الجمهوريـــــة الجزائريـــــة الديمقراطيـــــة الشعبيـــــة
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT GENIE DES PROCEDES ET ENVIRONNEMENT

**MEMOIRE**

**Pour l'obtention du diplôme Master professionnel**
**En Génie des Procédés et Environnement**
**Option : gestion des risques et des crises**

## Thème :

# LA SECURITE DU TRANSPORT MARITIME

# « APPLICATION DE LA METHODE MOSAR »

**Dirigé par :**
**Mr. KERCHICH YACINE**
**Mr. KADDARI MILOUD**

**Présenté par :**
**Mr. HADJAOUI ABDELKADER**

**Année Universitaire 2012/2013**

# REMERCIEMENTS

J'exprime mes sincères et profonds remerciements et reconnaissances aux :

**Colonel Mustapha EL HABIRI**, Directeur Générale de la Protection Civile de m'avoir permis de suivre ce cursus universitaire.

**Colonel Krita Mourad**, Directeur de la Protection Civile de la Wilaya de Saida.

**Colonel Mohamed KHALEF**, Directeur de l'Organisation et de la Coordination des Secours.

**Monsieur Mahfoud BEN SALEM**, Le Directeur du Personnel et de la Formation.

**Colonel Doudah GUERRACH**, Le Directeur de la Prévention.

**Lieutenant- Colonel Fouad LALAOUI**, sous directeur de la planification opérationnelle.

**Capitaine Mme Yahaoui Meriem**, responsable de ce master.

**Monsieur Kerchich Yacine**, mon encadreur.

**Lieutenant Kaddari Miloud**, mon Co-encadreur.

Sans oublier :

Mes camarades de cette promotion du master, avec qui j'ai eu plaisir à travailler.

Mes collègues du travail de la direction de la Protection Civile de la Wilaya de Saida.

Les professeurs et l'administration de l'**UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA**.

Tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ma formation, trouvent ici ma gratitude et mes remerciements.

Je suis enfin très reconnaissant envers ma famille, en particulier ma mère, mes frères et sœurs, pour le soutien qu'ils m'ont apporté durant toute la durée de ce travail.

***«À la mémoire de mon père »***

# RESUME

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو إنجاز تحليل للمخاطر في مجال النقل البحري للركاب والبضائع، على حد سواء و هذا بتطبيق طريقة MOSAR [الطريقة المنظمة والمنهجية لتحليل المخاطر].والتي تسمح بتسيير وإدارة جيدة للمخاطر وهذا بمعرفة جيدة و منهجية للمخاطر ومصادر الخطر، ثم تقييم أهميتها وإدارة الأحداث غير المرغوب فيها أو السلبية، والحد من احتمال وقوع هذه الأحداث ودرجة خطورتها من خلال وضع إجراءات وقائية و تدابير تصحيحية مناسبة لمنع تكرار سيناريوهات مليئة بالمخاطر.

L'objectif principal de mon travail est de réaliser une analyse des risques dans le domaine du transport maritime, que ce soit transport de passagers ou de marchandises. En appliquant la méthode MOSAR(Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques) pour avoir une bonne gestion de risques, en prévoyant systématiquement les risques et les sources de danger , en évaluant leur importance et en gérant les événements non désirés ou négatifs, par la réduction de la probabilité d'occurrence et la gravité de ces événements en mettant en œuvre des mesures préventives et correctives adéquates afin d'éviter la reproduction de tels scénarios porteurs de risque.

The main goal of my work is to achieve a risk analysis in the field of maritime transport, both passenger and cargo. Applying the MOSAR method (Method Organized and Systemic Risk Analysis) to have a good risk management by systematically providing risk and hazard sources, assessing their importance and managing unwanted or negative events, reducing the probability of occurrence and severity of these events by implementing preventive and corrective measures appropriate to prevent the recurrence of such carriers risk scenarios.

# SOMMAIRE

**RESUME…..…….** **02**

**SOMMAIRE…….** **03**

**LISTE DES FIGURES……** **05**

**LISTE DES TABLEAUX……** **06**

**LISTE DES ABREVIATIONS……...……** **07**

**INTRODUCTION GENERALE……...……** **08**

**CHAPITRE I :** INTRODUCTION A LA METHODE MOSAR

**I. INTRODUCTION A LA METHODE MOSAR……...……** **09**

I.1DEFINITIONS ……..…… **09**

I.1.1RISQUE ……...……. **09**

I.1.2GESTION DES RISQUES…… **11**

I.2 INTRODUCTION A LA METHODE MOSAR…….……. **12**

I.3 CLASSIFICATION DES BATEAUX……..……..……. **14**

**CHAPITRE II :** RETOUR D'EXPERIENCE

**II. RETOUR D'EXPERIENCE…...……..…….** **16**

II.1 ANALYSE D'UNE DES PLUS GRANDES CATASTROPHES MARITIMES : LE NAUFRAGE DU TITANIC…… **16**

II.2 REGLEMENTATIONS ……..…… **18**

II.3 RETOUR D'EXPERIENCE ET STATISTIQUES ……...…….. **19**

II.3.1 RETOUR D'EXPERIENCES SUR LES BATEAUX TRANSPORTEURS DE PERSONNES OU/ET DE MARCHANDISES …….. **19**

II.3.2 RETOUR D'EXPERIENCES PAR LE BST…...……..……..…….. **20**

## **CHAPITRE III :** METHODE MADS-MOSAR APPLIQUEE AUX BATEAUX DE TRANSPORT DE PASSAGERS

**III. METHODE MADS-MOSAR APPLIQUEE AUX BATEAUX DE TRANSPORT DE PASSAGERS…… 23**

III.1 ETAPE PRELIMINAIRE : MODELISATION DU SYSTEME ET DECOMPOSITION EN SOUS-SYSTEMES…… **23**

III.2 PREMIERE ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SOURCES DE DANGER…… **24**

III.3 DEUXIEME ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SCENARIOS DE DANGER…… **29**

III.4 TROISIEME ETAPE DU MODULE A : EVALUATION DES SCENARIOS DE RISQUES…… **43**

III.5 QUATRIEME ETAPE DU MODULE A : NEGOCIATION D'OBJECTIFS ET HIERARCHISATION DES SCENARIOS…… **46**

III.6 CINQUIEME ETAPE DU MODULE A : DEFINITION DES MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION ET QUALIFICATION DE CES MOYENS…… **48**

## **CHAPITRE IV :** METHODE MADS-OSAR APPLIQUEEAUX BATEAUX DE TRANSPORT DE MARCHANDISE

**IV. METHODE MADS-MOSAR APPLIQUEE AUX BATEAUX DE TRANSPORT DE MARCHANDISE 55**

IV.1 PREMIERE ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SOURCES DE DANGER…… **55**

IV.2 DEUXIEME ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SCENARIOS DE DANGER…… **56**

IV.3 TROISIEME ETAPE DU MODULE A : EVALUATION DES SCENARIOS DE RISQUES…… **58**

IV.4 QUATRIEME ETAPE DU MODULE A : NEGOCIATION D'OBJECTIFS ET HIERARCHISATION DES SCENARIOS…… **59**

IV.5 CINQUIEME ETAPE DU MODULE A : DEFINITION DES MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION ET QUALIFICATION DE CES MOYENS…… **60**

**CONCLUSION…… 64**

**ANNEXE…… 65**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES…… 67**

## LISTE DES FIGURES


| | | |
|---|---|---|
| **FIGURE N° :01** | Représentation du risque……..……..……. | **10** |
| **FIGURE N° :02** | Actions de réduction du risque……..……...……. | **10** |
| **FIGURE N° :03** | Structure de la méthode MOZAR……...……. | **13** |
| **FIGURE N° :04** | Nombre d'accidents maritimes et d'accidents à bord des navires, 1997-2006..… | **20** |
| **FIGURE N° :05** | Navires en cause dans des accidents, 2003–2007……..……. | **21** |
| **FIGURE N° :06** | Répartition des causes d'accident……..……..… | **22** |
| **FIGURE N° :07** | Décomposition du système en sous-système……..…… | **23** |
| **FIGURE N° :08** | Système des boites noires……...……..….. | **29** |
| **FIGURE N° :09** | Scénarios de risques……..…….. | **37** |
| **FIGURE N° :10** | Scénario fuite (naufrage) ……..…….. | **38** |
| **FIGURE N° :11** | Scénario incendie-explosion ……..…… | **39** |
| **FIGURE N° :12** | Scénario noyade……..… | **40** |
| **FIGURE N° :13** | Hiérarchisation des scénarios……..…… | **41** |
| **FIGURE N° :14** | Situation des scénarios dans les grilles GxP……... | **43** |
| **FIGURE N° :15** | Situation des scénarios dans les grilles GxP après la mise en place des barrières | **49** |
| **FIGURE N° :16** | Système des boites noires **(**transport de marchandise) ……..…… | **51** |
| **FIGURE N° :17** | Scénarios de risques **(**transport de marchandise) ……..……. | **52** |
| **FIGURE N° :18** | Scénario incendie **(**transport de marchandise) ……..……..… | **53** |
| **FIGURE N° :19** | Situation des scénarios dans les grilles GxP **(**transport de marchandise)...…… | **54** |
| **FIGURE N° :20** | Situation des scénarios dans les grilles GxP après la mise en place des barrières **(**transport de marchandise)……..…… | **58** |

## LISTE DES TABLEAUX


| | | |
|---|---|---|
| **TABLEAU N° :01** | Les causes de la perte totale (2000-2010) (nombre de pertes)……..…..... | **19** |
| **TABLEAU N° :02** | Nombre d'accidents maritimes et d'accidents à bord des navires, 1997-2006 | **20** |
| **TABLEAU N° :03** | Taux d'accidents des navires commerciaux battant pavillon étranger…….. | **21** |
| **TABLEAU N° :04** | Grille de recueil d'informations…… | **24** |
| **TABLEAU N° :05** | Situation des scénarios dans les grilles GxP…….…...…….. | **47** |
| **TABLEAU N° :06** | Identification des moyens de prévention et de protection …… | **49** |
| **TABLEAU N° :07** | Qualification des barrières de prévention et de protection……..…….. | **53** |
| **TABLEAU N° :08** | Grille de recueil d'informations **(**transport de marchandise) ……..... | **55** |
| **TABLEAU N° :09** | Identification des moyens de prévention et de protection **(**transport de marchandise) ……..……... | **60** |
| **TABLEAU N° :10** | Qualification des barrières de prévention et de protection **(**transport de marchandise**)** ……...…..……..…….. | **62** |

## LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|---|---|
| **AR** | arrêt |
| **BLEVE** | Boiling Liquid Expanding Vapor explosion. |
| **BST** | Bureau de la sécurité des transports du Canada |
| **CO** | conception |
| **DEM** | démantèlement |
| **DEP** | dépannage |
| **EN** | entretien |
| **ENS** | événement non souhaité |
| **EX** | exploitation |
| **FD** | fonctionnement dégradé |
| **FN** | fonctionnement normal |
| **IN** | incident |
| **INERIS** | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. |
| **M** | maintenance |
| **MO** | montage |
| **MOSAR** | Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques |
| **OMI** | Organisation maritime internationale |
| **RMS** | Royal Mail Ship |
| **SE** | essai |
| **SOLAS** | Sauvegarde de la vie humaine en mer |
| **SSI** | sous-système d'information (contrôle-commande) |
| **SSO** | sous-système opérant (fabrication) |
| **SSP** | sous-système de pilotage (direction) |
| **TR** | transformation |

# *INTRODUCTION GENERALE*

# INTRODUCTION GENERALE

La sécurité maritime nous affecte tous. La population mondiale se fie à un réseau de transport maritime efficace et sécurisé pour pouvoir poursuivre librement son mode de vie moderne. Au cours des 100 dernières années, depuis le naufrage du RMS Titanic, le secteur maritime s'est efforcé d'améliorer constamment ses performances de sécurité afin de transporter chaque jour, efficacement et en toute sécurité 23 millions de tonnes de fret et 55 000 passagers de croisière[1].

A ce jour, la réglementation maritime en matière de sécurité s'avère abondante, hétérogène et insuffisante pour garantir un « bon » niveau de sécurité. En plus, les conventions et les techniques d'analyse de sécurité mises en œuvre dans le secteur maritime, se heurtent à plusieurs obstacles notamment la non prise en compte de manière systématique des concepts liés au facteur humain lors de l'analyse de la sécurité. Pourtant, dans le secteur maritime, les erreurs humaines sont à l'origine de 70 à 80 % des accidents. Il est donc indispensable de mettre en place un système de sécurité qui prend en compte non seulement les erreurs techniques mais surtout les erreurs humaines. Nous vivons dans une société qui accepte de moins en moins de tels accidents, c'est pourquoi il est devenu important de comprendre et de limiter les risques en matière de transport maritime, que ce soit un transport de passagers ou de marchandises.

La gestion des risques réduit la probabilité d'occurrence et la gravité d'événements non désirés. En prévoyant systématiquement les risques, en évaluant leur importance et en les gérant, les événements non désirés ou négatifs peuvent être évités. Cependant, la bonne gestion des risques doit aussi permettre de prévoir les risques futurs et d'y parer. Dans ce travail on va appliquer la méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques) permet de réaliser une analyse des risques principaux. A partir d'une décomposition de l'installation en sous-systèmes, on commence par identifier de manière systématique en quoi chaque sous-système peut être source de dangers.

Aussi il est important dans ce sujet d'aborder le processus du retour d'expérience en analysant un des plus grandes catastrophes maritimes. L'objectif est de tirer profit des enseignements de l'expérience vécue pour éviter sa reproduction en mettant en œuvre des mesures préventives et correctives adéquates afin d'éviter la reproduction de tels scénarios porteurs de risque.

---

1- AGCS_safety_and_shipping_report 2012 Allianz Global Corporate & Specialty AG Page 4.

# *CHAPITRE I*

# *INTRODUCTION A LA METHODE MOSAR*

## I.1 DEFINITIONS :

### I.1.1 RISQUE [1]:

La notion de risque, couramment utilisée dans la vie quotidienne, se révèle complexe et a évolué au fil du temps. Elle est approchée différemment selon les domaines et les spécialités.

Ainsi, le mot risque revêt une signification différente pour le responsable de sécurité, le spécialiste de l'environnement, l'assureur, le référent de la sûreté ou le cadre de direction.

« Risque » substantif, masculin.

a) Définition première : Danger éventuel plus ou moins prévisible.

b) Domaine juridique : Éventualité d'un événement ne dépendant pas exclusivement de la volonté des parties et pouvant causer la perte d'un objet ou tout autre dommage.

c) Economie : Possibilité de perte monétaire due à une incertitude que l'on peut quantifier.

d) Géographie : Combinaison entre un aléa, phénomène potentiellement destructeur d'origine diverse (Naturelle, anthropique), et d'une vulnérabilité.

En effet on considère généralement l'équation suivante : Risque = aléa x enjeux

**« Aléa » :** phénomène destructeur observé, caractérisé par :

- une probabilité d'occurrence (égale à l'inverse de sa période de retour)
- une extension spatiale
- une intensité

**« Enjeux » :** somme des éléments exposés, présentant chacun une vulnérabilité propre :

- personnes
- bâtiments
- entreprises
- patrimoine culturel
- environnement
- …

Les enjeux ne sont pas uniquement situés dans les zones directement menacées par les phénomènes. Pour ces derniers on parle d'enjeux exposés. Il faut également tenir compte des enjeux impactés qui sont indirectement affectés. Par exemple, la mise hors service d'une station de pompage, d'une prise d'alimentation en eau potable, d'un transformateur électrique peut avoir des répercussions très importantes bien au-delà de la zone concernée directement par l'aléa et de ce fait multiplier les enjeux.

---

1- Mémoire Patrick Honorine Aéroport de la Réunion Roland Garros : Elaboration d'un schéma directeur à partir d'Une Approche Globale D'analyse Des Risques 2009. Pages (13-14-15)

On classe de ce fait les risques selon deux (parfois trois) critères :

- probabilité d'occurrence
- gravité des effets
- (cinétique du phénomène)

En utilisant une formule simple, risque = probabilité x gravité on place ces différents risques sur un espace à deux dimensions où une limite d'acceptabilité du risque est définie auparavant.

Si le point représentant le risque considéré se trouve en dessous de la courbe d'acceptabilité, il est alors acceptable. Ainsi un risque présentant une très forte gravité et une probabilité très faible (R2 : incendie d'un transformateur électrique par exemple) ou une probabilité très forte mais une gravité très faible (R1 : chute de plain-pied) sont généralement tolérés.

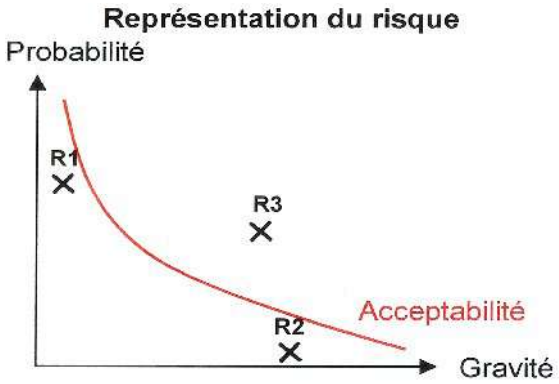



**FIGURE N°01 :**

S'il se trouve au dessus (R3 par exemple) des critères définis comme « acceptables » par le ou les gestionnaires des risques, il est généralement possible de réduire le niveau de risque en prenant des mesures de prévention et de protection.

La prévention regroupe l'ensemble des actions visant à empêcher la réalisation d'un phénomène dangereux. On réduit donc la probabilité (R3')

La protection regroupe l'ensemble des actions visant à limiter les conséquences d'un phénomène une fois que celui-ci se réalise, donc la gravité (R3'').

Une étude complète des risques consiste donc dans un premier temps à identifier l'ensemble des sources de danger présentes, puis à déterminer les causes et conséquences de leur activation afin de diriger des actions de prévention et de protection.

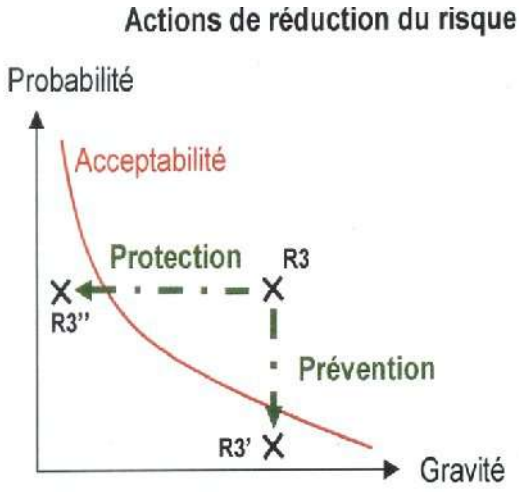



**FIGURE N°02 :**

Une étude complète des risques consiste donc dans un premier temps à identifier des sources de danger présentes, puis à déterminer les causes et conséquences de leur activation afin de diriger des actions de prévention et de protection.

### I.1.2 GESTION DES RISQUES :

La gestion des risques est réactive et préventive. Elle combine en effet :

- Une approche réactive qui s'intéresse a posteriori aux événements indésirables survenus ou avérés. Elle vise à limiter le nombre des événements (incidents, accidents) ou à réduire les conséquences dommageables de ceux-ci par la mise en place d'actions correctives.
- Une approche préventive ou anticipative, qui identifie a priori les événements redoutés ou événements indésirables par une analyse du système et de ses dangers.

Elle comprend l'identification des situations dangereuses et des vulnérabilités de l'établissement puis la mise en place d'actions de prévention et le suivi de leur efficacité.

Dépasser une culture de la faute, développer une culture de sécurité exigent de tous une nouvelle façon d'apprendre et demandent une évolution majeure des comportements individuels et collectifs, un engagement profond de la direction et des différents niveaux hiérarchiques d'un établissement

## I.2 INTRODUCTION A LA METHODE MOSAR

La méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risque) est un ensemble ordonné de manière logique, de principes, de règles, d'étapes, permettant de parvenir à une analyse des risques d'un système. Le but de la méthode consiste à :

- Identifier et évaluer les risques du système considéré
- Négocier les objectifs et l'acceptabilité des risques par les acteurs concernés
- Intégrer les réglementations spécifiques
- Intégrer l'approche déterministe et probabiliste
- Mise en œuvre de concepts logiques
- Mise en œuvre de concepts systématiques : découpages recouvrant l'éventail des possibilités de risque
- Mise en œuvre de concepts systémiques : mise en relation des différents points de vues des cibles et modélisation des acteurs du système
- Faire un travail de groupe
- Mise en œuvre d'outils (AMDEC, HAZOP, arbres de défaillances...)
- Avoir une vision macroscopique (risque de proximité) puis microscopique (risque interne) de l'installation

Cette méthode se décompose en deux grands modules (A et B), le premier étant une analyse macroscopique du système, le second étant une analyse microscopique. Il s'agit ici de réaliser le module A (aspect macroscopique) dans l'approche MOSAR pour les bateaux de transport de passagers et de marchandises.

Le premier module ou module A de la méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques) permet de réaliser une analyse des risques principaux. A partir d'une décomposition de l'installation en sous-systèmes, on commence par identifier de manière systématique en quoi chaque sous-système peut être source de dangers. Pour cela, on fait référence à une grille de typologie des systèmes sources de dangers et on utilise le modèle MADS qui relie source de dangers et cibles. L'utilisation de la technique des boîtes noires permet de générer des scénarios de risques d'interférence entre les sous-systèmes qui, rassemblés sur un même événement constituent un arbre logique ou arbre d'événements.

Cette méthode va être appliquée à des navires (passagers, vraquiers, navires rapides, tankers...) afin d'identifier les sous-systèmes, les sources de danger et cibles et ainsi permettre la création de modèles standards de risques.

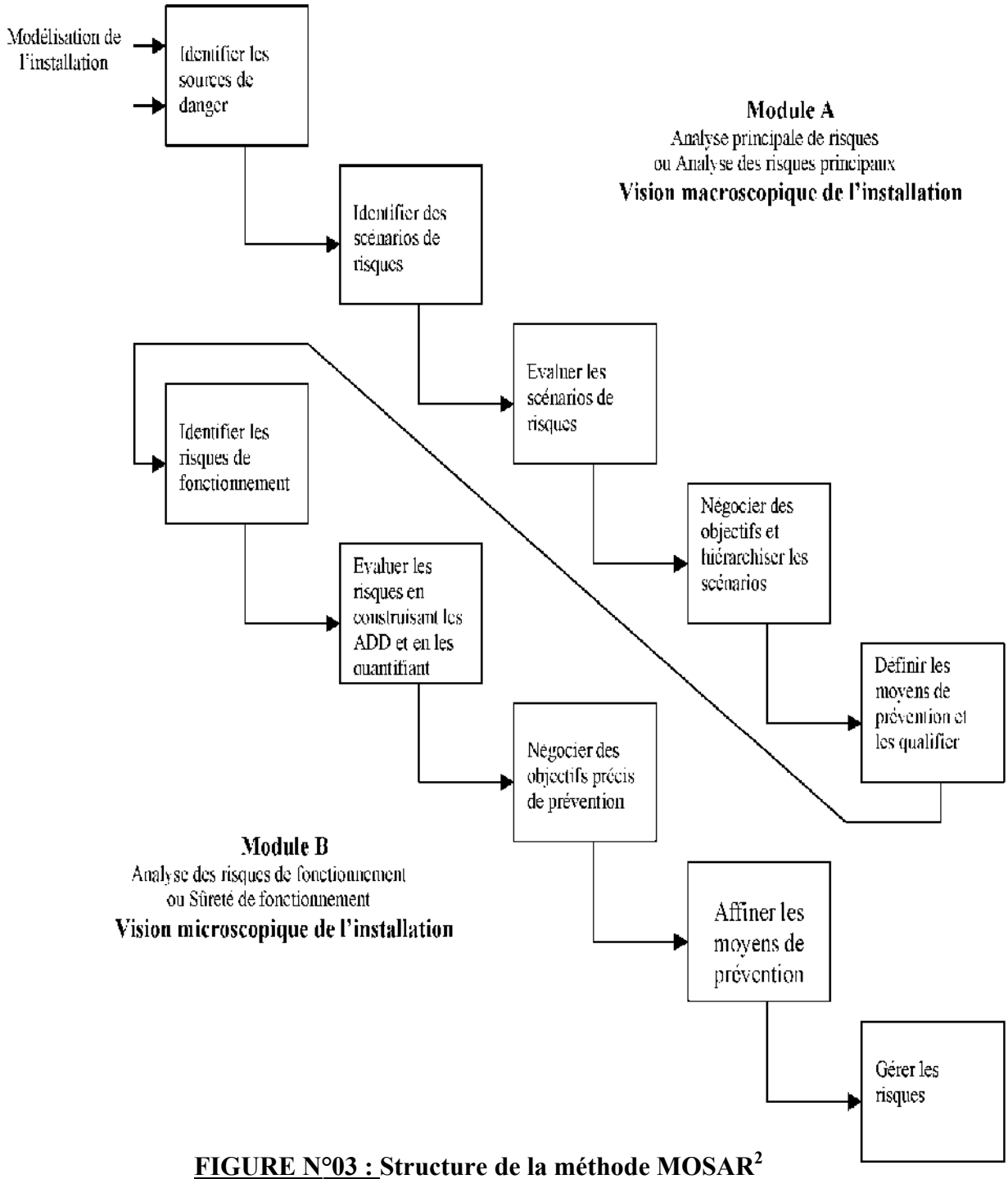



**FIGURE N°03 : Structure de la méthode MOSAR[2]**

2-L'analyse de risques pour les débutants Par Jean-Claude JACQUIOT consultant CASE France & Future Tech Systems Inc. Paris-Seattle Page 12

## I.3 CLASSIFICATION DES BATEAUX

Afin de pouvoir modéliser par la méthode MADS-MOSAR les différents types de navires, il est indispensable de les recenser et de les classer. Ainsi, nous allons maintenant fournir une liste de types de bateaux classés de façon à ce que chaque groupe ait les mêmes types de risques.

Tout d'abord, il faut considérer les bateaux de particuliers. On peut intégrer ici tous les bateaux à rame, à voile, les bateaux de plaisance en général. Ces navires ont comme particularités d'être conduits par des personnes éventuellement non expérimentées. Les risques principaux seraient donc une collision avec un autre navire ou avec des récifs. Les conséquences sont quant à elles plutôt mineures en nombre de victimes.

Ensuite, on peut considérer les bateaux de transport et de commerce. Ce type de navire regroupe tous les bateaux qui transportent du matériel ou des produits divers. On y trouve : les péniches, les porte conteneurs, les vraquiers (qui transportent des marchandises en vrac, comme du minerai ou des céréales), les pétroliers, les méthaniers et butaniers, les caboteurs (navire marchant navigant le long des côtes entre les ports d'un même pays), les rouliers (transport de véhicules)
Ces navires ont comme principal risque un problème lié à la marchandise qu'ils transportent. Ainsi, les risques de corrosion, d'incendie voire d'explosion sont importants. Les conséquences peuvent être dramatiques, notamment sur l'environnement.

On peut ajouter les bateaux de guerre. En effet, les différents bateaux de l'armée transportent des matières dangereuses (explosifs, munitions diverses) et peuvent dans certains cas transporter de la matière nucléaire (porte-avions, sous-marins). Les risques sont bien évidemment importants : incendie, explosion. Le problème ici est que nous ne pouvons pas vraiment avoir accès aux détails de fonctionnement de ces bateaux ainsi qu'aux produits transportés.

Les bateaux de servitude constituent un type à part : ils ne transportent pas de matière dangereuse. Leur but est de rendre des services. On peut ainsi distinguer les brises-glace, les remorqueurs, les navires de secours, les navires de pêche. En cas d'accident avec un de ces navires, on peut penser que sa mission ne sera pas effectuée, ce qui peut poser des problèmes s'il s'agit de secours par exemple.

Enfin, les navires transportant des passagers. Ce sont les paquebots, le ferry, les NGV, les aéroglisseurs. Ces bateaux ne transportent pas de matière dangereuse mais un accident conduit à un bilan lourd en victimes humaines. Les principaux risques viennent d'un incendie ou d'une collision.

Cette liste n'est probablement pas exhaustive mais elle fait apparaître cinq types de navires qui correspondent à cinq types de risque : risque mineur pour les bateaux de plaisance, risque écologique pour les navires de transport, risque d'explosion non identifiée pour les navires de

guerre, risque d'absence d'aide pour les bateaux de servitude et risque humain lourd pour le transport de passagers.

Comme nous ne pouvons pas agir sur les navires militaires, que nous ne pouvons pas demander à chaque particulier de faire attention à ce qu'il fait, et enfin vu le faible risque d'accident d'un navire de servitude, nous allons nous concentrer sur les deux types de bateaux qui présentent le plus gros risque en terme d' environnement et de vies humaines : les navires de transport de marchandises et les navires de transport de passagers.

# *CHAPITRE II*

# *RETOUR D'EXPERIENCE*

## II. RETOUR D'EXPERIENCE

### II.1 ANALYSE D'UNE DES PLUS GRANDES CATASTROPHES MARITIMES : LE NAUFRAGE DU TITANIC

Caractéristiques :

- le plus grand bâtiment maritime de l'histoire
- 15 cloisons étanches
- un double fond pour l'échouage

Dispositifs de sauvetage :

La capacité des canots est alors calculée en volume, en fonction du tonnage des navires. La réglementation impose 16 canots de sauvetage d'une capacité totale de 5500 ft3. Or le Titanic est équipé de 20 canots dont la capacité totale est de 11328 ft3, soit 320 m3 pour 1778 personnes. La réglementation n'est donc pas respectée.

A bord :

- 885 membres d'équipage
- 1343 voyageurs répartis en première, deuxième et troisième classes. soit au total 2228 personnes.

- Dates du voyage :
- 10 avril 1912 : voyage inaugural de Southampton à New York
- 11-12 avril 1912 : bonnes conditions de voyage, le Titanic parcourt 715km.
- 13 avril 1912 : avis de forte banquise sur la route empruntée par le Titanic
- 14 avril 1912 : réception de nombreux messages faisant état de glace : le bateau change alors de cap mais sans réduire sa vitesse

Accident : collision avec un iceberg

23h40 : l'iceberg heurte le côté tribord et racle le long de la coque.

Premiers dégâts constatés : une importante voie d'eau d'où le rapport catastrophique de l'architecte : le Titanic n'en a plus que pour 1h30 ou 2h00 tout au plus.

Début de l'évacuation une heure après l'accident : 25 000 tonnes d'eau ont déjà envahi le bateau.

Les premiers canots mis à l'eau ne sont pas remplis, au bout de deux bonnes heures, il reste encore 1500 personnes à bord alors que toutes les embarcations se sont éloignées.

2h18 : le bateau se coupe en deux, partie avant et partie arrière sombrent l'une après l'autre, un canot revenu sur les lieux sauve 9 personnes.

Bilan :

3h30 : le Carpathia se rend sur les lieux et repêche les canots. 1525 personnes ont péri dans le naufrage !

Pendant le naufrage du Titanic, plusieurs parades ont été mises en œuvre pour éviter l'accident :

- la détection
- l'évitement
- l'étanchéité du navire
- le sauvetage des passagers.

**Conséquences du naufrage :**

- Création de la convention SOLAS, signée par 13 pays en 1914.

Celle-ci comportait 8 chapitres décrivant la catastrophe et les principaux enseignements que l'on pouvait en tirer concernant par exemple la construction ou les engins de sauvetage et les mesures contre l'incendie.

- Vers une nouvelle approche de la conception :

Certains aspects de la conception du navire (acier de la coque) ne seraient plus acceptés aujourd'hui : les connaissances métallurgiques de l'époque étaient alors trop limitées.

- Prise en compte du facteur humain : l'homme à l'origine de l'accident ?
  - ✓ Fatigue
  - ✓ Formation du personnel

## II.2 REGLEMENTATIONS

La réglementation de la sécurité maritime recouvre la sécurité des navires et la sécurité de la navigation. Elle traite les questions de la sauvegarde de la vie en mer et de la protection du milieu marin. Les sources de cette réglementation sont éminemment internationales depuis la création de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) en 1948 et le développement plus récent de la concertation au sein de l'Union européenne. Il a toujours été reconnu que la meilleure façon d'améliorer la sécurité en mer est en élaborant des règlements internationaux qui sont suivies par toutes les nations maritimes et au milieu du 19e siècle après un certain nombre de ces traités ont été adoptés. Plusieurs pays ont proposé qu'un organisme international permanent devrait être créé pour promouvoir la sécurité maritime plus efficace, mais il a fallu attendre la création de l'Organisation des Nations Unies elle-même que ces espoirs ont été réalisés. En 1948, une conférence internationale à Genève a adopté une convention établissant formellement l'OMI (le nom d'origine était de l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation, ou IMCO, mais le nom a été changé en 1982 à l'OMI). La convention de l'OMI est entrée en vigueur en 1958 et la nouvelle organisation s'est réunie pour la première fois l'année suivante. Les buts de l'Organisation, telle que résumée par l'article 1 (a) de la Convention, sont de fournir des mécanismes de coopération entre les gouvernements dans le domaine de la réglementation et des pratiques relatives à des questions techniques gouvernementale de toutes sortes qui intéressent la navigation commerciale internationale, d'encourager et de faciliter l'adoption générale de normes aussi élevées que dans les questions relatives à la sécurité maritime, l'efficacité de la navigation et de la prévention et du contrôle de la pollution marine par les navires. L'Organisation est également habilitée à s'occuper des questions administratives et juridiques liées à ces fins.

La première tâche de l'OMI était d'adopter une nouvelle version de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) « Safety of Life At Sea », le plus important de tous les traités relatifs à la sécurité maritime. Ceci a été réalisé en 1960 et de l'OMI ensuite tourné son attention vers des questions telles que la facilitation du trafic maritime international, les lignes de charge et le transport de marchandises dangereuses, alors que le système de mesure du tonnage des navires a été révisé.

Nouvelles conventions relatives à l'environnement marin ont été adoptées dans les années 2000, dont un sur sytems anti-fouling (AFS 2001), un autre sur la gestion des eaux de ballast pour empêcher l'invasion d'espèces exotiques (BWM 2004) et un autre le recyclage des navires sur (Hong Kong International Convention pour le recyclage sûr et écologiquement rationnel des navires, 2009).

Les années 2000 a également vu l'accent sur la sécurité maritime, avec l'entrée en vigueur en Juillet 2004, d'un nouveau régime global de sécurité pour le transport maritime international, y compris le Shiip

Code international de sûreté des installations portuaires (ISPS), rendue obligatoire par les amendements à la Convention SOLAS adoptée en 2002.

En 2005, l'OMI a adopté des amendements à la Convention pour la répression d'actes illicites (SUA) contre la sécurité de la navigation maritime, 1988, et son Protocole y relatif (les protocoles SUA de 2005), qui, entre autres choses, d'introduire le droit d'un État partie désirs à bord d'un navire battant le pavillon d'un autre Etat partie lorsque la Partie requérante a des motifs raisonnables de soupçonner que le navire ou une personne à bord du navire est, a été ou est sur le point d'être impliqués dans la perpétration d'une infraction à la Convention.

Comme instruments de l'OMI sont entrés en vigueur et ont été mis en œuvre, l'évolution des technologies et / ou les enseignements tirés des accidents ont entraîné des changements et des modifications en cours d'adoption. La mission de l'Organisation maritime internationale (OMI) en tant qu'institution spécialisée des Nations Unies est de promouvoir le transport maritime sécuritaire, respectueuse de l'environnement, efficace et durable grâce à la coopération. Ceci sera accompli en adoptant les normes les plus élevées de sécurité et de sûreté maritimes, efficacité de la navigation et de la prévention et du contrôle de la pollution par les navires, ainsi que par l'examen des questions juridiques connexes et la mise en œuvre effective des instruments de l'OMI en vue de leur application universelle et uniforme.

## II.3 RETOUR D'EXPERIENCE ET STATISTIQUES

### II.3.1RETOUR D'EXPERIENCES SUR LES BATEAUX TRANSPORTEURS DE PERSONNES OU/ET DE MARCHANDISES

**TABLEAU N°01 : Les causes de la perte totale (2000-2010) (nombre de pertes)**

| | Nombre d'accident | Statistiques |
|---|---|---|
| **Collision** | **190** | **12.0%** |
| **Contact** | **34** | **2.1%** |
| **Incendie/Explosion** | **233** | **14.7%** |
| **Naufrage** | **778** | **49.1%** |
| **Echouement** | **286** | **18.0%** |
| **Coque ou Panne Des Machines** | **33** | **2.1%** |
| **Perdu** | **6** | **0.4%** |
| **Autres** | **26** | **1.6%** |

**Source: Register Fairplay Lloyd World Fleet Statistics, 2000-2010.**

Les chiffres de l'Agence de sécurité maritime européenne pour la période 2007-2010 confirme que seulement 6% des principaux accidents de navigation dans les eaux de l'Union européenne a cause naufrages («naufrage»).Les collisions et les échouements sont beaucoup plus fréquents accidents, ce qui représente 71% des accidents en Europe. Cependant, dans le monde entier, le plus commun cause de pertes totales reste le naufrage qui représente 49% des pertes de navires 2000-2010 selon les données du Registre de la Lloyd. Dans le monde, coque ou panne des machines ne compte que pour environ 2% de pertes.

### II.3.2 RETOUR D'EXPERIENCES PAR LE BST

Les données suivantes sont relatives aux accidents maritimes répertoriés par le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST).

L'objectif de ce retour d'expériences est d'obtenir quelques données statistiques sur les accidents d'origine maritime, en particulier : nature, bateaux impliqués, nombre de victimes...

**TABLEAU N°02 : Nombre d'accidents maritimes et d'accidents à bord des navires, 1997-2006**

| Accidents | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Accidents maritimes | 534 | 491 | 536 | 450 | 459 | 449 | 481 | 442 | 444 | 419 |
| Accidents à bord des navires | 60 | 59 | 69 | 77 | 59 | 36 | 66 | 50 | 45 | 48 |

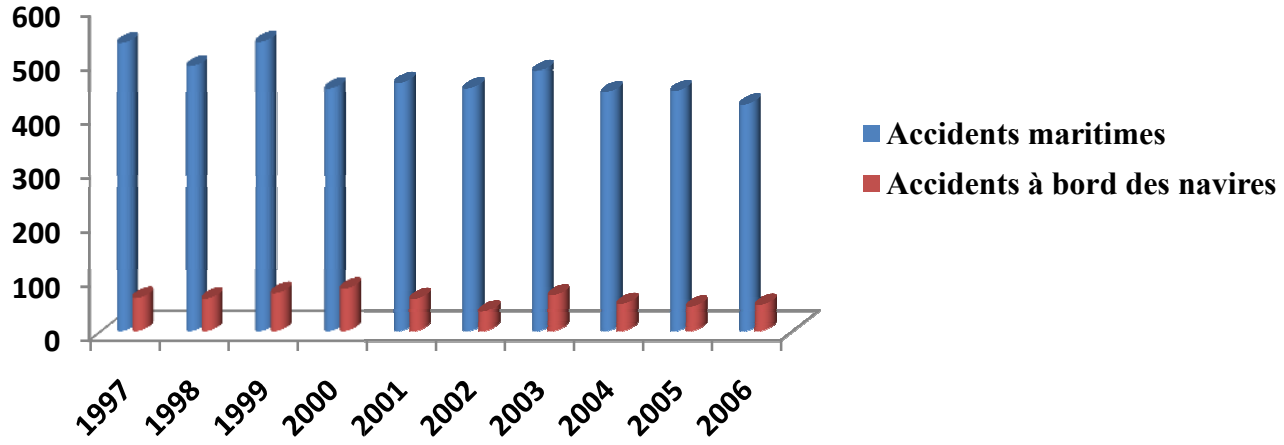



**FIGURE N° :04 Nombre d'accidents maritimes et d'accidents à bord des navires, 1997-2006**

**Nota :** Sur le plan des statistiques, les accidents ont considérablement diminué entre 1997 et 2006.

**Source : Statistiques maritimes du BST**

**TABLEAU N°03 : Taux d'accidents des navires commerciaux battant pavillon étranger**

| Année | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Taux d'accident pour 1 000 voyages* | 2,2 | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 2,1 | 1,9 | 1,5 | 1,1 |

**Source : Statistiques maritimes du BST, 2007**

Le taux moyen sur six ans pour 2003–2007 était de 1,55, ce qui représente une réduction de 20 % du nombre d'accidents pour les navires battant pavillon étranger par rapport au taux moyen de 2,0 sur cinq ans de 1998–2002.

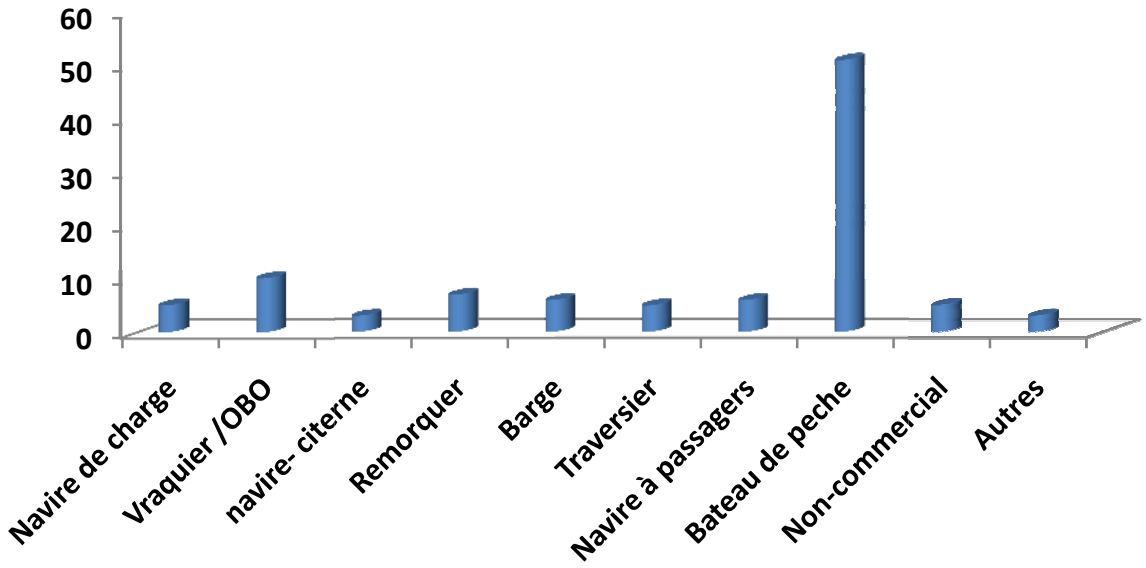



**FIGURE N° :05 Navires en cause dans des accidents, 2003–2007**

**Source : Statistiques maritimes du BST**

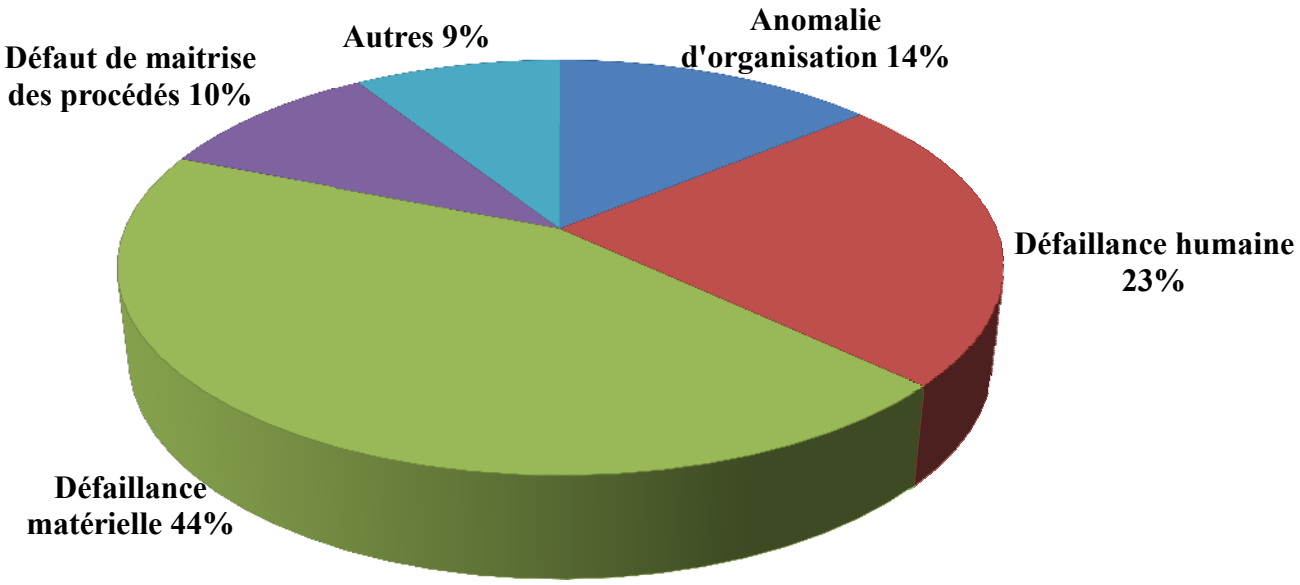



**FIGURE N° :06** **Répartition des causes d'accident**

**Source ISGE-ENSMP préventique –Sécurité 2006**

Pour conclusion suite à ces statistiques citées ci-dessus on peut dire que le rendement global du secteur maritime en matière de sécurité s'est amélioré depuis dix ans. Les chiffres absolus relatifs aux accidents mortels de navigation et aux accidents liés aux navires commerciaux (navires canadiens et étrangers) ont atteint leur plus bas niveau pendant cette période.

# *CHAPITRE III*

# *METHODE MADS-MOSAR APPLIQUEE AUX BATEAUX DE TRANSPORT DE PASSAGERS*

## III.METHODE MOSAR APPLIQUEE AUX BATEAUX DE TRANSPORT DE PASSAGERS

### III.1ETAPE PRELIMINAIRE : MODELISATION DU SYSTEME ET DECOMPOSITION EN SOUS-SYSTEMES

On s'intéresse au bateau de passagers comprenant en plus l'équipage, les passagers et à son environnement.

Découpage en sous systèmes :

SS1 : rampe d'accès piétons + véhicules

SS2 : coque

SS3 : propulsion + direction

SS4 : système électrique, canalisations, ventilation

SS5 : équipement de vie à bord

SS6 : système d'évacuation

SS7 : équipage

SS8 : environnement

SS9 : passagers

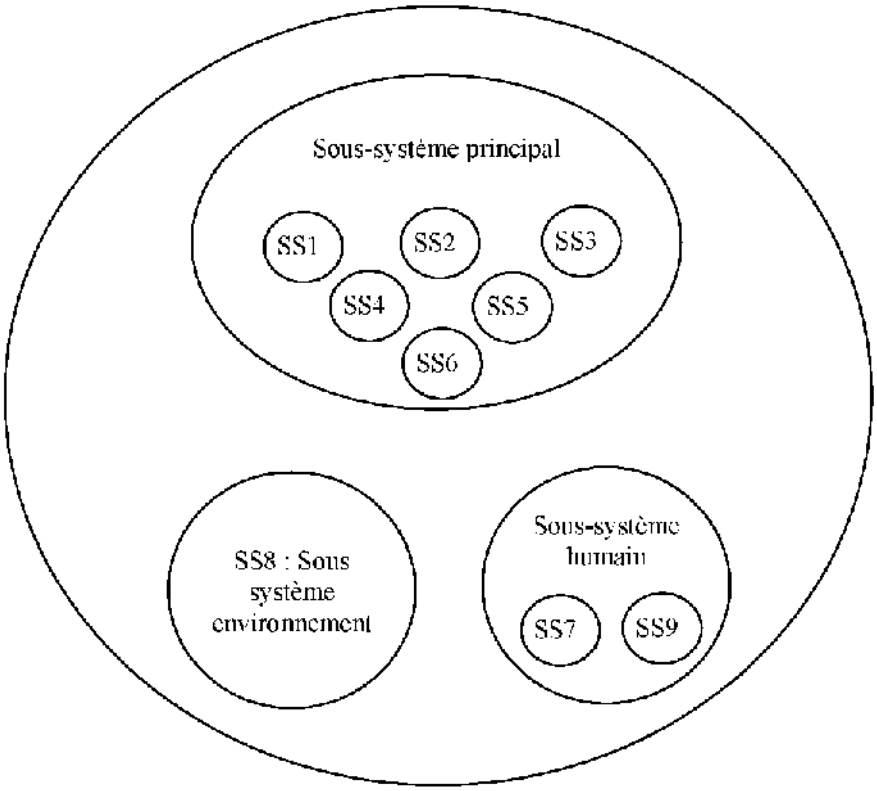



**FIGURE N° :07 Décomposition du système en sous-système**

## III.2 PREMIERE ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SOURCES DE DANGER

Le premier travail est d'identifier les sources de danger de chaque sous-système ou d'identifier en quoi chaque sous-système peut être source de danger. On remplit alors la première colonne du tableau A ci-dessous. En faisant cette identification pour tous les sous-systèmes, on obtient une liste des dangers de l'installation. (Cette liste n'est pas exhaustive, en effet, il est toujours possible de retrouver d'autres sources de danger).

Le deuxième travail est l'identification des processus de danger. Ligne par ligne, on va rechercher les évènements qui constituent les processus de danger pour aboutir à un ou plusieurs évènements principaux.

**TABLEAU04 : GRILLE DE RECUEIL D'INFORMATIONS**

| **Types de systèmes sources de danger** | **Phases de vie** | **Evènements initiateurs** | | **Evènements initiaux** | | **Evènements principaux** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS1: rampe d'accès piétons + véhicules** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Système d'ouverture (morceau de coque) | EX.EN. A3 | Obstruction par un corps étranger | Corrosion Dys. du système d'immobilisation Système en mouvement | Déformation Blocage | | Rampe en mouvement Rampe ouverte Blessure |
| Vérins | EX.EN. A2.A3 | Choc Corrosion | Usure | Fissurations des vérins | Fuite | Vérins HS : Rampe bloquée |
| Système d'asservissement | EX.EN. CO. C1.G1 | Erreur de manipulation | Court-circuit Erreur de conception | Fausse information | Dysfonctionnement du système de commande | Rampe ouverte |
| Système d'étanchéité (rampe - coque) | EX.EN. H2 | Choc Corrosion du joint Pluie - gel | Usure du joint | Trou dans le joint | Trou dans le joint | Fuite |
| Revêtement | EX.EN. A7.H2 | Pluie Gel Vent Flaque d'huile | | Revêtement glissant | | Chute Blessure |

| **Types de systèmes sources de danger** | **Phases de vie** | **Evènements initiateurs** | | **Evènements initiaux** | | **Evènements principaux** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS2 : coque** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Système d'étanchéité (propre à la coque) | EX.EN. A3.H2 | Choc Corrosion Pluie - gel | Usure | Trou | Trou | Fuite |
| Coque | EX.EN. A2 | Choc | | Déformation de la coque | | Perte de performance |

| Types de systèmes sources de danger | Phases de vie | Evènements initiateurs | | Evènements initiaux | | Evènements principaux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS3 : propulsion + direction** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Hélice | EX.EN. A2 | Corrosion sous contrainte Choc | | Déformation Rupture | | Dérive |
| | | Blocage Manque d'alimentation | | Immobilisation | | Arrêt |
| Salle des machines | EX.EN. A1.D4. G1 | Choc Corrosion Erreur de manipulation | Panne d'un composant Usure | Surpression Débit trop grand Fissure | Surpression Montée en température | Explosion Incendie |
| Réservoir de combustible | EX.EN. A5 | Choc Corrosion | | Fissure Diminution de la résistance mécanique | | Fuite de combustible |
| Gouvernail | A2.G1 | Choc Corrosion Erreur de commande | | Mauvaise direction | | Dérive |

| Types de systèmes sources de danger | Phases de vie | Evènements initiateurs | | Evènements initiaux | | Evènements principaux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS4 : système électrique, canalisations, ventilation** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Système électrique | EX.EN. C1.D2. G1 | Choc Corrosion Maladresse | Court-circuit | Dénuement du fil | Etincelle | Electrocution Panne électrique Incendie |
| Canalisations | EX.EN. A1.A5 | Choc Corrosion | Obstruction | Fissuration | Surpression | Fuite Explosion |
| Ventilation | EX.EN. A2.B4 | Panne d'alimentation | Filtres obstrués | Ventilation HS | Ventilation HS | Anoxie Asphyxie |

| Types de systèmes sources de danger | Phases de vie | Evènements initiateurs | | Evènements initiaux | | Evènements principaux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS5 : équipement de vie à bord** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Blanchisserie | EX.EN. C1.D2G1 | Maladresse | Court-circuit | Source de chaleur | Etincelle | Incendie Electrocution |
| Système d'extinction | EX.EN. A2.C1 | Mauvaise maintenance | Obstruction Panne du système de conduite d'eau | Pas de détection Sprinkler inefficace | Vanne bloquée Débit trop faible | Pas d'extinction |
| Cuisine | EX.EN. A1.C1D4. | Maladresse | Court-circuit surchauffe Surpression | Source d'inflammation | Etincelle Source de chaleur Explosion | Incendie Explosion |
| Salle à espace étroit | EX.EN. C1.G1 | Surpopulation | Défaut de ventilation | Panique | Manque d'air | Anoxie Piétinement |

| Types de systèmes sources de danger | Phases de vie | Evènements initiateurs | | Evènements initiaux | | Evènements principaux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS6 : système d'évacuation** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Canots de sauvetage | EX. G1.G2 | Mauvais dimensionnement | Mauvais fonctionnement du système de mise à l'eau Usure Mauvaise maintenance | Manque de canots | Treuils H.S. | Evacuation incomplète |
| Gilets de sauvetage | EX. G1.G2 | Peu nombreux | Usure Mauvaise maintenance | Manque de gilets | Déchirure du gilet Echec du système de gonflage | Noyade Hypothermie |
| Alerte évacuation | EX.EN. C1.G1 | Mauvais jugement de l'équipage | Voyants et système sonore défectueux | Passagers non prévenus | Passagers non prévenus | Pas d'évacuation |

| Types de systèmes sources de danger | Phases de vie | Evènements initiateurs | | Evènements initiaux | | Evènements principaux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS7 : équipage** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Personnel | EX. G1.G2 I1.I2 | Personnel mal formé et/ou mal entraîné | Mauvaise coordination Mauvais recrutement | Mauvaises réactions (face au sinistre et aux passagers) | Manque d'efficacité de l'équipage | Panique générale Aggravement des conséquences |
| Officiers de bord | EX. G1.G2. G3 I1.I2 | Manque de concertations Mauvaise communication avec l'extérieur (services météo, gardes côtes ...) | Mauvaise décision | Flottement dans la prise de décision | Flottement dans la prise de décision | Aggravement des conséquences |

| Types de systèmes sources de danger | Phases de vie | Evènements initiateurs | | Evènements initiaux | | Evènements principaux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS8 : environnement** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Conditions climatiques | EX. G1.H2 I1.I2 | Mauvaise décision | Changement imprévu du climat | Dérive vers de mauvaises conditions climatiques | Mauvaises conditions climatiques | Tempête Orage etc ... |
| Risque médical | EX. F1.G1 I1.I2 | Malade non soigné | Insalubrité des lieux (mauvaise hygiène) Contamination alimentaire | Contamination | Contamination | Epidémie |
| Autres navires | EX. G1.H2 I1.I2 | Conditions climatiques | Mauvaise communication Inertie des grands bateaux | Mauvaise visibilité | Mauvaise évaluation et perception du danger | Collision |

| Types de systèmes sources de danger | Phases de vie | Evènements initiateurs | | Evènements initiaux | | Evènements principaux |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS9 : passagers** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| La foule | EX. G1 I1.I2 | Mauvaise information / compréhension | | Mauvais comportement | | Panique Piétinement |
| Individuel | EX. G1 I1.I2 | | Négligence Maladresse | | Mégot | Début d'incendie |
| Individuel | EX. G1 I1.I2 | | Négligence Maladresse | | Déclenchement du système d'évacuation | Fausse alerte |
| Individuel | EX. G1 I1.I2 | | Malveillance | | Déclenchement du système d'évacuation Terrorisme | Fausse alerte Incendie Prise d'otages |
| Individuel | EX. G1 I1.I2 | | Mauvais contrôle des passagers (escales + embarcadères) | | Vols Agressions | Insécurité |

## III.3 DEUXIEME ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SCENARIOS DE DANGER

Dans beaucoup de cas, on admet que les scénarios d'accidents sont connus notamment grâce au retour d'expérience. Il est cependant intéressant de pouvoir générer des scénarios d'accidents possibles. Ceci permet de démontrer leur genèse, d'identifier des variantes voir des scénarios insoupçonnés et enfin de créer une suite logique d'évènements pouvant conduire à un arbre montrant l'enchaînement de tous ces évènements.

La première partie de ce travail consiste à isoler chaque sous-système. En reprenant chaque sous-système dans les tableaux A, on les représente sous formes de boîtes noires dont les entrées sont les évènements initiateurs d'origine externes ou interne et les sorties sont les évènements principaux.



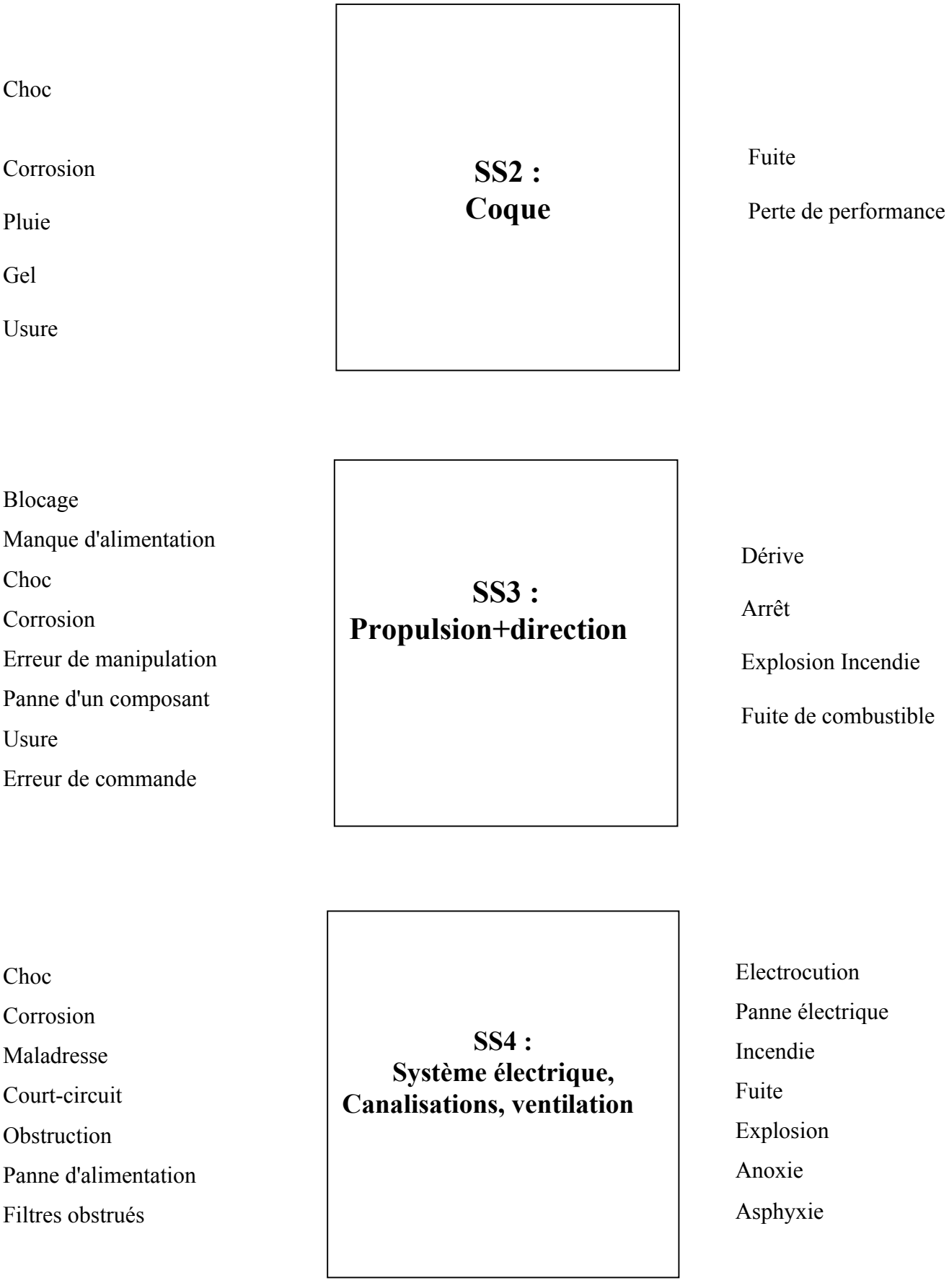

**FIGURE N° :08 système des boites noires**

Ce travail est une simple compilation du tableau A. On obtient les différentes boîtes noires suivantes :

Obstruction par un corps étranger
Choc
Corrosion
Usure
Erreur de manipulation
Court-circuit
Erreur de conception
Corrosion du joint
Usure du joint
Pluie
Gel
Vent
Flaque d'huile
Dys. du système d'immobilisation
Système en mouvement

**SS1 :**
**Rampe d'accès piétons +véhicules**

Rampe ouverte
Vérins HS : Rampe bloquée
Fuite
Chute
Blessure
Rampe en mouvement
Blessure


Choc
Corrosion
Pluie
Gel
Usure
SS2 :
Coque
Fuite
Perte de performance
Blocage
Manque d'alimentation
Choc
Corrosion
Erreur de manipulation
Panne d'un composant
Usure
Erreur de commande
SS3 :
Propulsion+direction
Dérive
Arrêt
Explosion Incendie
Fuite de combustible
Choc
Corrosion
Maladresse
Court-circuit
Obstruction
Panne d'alimentation
Filtres obstrués
SS4 :
Système électrique,
Canalisations, ventilation
Electrocution
Panne électrique
Incendie
Fuite
Explosion
Anoxie
Asphyxie

Maladresse
Court-circuit
Mauvaise maintenance
Obstruction
Panne du système de
Conduite d'eau
Surchauffe
Surpression
Surpopulation
Défaut de ventilation

**SS5 :**
**Équipement de vie à Bord**

Incendie
Electrocution
Pas d'extinction
Explosion
Anoxie
Piétinement

Mauvais dimensionnement
Mauvais fonctionnement du système de mise à l'eau
Usure
Mauvaise maintenance
Gilets peu nombreux
Mauvais jugement de l'équipage
Voyants et système sonore
Défectueux

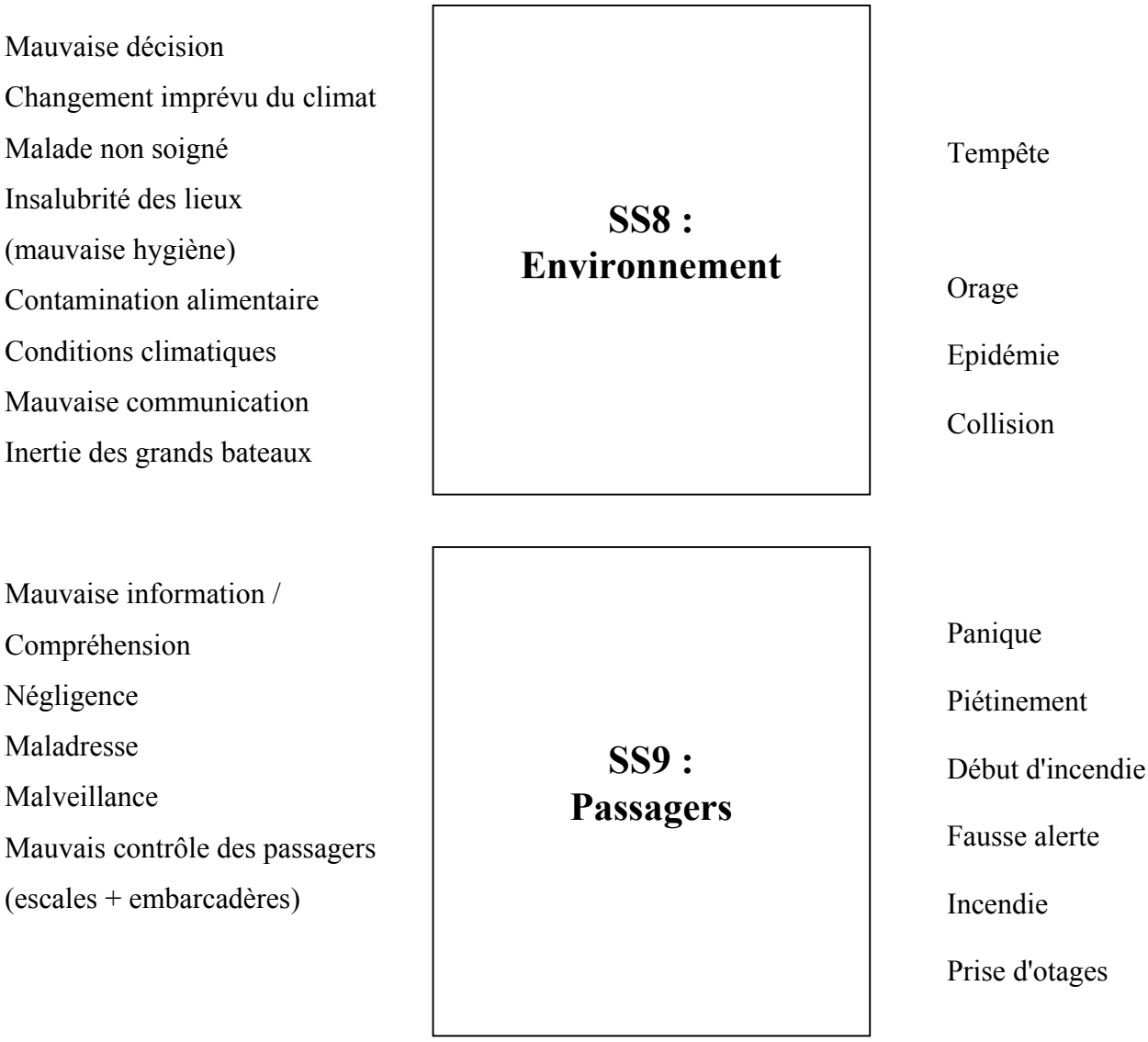
**SS6 :**
**Système d'évacuation**

Evacuation incomplète
Pas d'évacuation
Noyade
Hypothermie

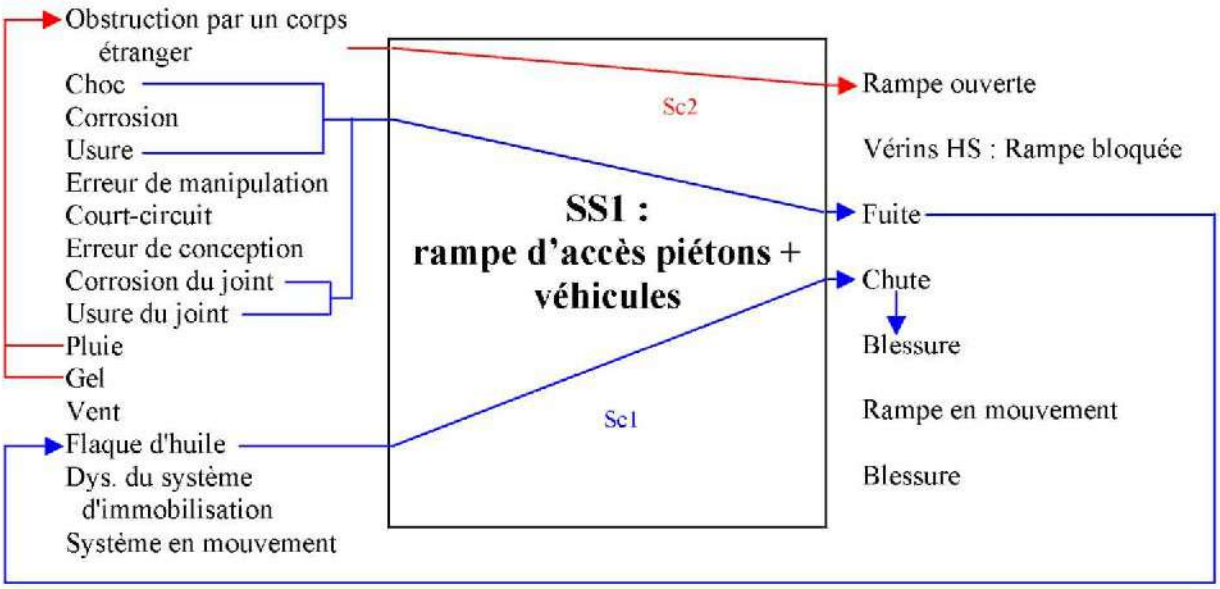
Personnel mal formé et/ou mal entraîné
Mauvaise coordination
Mauvais recrutement
Manque de concertations
Mauvaise communication avec l'extérieur (services météo, gardes côtes …)
Mauvaise décision

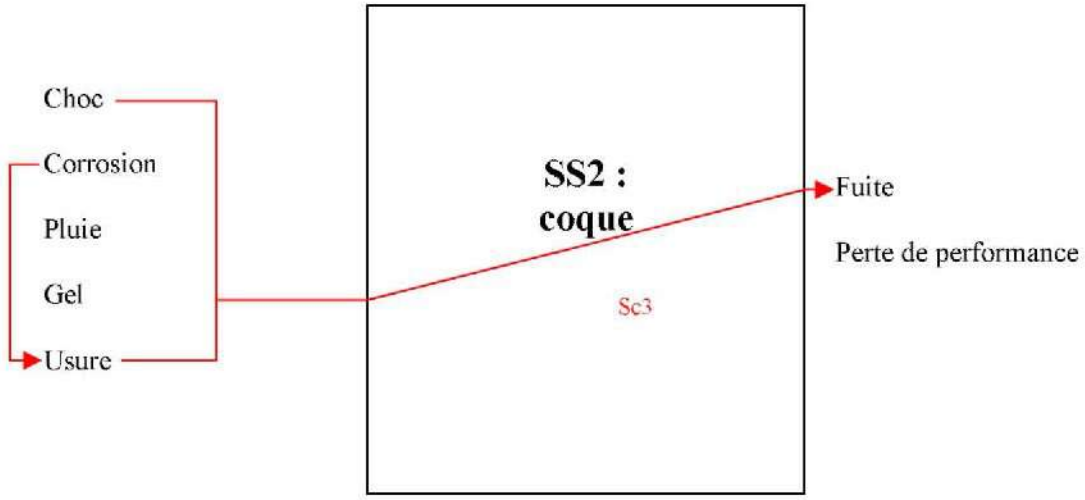
**SS7 :**
**Équipage**

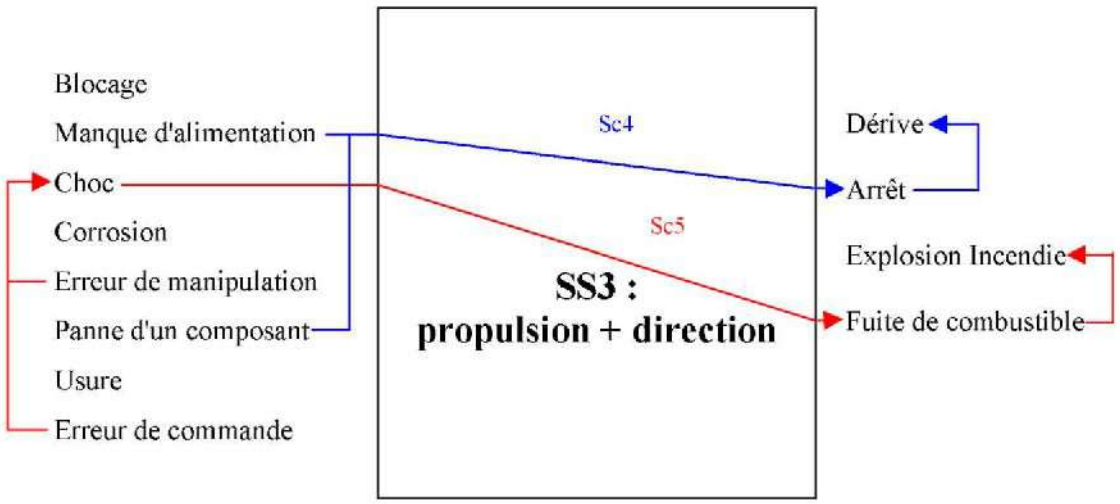
Panique générale
Aggravement des conséquences

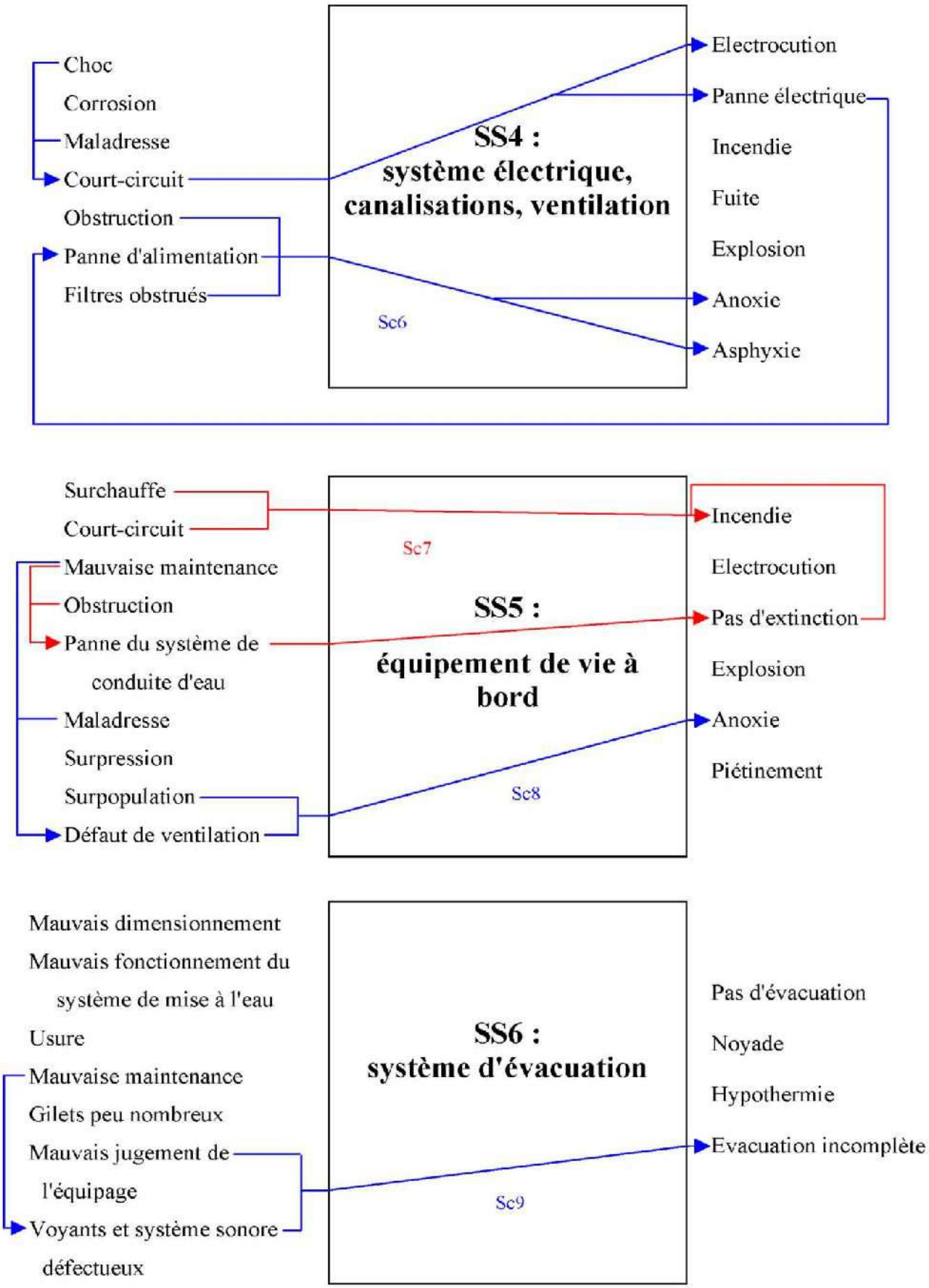


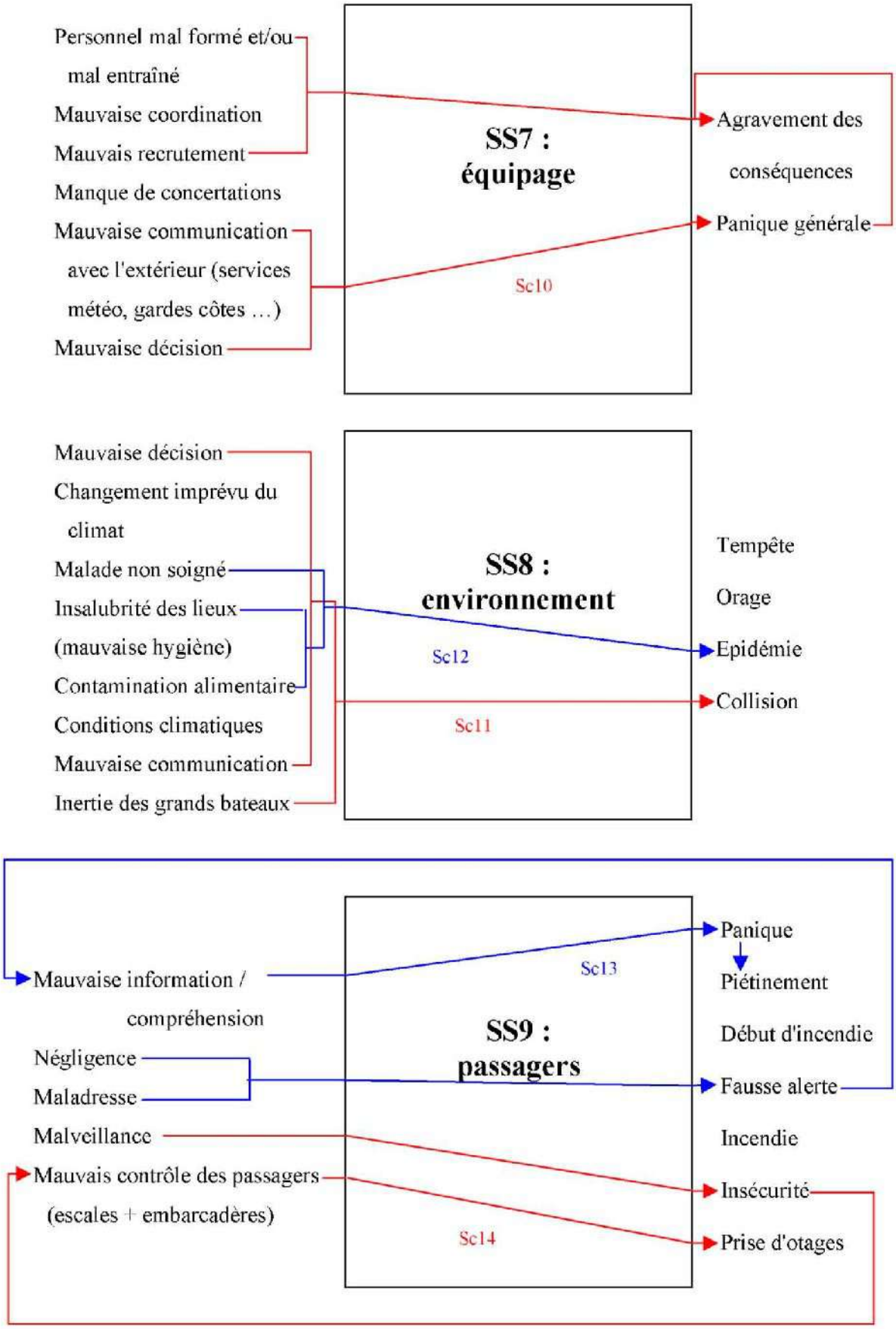

Il s'agit maintenant de s'occuper de la génération de scénarios courts et de scénarios d'autodestruction. En effet, pour l'instant nous n'avons, dans la génération du processus du tableau A, fait apparaître que les liaisons directes entre les évènements d'entrée et de sortie des boîtes noires. Il faut maintenant combiner les évènements d'entrée entre eux, les évènements de sortie entre eux et identifier les retours en bouclage des évènements de sortie et des évènements d'entrée.


Obstruction par un corps étranger
Choc
Corrosion
Usure
Erreur de manipulation
Court-circuit
Erreur de conception
Corrosion du joint
Usure du joint
Pluie
Gel
Vent
Flaque d'huile
Dys. du système d'immobilisation
Système en mouvement
SS1 : rampe d'accès piétons + véhicules
Sc2
Sc1
Rampe ouverte
Vérins HS : Rampe bloquée
Fuite
Chute
Blessure
Rampe en mouvement
Blessure


Choc
Corrosion
Pluie
Gel
Usure
SS2 : coque
Sc3
Fuite
Perte de performance

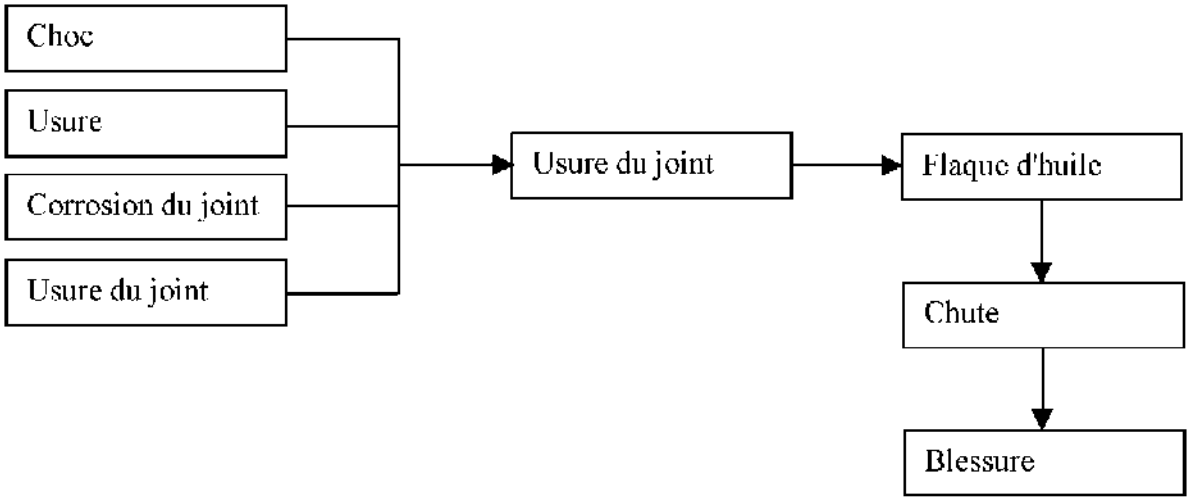

Blocage
Manque d'alimentation
Choc
Corrosion
Erreur de manipulation
Panne d'un composant
Usure
Erreur de commande
SS3 : propulsion + direction
Sc4
Sc5
Dérive
Arrêt
Explosion Incendie
Fuite de combustible


Choc
Corrosion
Maladresse
Court-circuit
Obstruction
Panne d'alimentation
Filtres obstrués
SS4 :
système électrique,
canalisations, ventilation
Sc6
Electrocution
Panne électrique
Incendie
Fuite
Explosion
Anoxie
Asphyxie
Surchauffe
Court-circuit
Mauvaise maintenance
Obstruction
Panne du système de
conduite d'eau
Maladresse
Surpression
Surpopulation
Défaut de ventilation
Sc7
SS5 :
équipement de vie à
bord
Sc8
Incendie
Electrocution
Pas d'extinction
Explosion
Anoxie
Piétinement
Mauvais dimensionnement
Mauvais fonctionnement du
système de mise à l'eau
Usure
Mauvaise maintenance
Gilets peu nombreux
Mauvais jugement de
l'équipage
Voyants et système sonore
défectueux
SS6 :
système d'évacuation
Sc9
Pas d'évacuation
Noyade
Hypothermie
Evacuation incomplète

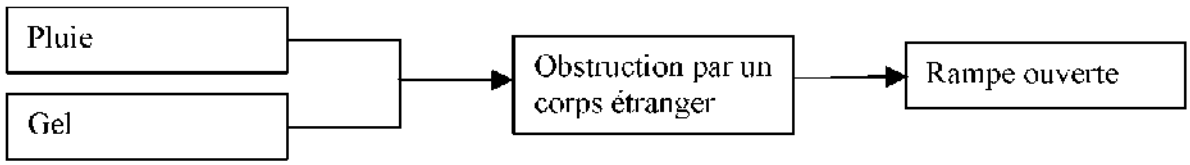

Personnel mal formé et/ou mal entraîné
Mauvaise coordination
Mauvais recrutement
Manque de concertations
Mauvaise communication avec l'extérieur (services météo, gardes côtes …)
Mauvaise décision
SS7 : équipage
Agravement des conséquences
Panique générale
Sc10
Mauvaise décision
Changement imprévu du climat
Malade non soigné
Insalubrité des lieux (mauvaise hygiène)
Contamination alimentaire
Conditions climatiques
Mauvaise communication
Inertie des grands bateaux
SS8 : environnement
Tempête
Orage
Epidémie
Collision
Sc12
Sc11
Mauvaise information / compréhension
Négligence
Maladresse
Malveillance
Mauvais contrôle des passagers (escales + embarcadères)
SS9 : passagers
Panique
Piétinement
Début d'incendie
Fausse alerte
Incendie
Insécurité
Prise d'otages
Sc13
Sc14

On peut réécrire ces scénarios de manière plus lisible :

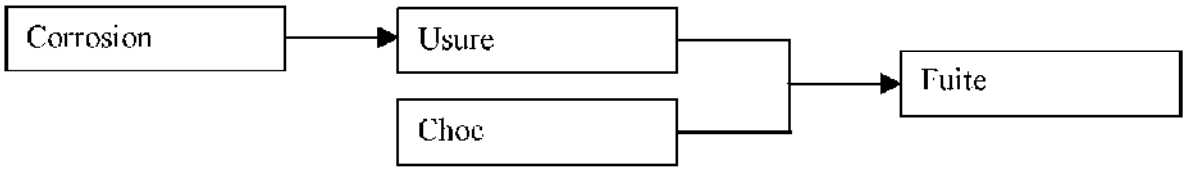
Sc1 :



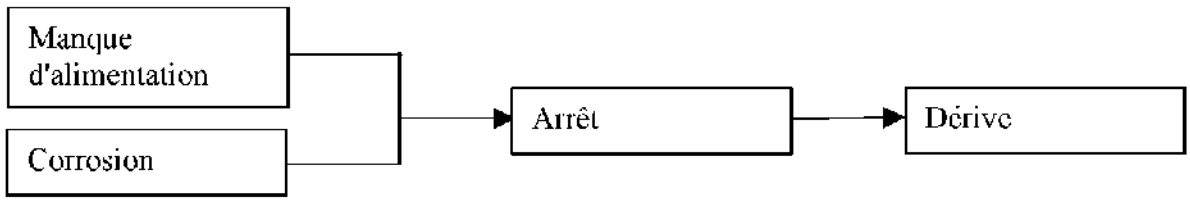

Sc2 :



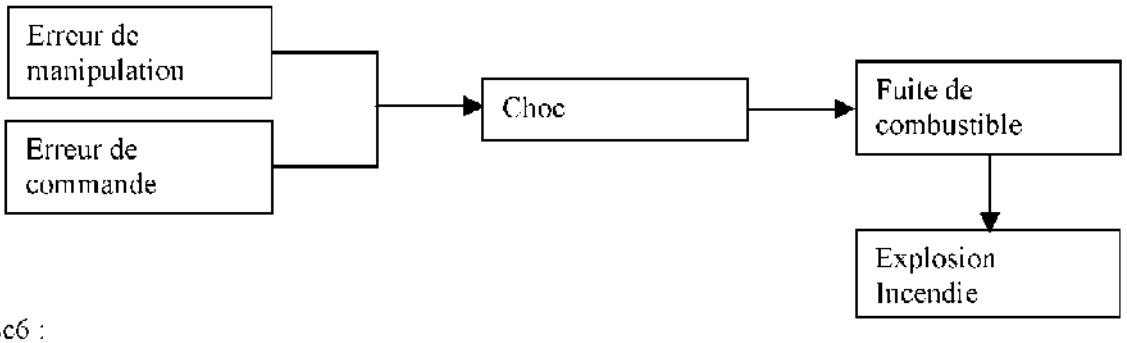

Sc3 :



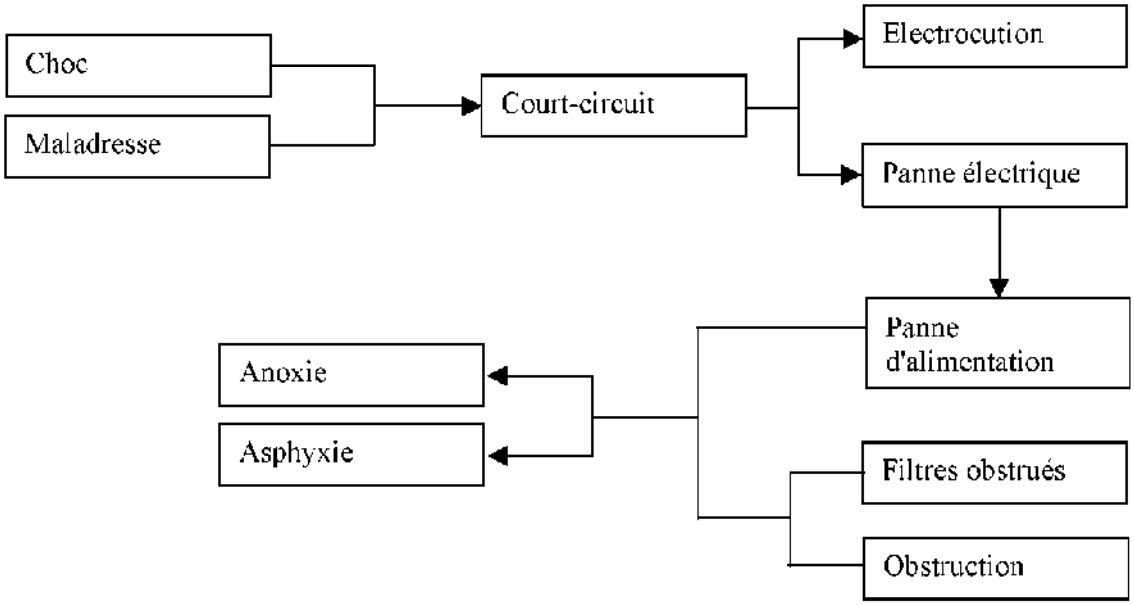

Sc4 :



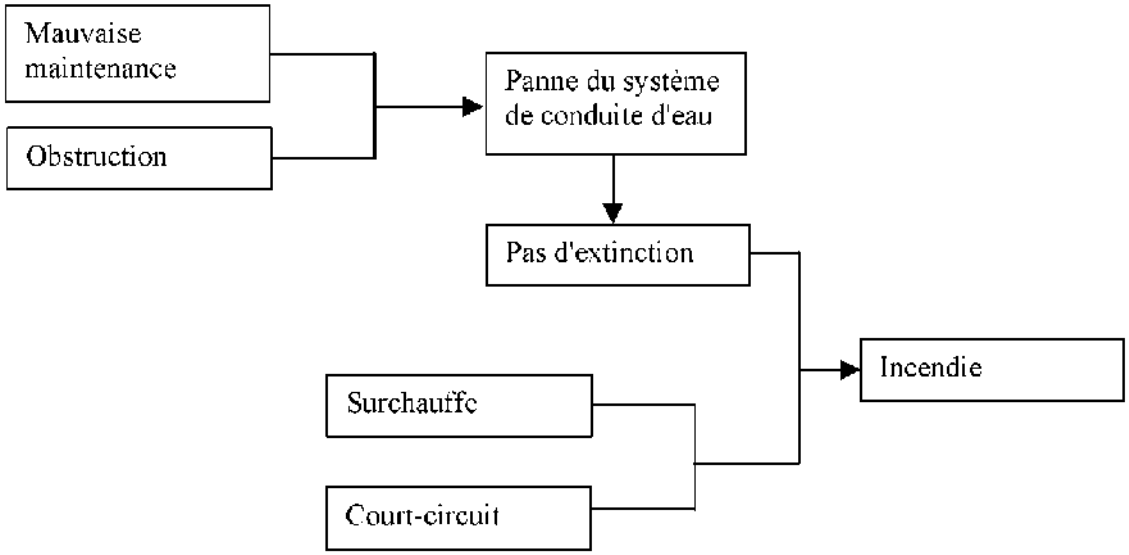
Sc5 :


Erreur de manipulation
Erreur de commande
Choc
Fuite de combustible
Explosion Incendie

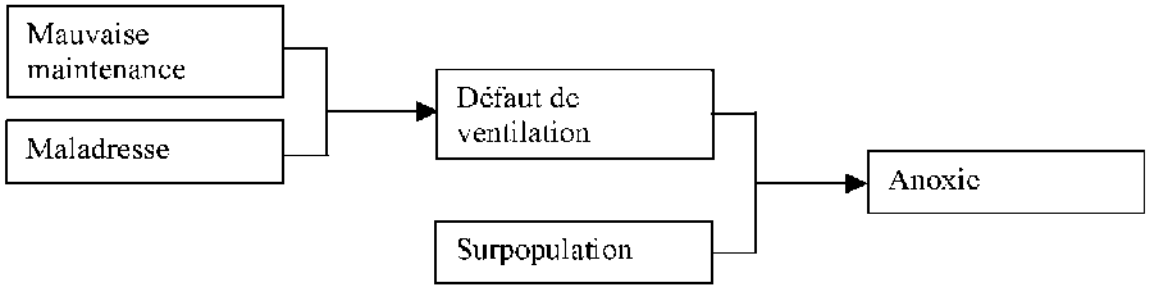
Sc6 :


Choc
Maladresse
Court-circuit
Electrocution
Panne électrique
Panne d'alimentation
Anoxie
Asphyxie
Filtres obstrués
Obstruction

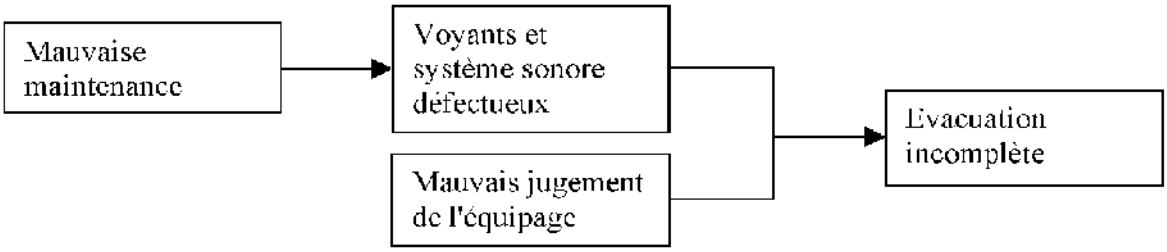
Sc7 :


Mauvaise maintenance
Obstruction
Panne du système de conduite d'eau
Pas d'extinction
Incendie
Surchauffe
Court-circuit

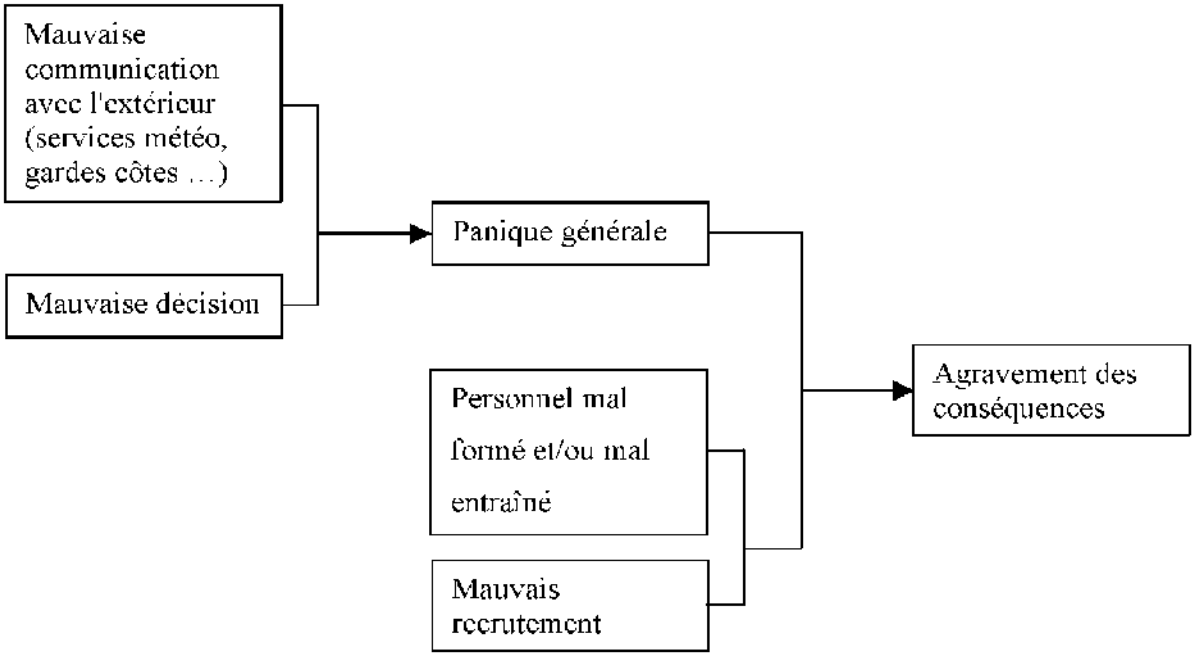
Sc8 :


Mauvaise maintenance
Maladresse
Défaut de ventilation
Surpopulation
Anoxie

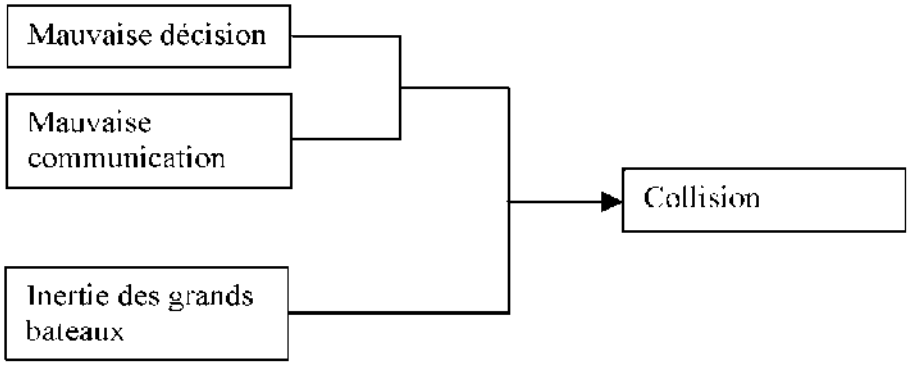
Sc9 :


Mauvaise maintenance
Voyants et système sonore défectueux
Mauvais jugement de l'équipage
Evacuation incomplète

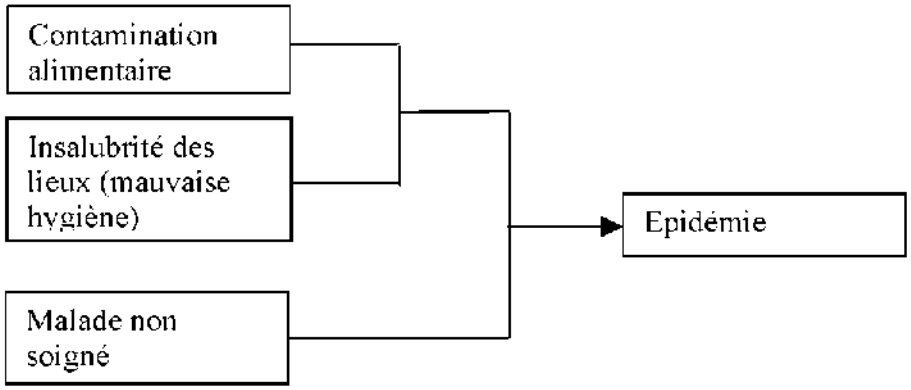
Sc10 :


Mauvaise communication avec l'extérieur (services météo, gardes côtes …)
Mauvaise décision
Panique générale
Personnel mal formé et/ou mal entraîné
Mauvais recrutement
Agravement des conséquences

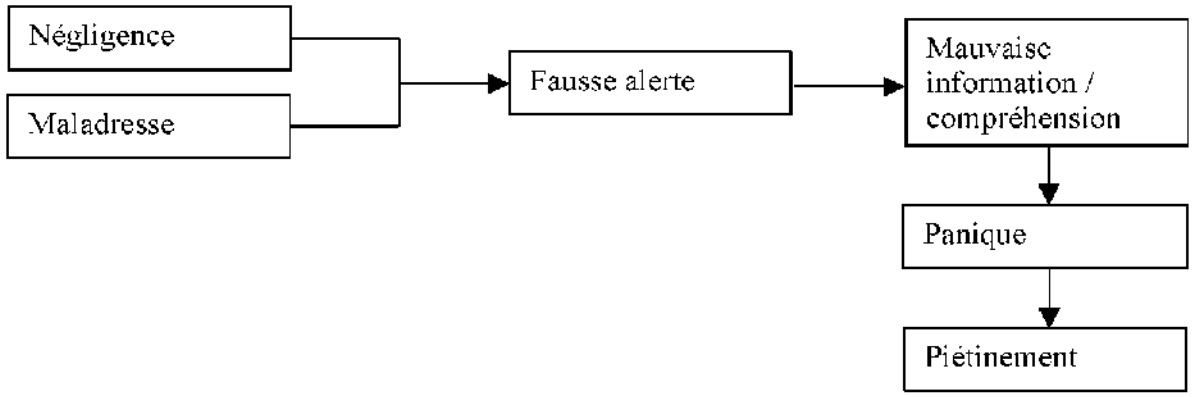
Sc11 :



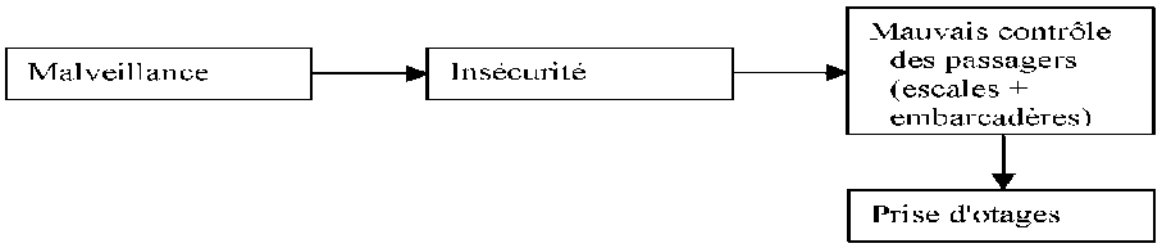

Sc12 :




Sc13 :

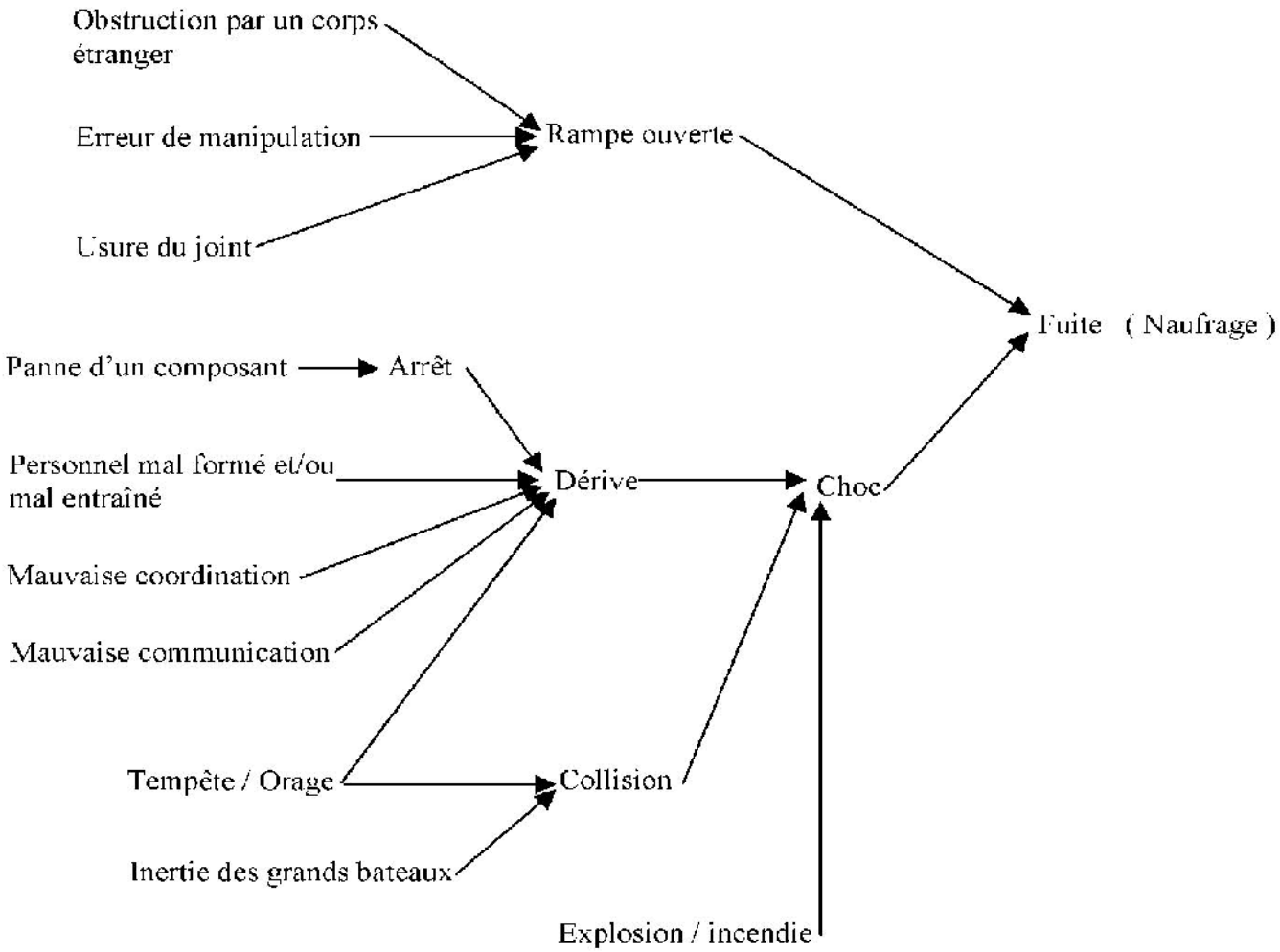


Sc14 :

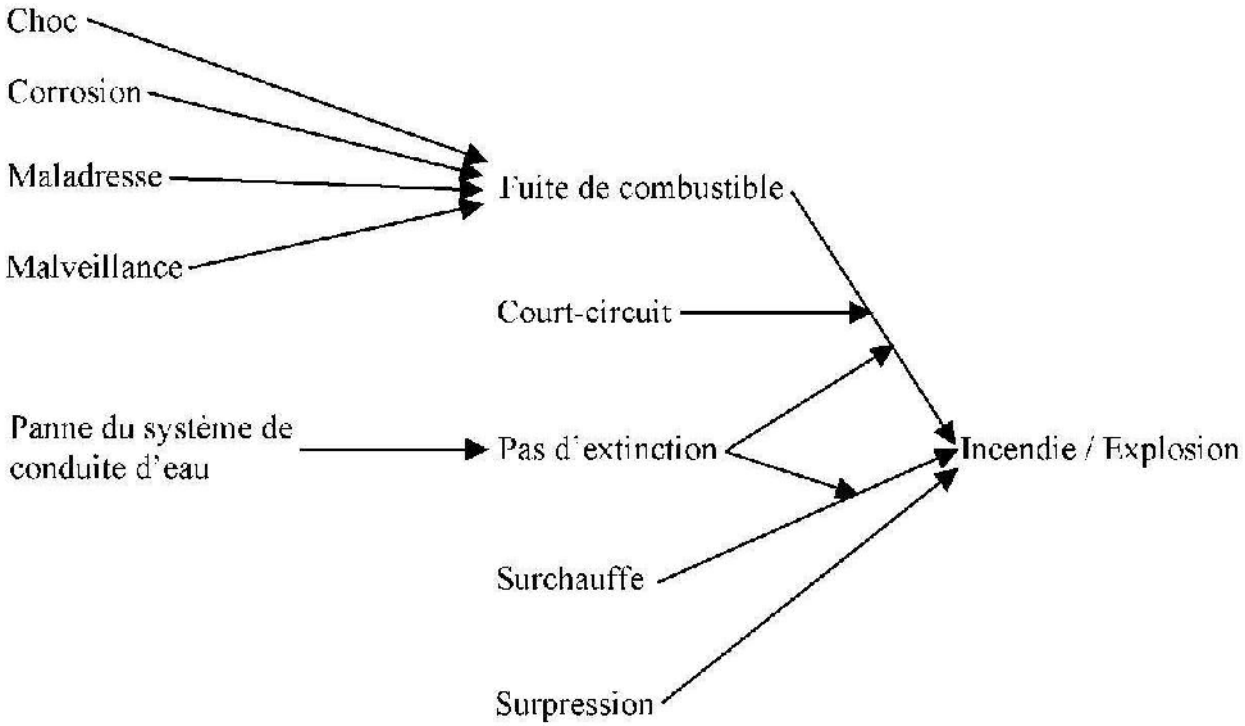



Maintenant que nous avons déterminé quelques scénarios courts et d'autodestruction, nous allons envisager des scénarios dits longs. Si l'on met toutes les boîtes noires sur une même page, il est possible de relier les sorties de certaines de ces boîtes qui sont de même nature que les entrées d'autres boîtes. On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'évènements ou scénarios de proximité ou aussi scénarios principaux d'ENS.

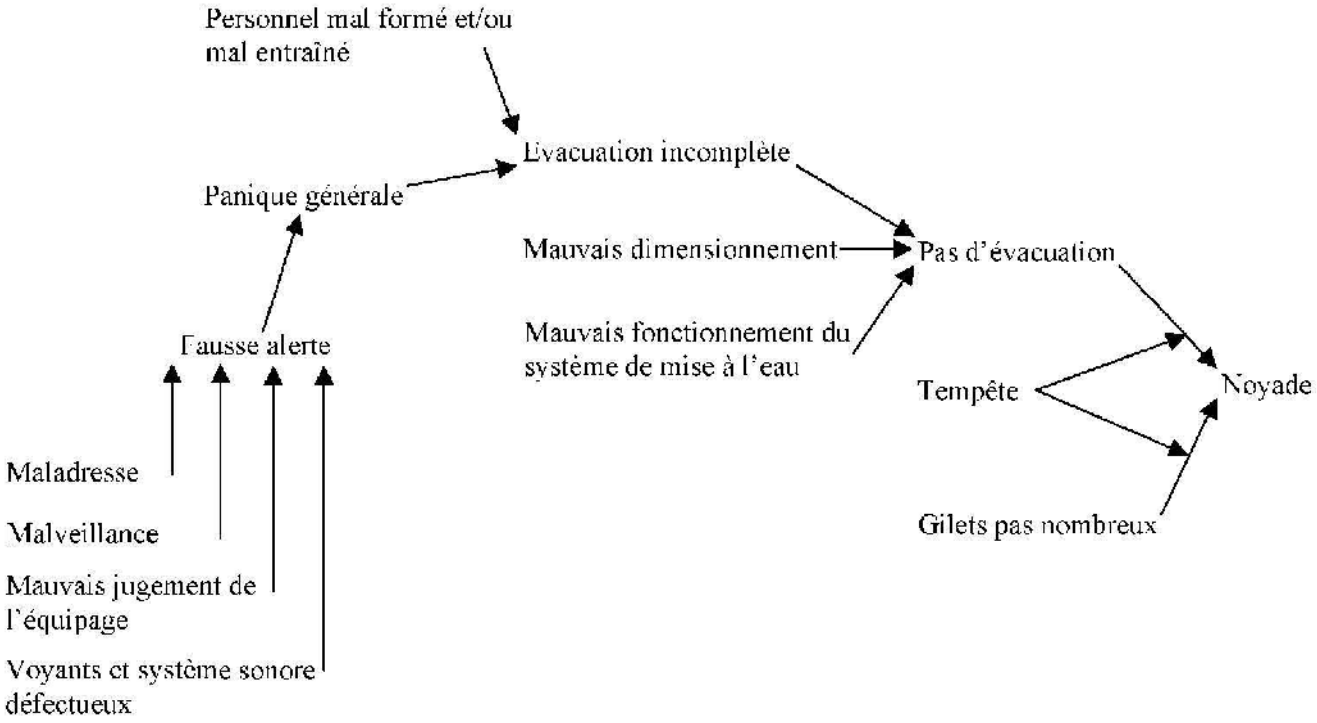
Sc15 :



Sc16 :


Choc
Corrosion
Maladresse
Malveillance
Fuite de combustible
Court-circuit
Panne du système de conduite d'eau
Pas d'extinction
Incendie / Explosion
Surchauffe
Surpression

Sc17 :


Personnel mal formé et/ou mal entraîné
Evacuation incomplète
Panique générale
Mauvais dimensionnement
Pas d'évacuation
Mauvais fonctionnement du système de mise à l'eau
Fausse alerte
Tempête
Noyade
Maladresse
Malveillance
Mauvais jugement de l'équipage
Gilets pas nombreux
Voyants et système sonore défectueux

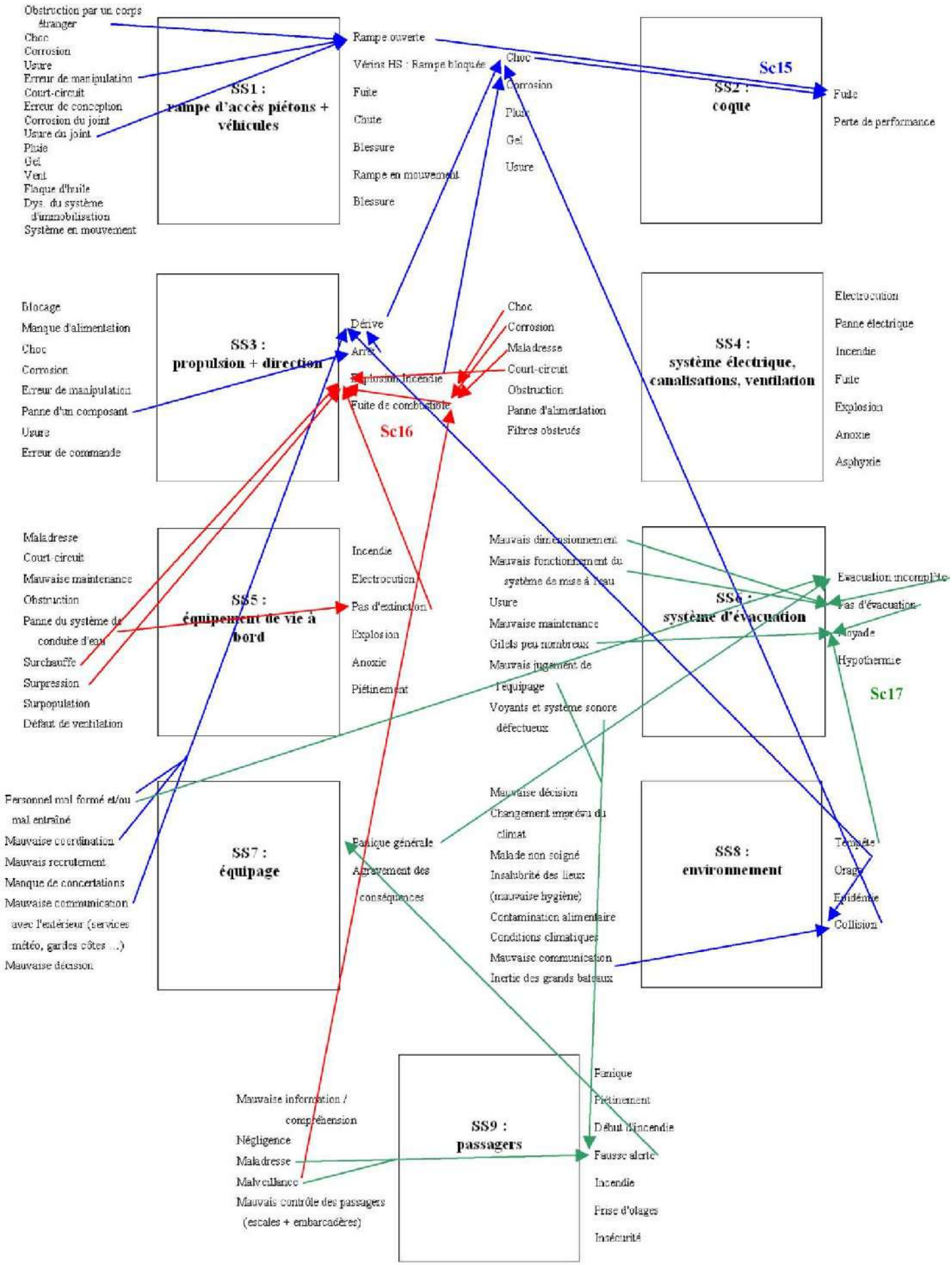



**FIGURE N°09: scénarios de risques**

## III.4 TROISIEME ETAPE DU MODULE A : EVALUATION DES SCENARIOS DE RISQUES

Comme nous l'avons vu plus haut, cette étape permet d'évaluer les risques quantitativement par l'utilisation de logiciels notamment ou qualitativement par travail de groupe si le calcul n'est pas réalisable. Pour cela, nous nous sommes aidés du logiciel SimTree (voir l'annexe) qui permet de construire facilement un arbre des causes et de calculer les probabilités d'occurrence d'un événement. Pour la construction de cet arbre des causes, nous n'avons considéré que les scénarios conduisant à un naufrage, à un incendie ou à une noyade. Chaque événement élémentaire a été affecté d'une probabilité d'occurrence qui nous paraissait correspondre le mieux à la réalité.

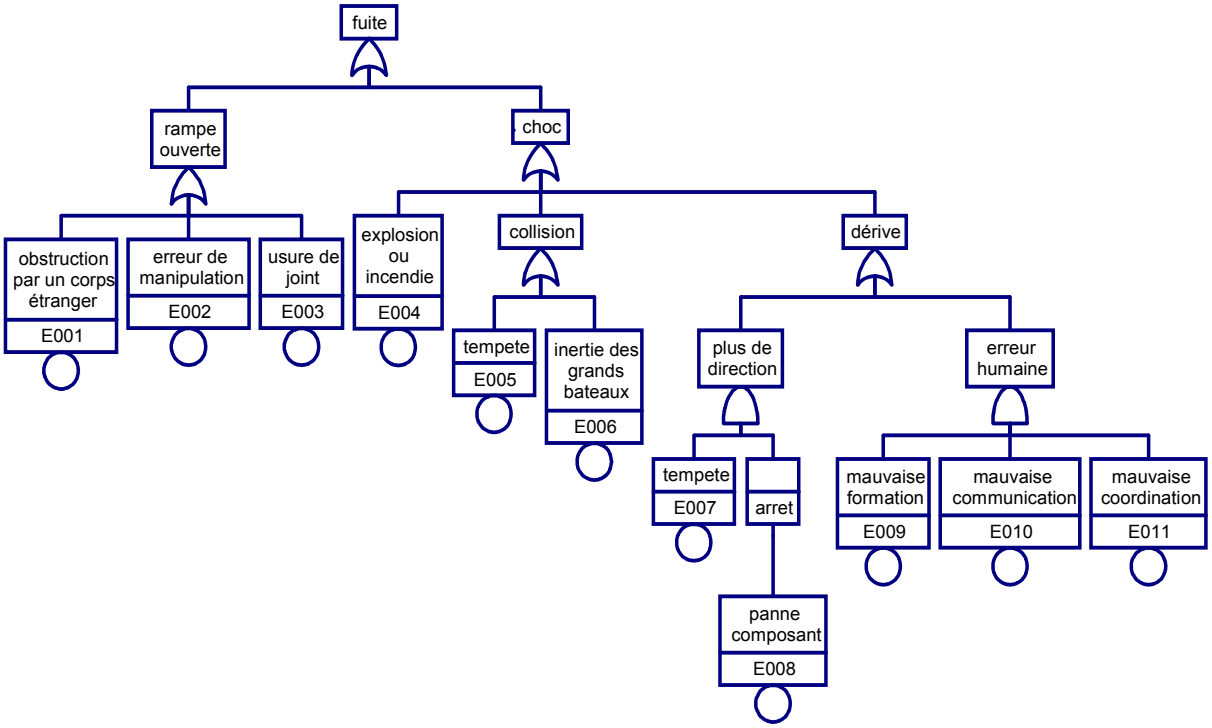



**FIGURE N°09: Scénario fuite (naufrage)**

**Probabilités prises (par an) :**

- Obstruction par un corps étranger : 0,005 soit 2 fois par an
- Erreur de manipulation : 0,005 soit 2 fois par an
- Usure du joint : 1,4.10-3 soit 1 fois tous les deux ans
- Explosion / incendie : 1,2.10-3 soit 1 fois tous les 2,28 ans
- Tempête : 0,03 soit 1 fois par mois
- Inertie des grands bateaux : 5.10-4 soit 1 fois tous les 5 ans
- Panne d'un composant : 0,005 soit 2 fois par an
- Mauvaise formation : 0,01 soit 4 fois par an
- Mauvaise communication : 0,005 soit 2 fois par an
- Mauvaise coordination : 0,005 soit 2 fois par an

On trouve une probabilité pour une fuite de 4,26.10-2 par an (soit 15 incidents par an).

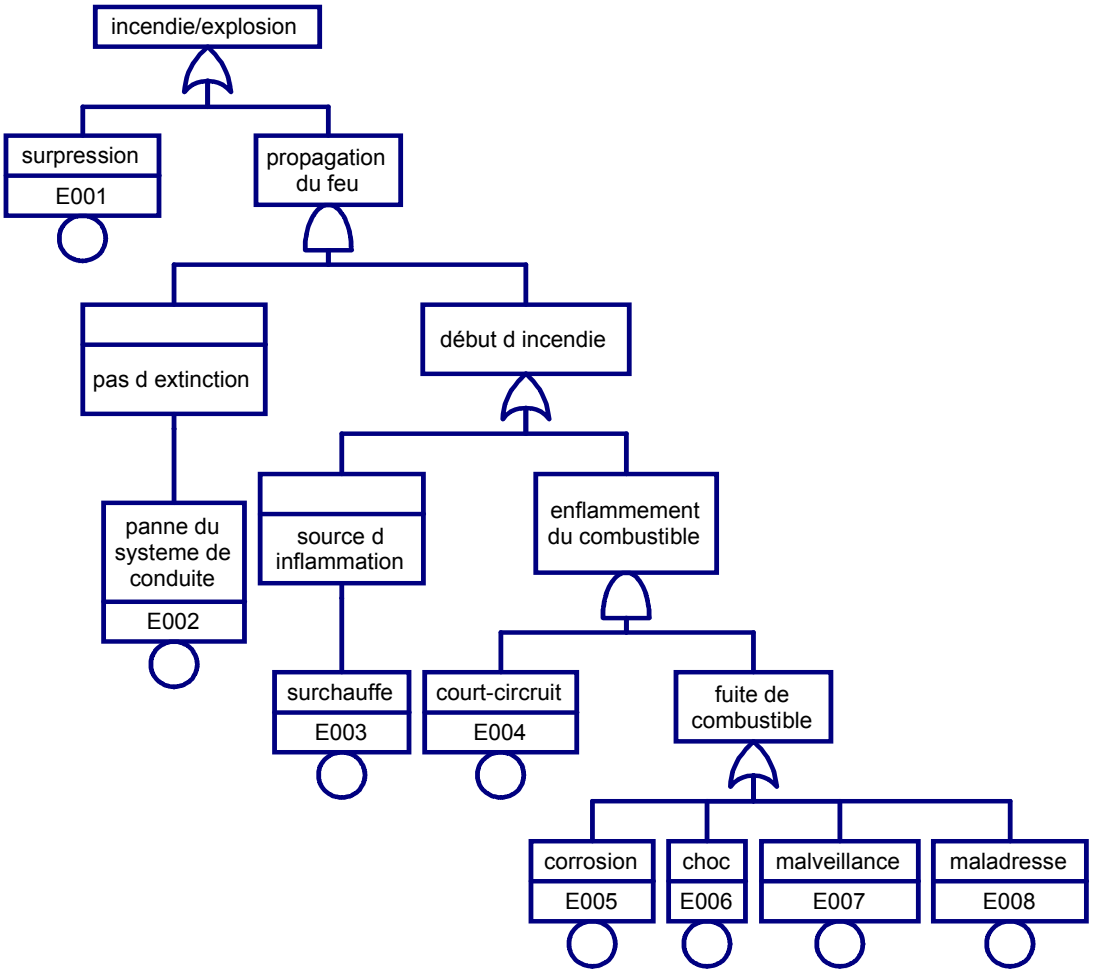



**FIGURE N°11 : Scénario incendie-explosion**

**Probabilités prises (par an) :**

- Surpression : 0,001 soit 1 fois tous les 2 ans
- Panne du système de conduite d'eau : 0,005 soit 1 fois tous les 7 ans
- Surchauffe : 0,01 soit 4 fois par an
- Court-circuit : 0,01 soit 4 fois par an
- Corrosion : 5.10-4 soit 1 fois tous les 5 ans
- Choc : 0,005 soit 2 fois par an
- Malveillance : 0,002 soit 1 fois par an
- Maladresse : 0,005 soit 2 fois par an

On trouve une probabilité pour un incendie ou une explosion de 1,2.10-3 par an (soit un incident tous les 2,28 ans).

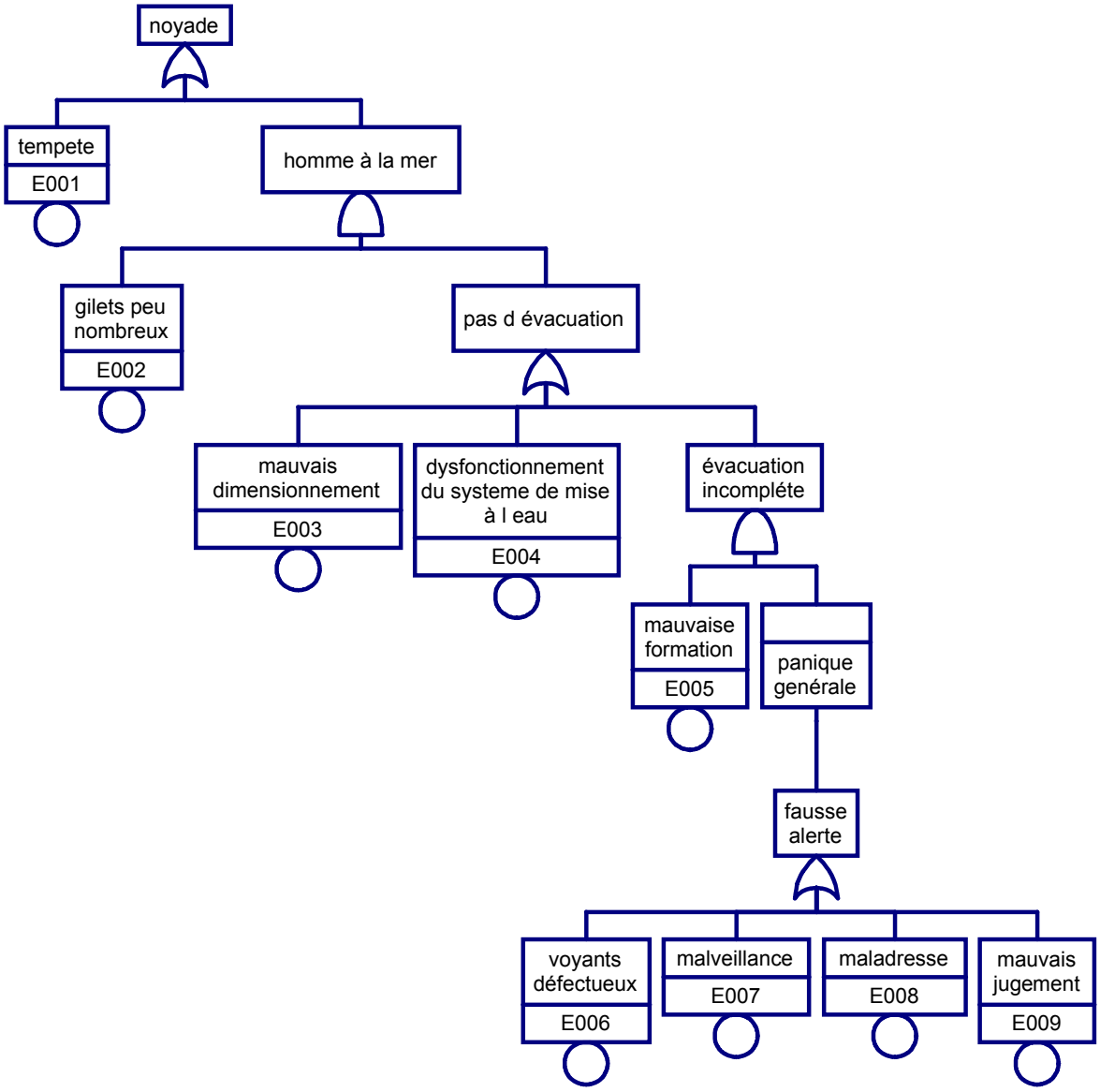



**FIGURE N°12 : Scénario noyade**

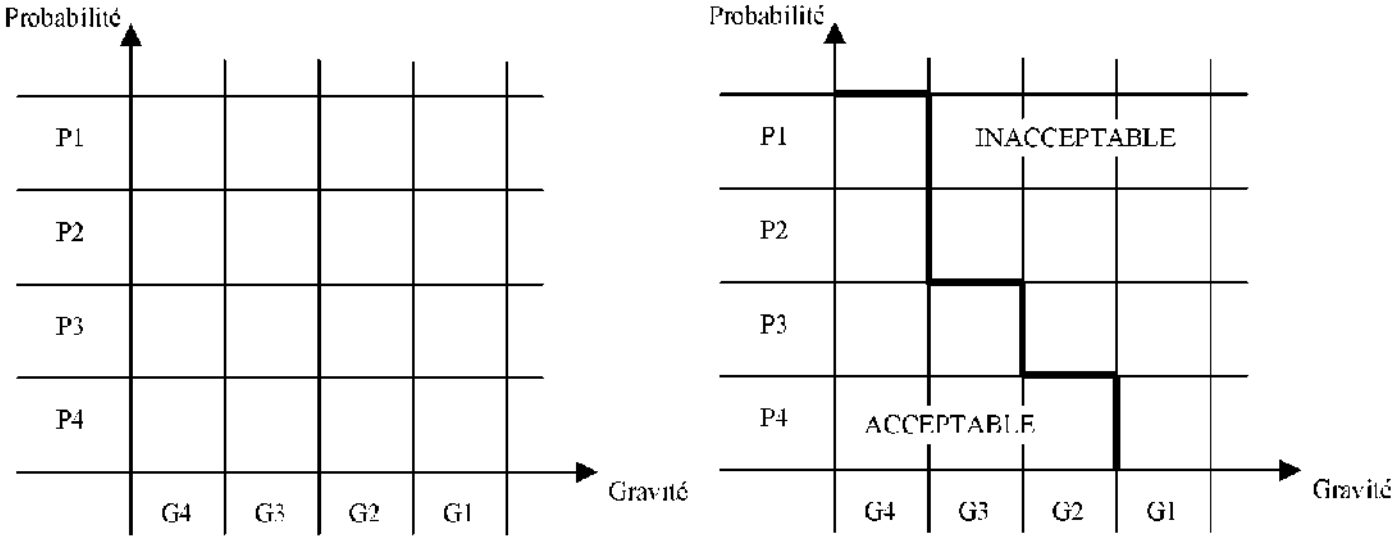
**Probabilités prises (par an) :**

- Tempête 0,03 soit 1 fois par mois
- Gilets peu nombreux 0,002 soit 1 fois par an
- Mauvais dimensionnement 0,002 soit 1 fois par an
- Dys. du sys. de mise à l'eau 0,005 soit 2 fois par an
- Mauvaise formation : 0,01 soit 4 fois par an
- Voyants défectueux 0,02 soit 6 fois par an
- Malveillance : 0,002 soit 1 fois par an
- Maladresse : 0,005 soit 2 fois par an
- Mauvais jugement : 0,001 soit 1 fois tous les 2 ans

On trouve une probabilité pour une noyade de 0,01 par an (soit 3,5 incidents par an).

## III.5 QUATRIEME ETAPE DU MODULE A : NEGOCIATION D'OBJECTIFS ET HIERARCHISATION DES SCENARIOS

Jusqu'ici nous n'avons pas situé le travail d'analyse par rapport à des objectifs. Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité x probabilité. Nous allons négocier les niveaux des deux axes de la grille. Nous allons construire des axes à quatre niveaux (nombre pair afin de ne pas se situer à un niveau médian). Dans un deuxième temps, il est nécessaire de faire passer la frontière entre ce qui acceptable et ce qui ne l'est pas. Ceci constitue le deuxième niveau de négociation.




*Premier niveau de négociation :*
*Négociation des échelles*

*Deuxième niveau de négociation :*
*Passage de la frontière*

**FIGURE N°13 : hiérarchisation des scénarios[1]**

**Définition des gravités ou effets sur une cible:**

**G1** : mineur, blessures légères, accident sans arrêt de travail

**G2** : peu important, effets réversibles, accident avec arrêt de travail sans invalidités physiques

**G3** : important, effets irréversibles, accident avec arrêt de travail avec invalidités physiques

**G4** : très important, mort d'homme

1-L'analyse de risques pour les débutants Par Jean-Claude JACQUIOT consultant CASE France & Future Tech Systems Inc. Paris-Seattle Page 23

**Définition de la probabilité de l'effet:**

**P1** : très improbable (moins d'une fois par an)

**P2** : improbable (une fois par an)

**P3** : peu probable (peut être plus d'une fois par an)

**P4** : probable (plus d'une fois par an)

Nous allons maintenant faire une Situation des scénarios dans les grilles GxP et une hiérarchisation de ces derniers. Au vu des définitions de gravité et de probabilité, on classe les différents scénarios de la manière suivante :

**TABLEAU N°05 : Situation des scénarios dans les grilles GxP**

| Scénario | Probabilité | Gravité |
|---|---|---|
| Sc1 | P2 | G2 |
| Sc2 | P4 | G2 |
| Sc3 | P3 | G3 |
| Sc4 | P3 | G3 |
| Sc5 | P4 | G1 |
| Sc6 | P3 | G1 |
| Sc7 | P3 | G1 |
| Sc8 | P4 | G1 |
| Sc9 | P4 | G2 |
| Sc10 | P2 | G2 |
| Sc11 | P4 | G2 |
| Sc12 | P4 | G2 |
| Sc13 | P4 | G2 |
| Sc14 | P4 | G1 |
| Sc15 | P4 | G1 |
| Sc16 | P3 | G1 |
| Sc17 | P4 | G1 |

P1 : Probable (probable d'une fois par an)
P1 : Peu probable (peu être d'une fois par an)
P1 : Improbable (une fois par an)
P1 : Très improbable (moins d'une fois par an)

G1 : Très important, mort d'homme
G1 : Important, effets irréversibles
G3 : Peu important, effets réversibles
G4 : Mineur, blessures légères

On peut ainsi les situer dans la grille G*P afin de voir s'ils sont dans le domaine de l'acceptabilité ou de l'inacceptabilité.

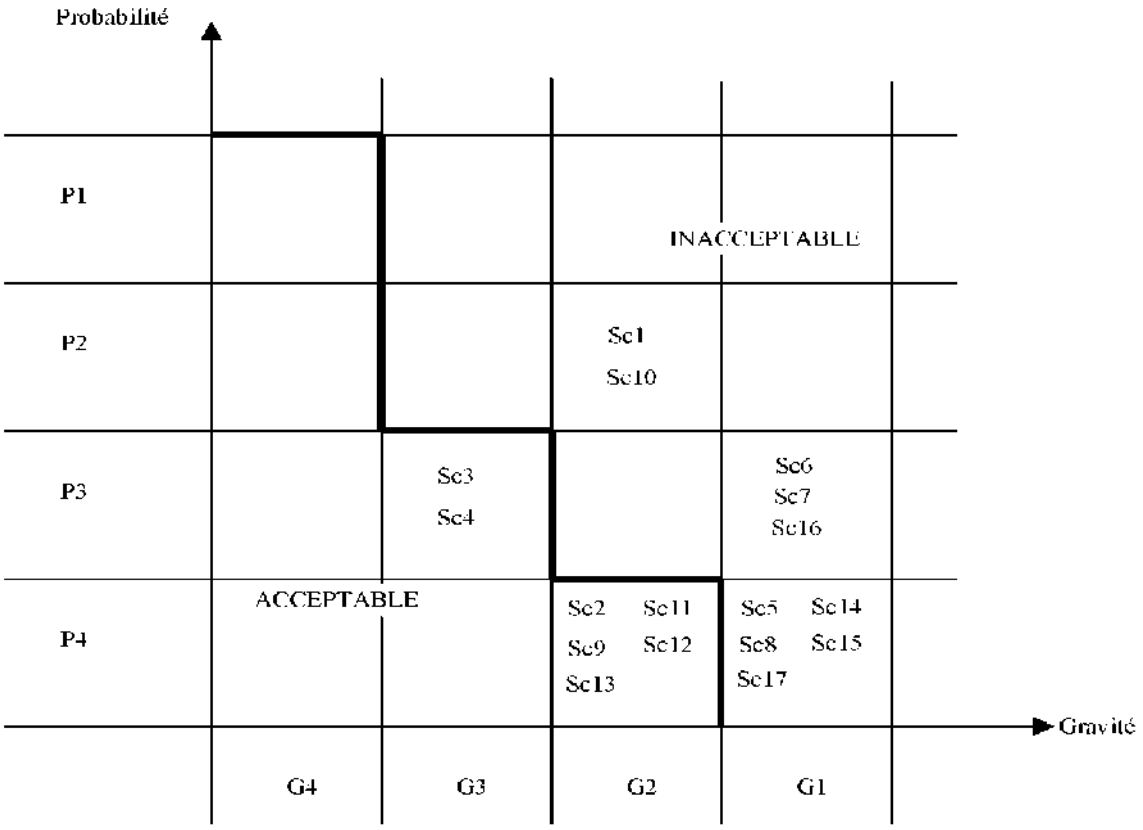



**FIGURE N°14 : Situation des scénarios dans les grilles GxP**

## III.6 CINQUIEME ETAPE DU MODULE A : DEFINITION DES MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION ET QUALIFICATION DE CES MOYENS

Nous allons maintenant essayer d'identifier des barrières de prévention et de protection. Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios de risque, de les réduire en terme de gravité ou de fréquence ou des deux. Ainsi, ils passeront peut être du côté acceptable de la frontière.

Elles sont de deux ordres :

- Barrières technologiques (BT)

Ce sont des éléments ou ensemble technologique faisant partie de l'installation empêchant l'apparition d'événement gênant et indépendant de l'activité humaine.

- Barrières opératoires ou d'utilisation (BU)

Ce sont des actions nécessitant une intervention humaine, reposant sur une consigne précise, activée ou non par un ensemble technologique.

L'identification se fait à l'aide d'un tableau : le tableau B qui facilite le travail.

**TABLEAU N°06 : identification des moyens de prévention et de protection**

| Scénario | Phase | 1-1 Conception | 1-2 Ventilation | 2-1 Protection individuelle du personnel |
|---|---|---|---|---|
| Sc1 | Ex. Ma. | Sol antidérapant (BT) | | Chaussures de sécurité antidérapantes (BU) |
| Sc5 | Ex. Ma. | Blindage des conduits (BT) | | |
| Sc6 | Ex. Ma. | Ventilation de secours (BT) Générateur de secours (BT) | En milieu confiné | Masques à oxygène dans les lieux sensibles (BU) |
| Sc7 | Ex. Ma. | Portes coupe-feu (BT) Extincteurs (BT) | Etouffer le feu | |
| Sc8 | Ex. Ma. | Ventilation plus puissante (BT) | En milieu confiné | Masques à oxygène dans les lieux sensibles (BU) |
| Sc10 | Ex. Ma. | | | |
| Scl4 | Ex. Ma. | Système vidéo de surveillance (BT) | | |
| Scl5 | Ex. Ma. | Double coque (BT) GPS (BT) | | |
| Scl6 | Ex. Ma. | Conduites de carburant protégées (BT) Système électrique isolé (BT) | | |
| Scl7 | Ex. Ma. | Meilleure information du passager (BU) | | |

| 2-2 Surveillance médicale | 2-3 Formation du personnel | 2-4 Habilitations | 2-5 Identification des facteurs d'ambiance | 2-6 Comportement humain |
|---|---|---|---|---|
| Surveillance de la fatigue (BU) | Formation minimale au risque de chute (BU) | | Améliorer la luminosité (BT) | Agent en bonne forme physique (BU) |
| Surveillance de la fatigue (BU) | Formation minimale au risque de collision (BU) | Procédure d'habilitation (BU) | | Agent en bonne forme physique (BU) |
| | Formation à la survie et à l'évacuation (BU) | | Améliorer l'aération (BU) | |
| | Formation au risque d'incendie et à son extinction (BU) | | | |
| | | | | |
| | Meilleure formation au métier de marin (BU) | Procédures d'habilitation (BU) | | Agent en bonne forme physique (BU) |
| | Formation au risque de malveillance (BU) | | | |
| | | | | |
| | Formation au risque d'incendie et à son extinction (BU) | | | |
| | | | | |

| 3-1 Consignes | Consignations | Procédures | 3-2 Réglementation applicable | 3-3 Contrôles et vérifications techniques | 3-4 Télésurveillance |
|---|---|---|---|---|---|
| | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | | | Contrôles périodiques de l'état de surface et de l'état des joints (BU) | Pression du fluide (BT) |
| | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | | | Contrôles périodiques de l'état des conduits (BU) | Télémétrie (BT) |
| Consignes de sécurités et d'évacuation (BU) | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | Procédures d'évacuation | | Contrôles périodiques de l'état du système d'aération (BU) | Capteur d'air (BT) |
| Consignes d'évacuation en cas d'incendie (BU) | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | Procédures d'évacuation | | Contrôles périodiques de l'état des sprinklers (BU) | Pression d'eau dans le système d'extinction (BT) |
| Consignes de sécurités et d'évacuation (BU) Limiter le nombre de personne | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | Procédures d'évacuation | | | Capteur d'air (BT) |
| Consignes de fonctionnement du bateau (BU) | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | | | | |
| Consignes de contrôle des passagers (BU) | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | | | | Vidéo surveillance (BT) |
| | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | Procédures d'évacuation | | Contrôles périodiques de l'état de la coque (BU) | Capteur de ligne de flottaison (BT) |
| Consignes d'évacuation en cas d'incendie (BU) | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | Procédures d'évacuation | | Contrôles périodiques de l'état des sprinklers (BU) | |
| Consignes d'évacuation (BU) | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | Procédures d'évacuation | | Contrôles périodiques de l'état du système d'évacuation (BU) | |

| 3-5 Maintenance | 5-1 Implantation | Balisage - Accès Circulations | 5-2 Influence sur l'environnement | FN | AC |
|---|---|---|---|---|---|
| Maintenance préventive (BT) | | | Risque de pollution (fuite de liquide) | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |
| | | | | X | |
| | | Interdire certains lieux au publique | | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |

Nous venons de définir des barrières sensées limiter la fréquence ou la gravité de scénarios envisagés. Toutefois, il faut nous assurer que ces mesures ne génèrent pas de nouveaux risques. Pour cela, nous allons réaliser une qualification des barrières de prévention et de protection. Ainsi, on introduit chaque élément du tableau B dans le tableau C pour valider ces solutions.

**TABLEAU N°07 : qualification des barrières de prévention et de protection**

| Barrières de conception | Scénario | Type | Eléments de conception de ces barrières | Contrôles et vérifications techniques | Maintenance |
|---|---|---|---|---|---|
| Sol antidérapant | Sc1 | BT | Utilisation de matériaux antidérapants (caoutchouc, toile émeri...) | Vérification périodique d'état | Préventive |
| Blindage des conduits | Sc5 | BT | Eléments robustes et correctement dimensionnés | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| Ventilation de secours | Sc6 | BT | Eléments fiables | Vérification périodique de bon fonctionnement | Déjà pris en compte |
| Générateur de secours | Sc6 | BT | Eléments fiables et isolés, facilement mis en marche | Vérification périodique de bon fonctionnement | Déjà pris en compte |
| Portes coupe-feu | Sc7 | BT | Eléments robustes et correctement dimensionnés | Vérification périodique d'état | Préventive |
| Extincteurs | Sc7 | BT | Dimensionnement correct | Vérification périodique d'état et de bon fonctionnement | Préventive |
| Ventilation plus puissante | Sc8 | BT | Eléments fiables | Vérification périodique de bon fonctionnement | Déjà pris en compte |
| Système vidéo de surveillance | Sc14 | BT | Caméras fiables, archivage des enregistrements | Vérification périodique de bon fonctionnement | Préventive |
| Double coque | Sc15 | BT | Matériaux robustes, dimensionnement correct | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| GPS | Sc15 | BT | Eléments fiables | Vérification périodique de bon fonctionnement | Préventive |
| Conduites de carburant protégées | Sc16 | BT | Eléments robustes et correctement dimensionnés | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| Système électrique isolé | Sc16 | BT | Armoire de rangement pour les appareils électriques, blindage des câbles | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| Meilleure information du passager | Sc17 | BU | Distribution de feuillets explicatifs, meilleure signalisation | | |

La dernière chose à faire maintenant est de déterminer si les scénarios considérés présentent un risque acceptable ou non lorsque l'on tient compte des barrières mises en place. Pour cela, nous allons examiner la nouvelle situation des scénarios dans les grilles GxP :

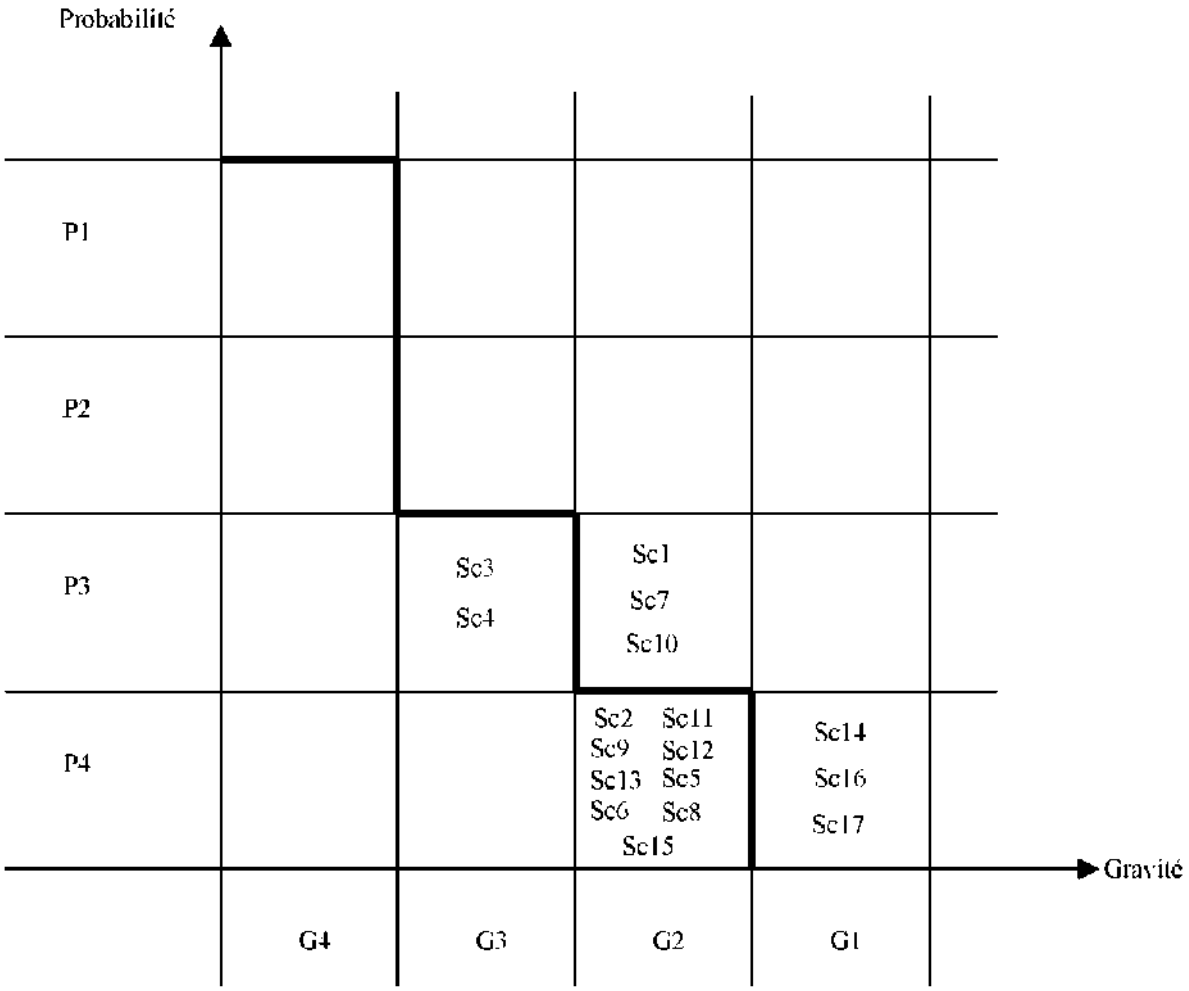



**FIGURE N°15 : Situation des scénarios dans les grilles GxP après la mise en place des barrières**

On constate qu'un certain nombre de scénarios restent du côté des risques jugés inacceptables. C'est ce que l'on appelle des risques résiduels. Ces risques restent encore trop importants car il devient très difficile de construire une barrière efficace.

# *CHAPITRE IV*

# *METHODE MADS-OSAR APPLIQUEE AUX BATEAUX DE TRANSPORT DE MARCHANDISE*

# IV. METHODE MADS-MOSAR APPLIQUEE AUX BATEAUX DE TRANSPORT DE MARCHANDISE

Cette fois, le bateau ne transporte plus de passagers, mais de la marchandise. Par conséquent, nous pouvons remplacer le sous-système SS9 Passagers en un sous-système SS9 Marchandises. Beaucoup de scénarios sont communs aux deux types de bateau. Par conséquent, nous ne nous intéresserons qu'aux risques engendrés par la marchandise transportée. La méthode utilisée est exactement la même, c'est pourquoi nous ne nous attarderons pas sur les explications des diverses étapes.

## IV.1 PREMIERE ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SOURCES DE DANGER

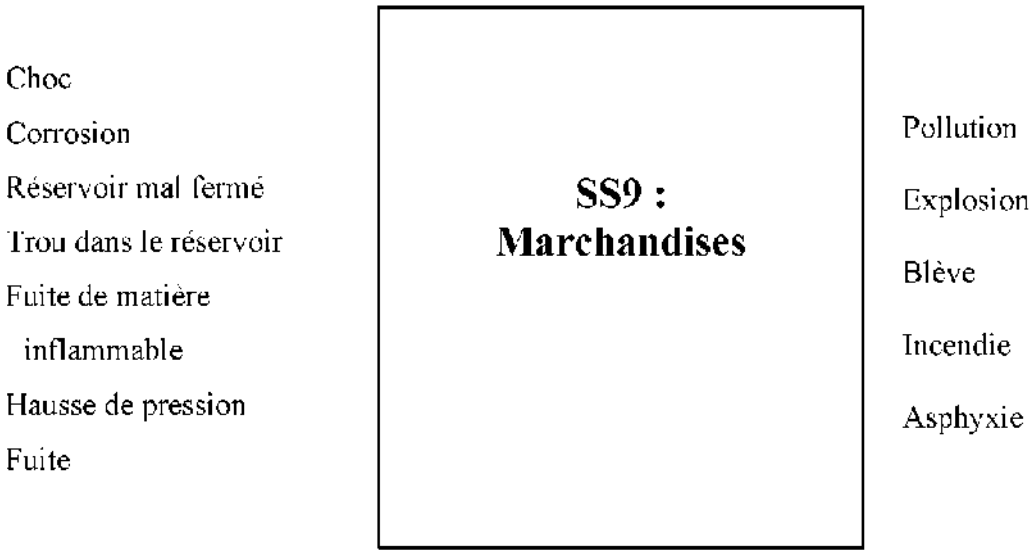
Tableau A permettant d'identifier les sources de danger du sous-système ainsi que les processus

**TABLEAU08 : GRILLE DE RECUEIL D'INFORMATIONS**

| **Types de systèmes sources de danger** | **Phases de vie** | **Evènements initiateurs** | | **Evènements initiaux** | | **Evènements principaux** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Système SS9 Bis : Marchandise** | **Famille** | **Externes (environnement actif)** | **Internes** | **Liés au contenant** | **Liés au contenu** | |
| Mode de stockage | EX. A1.B4 G1 | Choc Corrosion Réservoir mal fermé | Trou dans le réservoir | Fuite | Fuite | Pollution |
| Marchandise | EX. A1.B2 D4 | Fuite de matière inflammable | Hausse de pression | Source d'inflammation | Rupture | Explosion Blève Incendie |
| Matière dangereuse | EX. B5 | | Vapeurs toxiques | | Fuite | Asphyxie |

## IV.2 DEUXIEME ETAPE DU MODULE A : IDENTIFICATION DES SCENARIOS DE DANGER

Mise sous forme de boîte noire :




Scénarios court :

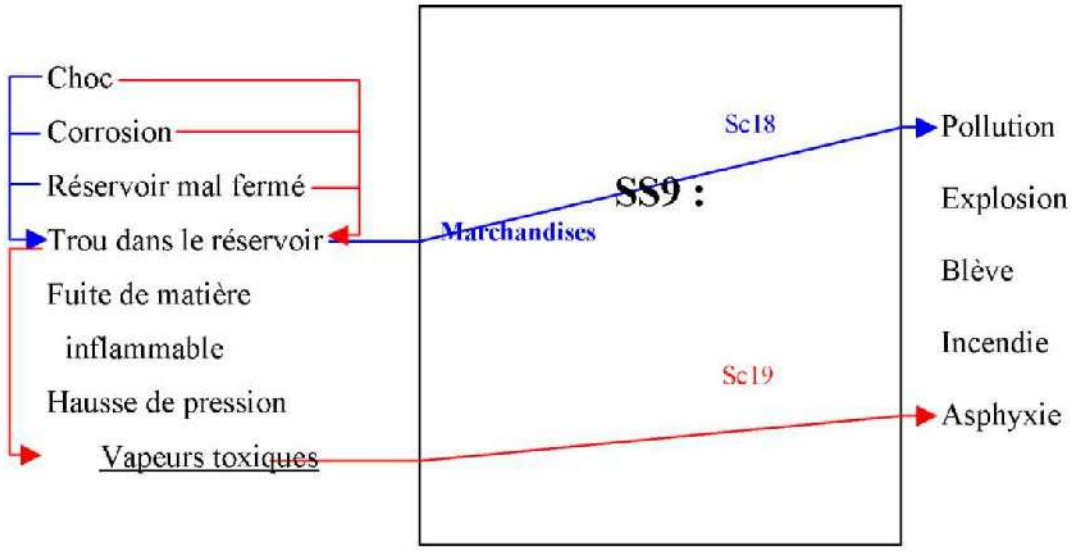
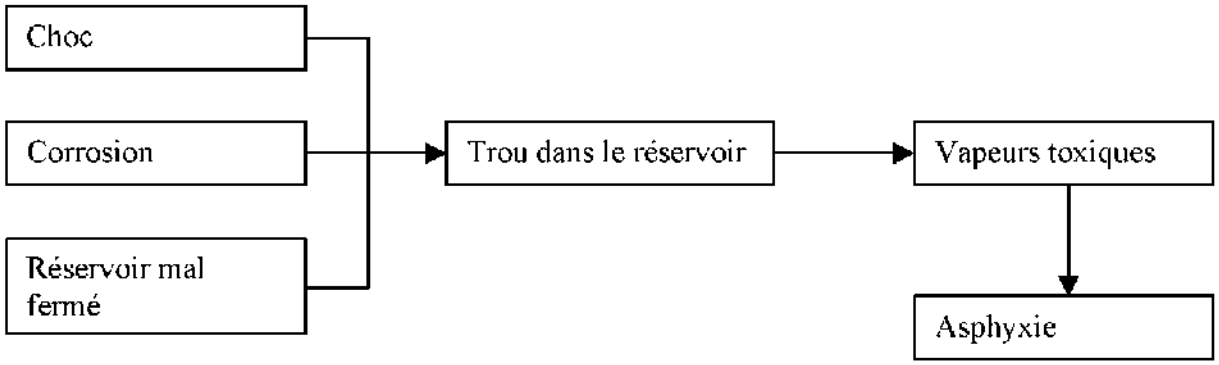



**FIGURE N° :16 système des boites noires**

Sc18 :




Sc19 :




Scénario long : Sc20

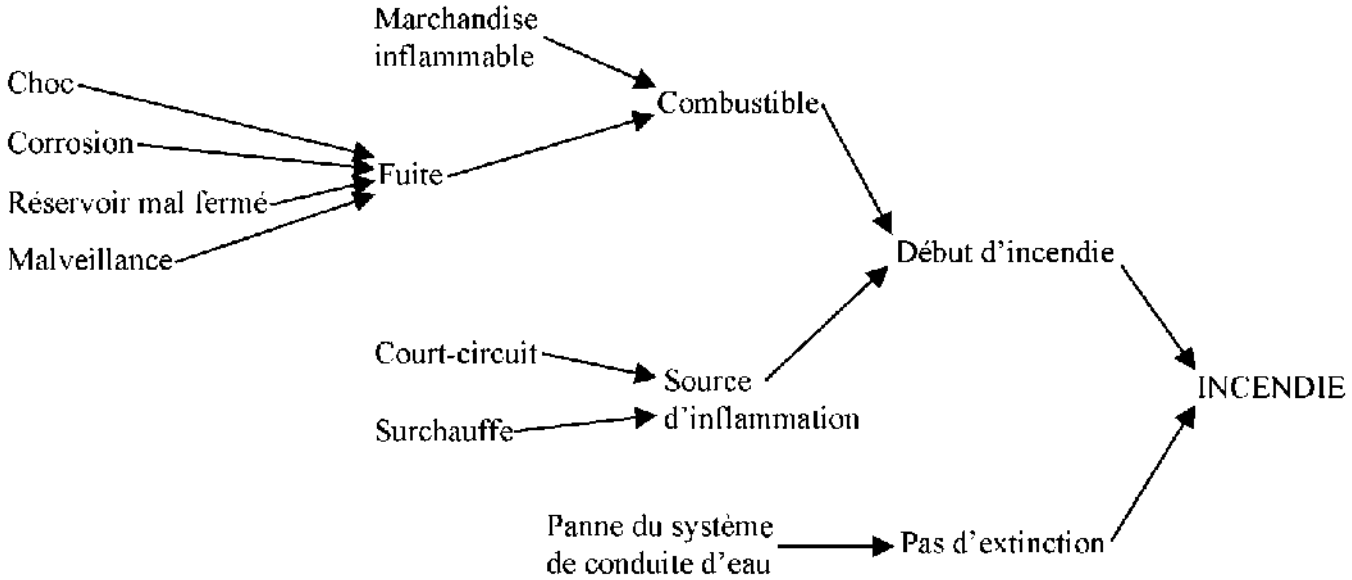



**FIGURE N°17 : scénarios de risques**

## IV.3 TROISIEME ETAPE DU MODULE A : EVALUATION DES SCENARIOS DE RISQUES

Evaluation quantitative à l'aide du logiciel SimTree :

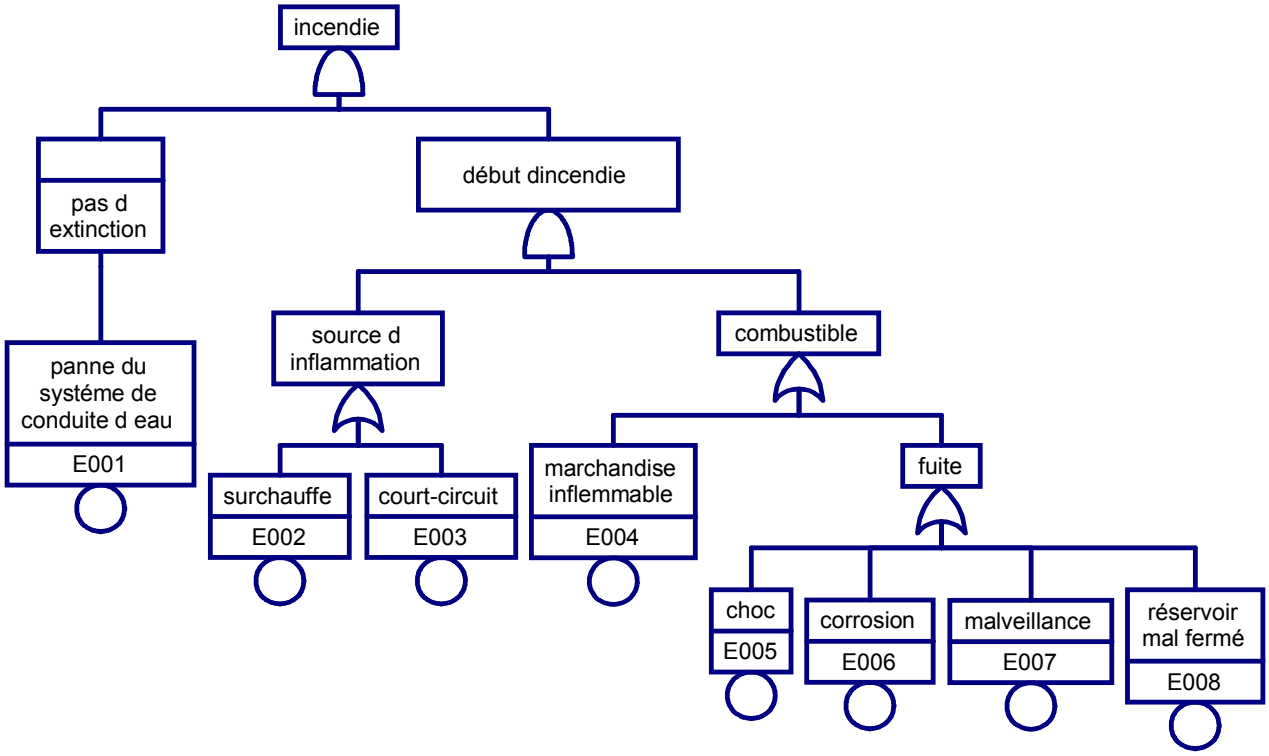



**FIGURE N°18 : Scénario incendie**

| | | |
|---|---|---|
| ➢ Marchandise inflammable | 0,5 | soit la moitié des marchandises transportées sont inflammables |
| ➢ Choc | 0,005 | soit 2 fois par an |
| ➢ Corrosion | 0,0005 | soit 1 fois tous les 5 ans |
| ➢ Réservoir mal fermé | 0,002 | soit 1 fois par an |
| ➢ Malveillance | 0,002 | soit 1 fois par an |
| ➢ Court-circuit | 0,01 | soit 4 fois par an |
| ➢ Surchauffe | 0,01 | soit 4 fois par an |
| ➢ Panne du système de conduite d'eau | 0,02 | soit 7 fois par an |

On trouve une probabilité pour l'incendie du à la marchandise transportée de **2.10-4** par an (soit un incident tous les 13 ans).

## IV.4 QUATRIEME ETAPE DU MODULE A : NEGOCIATION D'OBJECTIFS ET HIERARCHISATION DES SCENARIOS

**Définition des gravités ou effets sur une cible:**

**G1** : mineur, blessures légères, accident sans arrêt de travail

**G2** : peu important, effets réversibles, accident avec arrêt de travail sans invalidités physiques

**G3** : important, effets irréversibles, accident avec arrêt de travail avec invalidités physiques

**G4** : très important, mort d'homme

**Définition de la probabilité de l'effet:**

**P1** : très improbable (moins d'une fois par an)

**P2** : improbable (une fois par an)

**P3** : peu probable (peut être plus d'une fois par an)

**P4** : probable (plus d'une fois par an)

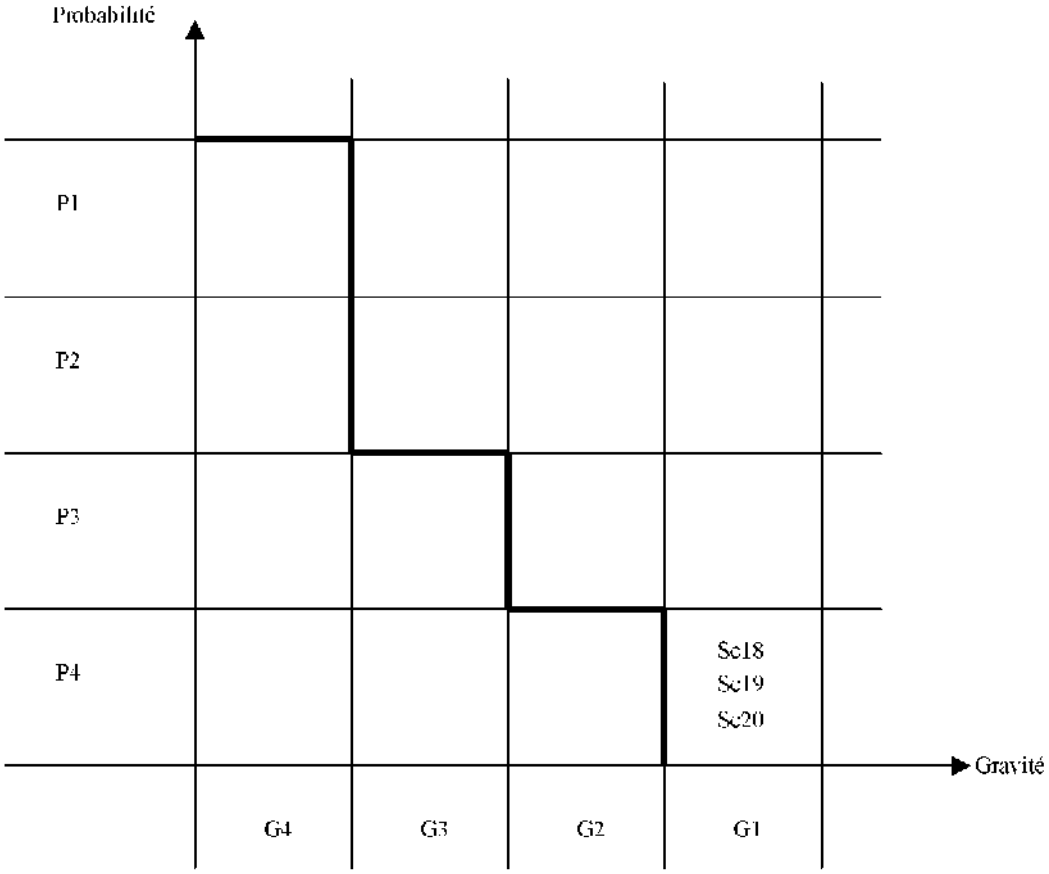



**FIGURE N°19 : Situation des scénarios dans les grilles GxP**

## IV.5 CINQUIEME ETAPE DU MODULE A : DEFINITION DES MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION ET QUALIFICATION DE CES MOYENS

Identification des barrières de prévention et de protection :

**TABLEAU N°09 : identification des barrières de prévention et de protection**

| Scénario | Phase | 1-1 Conception | 1-2 Ventilation | 2-1 Protection individuelle du personnel |
|---|---|---|---|---|
| Sc18 | Ex. Ma. | Double coque (BT) Blindage des réservoirs (BT) | | |
| Sc19 | Ex. Ma. | Meilleure ventilation (BT) | | Masque à gaz (BT) |
| Sc20 | Ex. Ma. | Porte coupe-feu (BT) Isoler les appareils électriques (BT) Fermeture obligatoire des réservoirs (BT) Extincteurs (BT) | Etouffer le feu | |

| 2-2 Surveillance médicale | 2-3 Formation du personnel | 2-4 Habilitations | 2-5 Identification des facteurs d'ambiance | 2-6 Comportement humain |
|---|---|---|---|---|
| Surveiller l'état de santé (risque de contact avec des produits toxiques) | Formation à la manipulation de produit dangereux (BU) | | | |
| Surveiller l'état de santé (risque de contact avec des produits toxiques) | Formation à la manipulation de produit dangereux (BU) | | | |
| | Formation au risque d'incendie et à son extinction (BU) | | | |

| 3-1 Consignes | Consignations | Procédures | 3-2Réglementation applicable | 3-3 Contrôles et vérifications techniques | 3-4Télésurveillance |
|---|---|---|---|---|---|
| | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | | | Contrôles périodiques de l'état des réservoirs (BU) | |
| | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | | | Contrôles périodiques de l'état du système de ventilation (BU) | Capteur d'air (BT) |
| Consignes d'évacuation en cas d'incendie (BU) | Procédures de consignation en phase incidentelle (BU) | Procédures d'évacuation | | Contrôles périodiques de l'état des sprinklers (BU) | Pression d'eau dans le système d'extinction (BT) |

| 3-5 Maintenance | 5-1 Implantation | Balisage - Accès Circulations | 5-2 Influence sur l'environnement | FN | AC |
|---|---|---|---|---|---|
| Maintenance préventive (BT) | | | Risque de pollution | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |
| Maintenance préventive (BT) | | | | | X |

Qualification des barrières de prévention et de protection

**TABLEAU N°10 : qualification des barrières de prévention et de protection**

| Barrières de conception | Scénario | Type | Eléments de conception de ces barrières | Contrôles et vérifications techniques | Maintenance |
|---|---|---|---|---|---|
| Double coque | Sc18 | BT | Matériaux robustes, dimensionnement correct | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| Blindage des réservoirs | Sc18 | BT | Eléments robustes et correctement dimensionnés | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| Meilleure ventilation | Sc19 | BT | Eléments fiables Ventilation plus importante | Vérification périodique de bon fonctionnement | Déjà pris en compte |
| Portes coupe-feu | Sc20 | BT | Eléments robustes et correctement dimensionnés | Vérification périodique d'état | Préventive |
| Isoler les appareils électriques | Sc20 | BT | Armoire de rangement pour les appareils électriques, blindage des câbles | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| Fermeture obligatoire des réservoirs | Sc20 | BT | Interdire le fonctionnement du bateau en cas d'ouverture des réservoirs | Vérification périodique d'état | Déjà pris en compte |
| Extincteurs | Sc20 | BT | Dimensionnement correct | Vérification périodique d'état et de bon fonctionnement | Préventive |

Nouvelle situation des scénarios dans les grilles GxP

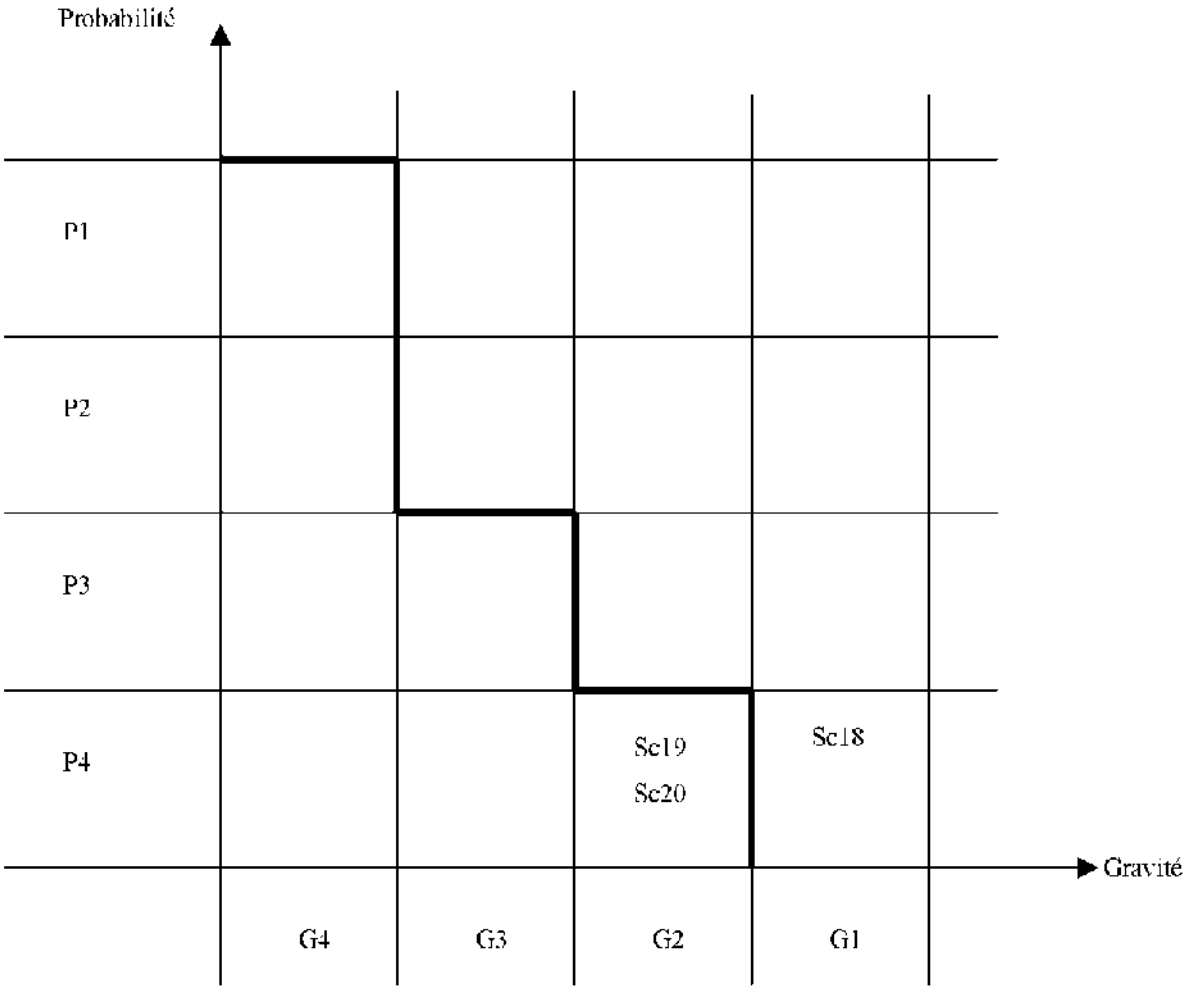



**FIGURE N°20 : Situation des scénarios dans les grilles GxP après la mise en place des barrières**

Là encore, il reste un risque résiduel : le risque de pollution pour lequel il est très difficile de réduire la gravité.

# CONCLUSION GENERALE

# CONCLUSION

Globalement, nous pouvons dire que MADS est une bonne méthode d'analyse de risque. En effet, si elle a été essentiellement créée pour des applications dans le monde de l'industrie, elle n'en reste pas moins parfaitement transposable à d'autres domaines comme le domaine du transport maritime.

Par conséquent, les faiblesses et les points forts de l'analyse des risques dans le domaine du transport maritime sont les mêmes que pour tout autre domaine. Le point négatif de la méthode est qu'elle ne nous dit pas si notre liste de scénarios ou de source de danger (tableau A) est complète. Par conséquent, nous avons en permanence une liste non exhaustive d'évènements, ce qui peut amener à oublier certains risques. Mis à part cet aspect, la méthode MADS s'utilise très facilement. De plus, et cela est très intéressant pour notre étude mais aussi pour d'autres, elle est extrêmement flexible et s'adapte très bien à divers domaines.

Dans la plupart des cas cette analyse est suffisante. Mais il peut être nécessaire d’aller plus loin soit parce qu’on le décide pour parachever l’analyse et aller jusqu’à la mise en place d’une culture de sécurité, soit parce qu’une réglementation l’impose. On pourra bien entendu réaliser le module B de la méthode, c'est à dire l'approche microscopique.

# *REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**[1]** L'analyse de risques pour les débutants Par Jean-Claude JACQUIOT consultant CASE France & Future Tech Systems Inc. Paris-Seattle, Juillet 2010.

**[2]** Évaluation de l'activité du Programme de la sécurité maritime Services d'évaluation et de conseils Transports Canada 2010.

**[3]** Mémoire Patrick Honorine Aéroport de la Réunion Roland Garros : Elaboration d'un schéma directeur à partir d'Une Approche Globale D'analyse Des Risques 2009 pages (13-14-15)

**[4]** Mémoire Analyse et étude de la vulnérabilité du Centre National de Coordination CENAC 2010 Meriem YAHIAOUI

**[5]**L'introduction de technologies à bord des navires : un risque mesuré 13 décembre 2012 ENSM - Centre de Nantes Pascal Robert ENSM – CFV

**[6]**La Methode Mads-Mosar : Un Outil General Pour L'analyse Des Risques Exemple d'une expérience pédagogique dans les écoles d'ingénieurs Pierre PERILHON, André LAURENT 1999

**[7]** méthodes d'analyse des risques dans les entreprises générant des produits à risques **DJAOUT IMANE 2009**

**[8]** AGCS_safety_and_shipping_report 2012 Allianz Global Corporate & Specialty AG.

**Internet :**

**[WEB 1]** http://www.agora21.org/ari/perilhon1.html

**[WEB 2]** http://www.case-france.com/envisionrisks2.htm

**[WEB 3]** Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Rapports et dossiers sur l'analyse des risques et modélisation des conséquences http://www.ineris.fr

**[WEB 4]** M. LESBATS, J. DOS SANTOS et P. PERILHON, Contribution à l'élaboration d'une science du danger, Ecole d'été « Gestion scientifique du risque », 1999, Albi. Disponible sur : http://www.agora21.org/ari

**[WEB 5]** Techniques de l'ingénieur http://www.techniques-ingenieur.fr

# ANNEXE

# ANNEXE

## GRILLE N°1

**A- Eléments sources de danger d'origine mécanique**
A1 Eléments sous pression
A2 Eléments sous contrainte mécanique
A3 Eléments en mouvement
A4 Eléments nécessitant une manutention (manuelle ou mécanique)
A5 Eléments sources d'explosions (origine physique)
A6 Eléments sources de chutes de hauteur (éléments en hauteur, accès en hauteur …)
A7 Eléments sources de chute de plain pied (encombrement au sol, dénivellations …)
A8 Autre éléments sources de blessures (objets coupants, piquants, contendants …)
A9 Eléments sources de bruits et vibrations
**B- Eléments sources de danger d'origine chimique**
B1 Eléments sources de réactions chimiques
B2 Eléments sources d'explosions
B3 Eléments sources de toxicité et d'agressivité
B4 Eléments sources de pollutions
B5 Eléments sources de manque d'oxygène
**C - Eléments sources de danger d'origine électrique**
C1 Eléments mettant en oeuvre de l'électricité a courant continu ou alternatif
C2 Eléments sources d'électricité statique
C3 Eléments sources de puissance électrique (condensateurs)
C4 Eléments sources de hautes fréquences (générateurs)
**D- Eléments sources de danger de développement d'incendie**
D1 Eléments sources lies aux matières combustibles
D2 Eléments sources d'allumage
D3 Eléments sources lies aux comburants
D4 Eléments sources d'interactions entre D1, D2, D3
**E- Eléments sources de danger lies aux rayonnements**
E1 Eléments sources lies aux rayonnements ionisants
E2 Eléments sources de rayonnements UV-IR-Visible
E3 Eléments sources de rayonnements lasers
E4 Eléments sources lies aux rayonnements micro-ondes
E5 Eléments sources lies aux champs magnétiques intenses
**F- Eléments sources de danger d'origine biologique**
F1 Eléments sources lies aux virus
F2 Eléments sources lies aux bactéries
F3 Eléments sources lies aux mycobactéries
**G -Eléments sources de danger lies au comportement humain**
G1 Eléments sources lies aux maladresses
G2 Eléments sources lies a la charge de travail
G3 Eléments sources lies a la fatigue
G4 Eléments sources au stress et a l'anxiété
**H- Eléments sources de danger lies a l'environnement actif**
H1 Eléments sources de danger lies a l'environnement actif artificiel
H2 Eléments sources de danger d'origine naturelle
**I -Eléments sources de danger lies fonctionnement interne du service**
I1 Eléments sources de danger d'origine organisationnelle
I2 Eléments sources de danger d'origines managériales

**PRESENTATION DE LOGICIEL ARALIA WORKSHOP SIMTREE :**

Aralia Workshop (AW.) est un outil complet permettant de réaliser des Etudes de Sûreté de Fonctionnement d'un spectre large, allant des Etudes Probabilistes de Sûreté nucléaires jusqu'à des études de disponibilité ou des études incidentielles (manipulant de plus fortes probabilités, proches de l'unité).

Le logiciel Aralia Workshop repose :

- d'une part sur les développements réalisés au sein du groupe Aralia (CEA, Dassault, EDF, ELF-EP, LaBRI, LADS, Schneider Electric, SGN, Technicatome) :
    - une interface d'édition et de présentation des arbres de défaillance, SimTreeTM (propriété du groupe Aralia, tous droits réservés) connectée au cœur de calcul AraliaTM (propriété du groupe Aralia, tous droits réservés),

- d'autre part sur les développements réalisés par le groupe Hévéa (ELF-EP, IPSN, IXI, LaBRI, Technicatome) :
    - une interface d'édition et de présentation des arbres d'événements, SimEvent, connectée à un cœur de calcul dénommé Hévéa.

La synthèse de cet ensemble permet de disposer d'un outil complet, Aralia Workshop comportant les modules logiciels suivants :

- l'interface d'édition et de présentation des arbres de défaillance (SimTree),
- l'interface d'édition et de présentation des arbres d'événements (SimEvent),
- le cœur de calcul des arbres de défaillance (Aralia),
- le cœur de calcul des arbres d'événements (Hévéa).

Ce logiciel est axé sur la convivialité des saisies de données et modèles (AdE et AdD) et sur la puissance du traitement.