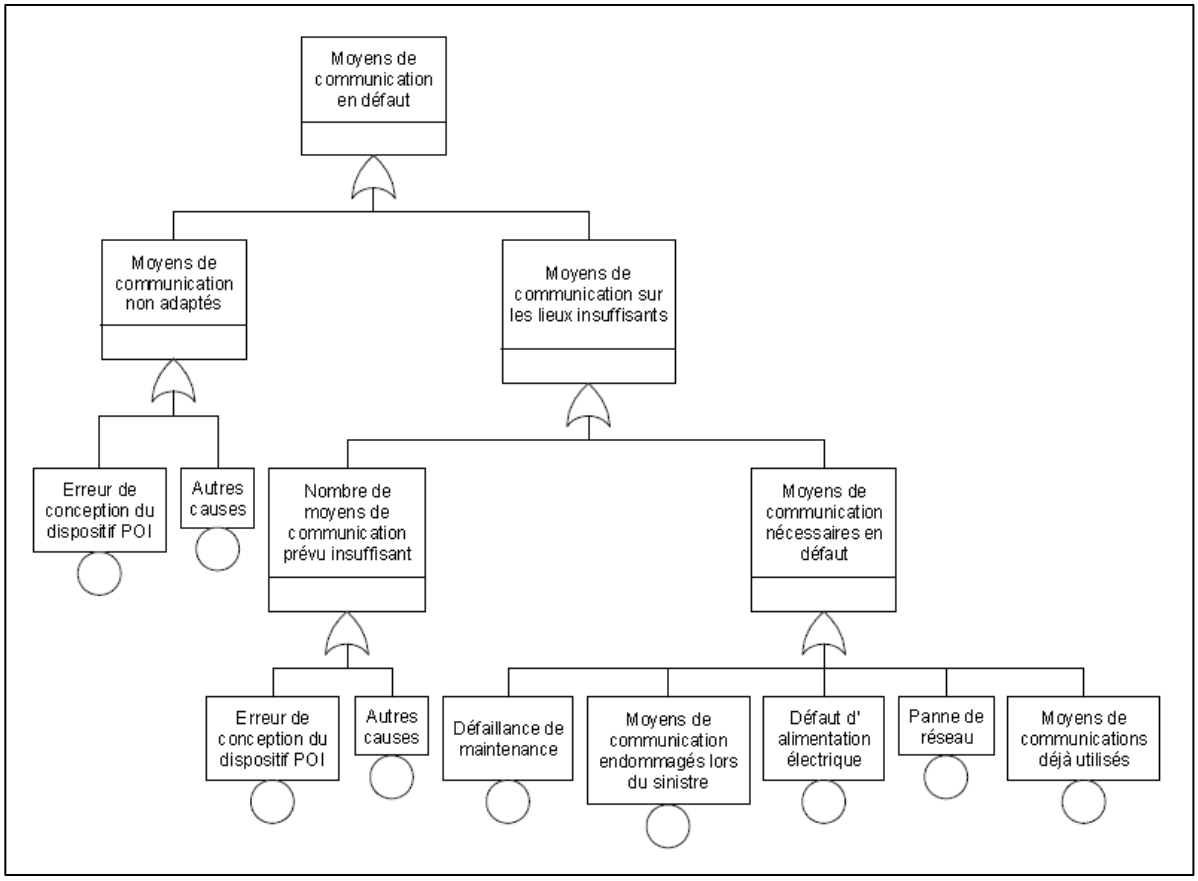


**Figure 89 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Moyens de communication »

4. Questions d'évaluation.

| (Evénement : « Défaut d'alimentation électrique ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-t-il une source d'alimentation électrique pour les appareils de communication ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Il existe une source d'alimentation redondante en cas de panne électrique. | | | +1 |

| (Evénement : « Panne de réseau ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que des moyens de communication redondants sont prévus ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le dispositif de gestion de crise comporte des moyens de communication redondants, dont des moyens dépendant d'un réseau (par exemple téléphone fixe ou GSM etc.) et des moyens ne nécessitant pas de réseau (par exemple radiotéléphonie VHF) | | | +1 |
| Tous les moyens de communication du dispositif de gestion de crise dépendent de réseaux. | | | 0 |

5. Cette catégorie comporte les ressources suivantes :

*Téléphone GSM :* Le téléphone portable constitue un des moyens les plus favorisés de notre époque. L'ampleur de son utilisation le rend une des moyens les plus utilisés dans la gestion de crise. Il peut être utilisé par les agents sur place ou les témoins externes, afin de joindre le CTA interne sur une ligne extérieure. Il est aussi un des moyens privilégiés pour la mobilisation des différents acteurs de la gestion de crise en interne, mais aussi pour les communications entre les équipes sur le terrain et le PC Ex. Il permet la transmission de voix, de données, et de fax.

*Téléphone fixe (ligne interne/externe) :* Cette ressource représente les lignes téléphoniques (internes et externes) utilisées par dans la gestion de crise. Le réseau téléphonique interne à l'établissement permet l'appel vers le CTA interne depuis tout autre poste dans l'installation, ainsi que la communication opérationnelle entre les différents acteurs de gestion de crise en interne (par exemple entre le PC Ex et les ateliers de l'installation). Le

téléphone fixe est aussi le moyen privilégié de mobilisation des acteurs de gestion de crise en interne.

*Fax (ligne interne/externe) :* Il s'agit des moyens de télécopie disponibles pour la gestion de crise en interne. Ils permettent une communication écrite entre le PC Ex et ses différents interlocuteurs, comme le Poste de Commandement Mobile des services de secours internes, mais aussi les services de l'Etat qui s'engagent dans la gestion de la crise, comme le SIDPC ou le SDIS.

*Beeper :* Il s'agit du système des beepers qui peut être utilisé comme alternative pour la mobilisation des personnels du PC Ex. La petite taille de l'appareil et la simplicité du réseau en sont ses avantages, mais les limitations dans le flux d'informations et la dépendance d'un serveur ou standard en sont ses principaux inconvénients. De nos jours, ce système est de moins en moins utilisé, car il est remplacé par les téléphones portables.

*Radio VHF/UHF/digital :* Des radios VHF/UHF/Digital sont utilisés dans les installations industrielles comme un moyen de télécommunications internes. Les différentes bandes et technologies offrent des applications diverses. Ces systèmes sont aussi utilisés pour les communications opérationnelles entre les équipes sur le terrain, et le PC Ex. Ce système peut aussi être utilisé pour la mobilisation de personnels du PC Ex.

*Dispositif automatique de détection :* L'objectif de ce dispositif est la détection en temps réel des incidents, accidents ou événements non souhaités. Son fonctionnement repose sur la détection des paramètres concernant le procédé. En surveillant en temps réel ces paramètres, il déclenche une alarme (visuelle, auditive ou les deux) si la valeur d'un ou plusieurs paramètres se situe en dehors des marges prédéfinies. De plus, ce dispositif fait partie du dispositif de surveillance générale des procédés ou ateliers. Les résultats de la surveillance sont affichés sur un écran ou un tableau situé soit dans une salle de contrôle dans l'atelier, soit dans une salle de contrôle de toute l'installation.

*Dispositif automatique d'alerte :* De manière à assurer une mobilisation rapide des Sapeurs-Pompiers et Secouristes Auxiliaires, un dispositif automatique d'alerte de ces personnels peut être envisagé. Ce système peut consister en beepers, en SMS collectifs, ou en messages radio prédéterminés.

*Sirène POI :* La sirène POI est un dispositif d'alerte globale à l'intérieur du site, qui peut émettre un signal sonore ou une annonce adaptée. Dans ce cas, la sirène peut être entendue aussi au-delà des limites de l'installation.

*Moyens informatiques :* Les moyens informatiques jouent un double rôle dans la gestion de crise. Ils peuvent être utilisés pour l'analyse et le traitement de l'information, comme pour la communication.

## Locaux

Cette ressource technique correspond aux bâtiments utilisés pour la gestion de la crise. Le mobilier est considéré comme faisant partie intégrale de cette ressource.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Maintenance des locaux :* Ce type de maintenance est spécifique aux locaux et comporte toutes les activités de maintenance nécessaires au fonctionnement du bâtiment, y compris des réseaux de viabilités.

*Réseaux de viabilités :* Il s'agit des réseaux (téléphone, électricité, éventuellement gaz de ville, eau) qui alimentent les bâtiments des locaux.

2. Arbre de défaillances. L'arbre de défaillances de cette sous-catégorie est illustré sur la fig. 90.
3. Modes de défaillance de base. Outre les modes de défaillance de sa catégorie-parent, cette catégorie ne comporte pas de modes de défaillance supplémentaires. En revanche, un mode de défaillance est modifié afin de prendre en compte la particularité des bâtiments par rapport aux autres ressources techniques.

*Locaux non adaptés :* Dans le cas des locaux, ce mode de défaillance comprend aussi la localisation non adaptée des bâtiments par rapport leur fonction ou aux risques envisagés.

4. Questions. Cette catégorie de ressources ne présente pas de questions supplémentaires par rapport à ceux définis pour la catégorie-parent (« Ressources Techniques »). Une question est modifiée afin de prendre en compte les spécificités de cette ressource.

| **(Evénement : « RT endommagée lors du sinistre »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les locaux de l'installation sont protégés (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) afin d'assurer une protection suffisante aux personnels se trouvant à l'intérieur, face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

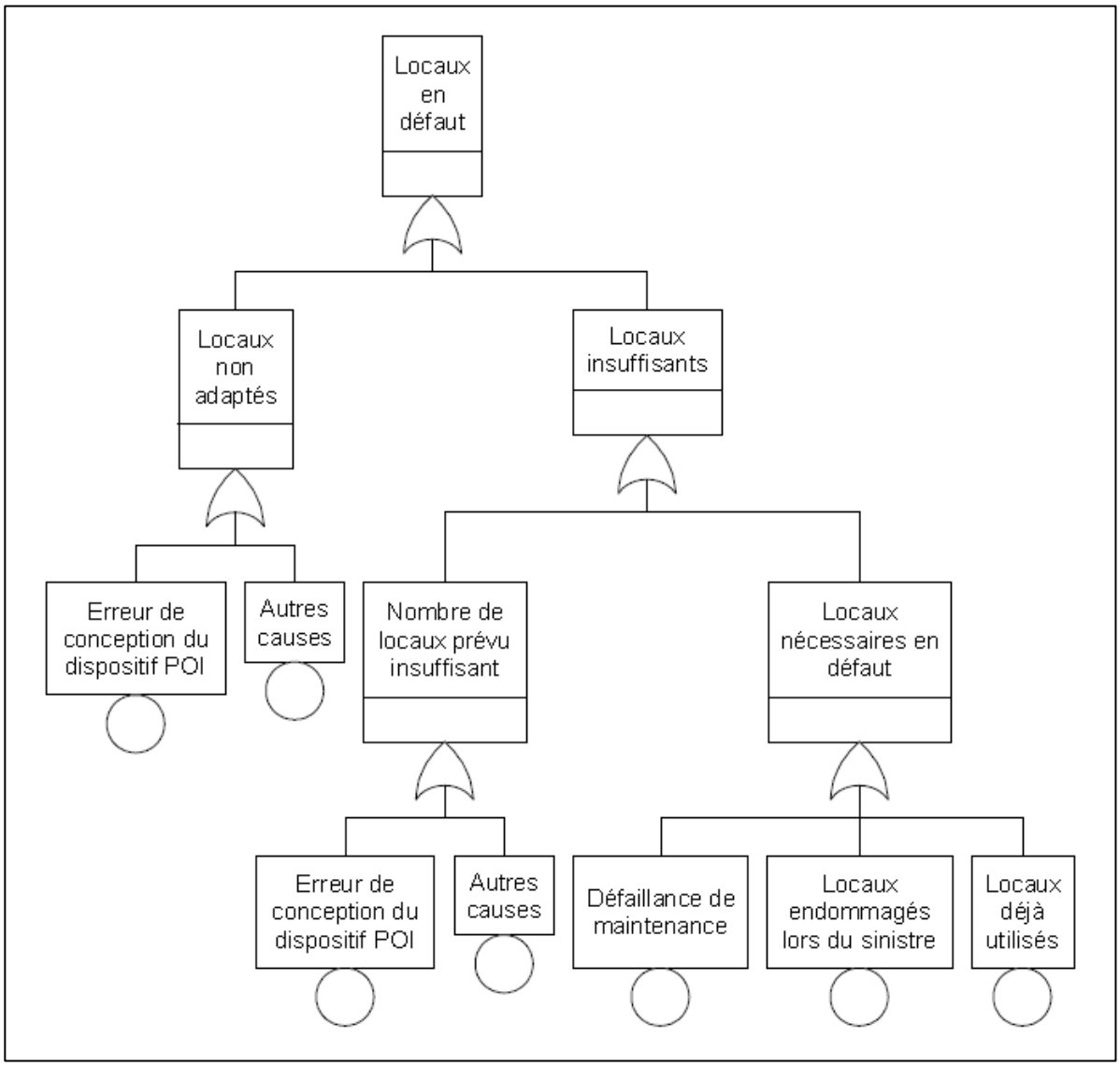


**Figure 90 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Locaux »

5. Dans cette catégorie, on retrouve les ressources humaines suivantes :

*Local CTA interne :* Cette ressource correspond aux locaux du CTA interne, y compris les équipements (informatiques, de communication, de surveillance, d'alerte etc.).

*Local Incendie :* Cette ressource correspond à la base opérationnelle des Sapeurs – Pompiers et Secouristes de l'installation industrielle. Elle contient tout le matériel nécessaire pour les missions quotidiennes de ces personnels, mais aussi tous les véhicules et équipements nécessaires pour les interventions d'urgence.

*Local PC Ex :* Il s'agit du bâtiment du PC Ex, y compris les équipements non définis dans les autres ressources de cette sous – fonction (par exemple le matériel de bureautique).

*Local Accueil :* Il s'agit des locaux des accès du site, ainsi que des salles désignées pour l'accueil des médias et des familles.

## Moyens de lutte contre le sinistre

Il s'agit des moyens utilisés par les services de secours internes dans le cadre de leurs missions de lutte contre le sinistre. Ce sont les moyens opérationnels qui permettent de lutter contre l'incendie, d'intervenir face aux risques chimiques, de porter secours aux victimes et de gérer et coordonner les opérations tactiques.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Logistique :* Ce support correspond au soutien logistique nécessaire pour le bon fonctionnement de ces moyens. Lors des opérations courantes, ceci est rarement nécessaire, puisque les moyens de base sont suffisants pour la mission. En revanche, le besoin de soutien logistique devient évident lors de la mise en œuvre du POI, où les besoins tactiques nécessitent alors la mise en œuvre de moyens plus importants. Le ravitaillement en émulseur des engins-pompes de lutte contre l'incendie est un exemple de cette fonction.

*Maintenance des équipements de lutte contre le sinistre :* Il s'agit de la maintenance des matériels de lutte contre le sinistre. La révision des ARI (Appareils Respiratoires Isolants) et des autres EPI (Equipements de Protection Individuelle), le contrôle technique des véhicules des services de secours internes, et le remplissage des lots de secourisme en sot des exemples.

2. Arbre de défaillances. L'arbre de défaillances de la catégorie « Moyens de lutte contre le sinistre est illustré sur la fig. 91.
3. Modes de défaillance. Outre les modes de défaillance de sa catégorie-parent, la liste des modes de défaillance de cette catégorie comprend :

*Moyens de lutte contre le sinistre non opérationnels :* Il s'agit de la situation où les ressources nécessaires au fonctionnement des moyens de lutte contre le sinistre sont absents. Dans ce cas, ces ressources techniques ne sont pas en panne technique, mais ne peuvent pas fonctionner correctement ou pas du tout à cause du manque d'une ressource nécessaire à leur fonctionnement. Le manque de ravitaillement en eau pour les engins-pompes de lutte contre l'incendie, des tubes réactifs pour les appareils de reconnaissance chimique, des batteries pour les équipements médicaux, ou une panne d'essence des véhicules d'intervention en sont des exemples.

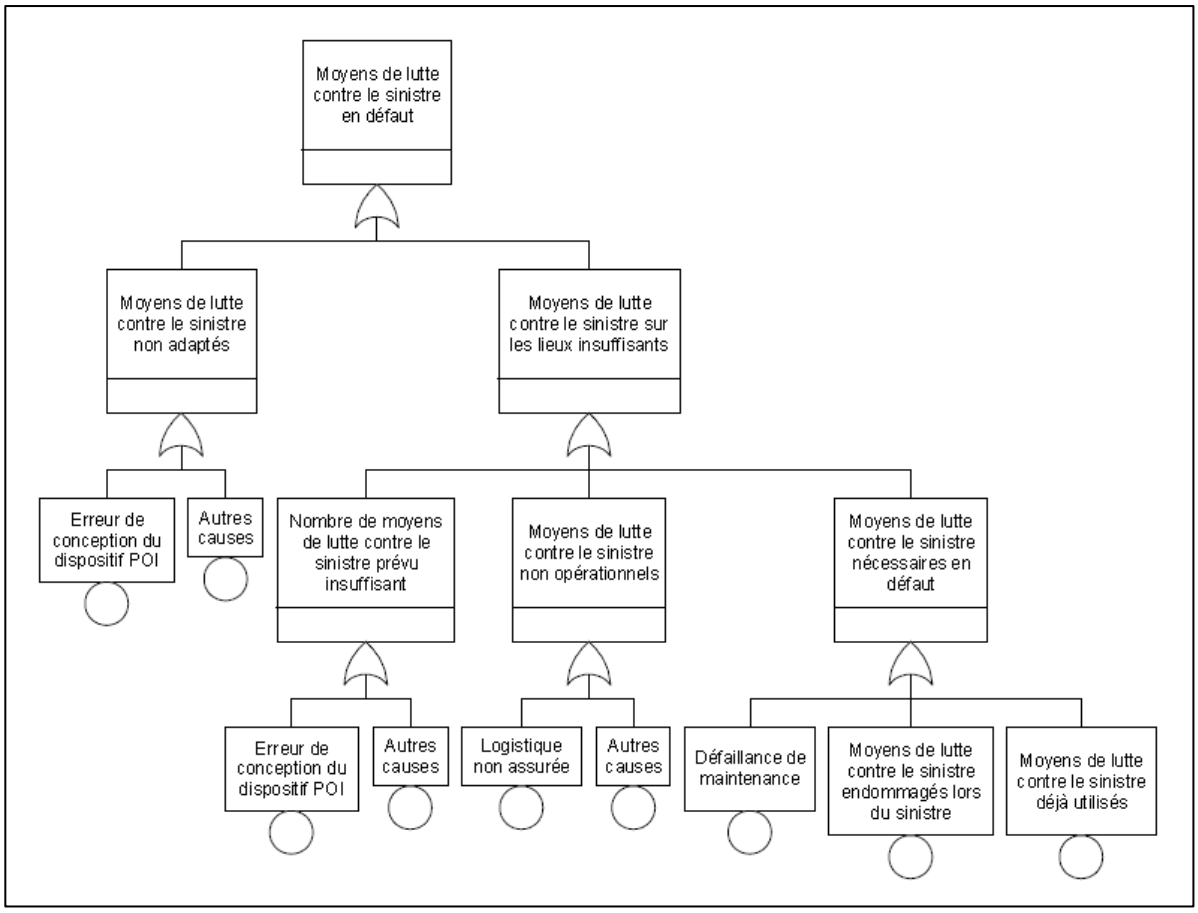


**Figure 91 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Moyens de lutte contre le sinistre »

4. Questions d'évaluation.

| **(Evénement : « Logistique non assurée »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-t-il un système de logistique opérationnelle pour les moyens de lutte contre le sinistre ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

| (Evénement : « RT endommagée lors du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les ressources techniques sont protégées (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) de façon suffisante face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire dans l'installation ? | Oui | C | - |
| | Non | B | - |
| Des moyens de lutte contre le sinistre redondants sont prévus, ayant les mêmes capacités d'intervention | | | +1 |
| Des moyens de lutte contre le sinistre redondants sont prévus, ayant des capacités d'intervention réduites | | | +1/3 |
| Il n'existe pas de moyens de lutte contre le sinistre redondants | | | 0 |

5. Cette catégorie comporte les ressources suivantes :

*Moyens INC :* Il s'agit des moyens d'extinction d'incendie dans un établissement industriel. On distingue les moyens d'extinction à base d'eau, de mousse, de gaz inertes, de poudre etc.

*Dispositif automatique d'extinction incendie :* Cette ressource correspond aux moyens d'extinction d'incendie fixes (par exemple sprinklers). Ils peuvent être liés à un dispositif de détection d'incendie (par exemple détecteur des fumées), actionnées à distance (par exemple depuis un poste de garde) ou les deux. Ils sont un moyen très efficace de lutte contre les incendies industriels.

*Moyens SAV :* Les secouristes utilisent du matériel spécialisé adapté à leurs missions. Les installations industrielles classées « SEVESO seuil haut » qui emploient des secouristes dans le cadre de la sécurité au travail et de la gestion des accidents industriels majeurs, maintiennent souvent aussi des ambulances équipées avec tout le matériel adapté pour la prise en charge des victimes par les Secouristes.

*Moyens RCH :* Les moyens utilisés pour la mission RCH sont spécialisés et leur mise en œuvre nécessite un savoir et savoir – faire très techniques. Les services d'incendie et de secours des sites industriels doivent choisir leurs moyens en fonction des risques chimiques dans leur secteur d'activité et des conditions particulières qui s'y appliquent. Ainsi, les moyens de lutte contre les risques chimiques des installations industrielles comportent en général des tenues de protection, des instruments de mesure, et des

matériels d'obturation, de colmatage ou de confinement d'une fuite, ou même de récupération à la source, ainsi que de la documentation opérationnelle (Fiches de Données de Sécurité, bases de données, guides opérationnels etc.)

*Moyens de génie civil, levage et transport :* Cette ressource représente les moyens de génie civil, levage et transport disponibles dans l'installation et mobilisés pour répondre aux besoins tactiques de l'intervention. Ces moyens sont pré – identifiés et leur mobilisation est faite soit en préalable, au déclenchement du POI, soit après l'expression d'un besoin tactique.

*Equipements des agents de sécurité :* Cette ressource correspond aux équipements des agents de sécurité de l'installation.

## Moyens d'autoprotection

Ces moyens constituent les équipements de sécurité des agents de l'installation. On y retrouve des moyens permettant aux agents de se protéger face aux risques quotidiens présents dans leur lieu de travail, mais aussi de gérer sur place des événements de petite envergure, de manière à gagner du temps pour assurer la protection des personnels de trouvant dans la zone à risque. Ces moyens ne sont pas adaptés à la lutte contre un accident plus grave qui nécessite le déclenchement du POI, et sont ainsi distingués par rapport aux moyens de lutte contre le sinistre.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises par cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Maintenance des équipements de lutte contre le sinistre :* Il s'agit de la maintenance des matériels de lutte contre le sinistre. La révision des ARI (Appareils Respiratoires Isolants) et des autres EPI (Equipements de Protection Individuelle), le contrôle technique des véhicules des services de secours internes, et le remplissage des lots de secourisme en sot des exemples.

2. Arbre de défaillances. L'arbre de défaillances de la catégorie « Moyens de lutte contre le sinistre est illustré sur la fig. 92.
3. Modes de défaillance. Cette catégorie de ressources ne présente pas de modes de défaillances supplémentaires par rapport à ceux définis pour la catégorie-parent (« Ressources Techniques »).
4. Questions d'évaluation. Cette catégorie de ressources ne présente pas de questions supplémentaires par rapport à ceux définis pour la catégorie-parent (« Ressources Techniques »). Les points attribués aux questions d'un événement sont modifiés, afin de prendre en compte l'implication peu directe de ces moyens aux opérations de gestion de crise.

| (Evénement : « Nombre de RT prévu insuffisant ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les besoins en ressources techniques ont été évalués précisément ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le nombre de RT disponibles est supérieur du nombre nécessaire | | | +2 |
| Le nombre de RT prévus et disponibles est égal au nombre nécessaire | | | +1 |
| Le nombre de ressources techniques prévu est égal au nombre nécessaire, mais une partie des personnels ne sont pas disponibles | | | -1/3 |
| Le nombre de ressources techniques prévu est inférieur au nombre nécessaire | | | -1 |

5. Dans cette catégorie, on retrouve les ressources suivantes :

*Equipements de Protection Individuelle (EPI) sur place :* Les EPI constituent la dernière barrière de sécurité au travail. Tout opérateur et agent travaillant dans les différentes parties d'une installation chimique est obligé de porter les EPI adaptés à son poste. Le plus souvent, les EPI se composent d'un casque, des chaussures de sécurité, des vêtements adaptés, des lunettes, des gants de sécurité, mais aussi du masque plein visage à cartouche (si le risque toxique est présent sur l'ensemble du site). Ensuite, chaque poste de travail est doté d'EPI spécifiques : par exemple des appareils respiratoires isolants (ARI). Dans certains cas, des EPI peuvent être stratégiquement placés sur les ateliers afin de pouvoir être utilisés en cas d'urgence pour le sauvetage en urgence des personnes en danger immédiat, ou l'évacuation en sécurité d'un atelier (par exemple à cause d'un nuage toxique).

*Equipements de secours sur place :* Cette ressource correspond aux moyens de lutte contre le sinistre présents sur les ateliers et lieux sensibles du site. Ces moyens servent aux opérateurs en tant que premiers intervenants sur un sinistre. Le matériel de premiers secours, les extincteurs à feu et les Robinets Incendie Armés en sont des exemples. L'utilisation de ces moyens permet de lutter efficacement contre les plus petits sinistres, dans l'espoir de les maitriser avant que la situation s'aggrave ou de retarder suffisamment l'aggravation du sinistre de manière que l'atelier puisse être évacué.

*Moyens de mise en sécurité des locaux en danger :* Il s'agit des moyens nécessaires pour le confinement des personnes dans les bâtiments identifiés dans le POI. Ce sont des moyens relativement courants (feuilles de plastique, ruban adhésif etc.), mais il n'est pas assuré de

les trouver en quantité dans le bâtiment. Il est ainsi prudent de prévoir ces matériels dans les bâtiments potentiellement exposés.

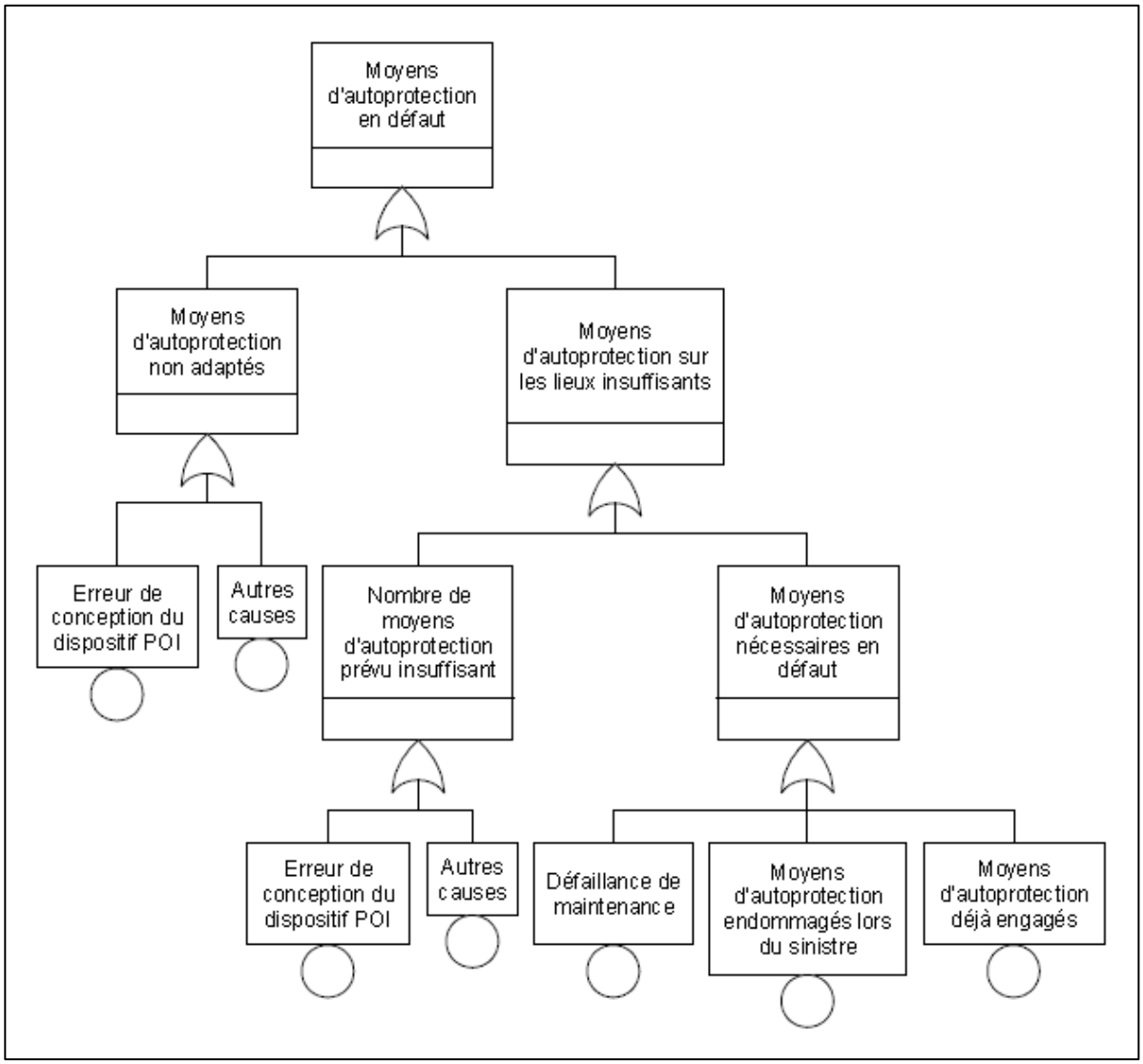


**Figure 92 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Moyens d'autoprotection »

## Moyens de traitement de l'information

Ces moyens font partie de l'équipement du PC Ex, et sont des supports très importants dans la prise de décision. Ils permettent aux personnels du PC Ex de recueillir et traiter des informations pertinentes pour l'analyse de la situation opérationnelle et la prise des décisions adaptées dans des délais qui permettent le déroulement des opérations.

1. Fonctions requises. La liste des supports de cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Mise à jour :* Il s'agit de la mise à jour de la base de connaissances contenue dans ce type de ressources techniques. Par exemple, les logiciels d'analyse de la situation doivent être mis à jour fréquemment afin de permettre des analyses correctes et en temps utile en cas d'une situation de gestion de crise.

2. Arbre de défaillances. L'arbre de défaillances de cette catégorie est illustré sur la fig. 93.

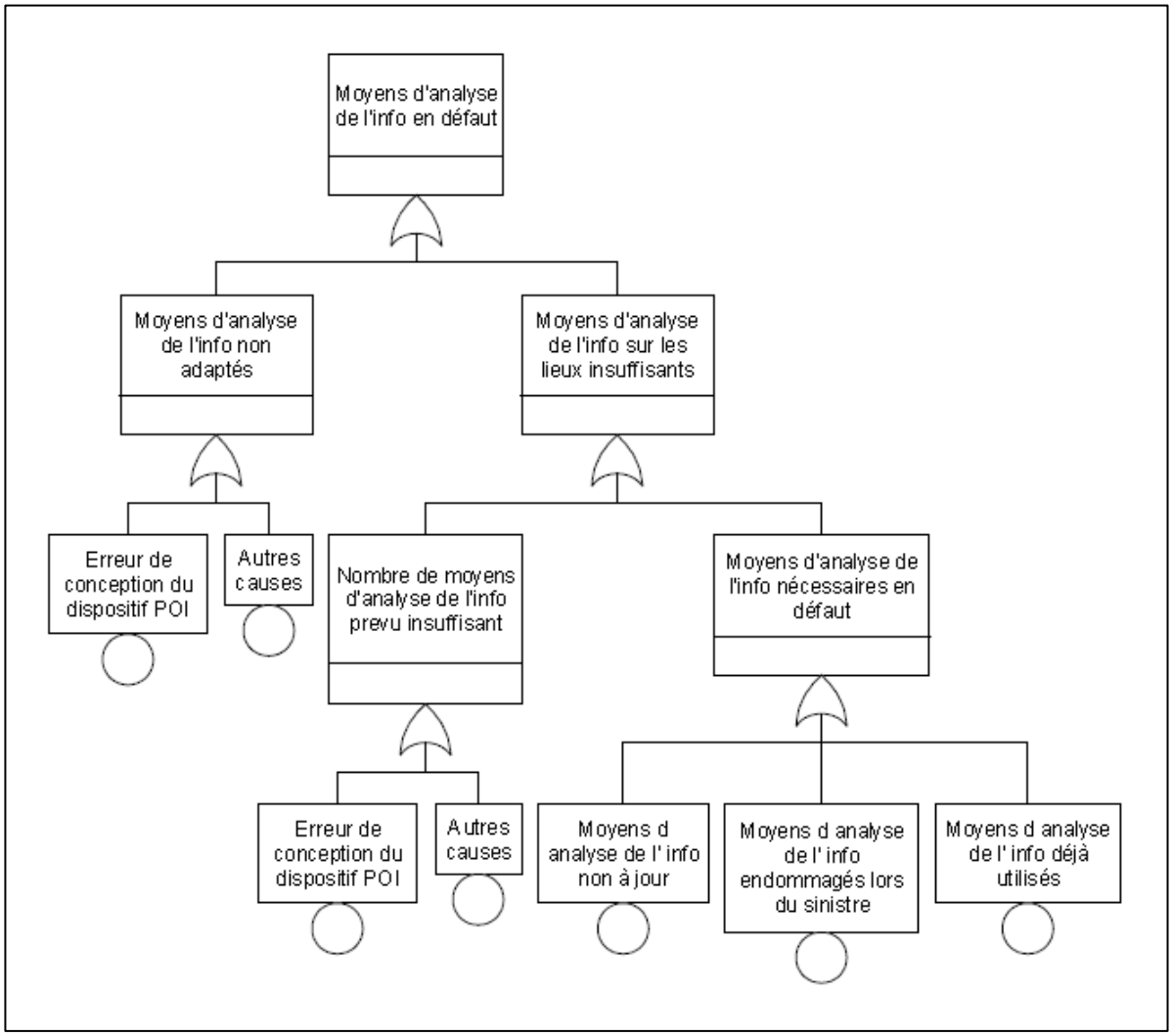


**Figure 93 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Moyens d'analyse de l'information »

3. Modes de défaillance de base. Outre les modes de défaillance de sa catégorie-parent, la liste des modes de défaillance de cette catégorie comprend :

*Moyens de traitement de l'information non à jour :* Les moyens d'analyse de l'information fonctionnent, mais la qualité de l'information est réduite à cause de l'absence de mise à jour des moyens qui permettent son traitement.

4. Questions d'évaluation.

| (Evénement : « Moyens de traitement de l'information non à jour ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-il une procédure de mise à jour des moyens de traitement de l'information ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les moyens de traitement de l'information sont mis à jour régulièrement. L'édition ultime de tous les produits est disponible aux personnels | | | +1 |
| Une partie des moyens de traitement de l'information sont mis à jour régulièrement | | | +1/3 |
| Les moyens de traitement de l'information ne sont pas systématiquement mis à jour. La mise à jour est aléatoire | | | 0 |

5. Cette catégorie de ressources comporte les ressources suivantes :

*Equipements informatiques :* Cette ressource correspond aux équipements informatiques disponibles dans le PC Ex. Les nouvelles technologies informatiques permettent une gestion de crise plus efficace, en facilitant la prise de décision, en donnant accès à des données lourdes, en facilitant la communication entre les acteurs.

*Moyens d'analyse :* Cette ressource représente tous les moyens d'analyse de l'information dans le cadre du raisonnement tactique effectué dans le PC Ex. Les cartes, les différents plans de l'installation, les Systèmes d'Information Géographique, les Fiches de Données de Sécurité en sont des exemples.

*Annuaire d'urgence :* Cette ressource est parmi les plus importantes dans le POI. L'annuaire d'urgence (autrement appelé annuaire de crise) comporte tous les contacts des personnes, sociétés ou organismes nécessaires à la mise en œuvre du dispositif POI.

*Moyens d'enregistrement/observation :* Il s'agit des moyens utilisés par les personnels de la Cellule Observation pour l'accomplissement de leur mission. Les caméras, les appareils photos, les appareils de mesures atmosphériques en sont des exemples.

## Moyens informatiques (catégorie hybride)

Cette catégorie recense les ressources techniques appartenant simultanément aux catégories « Moyens de traitement de l'information » et « Moyens de communication ». Elle

comporte seulement un type de ressource, les *moyens informatiques* et elle constitue une catégorie-enfant de la catégorie « Ressources Techniques ».

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises de cette catégorie est produite par l'agrégation des fonctions requises des deux catégories ci-dessus. Elle comporte les fonctions suivantes :
   - Maintenance électronique
   - Alimentation électrique
   - Réseau
   - Mise à jour
2. Arbre de défaillances. L'arbre de défaillances est produit par l'agrégation des arbres de défaillances des catégories « Moyens de traitement de l'information » et « Moyens de communication ». Il est illustré sur la fig. 94.

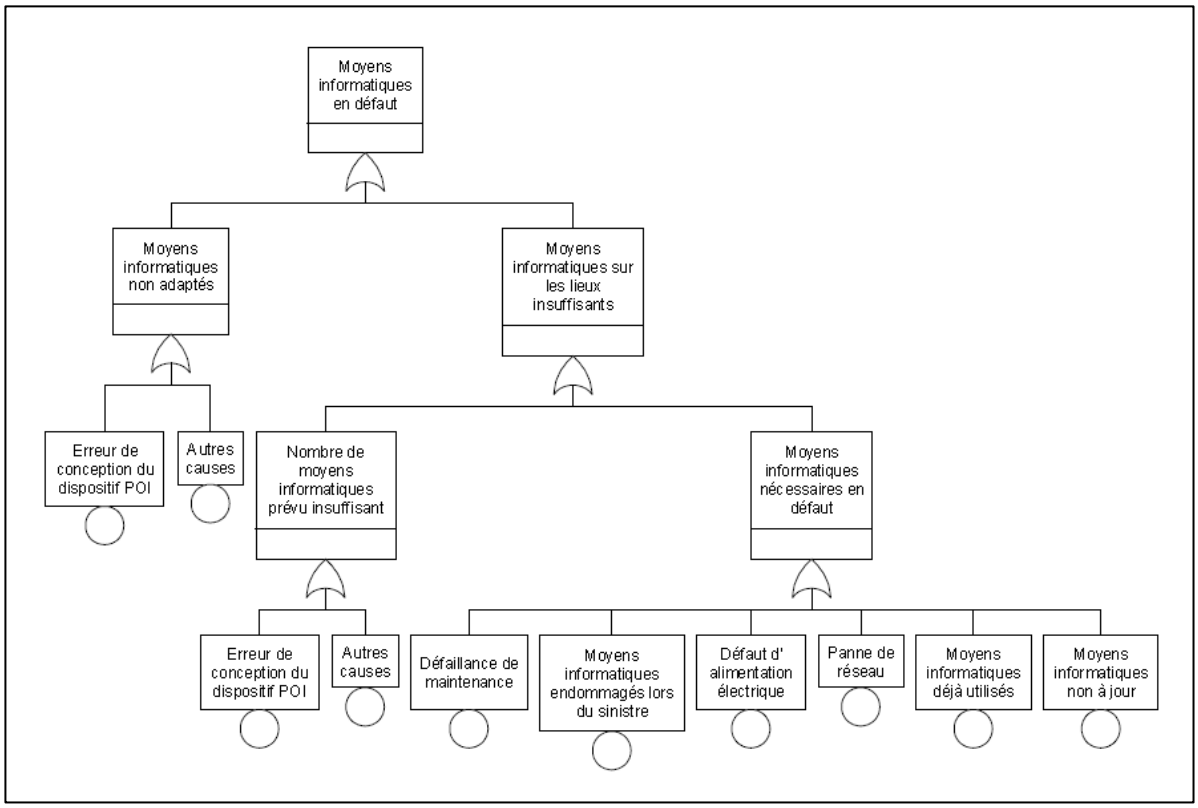


**Figure 94 :** Arbre de défaillances de la catégorie hybride « Moyens informatiques »

3. Modes de défaillance de base. Outre sa catégorie-parent, les modes de défaillance de base de cette catégorie sont listées ci-dessous. La liste comprend les modes de défaillance de base des catégories « Moyens de traitement de l'information » et

« Moyens de communication » : Défaut d'alimentation électrique ; Panne de réseau et Moyens informatiques non à jour.

4. Questions d'évaluation.

| (Evénement : « Panne de réseau ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que des moyens de communication redondants sont prévus ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le dispositif de gestion de crise comporte des moyens de communication redondants, dont des moyens dépendant d'un réseau (par exemple téléphone fixe ou GSM etc.) et des moyens ne nécessitant pas de réseau (par exemple radiotéléphonie VHF) | | | +1 |
| Tous les moyens de communication du dispositif de gestion de crise dépendent de réseaux. | | | 0 |

| (Evénement : « Défaut d'alimentation électrique ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-t-il une source d'alimentation électrique pour les appareils de communication ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Il existe une source d'alimentation redondante en cas de panne électrique. | | | +1 |

| (Evénement : « RT endommagée lors du sinistre ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les ressources techniques sont protégées (de par leur nature, leur emplacement ou des barrières de protection adaptées) de façon suffisante face aux phénomènes dangereux susceptibles à se produire | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| dans l'installation ? | | | |

| (Evénement : « Moyens de traitement de l'information non à jour ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Existe-il une procédure de mise à jour des moyens de traitement de l'information ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les moyens de traitement de l'information sont mis à jour régulièrement. L'édition ultime de tous les produits est disponible aux personnels | | | +1 |
| Une partie des moyens de traitement de l'information sont mis à jour régulièrement | | | +1/3 |
| Les moyens de traitement de l'information ne sont pas systématiquement mis à jour. La mise à jour est aléatoire | | | 0 |

## Ressources Organisationnelles

Les ressources organisationnelles représentent les démarches devant être suivies par le dispositif afin que la mission soit accomplie. Les ressources organisationnelles sont ainsi les stratégies, les tactiques mises en œuvre et les procédures utilisées, qui sont concrétisées par des supports écrits ou informatiques, ces derniers étant en même temps des ressources techniques. Dans le cadre de cette analyse, la notion de ressource organisationnelle comprend l'organisation en termes d'état d'esprit et sa matérialisation sous forme de fiches ou supports électroniques. Ces deux aspects sont indissociables et seront traités ensemble dans la suite de cette analyse.

1. Fonctions requises. Cette catégorie de ressources a une fonction requise :

*Mise à jour :* Toutes les ressources organisationnelles nécessitent une mise à jour régulière, de manière à assurer le bon fonctionnement du dispositif correspondant. La modification du dispositif peut être demandée suite à un changement de la situation devant être gérée par le dispositif en question, une modification des moyens disponibles, des normes et doctrines en vigueur, ou en vue du retour d'expérience suite à des exercices ou d'accidents réels.

*Diffusion :* Ce support représente la diffusion de la documentation POI. Les différentes fiches doivent être facilement accessibles par les personnels qui sont censés les utiliser (personnels du PC Ex et responsables des services de secours internes). Plusieurs copies des fiches à remplir doivent être disponibles. Toutes les copies des documents doivent être remplacées suivant une mise à jour des procédures du POI.

2. Arbre de défaillances. L'arbre de défaillance de cette catégorie est illustré sur la fig. 95.

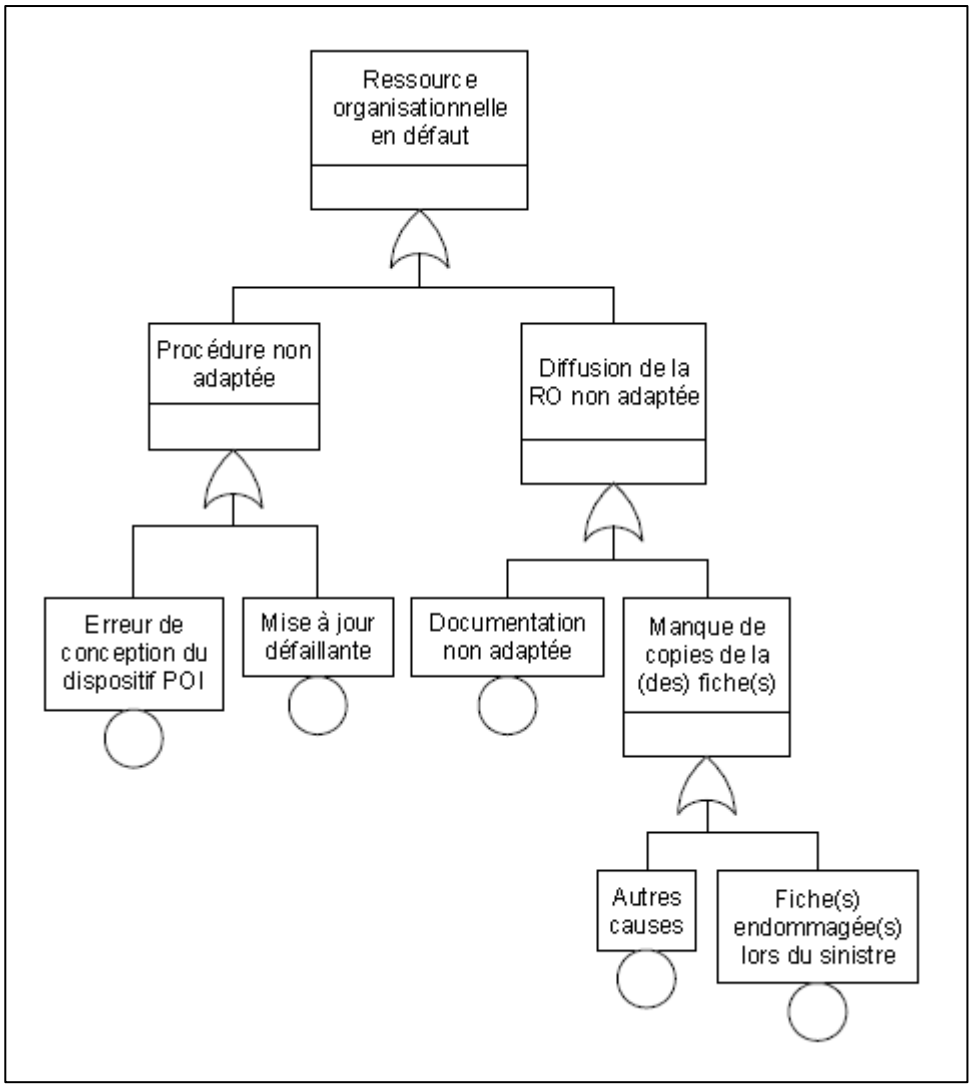


**Figure 95 :** Arbre de défaillances des Ressources Organisationnelles

3. Modes de défaillance de base. Cette catégorie présente les modes de défaillance de base suivants :

*Procédure non adaptée :* Le dispositif mis en place par la ressource organisationnelle (procédure, fiche de mission etc.) ne permet pas de gérer la situation correspondante. Il s'agit souvent d'une erreur de conception du dispositif POI.

*Documentation non adaptée :* Il s'agit d'une défaillance des supports matériels d'une procédure, où les documents ont une forme qui rend leur exploitation difficile voire impossible (par exemple photocopies pas claires, ou langage utilisé inconnu des acteurs.

*Manque de copies de la (des) fiches(s) :* Cette défaillance résulte du manque de copies des fiches nécessaires ou d'une défaillance du contenu ou de la forme des fiches elles-mêmes (fiches non adaptées).

4. Questions d'évaluation.

| **(Evénement : « Mise à jour défaillante »)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Une procédure est en place afin de modifier/mettre à jour le POI ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Le plan est modifié/mis à jour lorsqu'il présente des défaillances lors d'une situation d'urgence | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si des exercices et/ou manœuvres révèlent des défaillances | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si la hiérarchie de l'installation est modifiée | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si la réglementation en vigueur est modifiée | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si les services compétents de l'Etat demandent une modification | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour lorsqu'il y a un changement des conditions de l'installation ou de son environnement | | | +1/3 |
| Le plan est modifié/mis à jour si la réglementation en vigueur et/ou les règles internes de la société l'imposent | | | +1/3 |

| (Evénement : « Manque de copies des fiches ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| La diffusion des copies des fiches nécessaires à la gestion de crise est prévue dans le POI ? | Oui | C | - |
| | Non | A | - |
| La diffusion de toutes les copies est notée sur un tableau de diffusion, afin de faire suivre les modifications, si nécessaire | | | +1/3 |
| Un nombre suffisant des fiches à consulter et/ou remplir est présent au(x) poste(s) de commandement | | | +2/3 |

| (Evénement : « Erreur de conception du dispositif POI ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le document principal comporte toutes les procédures nécessaires à la mise en œuvre du POI ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les procédures du POI ont été produites par des acteurs compétents dans le domaine de la gestion des risques industriels et connaissant les aléas particuliers liés aux matières dangereuses stockées et procédés mis en œuvre dans le site. | | | +2/3 |
| Les procédures POI ont été produites suivant une procédure type, où les besoins opérationnels sont dérivés des scénarios d'accidents, ces derniers reflétant les risques envisagés par l'installation. | | | +2/3 |
| Les procédures mis en place sont testées régulièrement par le biais des exercices mettant en œuvre des scénarios de crise permettant de tester si la procédure est adaptée à la gestion des crises. | | | +1/3 |
| La politique opérationnelle repose sur une sur-réaction au début de l'intervention, suivie d'une démobilisation ultérieure une fois que ceci s'avère nécessaire. | | | +1/3 |

| (Evénement : « Documentation non adaptée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Le document POI comporte des fiches destinées à tous les acteurs impliqués dans le POI ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les documents sont très succincts et concrets | | | +1/3 |
| Il n'y a pas plus de deux pages par personne | | | +1/3 |
| La forme des documents permet d'assimiler les points-clés en moins de 1 min | | | +1/3 |
| Les documents comportent les éléments suivants : localisation de la personne, moyens d'identification (si nécessaire), rôle (exprimé en termes des tâches à accomplir), moyens nécessaires et disponibles, fiche reflexe | | | +1 |

5. Dans cette catégorie, on retrouve les ressources suivantes :

*Consignes de sécurité (hors POI) :* Il s'agit des consignes de sécurité faisant partie de la stratégie HSE du site. Elles ne font pas partie intégrante du POI, mais sont indispensables à la sécurité du personnel. Normalement, tout nouveau personnel, lors de sa formation d'accueil dans le site, devra suivre une initiation aux mesures de sécurité, tant préventives que de première réponse à un incident. Elles doivent être répétées et testées lors d'exercices périodiques, afin de maintenir les bons reflexes. Les consignes de sécurité sont matérialisées par des fiches de consignes de sécurité, qui doivent être clairement et visiblement affichées et placées stratégiquement (par exemple la fiche d'appel d'urgence peut être placée à côté du téléphone).

*Procédure d'alerte POI :* Cette procédure définit les actions à effectuer afin d'alerter le CTA interne. Elle est matérialisée par une fiche dédiée dans le document principal du POI. De plus, une fiche de prise en charge des appels d'urgence arrivant dans le CTA interne est prévue. Cette fiche permet aux personnels du CTA interne d'avoir rapidement toutes les informations nécessaires pour une mise en œuvre adaptée du dispositif défini dans le POI.

*Astreintes PC Ex :* Afin de maintenir la capacité opérationnelle du dispositif défini dans le POI, un système d'astreintes est organisé. Ainsi, les personnels habilités à armer le PC Ex sont prêts à être mobilisés, tant durant les heures ouvrées, que pendant les heures non ouvrées, pendant leur période d'astreinte définie. Ceci implique notamment des limites dans les déplacements, car les personnels d'astreinte doivent être capables de se présenter

au PC Ex rapidement. Dans le cas où l'activation du PC Ex est nécessaire, les agents du CTA interne doivent appliquer ce système d'astreintes, qui fait partie intégrale de la procédure POI. Pour chaque période d'astreinte, une liste des personnels d'astreinte est produite et distribuée à toutes les personnes concernées. Cette liste contient les noms des personnes d'astreinte, ainsi que leurs coordonnées.

*Astreintes Sapeurs-Pompiers Auxiliaires :* Comme les astreintes pour les personnels du PC Ex, les astreintes pour les Sapeurs-Pompiers Auxiliaires servent à une capacité opérationnelle du dispositif POI, pendant les heures non ouvrées. Dans le cas où des renforts sont nécessaires, les agents du CTA interne doivent faire appel au personnel d'astreinte. Pour chaque période d'astreinte, une liste des personnels d'astreinte est produite et distribuée à toutes les personnes concernées. Cette liste contient les noms des personnes d'astreinte, ainsi que leurs coordonnées.

*Astreintes Secouristes Auxiliaires :* C'est le pendant des astreintes des Sapeurs-Pompiers Auxiliaires.

*Procédures de lutte contre le sinistre :* Ces procédures définissent le déroulement des opérations internes, la hiérarchie, les communications entre le terrain et le PC Ex etc. En plus, les opérations de lutte contre le sinistre dans les installations industrielles classées SEVESO II « seuil haut » sont caractérisées par une technicité importante, due à la concentration de substances chimiques, de leur stockage ou de leur production. Afin de soulager la charge du raisonnement tactique nécessaire pour la gestion des accidents majeurs dans les sites chimiques dotés d'un POI ceci est souvent en partie pré – établi et s'intègre dans le POI lui même. Donc, dans le POI (les annexes) sont souvent localisés des éléments du raisonnement tactique, comme des cartes précises de chaque installation, des descriptions et des fiches de sécurité des matières dangereuses présentes (produites et/ou stockées), les cheminements des secours, l'estimation sur la quantité de mousse nécessaire pour l'incendie…

*Procédures des Opérations Internes :* Il s'agit de toutes les procédures définies dans le POI. Elles sont concrétisées par les fiches d'aide à la décision, les fiches reflexe et les fiches mission. Les fiches d'aide à la décision font partie du corps du document du POI. En général, il existe un jeu de fiches d'aide à la décision par poste ou par cellule du PC Ex. Chaque fiche contient l'organisation hiérarchique du dispositif des opérations internes et la position du poste dans cet organigramme, les missions spécifiques du poste (sous forme de consignes, de check-lists etc.), et éventuellement une liste des équipements spécifiques à utiliser. Leur rôle n'est pas d'imposer des actions spécifiques, mais de fournir une aide à l'accomplissement de missions confiées aux différents personnels du PC Ex. Les Fiches Réflexe s'appliquent aux premiers moments de prise de poste et sont à suivre à la lettre (en mode réflexe), car elles servent à mettre en place le dispositif des opérations internes. Enfin, les fiches mission sont spécifiques pour chaque cellule du dispositif POI et en définissent le

rôle, les personnels, les responsabilités et la place de la cellule dans la hiérarchie interne du dispositif POI.

## Ressources Informationnelles

Les ressources informationnelles (RI) sont les données pertinentes pour l'opération qui sont organisées de manière à mettre en évidence leur importance et rendre leur transmission et utilisation plus faciles.

1. Fonctions requises. La liste des fonctions requises de cette catégorie est donnée ci-dessous :

*Organisation :* Les données doivent être organisées afin de rendre leur exploitation et transmission possibles. Des données non organisées ne sont pas utilisables et peuvent conduire à des erreurs importantes dans la gestion de crise. L'expérience des militaires et des services de secours a servi à identifier des modèles d'organisation des informations nécessaires au commandement des opérations d'urgence. Il s'agit notamment :

- du cadre du rapport (Je suis, Je vois, Je fais, Je demande) ;
- de la Méthode de Raisonnement Tactique (MRT), une méthode analytique et concrétisée de prise de décision ; et
- du cadre d'ordres (Situation, Objectif, Idée de Manœuvre, Exécution, Commandement).

Cette fonction-support est effectuée par tous les acteurs humains qui sont chargés de la coordination des opérations internes. Il s'agit notamment des personnels du PC Ex et des responsables des équipes sur le terrain (Sapeurs-Pompiers, Secouristes, équipes d'appui, sécurité etc.).

2. Arbre de défaillances. L'arbre de défaillances de cette catégorie est illustré sur la fig. 96.
3. Modes de défaillance de base. Les ressources appartenant à cette catégorie présentent les défaillances de base ci-dessous :

*RI mal organisée :* Les données contenues dans l'information ne sont pas organisées suivant les cadres définis ci-dessus. Le contenu de la RI peut être plus ou moins complet, mais sa forme ne permet pas une utilisation adaptée.

*RI incomplète :* La ressource informationnelle ne contient pas toutes les données nécessaires à la gestion de la crise.

*RI périmée :* Lors de la situation d'une situation d'urgence, toute information reçue est par définition périmée, à cause du délai incompressible de transmission de l'information. Ce temps peut être réduit grâce aux moyens de communication, mais pas éliminé. Par conséquent, toute décision prise est également périmée. Si ce retard est excessif, il peut réduire la capacité opérationnelle du dispositif.

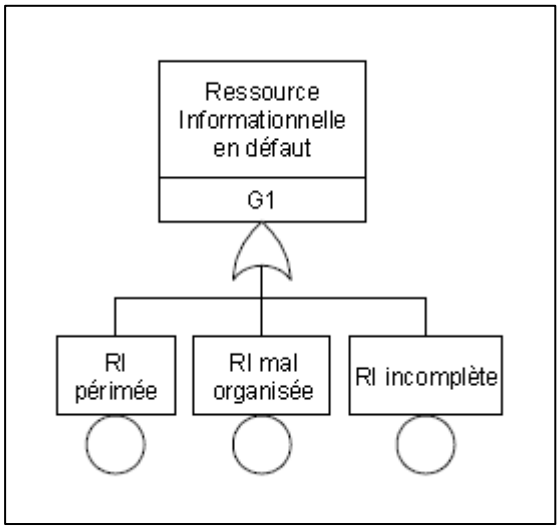


**Figure 96 :** Arbre de défaillances de la catégorie « Ressources Informationnelles »

4. Questions d'évaluation.

| **(Evénement : « RI incomplète»)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Est-ce que les procédures POI comportent des cadres d'organisation de l'information ? | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Les procédures POI comportent un cadre d'ordres | | | +1/3 |
| Les procédures POI comportent un format type de rapport/point de la situation | | | +1/3 |
| Les procédures POI contiennent une structure pour l'utilisation de la Méthode de Raisonnement Tactique. | | | +1/3 |

| (Evénement : « RI périmée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les procédures POI définissent des moments critiques de prise de décision et les informations nécessaires pour cela. | Oui | C | - |
| | Non | B | - |

| (Evénement : « RI mal organisée ») | | | |
|---|---|---|---|
| **Question** | **Réponse** | **Niveau de probabilité de base** | **Points** |
| Les personnels du PC Ex ainsi que les responsables des équipes de terrain (Sapeurs-Pompiers, Secouristes, équipes d'appui, sécurité etc.) sont formés à l'utilisation du cadre d'ordres, du format type d'un rapport, ainsi qu'à la Méthode de Raisonnement Tactique adaptée à leur niveau de commandement. | Oui | B | - |
| | Non | A | - |
| Des fiches d'aide à la décision sont mises à disposition des personnels du PC Ex ainsi que les responsables des équipes de terrain (Sapeurs-Pompiers, Secouristes, équipes d'appui, sécurité etc.), afin d'assurer la continuité dans la transmission des informations. | | | +1 |

5. Cette catégorie comporte les ressources suivantes :

*Information de la survenue d'un accident :* Il s'agit des premiers renseignements sur l'accident qui deviennent disponibles à partir de l'évaluation faite sur place par les agents ou l'ingénieur de l'atelier en jeu, ou même un dispositif automatique de surveillance. Ces premiers renseignements risquent de ne pas être bien structurés, et des éléments critiques risquent d'être ratés dans la transmission. Selon la nature de l'installation et de l'incident, ils doivent comporter au minimum les éléments suivants : le lieu et le temps de survenue de l'incident ; le type de l'incident (par exemple incendie, explosion, fuite de matière dangereuse ; accident au travail etc.) ; les personnes impliquées (nombre et nature des blessés, intoxiqués etc.) ; identification de la matière impliquée (par exemple, code ONU) ; mesures prises.

*Informations sur l'accident :* Cette ressource correspond aux renseignements sur l'incident obtenus dans le Centre de Traitement des Appels (CTA) interne à l'installation. Il est formé par les renseignements fournis par les agents sur place (cf. ressource informationnelle « Information de la survenue d'un accident »), structurés par les personnels du CTA interne en utilisant la procédure d'alerte et la fiche d'enregistrement des appels, enrichis par des informations supplémentaires obtenus par d'autres moyens (par exemple des capteurs de gaz toxiques installés en permanence ou des renseignements par d'autres acteurs).

*Ordre de mobilisation des personnels du PC Ex :* Il s'agit d'un ordre de mobilisation qui sert à activer le PC Ex. Il est donné par de CTA interne, suivant une procédure mise en place dans le POI. Il signale aux personnels armant le PC Ex la survenue d'un incident et leur demande de se rendre aussi rapidement que possible aux locaux du PC Ex.

*Ordre de mobilisation des services de secours internes :* C'est le pendant pour les services de secours internes. Cet ordre est également donné par de CTA interne, suivant une procédure mise en place dans le POI. Ce message est adressé aux personnels des services de secours (Sapeurs-Pompiers et Secouristes) en garde, qui sont censés intervenir immédiatement sur les lieux du sinistre. Selon les besoins identifiés lors de l'appel d'urgence ou ultérieurement, cet ordre peut être également transmis aux personnels (Sapeurs-Pompiers et Secouristes) auxiliaires, qui doivent alors quitter leurs lieux de travail, s'équiper et intervenir.

*Informations sur l'accident et consignes de protection :* dans le cas d'un accident industriel, il est souvent prudent de mettre à l'abri les personnels de l'installation. Cet ordre est donné par le CTA interne immédiatement lors de la confirmation de la survenue d'un accident industriel, suivant une procédure définie dans le POI. Il signale la survenue d'un accident et donne des consignes de comportement adaptés aux employés, visiteurs et toute autre personne dans l'établissement.

*Ordre de mobilisation des moyens d'appui et de soutien :* Cet ordre permet de mobiliser les personnels des équipes d'appui (qui doivent quitter leurs postes de travail, s'équiper et se présenter au PC Ex pour recevoir leurs missions) et les moyens de génie civil, levage et transport.

*Bilan de la situation (PC Ex) :* Il s'agit de l'idée de la situation tactique qui est formée dans le Poste de Commandement Exploitant par le Directeur des Opérations Internes et le personnel de cette cellule de crise. Elle comporte tous les éléments qui facilitent le raisonnement tactique, comme le cadre général de l'intervention, la topographie de la zone d'intervention, les populations s'y trouvant, les éléments météorologiques, l'incident (en termes de la nature du risque, la zone sinistrée, les victimes, les dommages matériels et l'évolution anticipée de la situation actuelle), les moyens nécessaires et les capacités opérationnelles (moyens disponibles, renforts). Elle est formée en utilisant des moyens

d'analyse disponibles (par exemple des outils cartographiques), les rapports fournis par les équipes du terrain et les différents ateliers, et des hypothèses faites par les cadres du PC Ex.

*Idée de manœuvre et exécution (PC Ex) :* Cette ressource informationnelle représente la planification de l'opération qui est effectuée dans le PC Ex. Elle correspond à la démarche de synthèse de la Méthode de Raisonnement Tactique et comporte l'objectif à atteindre et les tâches à accomplir pour y arriver (objectifs intermédiaires), les rôles des différents moyens, les idées de manœuvre tentatives, leurs avantages et inconvénients et enfin le choix de l'idée de manœuvre retenue.

*Ordre opérationnel (PC Ex) :* Cet ordre est émis par le PC Ex vers tous les acteurs opérationnels. Il est basé sur les priorités mises en place dans le POI et le résultat du raisonnement tactique effectué dans le PC Ex, et définit l'intention du Directeur des Opérations Internes (DOI) pour la gestion de l'accident.

*Bilan de la situation tactique :* C'est le pendant du bilan de la situation qui est effectué au sein du PC Ex. Le bilan de la situation tactique comporte les mêmes éléments (définis par la méthode de raisonnement tactique), mais instanciés dans le cadre des opérations sur le terrain.

*Idée de manœuvre et exécution (tactique) :* C'est le pendant de l'idée de manœuvre et exécution (PC Ex) au niveau tactique de l'organisation des opérations internes. Il comporte les mêmes éléments (définis par la MRT), mais instanciés dans le cadre des opérations sur le terrain.

*Ordre tactique :* Cet ordre est donné par le responsable d'intervention vers les équipes sur le terrain (Sapeurs-Pompiers, Secouristes, équipes d'appui). Il décline l'intention du DOI et est basé sur les priorités mises en place dans le POI, les principes de l'art et le raisonnement tactique effectué sur le terrain (fonction « Gestion Opérationnelle et Commandement »).

# Annexe 5 : Arbres de défaillances des fonctions du POI

Dans cette section sont présentés les arbres de défaillances des fonctions identifiées dans le modèle FIS du Plan d'Opération Interne. L'arbre de défaillances des fonctions au plus bas niveau de décomposition sont décrits aux paragraphes correspondants. Ces arbres représentent la combinaison logique des événements pouvant conduire à la défaillance des fonctions.

## Fonction A : Surveiller l'incident

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 97.

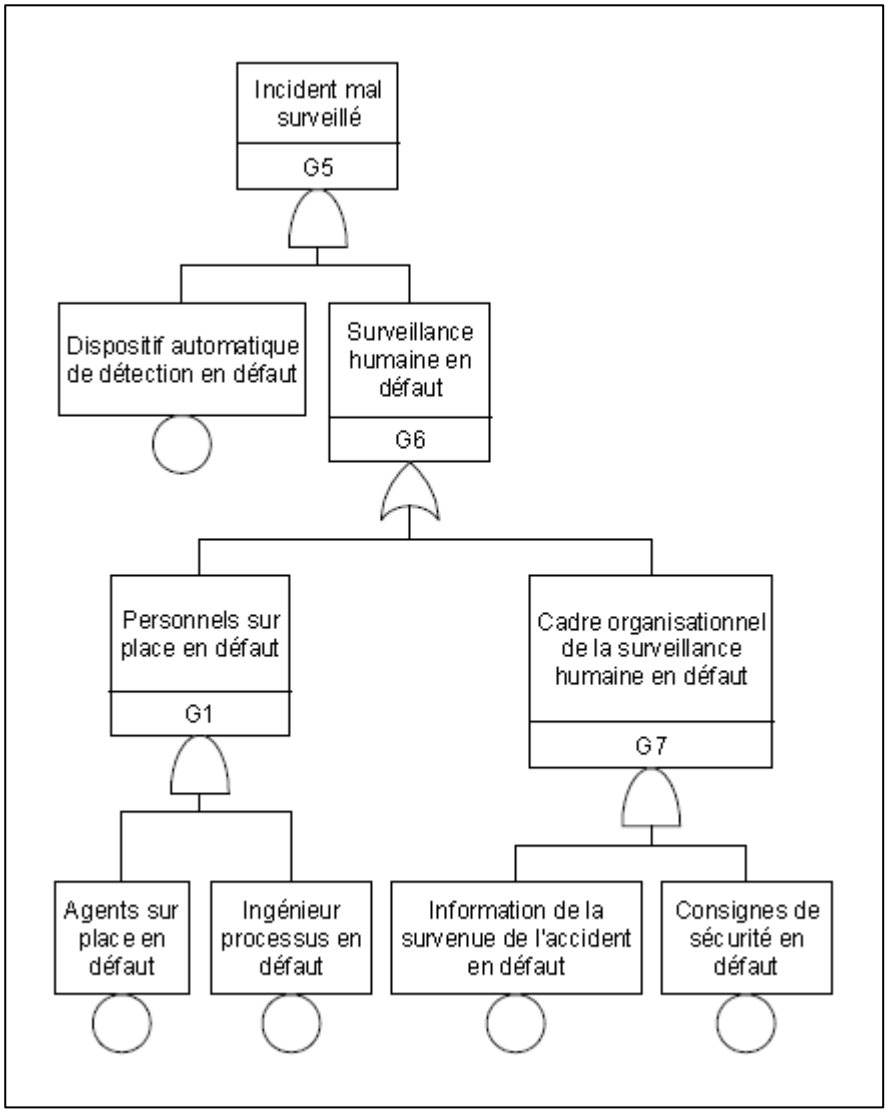


**Figure 97 :** Arbre de défaillances de la fonction A : Surveiller l'incident

## Fonction B : Prendre les 1ères mesures

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 98.

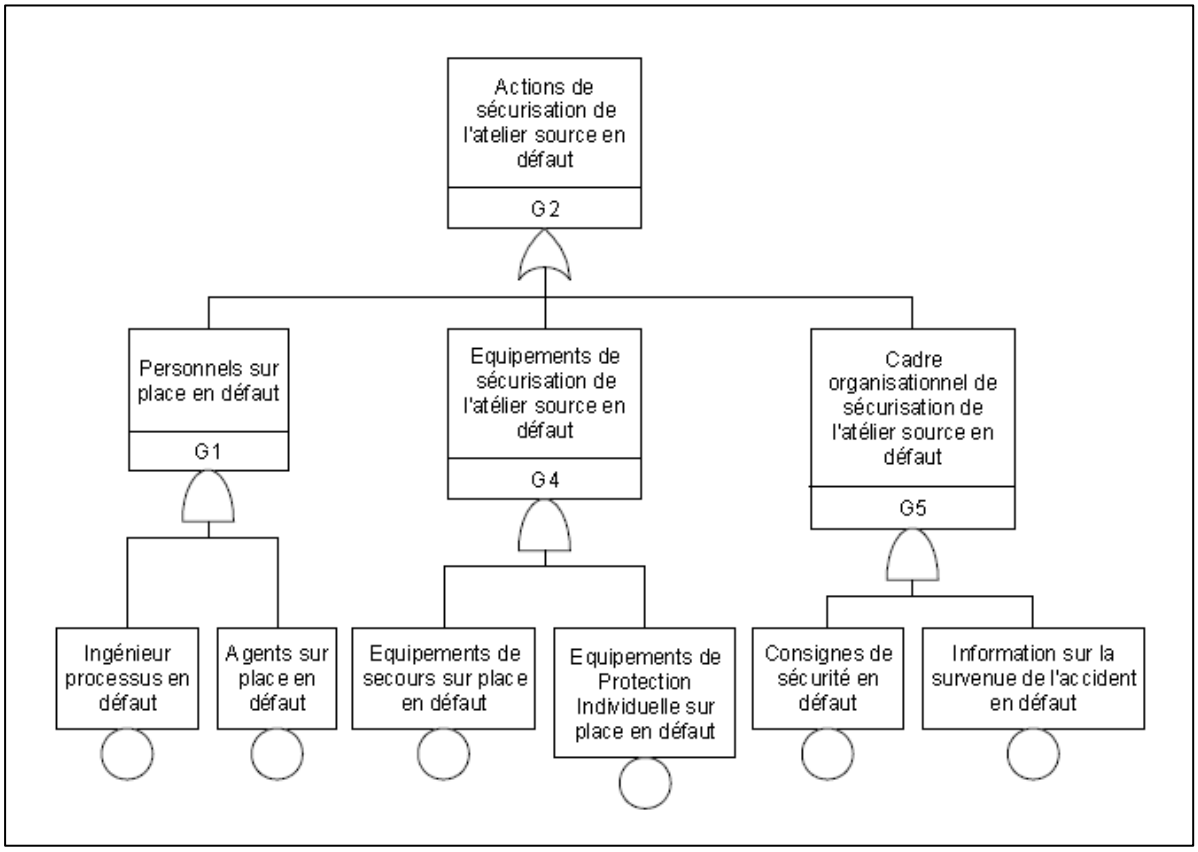


**Figure 98 :** Arbre de défaillances de la fonction B : Prendre les 1ères mesures

## Fonction C1 : Alerter le CTA interne

L'arbre de défaillances de la fonction *C1 : Alerter le CTA interne* est illustré sur la fig. 99.

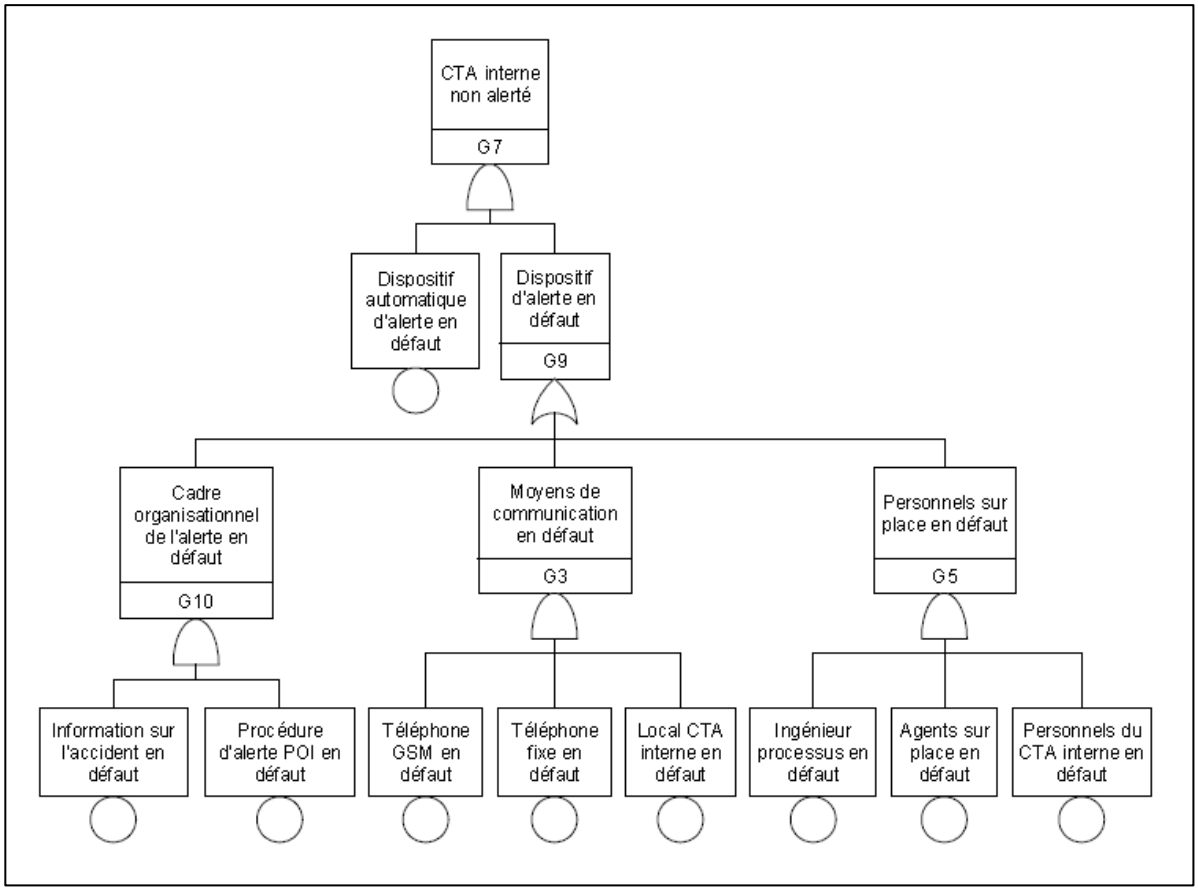


**Figure 99 :** Arbre de défaillances de la fonction C1 : Alerter le CTA interne

## Fonction C2 : Mobiliser les personnels du PC Ex

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 100.

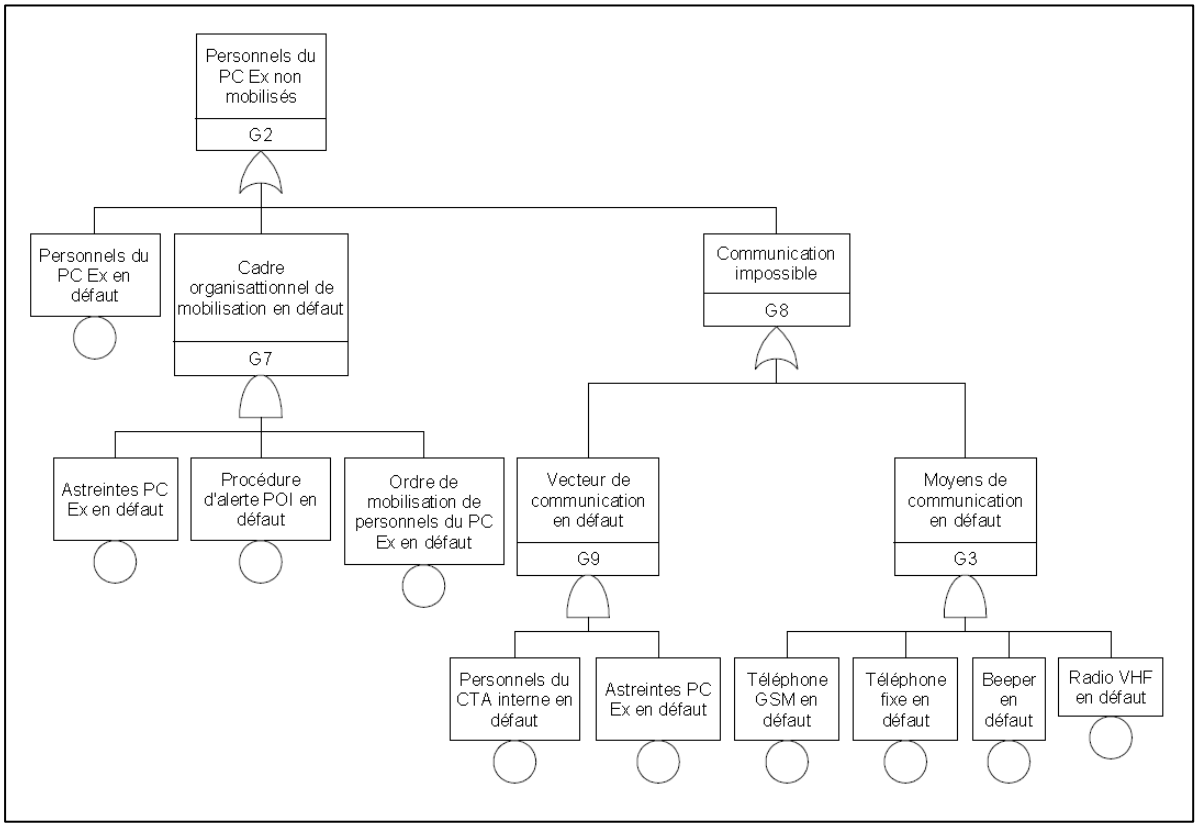


**Figure 100 :** Arbre de défaillances de la fonction C2 : Mobiliser les personnels du PC Ex

# Fonction C3 : Mobiliser les services de secours internes

L'arbre de défaillances de la fonction *C3 : Mobiliser les services de secours internes* est illustré sur la fig. 101.

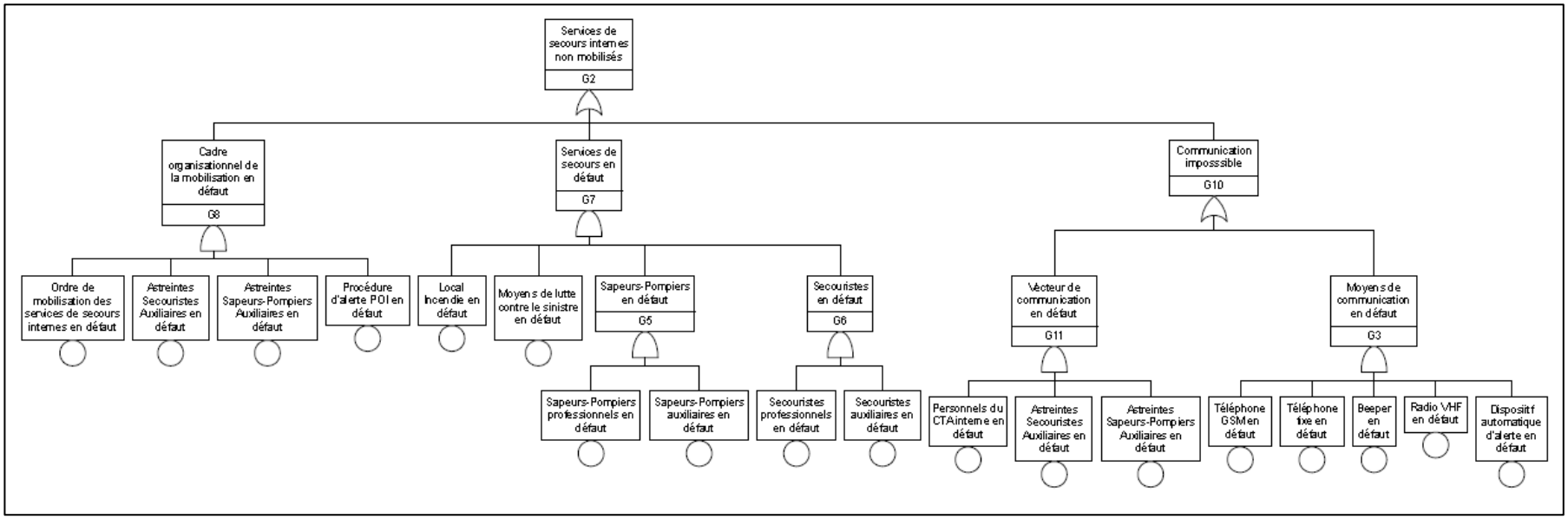


**Figure 101 :** Arbre de défaillances de la fonction C3 : Mobiliser les services de secours internes

## Fonction C4 : Alerter tous les locaux en danger

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 102.

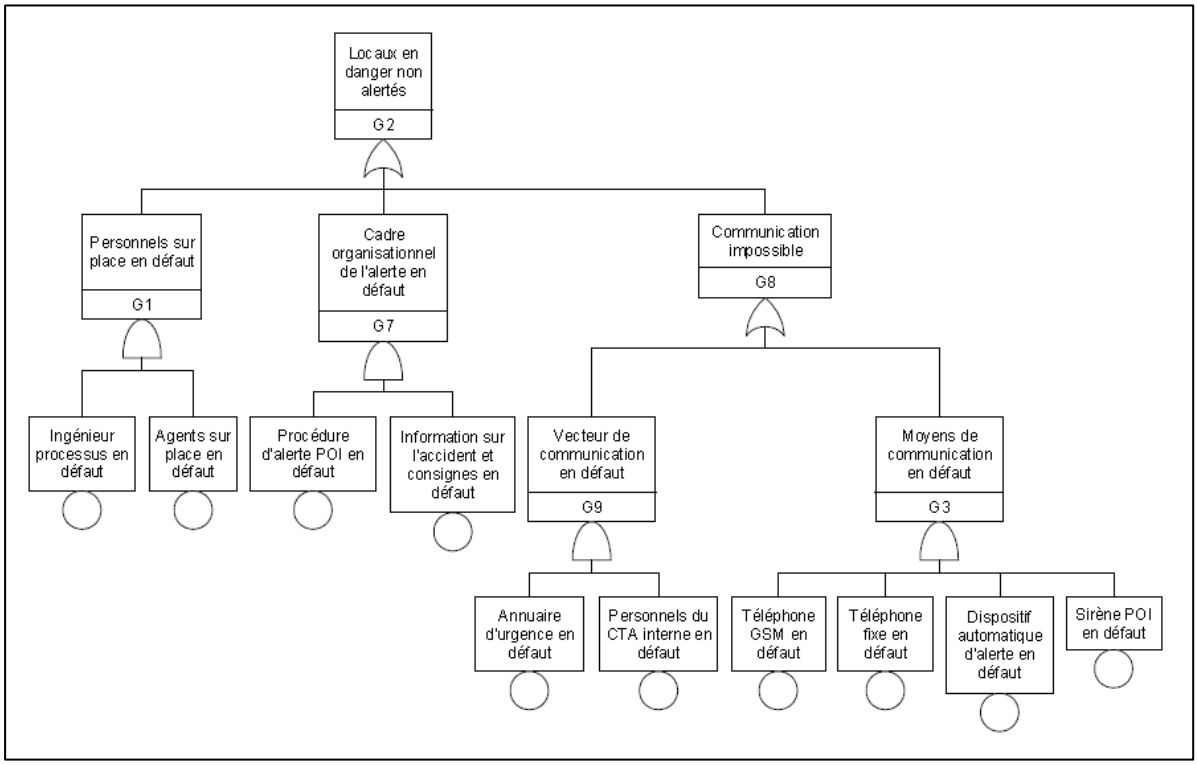


**Figure 102 :** Arbre de défaillances de la fonction C4 : Alerter tous les locaux en danger

## Fonction C5 : Mobiliser les moyens d'appui et de soutien

L'arbre de défaillances de la fonction *C5 : Mobiliser les moyens d'appui et de soutien* est illustré sur la fig. 103.

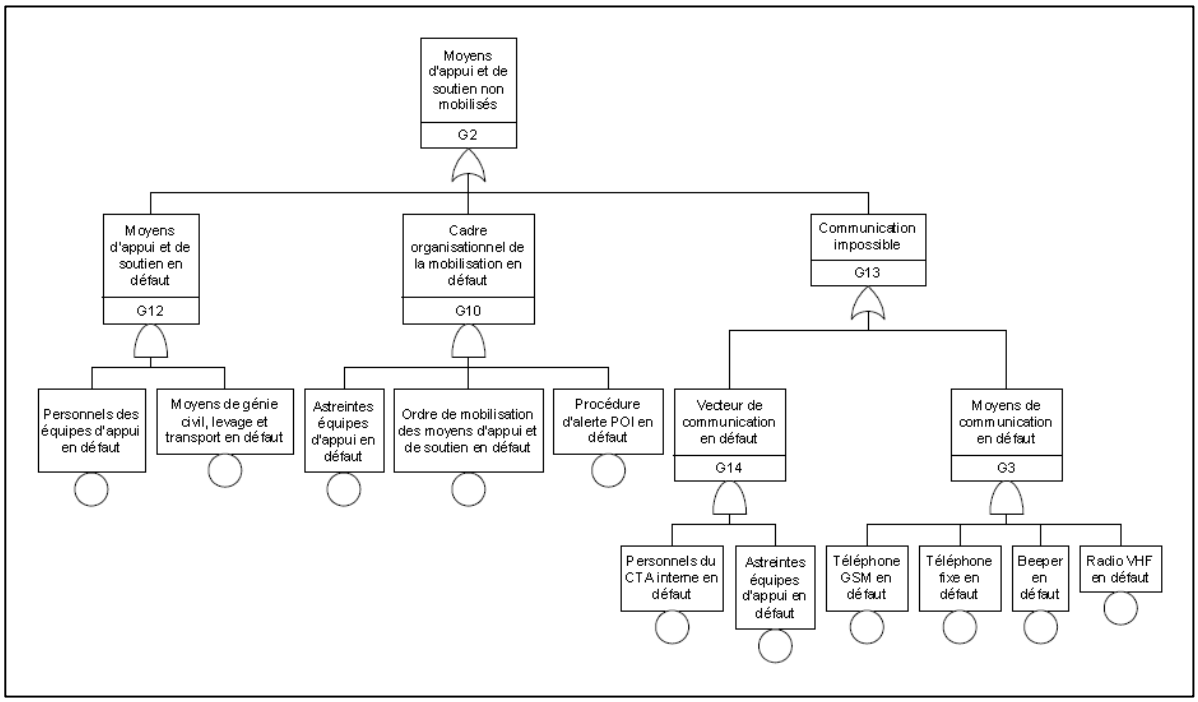


**Figure 103 :** Arbre de défaillances de la fonction C5 : Mobiliser les moyens d'appui et de soutien

## Fonction D : Sécuriser toutes les personnes et les locaux

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 104.

## Fonction E1.1 : Secours à Personnes (SAP)

L'arbre de défaillances de la fonction *E1.1 : Secours à Personnes (SAP)* est illustré sur la fig. 105.

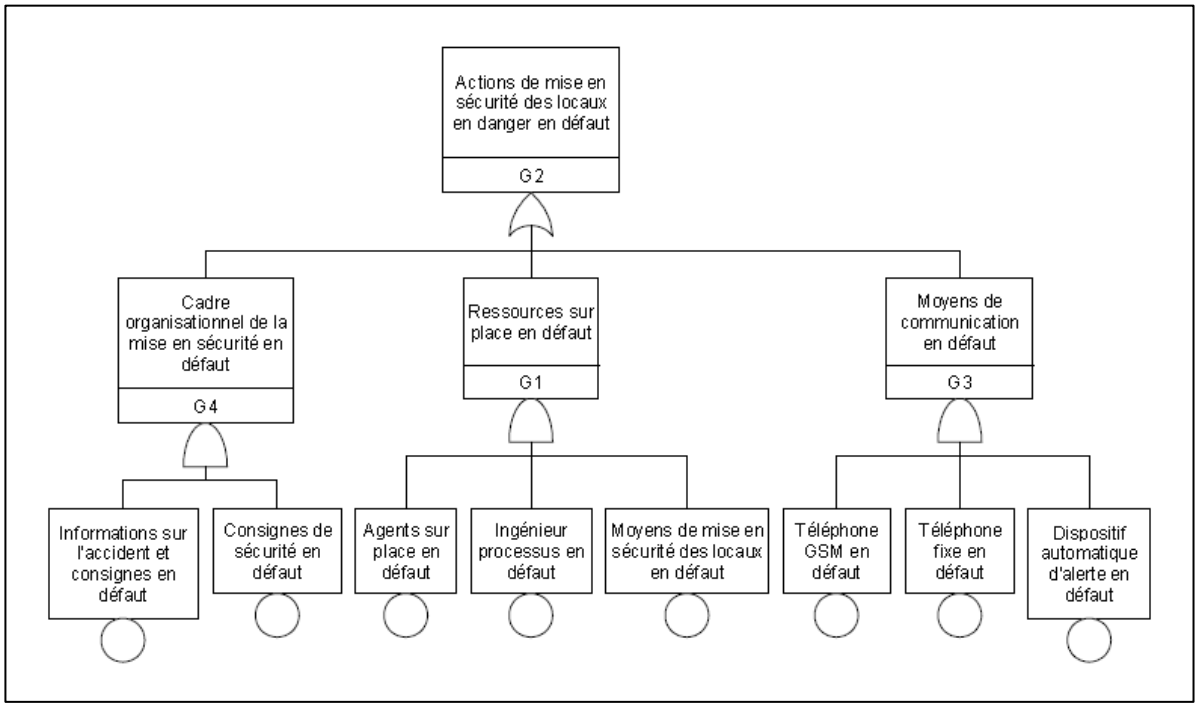


**Figure 104 :** Arbres de défaillances de la fonction D : Sécuriser toutes les personnes et les locaux

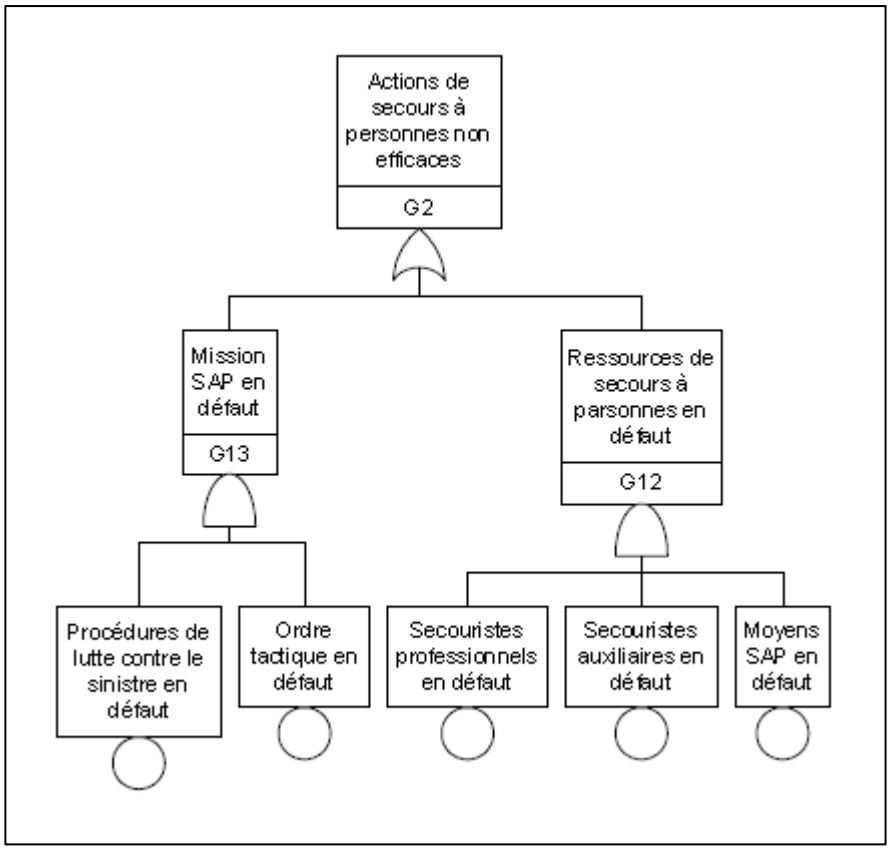


**Figure 105 :** Arbre de défaillances de la fonction E1.1 : Secours à Personnes (SAP)

## Fonction E1.2 : Incendie (INC)

L'arbre de défaillances de la fonction *E1.2 : Incendie* est illustré sur la fig. 106.

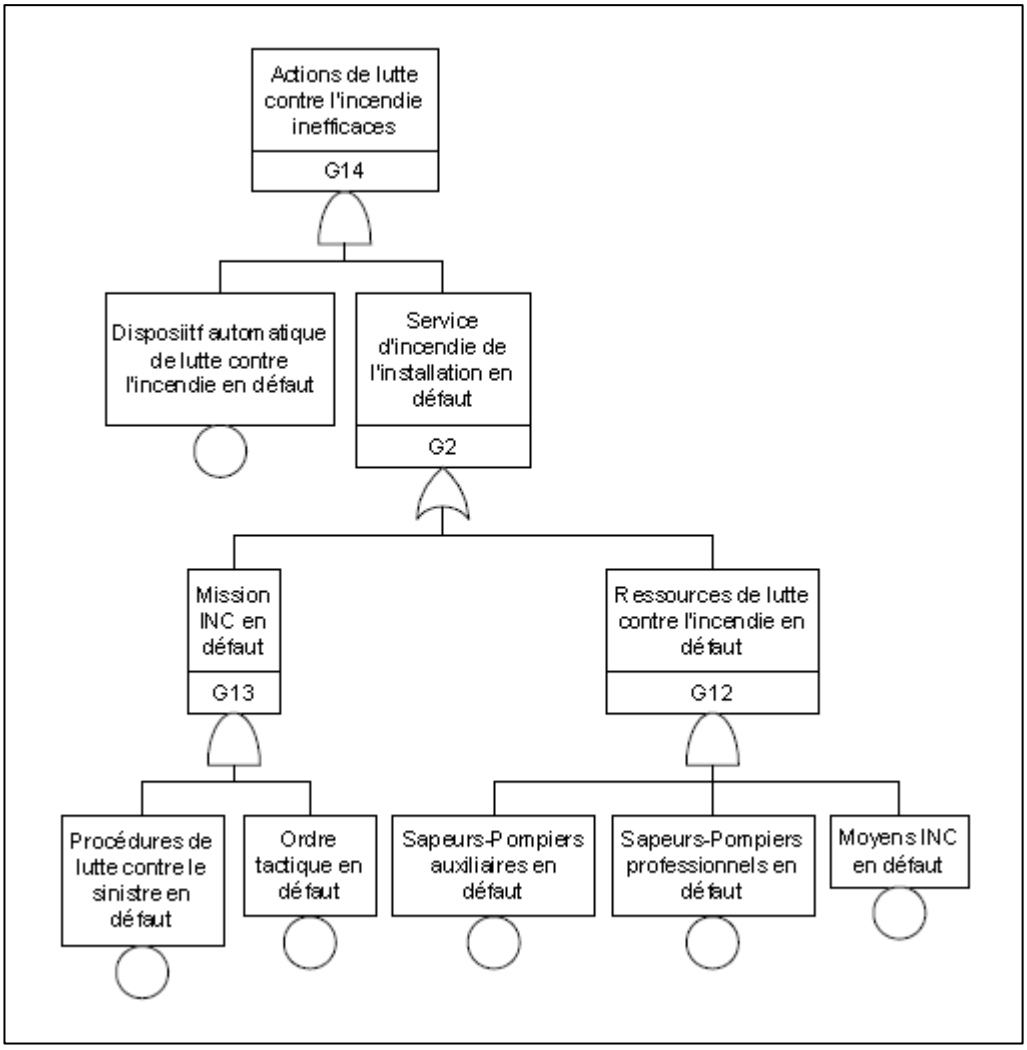


**Figure 106 :** Arbre de défaillances de la fonction E1.2 : Incendie (INC)

## Fonction E1.3 : Risques Chimiques (RCH)

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 107.

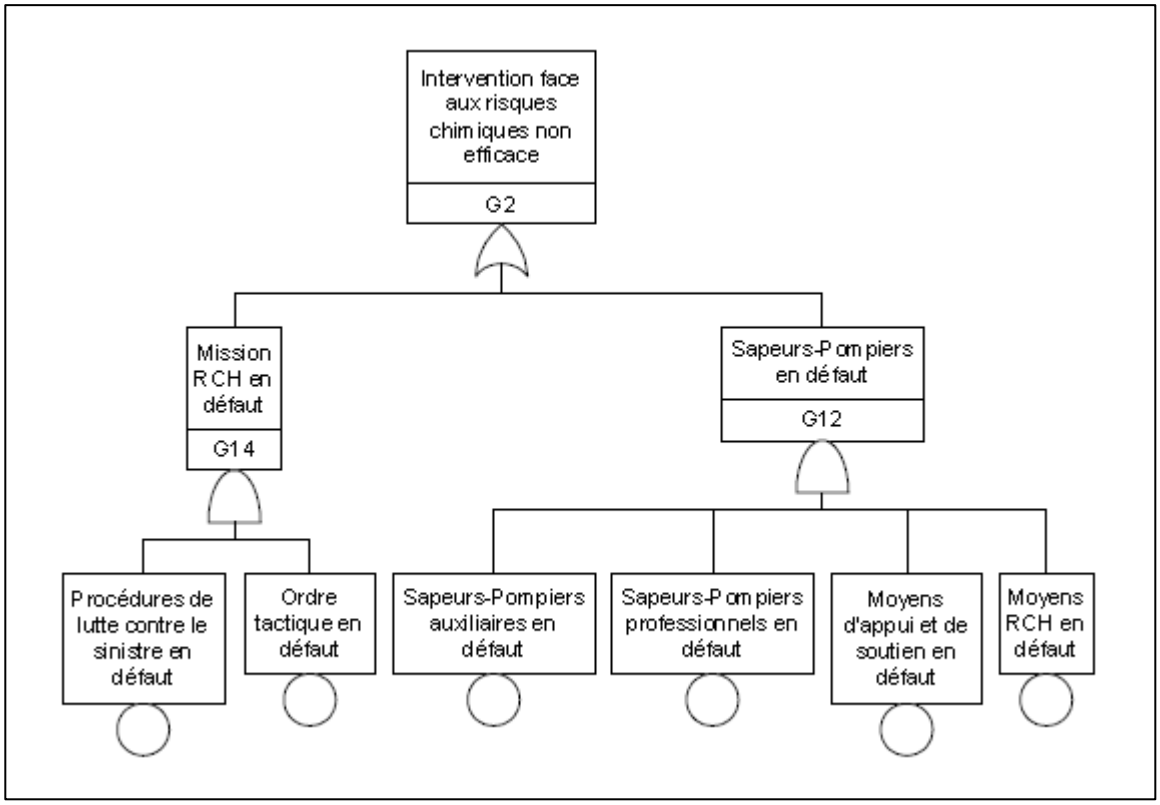


**Figure 107 :** Arbre de défaillances de la fonction E1.3 : Risques Chimiques (RCH)

# Fonction E1.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement (GOC)

L'arbre de défaillances de la fonction *E1.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement (GOC)* est illustré sur la fig. 108.

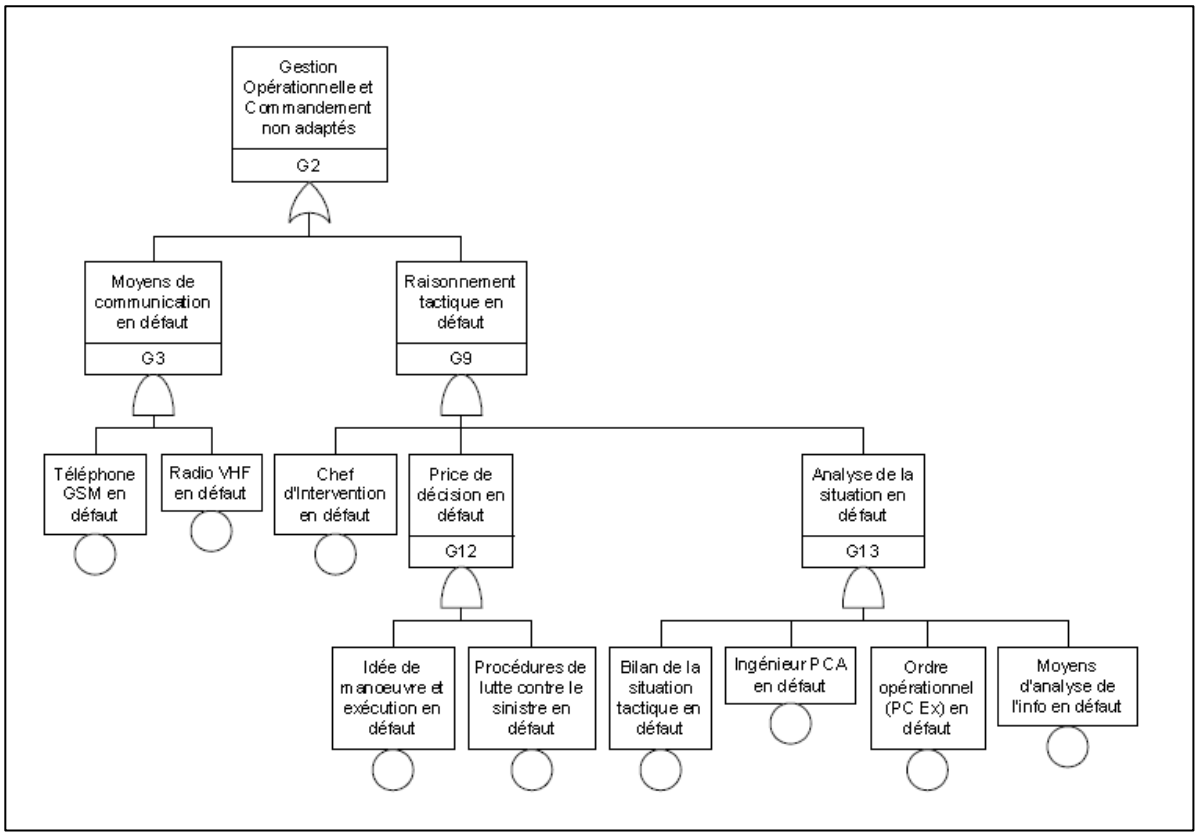


**Figure 108 :** Arbre de défaillances de la fonction E1.4 : Gestion Opérationnelle et Commandement (GOC)

## Fonction E2 : Diriger les Opérations Internes

L'arbre de défaillances de la fonction *E2 : Diriger les Opérations Internes* est illustré sur la fig. 109.

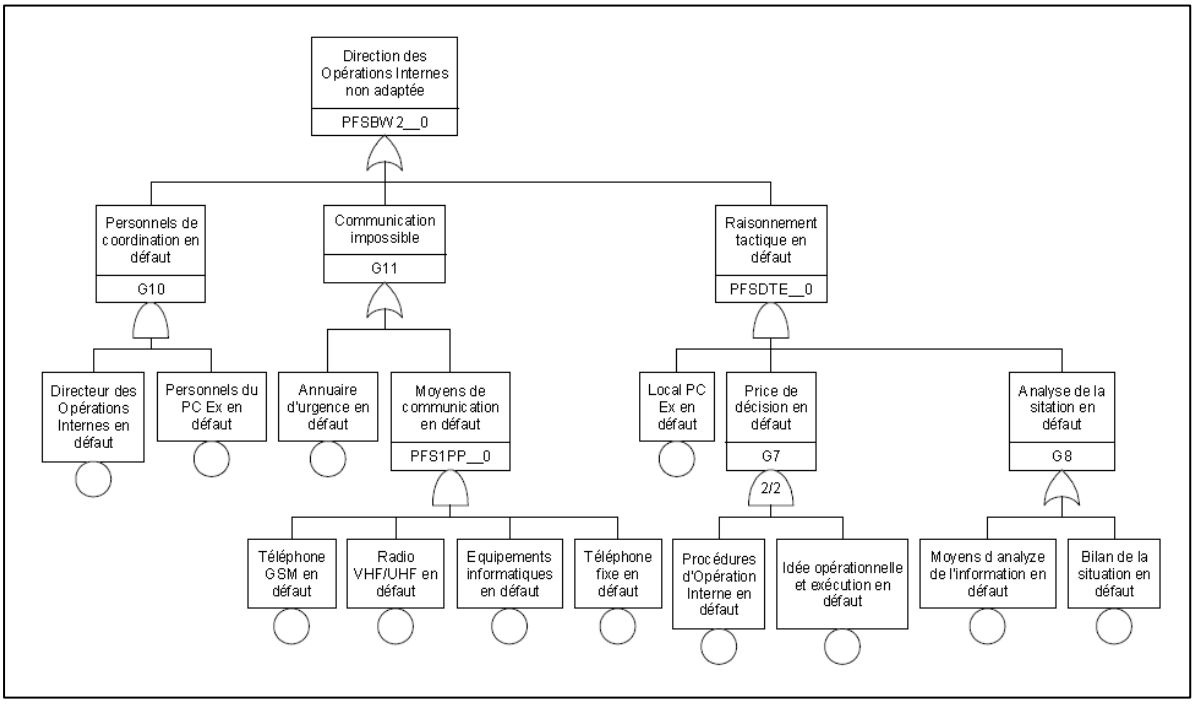


**Figure 109 :** Arbre de défaillances de la fonction E2 : Diriger les opérations internes

## Fonction E3 : Communication

L'arbre de défaillances de la fonction *E3 : Communication* est illustré sur la fig. 110.

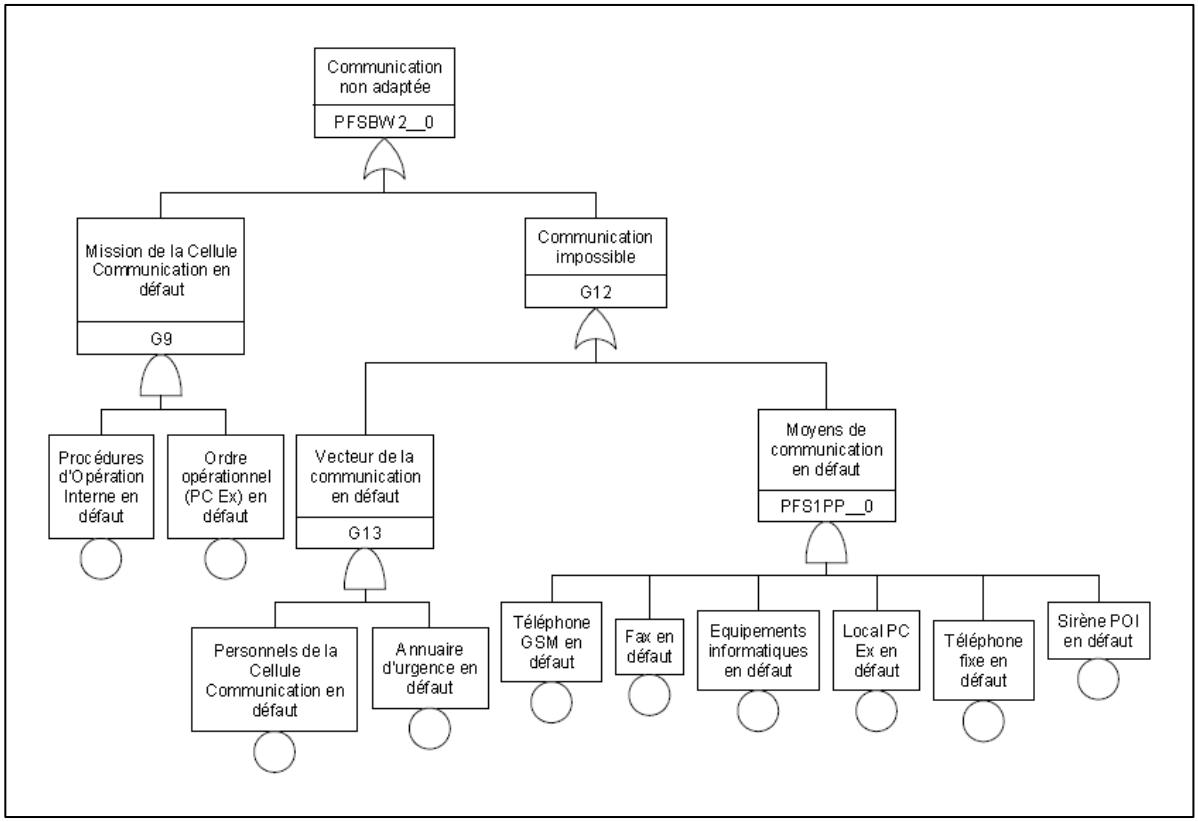


**Figure 110 :** Arbre de défaillances de la fonction E3 : Communiquer

## Fonction E4 : Sécuriser le site

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 111.

## Fonction E5 : Observer

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 112.

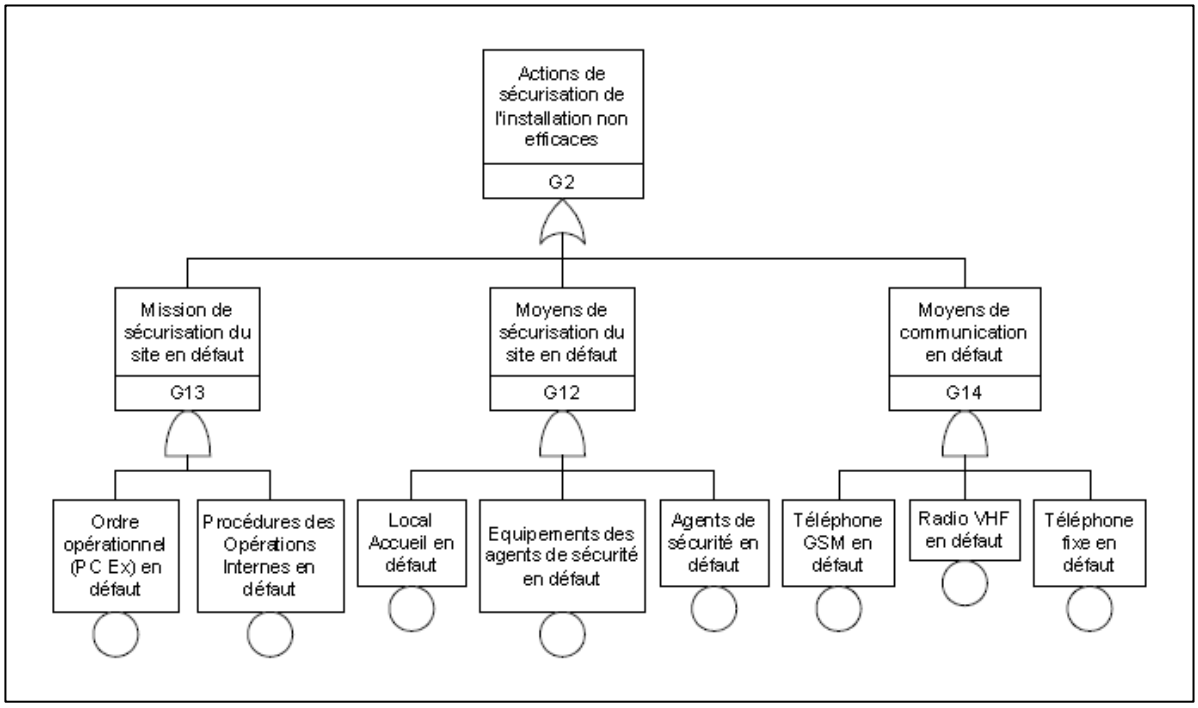


**Figure 111 :** Arbre de défaillances de la fonction E4 : Sécuriser le site

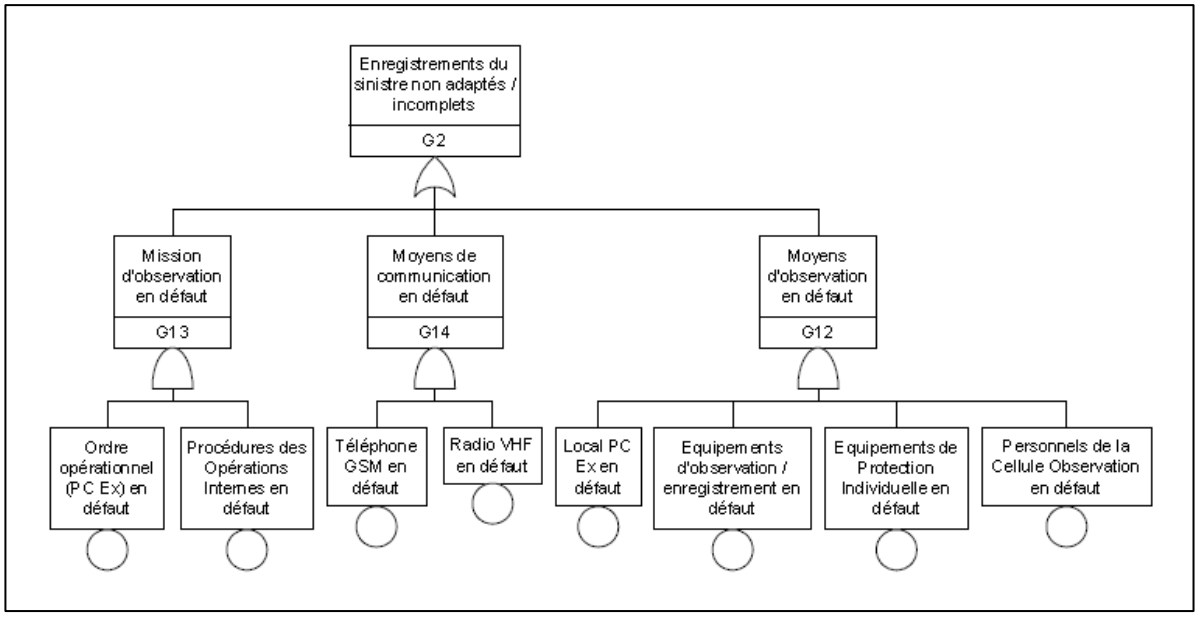


**Figure 112 :** Arbre de défaillances de la fonction E5 : Observer

## Fonction S_T4 : Logistique

L'arbre de défaillances de cette fonction est illustré sur la fig. 113.

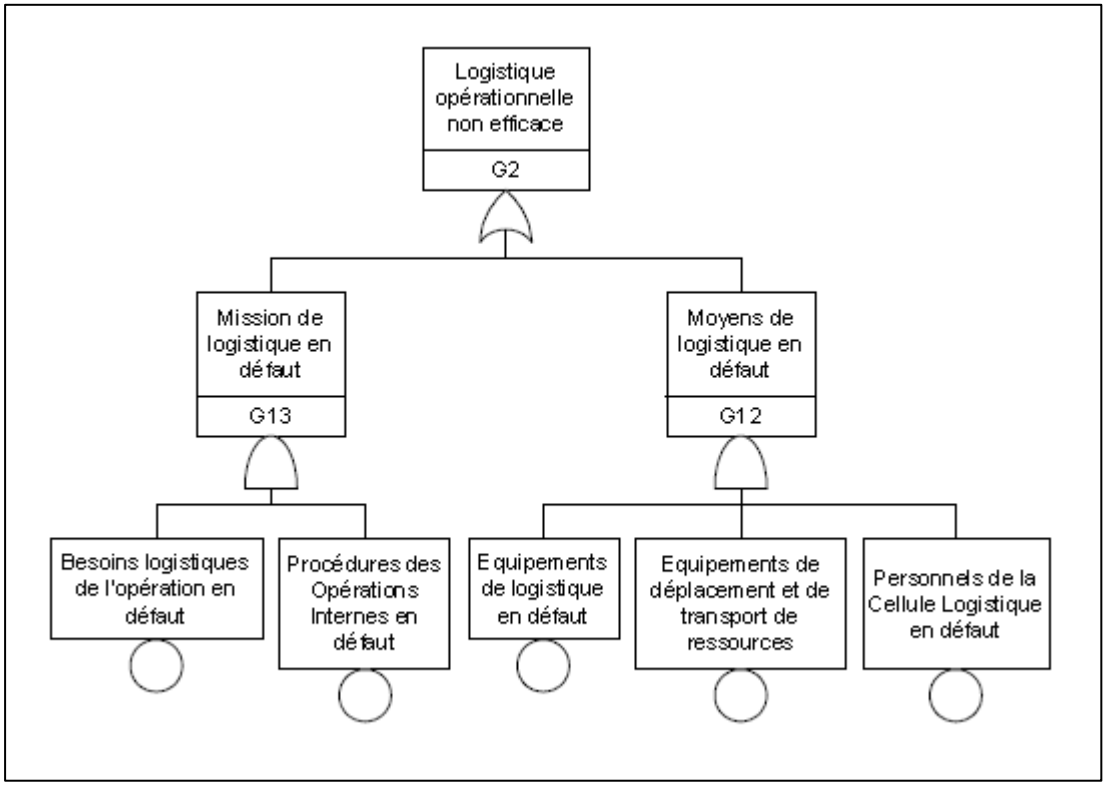


**Figure 113 :** Arbre de défaillances de la fonction-support S_T4 : Logistique

# Annexe 6 : Organisation de la démarche

La démarche à suivre afin d'analyser la robustesse d'un plan de secours industriel à l'aide de la méthodologie développée dans le cadre de cette thèse est présentée de manière succincte sur la check-list suivante :

## 1. Niveau Ressource

**Pour chaque ressource :**

- Pour chaque événement de l'arbre de défaillances de la ressource
    i. Répondre aux questions
    ii. Etablir le niveau de probabilité de base
    iii. Modifier le niveau de probabilité de base en fonction des points obtenus par les réponses aux questions
- Propagation des classes de probabilité dans l'arbre de défaillances de la ressource et calculer le taux de défaillance de la ressource.

## 2. Niveau Fonction

**Pour chaque fonction :**

- Propagation des taux de défaillance des ressources dans l'arbre de défaillances de la fonction
- Calculer le taux de défaillance de la fonction
- Estimer la gravité de défaillance de la fonction à l'aide de l'étude de danger de l'installation
- Obtenir la criticité de défaillance de la fonction

## 3. Système POI

- Obtenir la criticité de défaillance du système à partir de l'agrégation des criticités de défaillance des fonctions.

[Cette page a été intentionnellement laissée vide]

École Nationale Supérieure des Mines
de Saint-Étienne

NNT : 2010 EMSE 0590

Georgios Marios KARAGIANNIS

# METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF ROBUSTNESS OF INDUSTRIAL EMERGENCY PLANS

Speciality: Environmental Science and Engineering

Keywords: Disaster management, Emergency planning, Emergency response, Model-based risk analysis

## Abstract:

The objective of this research thesis is to develop a methodology for the analysis of robustness of industrial emergency plans. Failures can occur when these plans are put into action; they can result to deteriorated operating conditions for these systems. Existing emergency plan analysis approaches do not allow for a structured analysis of the emergency response mechanism. The methodology developed in this research project is based on a structuro-functional and generic formalization of industrial emergency plans, which describes both the functions of the plans and the resources necessary for accomplishing them. Furthermore, lessons learned through the analysis of 159 industrial accidents and 61 internal and external industrial emergency plan exercises have led to the identification of failures that may occur during the use of industrial emergency plans for emergency response. The model that was developed and the information obtained through experience feedback result in a structured analysis of failures of these plans. This robustness analysis is based on the failure risk assessment of the plan's functions. The failure probability is estimated through assessment questions and the plan's functions and resources fault trees. The failure severity of each function is determined by using the facility's hazard study and by applying the maximum damage rule. The failure criticality of each function is hence obtained, and the plan's criticality results from the aggregation of the criticalities of the plan's functions. The approach followed is hence based on a failure risk analysis, which in turn is built upon lessons learned and the critical analysis of the plan's model. This methodology therefore constitutes a toolbox that can be used both for the analysis of existing plans and the development of emergency response mechanism.

École Nationale Supérieure des Mines
de Saint-Étienne

NNT : 2010 EMSE 0590

Georgios Marios KARAGIANNIS

# METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE DE LA ROBUSTESSE DES PLANS DE SECOURS INDUSTRIELS

Spécialité: Sciences et Génie de l'Environnement

Mots clefs : Gestion des risques, Plans de secours, Gestion de crise, Analyse des risques, Modélisation des processus

## Résumé :

Ce travail de recherche vise à développer une méthode pour l'analyse de la robustesse des plans de secours industriels. Des défaillances peuvent survenir lors de la mise en œuvre de ces plans, qui peuvent entrainer à un fonctionnement en mode dégradé des dispositifs. Les approches existantes d'analyse de ces plans ne permettent pas une analyse structurée du dispositif de gestion de crise. La méthodologie proposée dans le cadre de ce travail repose sur une formalisation structuro-fonctionnelle et générique des plans de secours industriels, décrivant à la fois les fonctions et les ressources permettant la réalisation de ces fonctions. De plus, ce travail s'est accompagné de retours d'expérience à partir de 159 rapports d'accidents et de 61 exercices POI/PPI, qui ont permis d'identifier des défaillances pouvant survenir lors de la mise en œuvre des POI/PPI. Le modèle développé et les informations obtenues par le retour d'expérience permettent de structurer l'analyse des dysfonctionnements pouvant se manifester lors de la mise en œuvre des plans. Cette analyse de la robustesse est basée sur une évaluation du risque de défaillance des fonctions du plan. La probabilité de défaillance est estimée à partir des questions d'évaluation et des arbres de défaillances des ressources et des fonctions. La gravité de la défaillance de chaque fonction est déterminée en utilisant les études de dangers de l'installation, en suivant la règle des dommages maximum qu'elle peut provoquer. La criticité de défaillance de chaque fonction est ainsi obtenue, et la criticité du plan résulte de l'agrégation des criticités de ses fonctions. Cette méthodologie constitue ainsi une boite à outils qui peut être utilisée à la fois pour l'évaluation des plans existants, mais aussi pour l'élaboration du dispositif défini dans un plan de secours industriel.