



HAL
open science

Evaluation des risques et réglementation de la sécurité: Cas du secteur maritime - Tendances et applications

Guillaume Chantelaue

► To cite this version:

Guillaume Chantelaue. Evaluation des risques et réglementation de la sécurité: Cas du secteur maritime - Tendances et applications. Sciences de l'environnement. INSA de Lyon, 2006. Français. NNT : 2006ISAL0007 . tel-00780595

HAL Id: tel-00780595

<https://theses.hal.science/tel-00780595>

Submitted on 24 Jan 2013

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.

Thèse

Evaluation des risques et réglementation de la sécurité :

Cas du secteur maritime – Tendances et applications

présentée devant

L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

pour obtenir

le grade de docteur

Ecole doctorale : Chimie de Lyon (Chimie, Procédés, Environnement)

Spécialité : Sciences et Techniques du Déchet

par

Guillaume CHANTELAUVE

(Ingénieur civil des Mines)

Soutenue le 11 janvier 2006 devant la Commission d'examen

Jury

BESSE Pierre	Ingénieur	Co-Directeur de thèse
BOISSON Philippe	Docteur d'Etat en Droit	Rapporteur
DUSSERRE Gilles	Chargé de recherche	Rapporteur
LONDICHE Henry	Maître de recherche	Directeur de thèse
MOSZKOWICZ Pierre	Professeur des universités	
MUNIER Bertrand	Professeur des universités	

Remerciements

Ce travail a été effectué en collaboration avec le Département Recherche de la Division Marine du Bureau Veritas et le centre SITE (Sciences, Information et Technologies pour l'Environnement) de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne.

Je tiens avant tout à remercier Henry Londiche, responsable du laboratoire de Sécurité Industrielle et Directeur de cette thèse, pour son soutien tout au long de ce travail et pour l'humanisme dont il m'a fait part.

Je remercie Pierre Besse, Directeur du Département Recherche de Bureau Veritas, de m'avoir accueilli dans son équipe et d'avoir accepté de co-diriger ces travaux. Il a su veiller au bon déroulement de la thèse tout en m'accordant l'autonomie nécessaire.

Ma gratitude va aussi à Jean-Claude Astrugue, responsable de la Section Ingénierie du Risque du Département Recherche de Bureau Veritas pour son expérience précieuse et pour le temps qu'il a accordé à la relecture de ce document.

Je remercie enfin tous mes collègues du Département Recherche et des départements techniques de Bureau Veritas, et du centre SITE qui seraient trop nombreux à énumérer.

Je tiens finalement à remercier les membres du Jury qui ont accepté de juger le présent travail :

Gilles Dusserre (Chargé de recherche à l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Industrielles et des Mines d'Alès) qui a accepté d'être rapporteur de ce travail.

Philippe Boisson (Docteur d'Etat en Droit - Directeur de la communication à Bureau Veritas) également rapporteur de cette thèse, et dont les travaux de thèse ont largement contribué à l'idée de celle-ci.

Bertrand Munier (Professeur des Universités, ENSAM, Directeur du GRID) qui a accepté d'évaluer ce travail de thèse comme membre du Jury

Pierre Moszkowicz (Professeur des Universités, INSA de Lyon) qui a bien voulu participer à ce Jury.

Et enfin, Henry Londiche et Pierre Besse qui m'ont accordé leur confiance en prenant la direction et la co-direction de cette thèse.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	I
TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	V
PRINCIPALES ABBREVIATIONS.....	IX
INTRODUCTION GENERALE.....	XI
DE L’IDEE DE LA THESE	XII
SITUATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE.....	XIV
CONTEXTE REGLEMENTAIRE	XIV
CONTEXTE UNIVERSITAIRE.....	XV
CONTEXTE INDUSTRIEL	XV
CONTEXTE SCIENTIFIQUE DE LA SECURITE MARITIME	XVI
STRUCTURE ET PRESENTATION DU DOCUMENT	XVI
PARTIE 1 DE LA REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME.....	1
INTRODUCTION DE LA PARTIE 1.....	2
STRUCTURE ET PRESENTATION DE LA PARTIE 1.....	7
CHAPITRE 1: LA SECURITE DU TRANSPORT MARITIME	9
I. LA SECURITE MARITIME.....	10
I.1. OBJECTIFS DE LA SECURITE MARITIME	10
I.2. ACTEURS DE LA SECURITE MARITIME	11
I.3. VALEURS ET CULTURE DE SECURITE.....	17
I.4. ELEMENTS D’ACCIDENTOLOGIE.....	21
I.5. REGLES.....	30
II. REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME	33
II.1. PETITE HISTOIRE DE LA REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME MODERNE	33
II.2. REGLEMENTATION STATUTAIRE ET CERTIFICATION	34
II.3. LA CLASSIFICATION.....	39
II.4. REGLES STATUTAIRE ET REGLES DE CLASSIFICATION	42
III. CONCLUSIONS.....	43
BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 1	45
CHAPITRE 2: ELEMENTS DE LA REGULATION DE LA SECURITE	49

I. PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE MODELISATION.....	50
I.1. MODELES HYPOTHETIQUES.....	50
I.2. MOBILISATION DES DONNEES	52
I.3. EXTENSION DES MODELES PAR LA CLASSIFICATION DES ACTEURS	52
II. EXPERIMENTATION	55
II.1. DOMAINE POLITIQUE 1	56
II.2. DOMAINE POLITIQUE 2	59
II.3. DOMAINE MANAGERIAL.....	62
II.4. DOMAINE DES OPERATIONS ROUTINIERS	65
II.5. DOMAINE GESTION DE CRISE.....	66
II.6. DOMAINE ANALYTIQUE.....	67
II.7. CONTRAINTES EXTERNES	68
III. CONCLUSIONS.....	69
<u>BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 2</u>	<u>72</u>
<u>PARTIE 2 DES NOUVELLES REGLEMENTATIONS DE LA SECURITE</u>	<u>75</u>
INTRODUCTION DE LA PARTIE 2.....	76
STRUCTURE ET PRESENTATION DE LA PARTIE 2.....	79
<u>CHAPITRE 3: LES NOUVELLES APPROCHES REGLEMENTAIRES.....</u>	<u>81</u>
I. ILLUSTRATIONS DE REGLEMENTATIONS NON TRADITIONNELLES.....	81
I.1. SECTEUR PETROLIER OFFSHORE : APPROCHES DU TYPE « <i>SAFETY CASE</i> ».....	82
I.2. SECTEUR DE LA CONSTRUCTION: APPROCHES DU TYPE “ <i>PERFORMANCE BASED CODE</i> ”	86
I.3. SECTEUR NUCLEAIRE: APPROCHE DU TYPE « <i>RISK-INFORMED REGULATION</i> »	88
I.4. DIRECTIVE SEVESO	89
II. DE LA DEFINITION DES NOUVELLES APPROCHES REGLEMENTAIRES.....	90
II.1. CONCEPT DE CODE PAR PERFORMANCE.....	90
II.2. EVOLUTION D’UN CODE PRESCRIPTIF VERS UN CODE PERFORMANCE.....	91
II.3. PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION DE L’ELABORATION DE LA REGLEMENTATION.....	96
III. TECHNIQUES D’ANALYSE DU RISQUE POUR LES NOUVELLES FORMES REGLEMENTAIRES.....	97
III.1. ETAT DE L’ART	97
III.2. DE L’APPLICATION DES TECHNIQUES D’ANALYSE DU RISQUE	99
III.3. DES FACTEURS INFLUENÇANT LE CHOIX.....	102
IV. CONCLUSIONS.....	104
<u>BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 3</u>	<u>106</u>
<u>CHAPITRE 4: LES INITIATIVES MARITIMES.....</u>	<u>111</u>
I. PRESCRIPTION ET DETERMINISME.....	111
I.1. CLAUSE D’EQUIVALENCE.....	111
I.2. PERFORMANCE PAR ELEMENT: CAS DES SPRINKLERS	112
I.3. APPROCHE PROBABILISTE: STABILITE APRES AVARIE	113

II. PETROLIER DOUBLE COQUE ET NORME DE CONCEPTION EQUIVALENTE.....	114
II.1. CONTEXTE	114
II.2. NORMES DE CONCEPTION EQUIVALENTE DE LA REGLE 13F DE L'ANNEXE I DE MARPOL 73/78.....	114
II.3. DIRECTIVES INTERIMAIRES REVISEES POUR L'APPROBATION D'AUTRES METHODES DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION DES PETROLIERS EN VERTU DE LA REGLE 13F 5) DE L'ANNEXE I DE MARPOL 73/78 ..	114
II.4. APPLICATIONS	115
III. METHODE D'ANALYSE DES TYPES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS – ENGIN A GRANDE VITESSE	115
III.1. CONTEXTE.....	115
III.2. ANALYSE DES TYPES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS	116
III.3. PHILOSOPHIE DU CODE DES ENGIN A GRANDE VITESSE	117
IV. DIRECTIVES INTERIMAIRES POUR UNE ANALYSE DE L'EVACUATION DES NAVIRES	117
IV.1. CONTEXTE.....	117
IV.2. DIRECTIVES INTERIMAIRES POUR UNE ANALYSE SIMPLIFIEE DE L'EVACUATION DES NAVIRES ROULIERS A PASSAGERS.....	119
IV.3. DIRECTIVES INTERIMAIRES POUR UNE ANALYSE SIMPLIFIEE DE L'EVACUATION DES ENGIN A GRANDE VITESSE A PASSAGERS	120
IV.4. DIRECTIVES INTERIMAIRES POUR LES ANALYSES DE L'EVACUATION DES NAVIRES A PASSAGERS NEUFS ET EXISTANTS	120
IV.5. RECOMMANDATIONS POUR LES ANALYSES DE L'EVACUATION DES NAVIRES A PASSAGERS NEUFS ET EXISTANTS	121
IV.6. APPLICATIONS.....	122
V. DIRECTIVES POUR L'EVALUATION FORMELLE DE LA SECURITE	122
V.1. CONTEXTE	122
V.2. DIRECTIVES	122
V.3. APPLICATIONS	123
VI. CONCEPTIONS ET DISPOSITIFS ALTERNATIFS POUR LA SECURITE INCENDIE	123
VI.1. CONTEXTE.....	123
VI.2. DIRECTIVES.....	124
VI.3. APPLICATIONS.....	124
VII. SECURITE DES NAVIRES A PASSAGERS DE GRANDES DIMENSIONS.....	125
VII.1. CONTEXTE	125
VII.2. DIRECTIONS DES TRAVAUX	125
VII.3. PRINCIPES DIRECTEURS, BUTS STRATEGIQUES ET OBJECTIFS.....	126
VII.4. FINALISATION DES TRAVAUX	126
VIII. NORMES DE CONSTRUCTION DES NAVIRES NEUFS EN FONCTION D'OBJECTIFS	127
VIII.1. CONTEXTE.....	127
VIII.2. CADRE D'UN SYSTEME A CINQ NIVEAUX	128
VIII.3. AVANCEMENT DES TRAVAUX.....	129
IX. PROJETS DE CONCEPTIONS ET DISPOSITIFS ALTERNATIFS.....	130
X. CONCLUSIONS	131
X.1. PERFORMANCE PAR VERIFICATION	131
X.2. PERFORMANCE PAR SUBSTITUTION	132
X.3. PERFORMANCE EXPLICITE	133
X.4. ELABORATION DE REGLES FONDEE SUR LES RISQUES	134
<u>BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 4</u>	<u>136</u>

PARTIE 3 METHODES D'EVALUATION DU RISQUE ET APPLICATIONS	139
INTRODUCTION DE LA PARTIE 3.....	140
STRUCTURE ET PRESENTATION DE LA PARTIE 3.....	142
<u>CHAPITRE 5: EVALUATION FORMELLE DE LA SECURITE</u>	<u>143</u>
I. EVALUATION FORMELLE DE LA SECURITE.....	143
I.1. ORIGINE ET DEVELOPPEMENT	143
I.2. DIRECTIVES POUR L'EVALUATION FORMELLE DE LA SECURITE (FSA) A UTILISER DANS LE CADRE DU PROCESSUS D'ELABORATION DE REGLES DE L'OMI.....	145
I.3. CRITERES D'ACCEPTABILITE DU RISQUE.....	148
I.4. FACTEUR HUMAIN.....	151
II. PRINCIPALES APPLICATIONS.....	153
II.1. APPLICATIONS A TITRE EXPERIMENTAL	153
II.2. APPLICATIONS A LA SECURITE DES VRAQUIERS	154
III. METHODE ET CAS D'APPLICATION	156
III.1. CONTEXTE GENERAL.....	156
III.2. METHODE	158
III.3. ANALYSE ET RESULTATS.....	161
IV. CONCLUSIONS.....	171
<u>BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 5</u>	<u>173</u>
<u>CHAPITRE 6: CONCEPTIONS ALTERNATIVES POUR LA SECURITE INCENDIE</u>	<u>175</u>
I. CONCEPTION ALTERNATIVE POUR LA SECURITE INCENDIE.....	176
I.1. SECURITE INCENDIE : UN NOUVEAU CADRE REGLEMENTAIRE	176
I.2. NOUVEAU CHAPITRE II-2 DE LA CONVENTION SOLAS.....	176
I.3. DIRECTIVES SUR LES CONCEPTIONS ET DISPOSITIFS ALTERNATIFS POUR LA SECURITE INCENDIE	179
II. PRINCIPALES APPLICATIONS.....	183
II.1. PROJET DE RECHERCHE EUROPEEN « SAFETY FIRST »	183
II.2. SOUMISSIONS A L'ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE.....	184
III. METHODE DE DEVELOPPEMENT DES SCENARIOS INCENDIE	188
III.1. CONTEXTE.....	188
III.2. IDENTIFICATION ET ENUMERATION DES DANGERS.....	190
III.3. SELECTION DES DANGERS ET SPECIFICATION DES SCENARIOS INCENDIE	191
III.4. REPRESENTATIONS ARBORESCENTES GENERIQUES	194
IV. CAS D'APPLICATION.....	197
IV.1. INTRODUCTION.....	197
IV.2. ANALYSE PRELIMINAIRE	198
IV.3. ANALYSE QUANTITATIVE.....	202
V. CONCLUSIONS	206
<u>BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 6</u>	<u>209</u>

CONCLUSION GENERALE.....	211
I. RECAPITULATIF DES CHAPITRES.....	212
II. RAPPEL DES OBJECTIFS.....	216
III. FORMALISATION DE L'APPORT DES SCIENCES DU RISQUE POUR LA REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME.....	216
III.1. INTERET DE L'APPORT AU REGARD DES INITIATIVES	216
III.2. INTERET DE L'APPORT AU REGARD DES DYSFONCTIONNEMENTS	218
IV. BASE DE CONNAISSANCE POUR L'APPORT DES SCIENCES DU RISQUE POUR LA REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME	220
IV.1. DEVELOPPEMENT D'UNE BASE DE CONNAISSANCE.....	220
IV.2. APPRENTISSAGE : CONCEPTIONS ALTERNATIVES POUR LA SECURITE INCENDIE.....	222
V. CONTRIBUTIONS DE LA RECHERCHE ET PERSPECTIVES	225
RESUME.....	229
RESUME	229
MOTS CLEFS	229
ABSTRACT.....	229

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 : Le modèle « pelure d'oignons » de la culture	18
Figure 1-2 : Trois aspects de la culture de sécurité [HSE, 2005].....	19
Figure 1-3 : Evolution du trafic conteneurisé mondial 1989-96 [OCDE, 2001].....	22
Figure 1-4: Evolution du trafic de vrac mondial 1980-99 [OCDE, 2001]	22
Figure 1-5 : Evolution du trafic pétrolier mondial 1980-99 [OCDE, 2001]	23
Figure 1-6 : Perte totale de navires de marine marchande 1970-99 [OCDE, 2001]	23
Figure 1-7 : Perte totale par catégorie de navires 89-99 [OCDE, 2001]	24
Figure 1-8 : Nombre de membres d'équipage ayant perdu la vie 1989-99 [OCDE, 2001]	24
Figure 1-9 : Pollution par hydrocarbure 1970-2004 [ITOPF, 2005].....	25
Figure 1-10 : Pollution par hydrocarbure et quantité transportée 1970-1999 [OCDE, 2001]....	25
Figure 1-11: Evénements sérieux par causes – Flotte mondiale et européenne [SAFETY FIRST, 2000]	26
Figure 1-12 : Localisation des grandes catastrophes pétrolières [ITOPF, 2005]	28
Figure 1-13 : Structure des organes de l'OMI.....	35
Figure 1-14 : Règles de classification et Conventions Maritimes Internationales	42
Figure 1-15 : Système de « la réglementation de la sécurité maritime »	44
Figure 2-1 : Modèle de Rosness : les groupes de décision [Rosness in Kørte, 2002].....	51
Figure 2-2 : Modèle de Kørte : influences sur le domaine analytique [Kørte, 2002].....	51
Figure 2-3: Modèle de Kørte : support du le domaine analytique [Kørte, 2002].....	52
Figure 2-4 : Modèle de Rosness : les acteurs maritimes	53
Figure 2-5: La situation de l'armateur [Chantelauve, 2003a]	63

Figure 2-6 : Un modèle des déterminants des mesures de prévention [Lassagne, 2004].....	64
Figure 2-7 : Origines et choix de la problématique.....	71
Figure 3-1 : Principe ALARP – As Low As Reasonably Practicable.....	85
Figure 3-2 : Modèle nordique des codes par performance.....	86
Figure 3-3 : Systems approach [Hattis, 1999].....	92
Figure 3-4 : Systems approach : Code prescriptif et code par performance [Hattis, 1999].....	92
Figure 3-5 : UKOOA framework.....	95
Figure 3-6 : Aspects influençant le choix de techniques d’analyse du risque.....	103
Figure 4-1 : Exemple de calcul de largeur d’escalier minimale.....	118
Figure 4-2 : Cadre réglementaire en fonction d’objectifs [OMI, 2004a].....	128
Figure 5-1 : Organigramme de la méthodologie FSA.....	145
Figure 5-2 : Risque individuel : membres d’équipage [OMI, 2000].....	149
Figure 5-3 : Risque collectif : différents navires-citernes [OMI, 2000].....	150
Figure 5-4 : Risque collectif : vraquiers et porte-conteneurs [OMI, 2000].....	150
Figure 5-5 : Risque collectif : navires rouliers à passagers [OMI, 2000].....	151
Figure 5-6 : L’analyse de la fiabilité humaine dans le processus FSA [OMI, 2002].....	152
Figure 5-7 : Risque collectif : courbe FN pour différents types de navire.....	156
Figure 5-8 : Plan général de la structure d’un vraquier (simple coque).....	157
Figure 5-9 : Arbre d’événements : structure générale.....	160
Figure 5-10 : Arbre des causes : LOHI – Branches principales.....	161
Figure 5-11 : Arbre des causes : LOHI – Branche « Closing devices ».....	163
Figure 5-12 : Arbre des causes : LOHI – Branche « Hull envelope ».....	164
Figure 5-13 : Arbre des causes : LOHI – Branche « Operational failure».....	165
Figure 5-14 : Nombre d’incidents par type de navires (par année).....	166
Figure 5-15 : Arbre d’événements : Hatchcover failure.....	168
Figure 5-16 : Arbre d’événements : Hull enveloppe failure.....	169
Figure 5-17 : Potential Loss of Life, par incident et type de navires.....	170
Figure 5-18 : Exemple d’arbre de contribution au risque générique.....	172
Figure 6-1 : Fire Safety Concept Tree : Chapitre II-2 de la Convention SOLAS.....	177
Figure 6-2 : Diagramme du processus de sélection d’une conception ou dispositif alternatif [OMI, 2001a].....	179
Figure 6-3 : Ascenseurs avec et sans local machine séparé.....	185
Figure 6-4 : Cloisons incendie déplaçables dans les tranches principales incendie.....	186
Figure 6-5 : Développement des scénarios incendie.....	189
Figure 6-6 : Modèle système source – flux – système cible (MADS).....	191
Figure 6-7 : Arbre d’événements : procédure d’alerte.....	194
Figure 6-8 : Lignes temporelles de l’évacuation.....	195
Figure 6-9 : Arbre d’événements : développement de l’incendie.....	196
Figure 6-10 : Espace public : Pont supérieur, casino.....	198
Figure 6-11 : Espace public : Pont inférieur, music hall.....	199
Figure 6-12 : Espace public prescriptif: Pont supérieur, casino.....	200
Figure 6-13 : Matrice de risque et scénarios incendie.....	201
Figure 6-14 : Incendie de référence.....	203
Figure 6-15 : Liste des scénarios étudiés.....	204

Figure 6-16 : Approche générale pour l'évaluation du risque incendie	208
Tableau 0-1: Les principaux acteurs de la sécurité maritime	3
Tableau 0-2 : Conflit entre les acteurs du « système des transports maritimes » [Rasmussen, 1997]	7
Tableau 1-1: Matrice de Martel : Identification générique des acteurs [Joerin, 1997]	12
Tableau 1-2 : Matrice de Martel : les acteurs de la sécurité maritime	13
Tableau 1-3 : Acteurs principaux de la sécurité maritime et leurs fonctions [Pedrali, 2003]	13
Tableau 1-4 : Les acteurs de la sécurité maritime et leurs besoins [THEMES, 2000].....	17
Tableau 1-5 : Trois types de culture organisationnelle de la sécurité	19
Tableau 1-6 : Les grandes catastrophes de navires à passagers	27
Tableau 1-7 : Les grandes catastrophes pétrolières [ITOPF, 2005]	28
Tableau 1-8 : Impact des catastrophes pétrolières sur la réglementation	30
Tableau 1-9: Règles typiques de classification des navires.....	41
Tableau 2-1: Modèle de Rosness : Dimension « distance au danger »	53
Tableau 2-2 : Etat du Pavillon et Etat du Port	54
Tableau 2-3 : Groupe Politique 1	56
Tableau 2-4 : Groupe Politique 2	59
Tableau 2-5 : Groupe Managérial.....	62
Tableau 2-6 : Répartition des armements interrogés par activité [Lassagne, 2004]	64
Tableau 2-7 : Groupe Opérations routinières	65
Tableau 2-8 : Groupe Gestion de crise	66
Tableau 2-9 : Groupe Analytique	67
Tableau 2-10 : Coûts directs de la navigation sous normes : Conséquences pour les différentes parties [OCDE, 2001]	68
Tableau 3-1 : Les codes par performance de divers pays.....	88
Tableau 3-2 : L'approche <i>SEVESO</i> pour différents pays	89
Tableau 3-3 : Typologie de codes par performance	90
Tableau 3-4 : Code prescriptif vs. code par performance	93
Tableau 3-5 : Typologie de configurations de la réglementation.....	96
Tableau 3-6 : Technique d'analyse du risque : secteur des matières dangereuses [Tixier, 2002]	100
.....	
Tableau 3-7 : Technique d'analyse du risque : secteurs industriels [Chantelauve, 2000]	101
Tableau 3-8 : Technique d'analyse du risque : secteurs industriels européens [Medonos, 2003]	101
.....	
Tableau 4-1 : Analyse des types de défaillance et de leurs effets pour engins à grande vitesse	131
.....	
Tableau 4-2 : Analyses de l'évacuation des navires à passagers	132
Tableau 4-3 : Norme de conception équivalente des pétroliers doubles coques.....	133
Tableau 4-4 : Conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie	133
Tableau 4-5 : Evaluation formelle de la sécurité.....	135
Tableau 5-1 : Risque individuel [OMI, 2000].....	149
Tableau 5-2 : FSA des vraquiers et techniques d'évaluation du risque	155

Sommaire

Tableau 5-3 : Définition des vraquiers en fonction du tonnage	157
Tableau 5-4 : Arbre des cause : portes logiques.....	159
Tableau 6-1 : Table d'identification et d'énumération des dangers.....	190
Tableau 6-2 : Colonnes de la table d'identification et d'énumération des dangers.....	190
Tableau 6-3 : Classes d'incidents.....	190
Tableau 6-4 : Table de sélection des dangers.....	192
Tableau 6-5 : Table des indices de fréquence	192
Tableau 6-6 : Table des indices de sévérité.....	193
Tableau 6-7 : Matrice de risque.....	193
Tableau 6-8 : Table de classification n.1.....	193
Tableau 6-9 : Table de classification n.2.....	194
Tableau 0-1 : Les âges de l'émergence de la réglementation de la sécurité maritime	219

PRINCIPALES ABBREVIATIONS

Abréviation	Signification
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
ASET	Available Safe Egress Time
FSA	Formal Safety Assessment
HRA	Human Reliability Analysis
HSE	Health and Safety Executive
IACS	International Association of Classification Societies
IMO	International Maritime Organisation
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MSC	Maritime Safety Committee
NPD	Norwegian Petroleum Directorate
NRC	Nuclear Regulatory Commission
OMI	Organisation Maritime Internationale
RCO	Risk Control Option
RCT	Risk Contribution Tree
RSET	Required Safe Egress Time

INTRODUCTION GENERALE

DE L'IDEE DE LA THESE

« *« Il ne suffit pas de dire plus jamais. Il faut agir¹ ».* Cette exigence survient de façon récurrente à la suite de chaque marée noire ou pollution importante Elle traduit la volonté légitime de se prémunir d'un risque auquel la France est l'un des pays européens les plus exposés en raison de ses quelque 5 000 kilomètres de côtes et de sa position géographique. Le naufrage du navire-citerne Erika, le 12 décembre 1999, en offre la plus récente, si ce n'est la plus douloureuse illustration². » Cet extrait du Rapport fait au nom de la commission d'enquête de l'Assemblée nationale sur la sécurité du transport maritime des produits dangereux ou polluants suite au naufrage de l'Erika le 12 décembre 1999, met en exergue la volonté politique de ne plus accepter l'inacceptable vingt ans auparavant suite au naufrage de l'Amoco Cadiz le 16 mars 1978. Malheureusement, le Prestige s'est brisé en deux le 19 novembre 2002. La pollution s'est étendue

¹ Rapport de la commission d'enquête de l'Assemblée nationale à la suite du naufrage d'un navire pétrolier sur les côtes de Bretagne, le 16 mars 1978 (n° 665 - 14 novembre 1978).

² Rapport fait au nom de la commission d'enquête de l'Assemblée nationale sur la sécurité du transport maritime des produits dangereux ou polluants (n°2535 - 5 juillet 2000)

jusqu'au golfe de Gascogne et a atteint les littoraux espagnol, français et portugais sous l'effet des courants marins.

En ce début de 21^{ème} siècle, la sécurité maritime est plus que jamais un sujet de préoccupation majeure. Malgré une hausse des trafics et une accidentologie en baisse, les grandes catastrophes maritimes – qu'elles impliquent de larges pertes en vies humaines ou des pollutions - marquent les esprits et sont devenues inacceptables pour les sociétés modernes. Une réponse politique est attendue de la part des citoyens. Cette attente sociétale est aussi prise en compte par le secteur industriel, notamment, des navires à passagers, ainsi Strang reconnaît : *“this increase in ship numbers together with some of the radical designs being proposed could, unless properly managed, increase our potential to hazards such as fire, and the consequences of a major incident would be catastrophic not just to the company directly involved, but also to the industry as a whole³”*. Au delà du coût social, la sécurité apparaît aussi comme un enjeu économique majeur.

Si le transport maritime est un secteur qui a longtemps été régi par le seul principe de liberté, Boisson constate que *« de nos jours, la sécurité apparaît comme l'un des objectifs essentiels de la police du milieu marin et justifie les principales atteintes au principe de la liberté des mers⁴ »*. Historiquement, dès le 19^{ème} siècle, les règles des sociétés de classification se sont développées avec pour objectif la sécurité du navire et de sa cargaison. Depuis la création de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) en 1948, des Conventions internationales adressent la sécurité des personnes et la prévention de la pollution.

Malgré l'effort considérable réalisé en matière de sécurité maritime, le cadre réglementaire est, en particulier, remis en cause de nos jours. Héritage historique, la réglementation s'est développée essentiellement de manière réactive jusqu'à récemment – ce développement relève d'un simple cycle essai-erreur à partir d'une expérience opérationnelle et à partir de grandes catastrophes – et elle s'est mise en place de manière prescriptive – les normes sont des exigences techniques ou de compétences -. Certains arguent pour une approche pro-active⁵ de la sécurité maritime. Dans le contexte de la sécurité la pro-activité résulte de l'établissement d'un niveau de sécurité à atteindre, de l'identification et de la mise en place de mesures pour atteindre ce niveau de sécurité, et enfin, de la gestion de la performance tout au long du cycle de vie du système étudié. En particulier, Boisson⁶ identifie les approches normatives fondées sur les risques comme une tendance majeure de la sécurité maritime du 21^{ème} siècle.

Notre recherche a pour finalité d'appuyer cette dernière thèse en contribuant à l'apport des techniques d'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité maritime. Cette contribution qui s'inscrit dans le cadre d'une Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE) a plus précisément deux objectifs développés ci-après.

³ Strang, T. *Keynote address: The future of fire prevention, detection and control: setting the scene. A cruise operator's perspective*. Fire on Ship Conference, London, 2003.

⁴ Boisson, P. *Politiques et droit de la sécurité maritime*, Bureau Veritas, 1998.

⁵ Peachey, P. *From the reactive to the proactive approach*. 1st annual European energy and transport conference, 2002.

⁶ Boisson, P. *Politiques et droit de la sécurité maritime*, Bureau Veritas, 1998.

Le premier objectif de cette étude est la formalisation de l'apport des sciences du risque pour la réglementation de la sécurité des transports maritimes. Plus précisément, peut-on développer et proposer une méthodologie pour la maîtrise du risque maritime qui prenne en compte les acquis des sciences du risque et les évolutions de l'approche réglementaire dès les phases d'élaboration et de mise en forme de la réglementation?

Le second objectif de ce travail est le développement d'une base de connaissance (données, modèles, méthodes, expertise, etc.) sur l'apport des sciences du risque pour la réglementation. En d'autres termes, il s'agit de s'assurer que cette méthodologie soit applicable et appliquée par tous les acteurs concernés et réponde, notamment, aux attentes de l'entreprise d'accueil, en l'occurrence une société de classification: Bureau Veritas.

SITUATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Ce travail réalisé dans le cadre d'une Convention CIFRE (Conventions Industrielles de Formation pour la Recherche) associe donc autour d'un projet de recherche: une entreprise – le Bureau Veritas-, un laboratoire – le centre SITE de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne- , et un jeune diplômé préparant une thèse dans le cadre des activités de l'entreprise.

Les recherches qui ont été menées se situent donc dans un domaine situé à la croisée de la réglementation de la sécurité et des sciences du risque, en interaction très forte avec les attentes industrielles, et en relation étroite, comme on le verra par la suite, avec les départements techniques de Bureau Veritas. Dans ce domaine jeune de la sécurité maritime et, multidisciplinaire, nous avons été amené, de par les objets de nos recherches, à travailler avec des ingénieurs, spécialistes de la structure, de la sécurité incendie, avec des chercheurs, spécialistes du facteur humain, de la modélisation de l'incendie et de l'évacuation, de la modélisation du risque, à discuter avec des représentants d'Administrations nationales, des sociologues, des industriels, bref à confronter nos points de vue avec un ensemble de disciplines dans un contexte à la fois scientifique et social.

Contexte réglementaire

La réglementation internationale de la sécurité maritime et de la protection de l'environnement marin, sous l'égide de l'Organisation Maritime Internationale, est évidemment un des aspects les plus importants de l'environnement de ce travail. La réglementation traditionnelle est à la fois déterministe (ou probabiliste dans certains cas) dans son élaboration et prescriptive dans son format. En d'autres termes, le niveau de sécurité est implicite : il s'est développé au fil des années, et a été accepté empiriquement sans avoir à être défini. Cependant, depuis les années 90, de nouvelles approches réglementaires incorporent le concept de « risque ». Cette évolution vers un niveau de sécurité explicite a été particulièrement marquée depuis le début de ce travail de recherche. Dans ce contexte d'évolution rapide, ce mémoire espère néanmoins proposer une vision aussi précise que possible de ces nouvelles approches et des dernières initiatives en date.

Contexte universitaire

Si ce travail s'inscrit dans le cadre d'une Convention Industrielle, les échanges avec l'université n'ont toutefois pas été négligés. En particulier, les rencontres de doctorants dans le cadre du Groupement des Ecoles des Mines (GEM) Risques ont été riches d'enseignement. Le GEM Risques, créé en juin 2000, vise à favoriser la coopération entre les écoles des mines dotées de centres et / ou d'équipes de recherche spécialisés dans ce domaine. La recherche s'articule autour de trois axes :

- Accidentologie et phénoménologie : Les recherches concernent principalement les processus physiques impliqués dans les dynamiques d'accidents. Elles sont adossées à d'importantes activités expérimentales et de modélisation.
- Méthodes, modèles et outils de gestion : Les travaux portent sur l'élaboration, l'expérimentation et la validation de nouvelles méthodes d'évaluation des risques et des dangers.
- L'homme et l'organisation : Les recherches portent principalement sur le concept "d'organisation apprenante". L'objectif est de renforcer les dispositifs et les pratiques des organisations en vue de réagir au mieux à des perturbations.

Les séminaires des doctorants sont organisés tous les quatre mois et accueillis par une Ecole différente. Ces séminaires sont l'occasion pour les doctorants de présenter leurs travaux de recherche et de les confronter à cette communauté. De plus, chaque séminaire était l'objet d'un thème particulier, on peut citer : L'acceptabilité : le triangle Industrie - Réglementation – Recherche ; La vulnérabilité ; Quelles démarches communes pour la recherche sur les risques dans les Ecoles des Mines?; etc.

Contexte industriel

Le deuxième volet d'une Convention Industrielle est bien évidemment un environnement industriel omniprésent. Ce travail s'est déroulé au sein de la Division Marine du Bureau Veritas. Comme nous allons l'évoquer plus loin, les sociétés de classification développent des règles dont l'objectif principal est la sécurité du navire et de sa cargaison. Elles vérifient ensuite l'application de ces règles tout au long du cycle de vie d'un navire. Cette mission de classification n'est pas la seule mission de ces sociétés. En effet, certains Etats délèguent leurs compétences statutaires (vérification de l'application de la réglementation internationale de la sécurité) aux sociétés de classification qui possèdent une expertise technique reconnue et des réseaux internationaux d'experts. Les échanges internes avec les ingénieurs structure, incendie, machine, équipement ainsi qu'externes avec des chantiers, des armateurs, l'Administration française ont été riches d'enseignement.

Contexte scientifique de la sécurité maritime

Le travail s'est principalement déroulé au sein du Département Recherche de la Division Marine. Ce département possède des expertises dans le domaine de la structure, de l'hydrodynamique et de l'ancrage, du calcul scientifique, des inspections basées sur le risque et de l'ingénierie du risque. En ce qui concerne l'ingénierie du risque, la recherche est essentiellement une recherche coopérative dans le cadre de projets français et européens. La participation active à ces projets a permis de rencontrer la communauté européenne de recherche sur la sécurité maritime. Cette recherche européenne est particulièrement active avec la participation et les échanges entre industriels, universités, centre de recherches, etc.

STRUCTURE ET PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce manuscrit se compose de six Chapitres regroupés en trois Parties de deux Chapitres chacune.

La première Partie introduit la problématique de la sécurité maritime et de sa réglementation.

Le champ d'investigation de cette étude est plus précisément la sécurité du transport maritime relative à la sauvegarde de la vie humaine, la protection de l'environnement et du navire. Tout d'abord, les systèmes de la « sécurité maritime » et de la « réglementation de la sécurité maritime » sont décrits avec leurs acteurs. Deux acteurs en particulier sont présentés : l'Organisation Maritime Internationale et les sociétés de classification. Ensuite, la sécurité est abordée au travers du prisme de la décision et de domaines de décision : politique, managérial, analytique, opérations routinières et gestion de crise. L'importance de la réglementation pour la sécurité maritime et certains dysfonctionnements sont identifiés. En particulier les limites de la configuration réglementaire traditionnelle - élaboration déterministe d'une part, et format de la réglementation prescriptif d'autre part - posent la question de son évolution. L'apport des sciences du risque est une piste pour proposer des réponses à cette interrogation.

La deuxième Partie construit une méthodologie nouvelle d'approche du problème en examinant et organisant les concepts théoriques et les apports de terrain relatifs aux configurations réglementaires non traditionnelles, au sens maritime du terme.

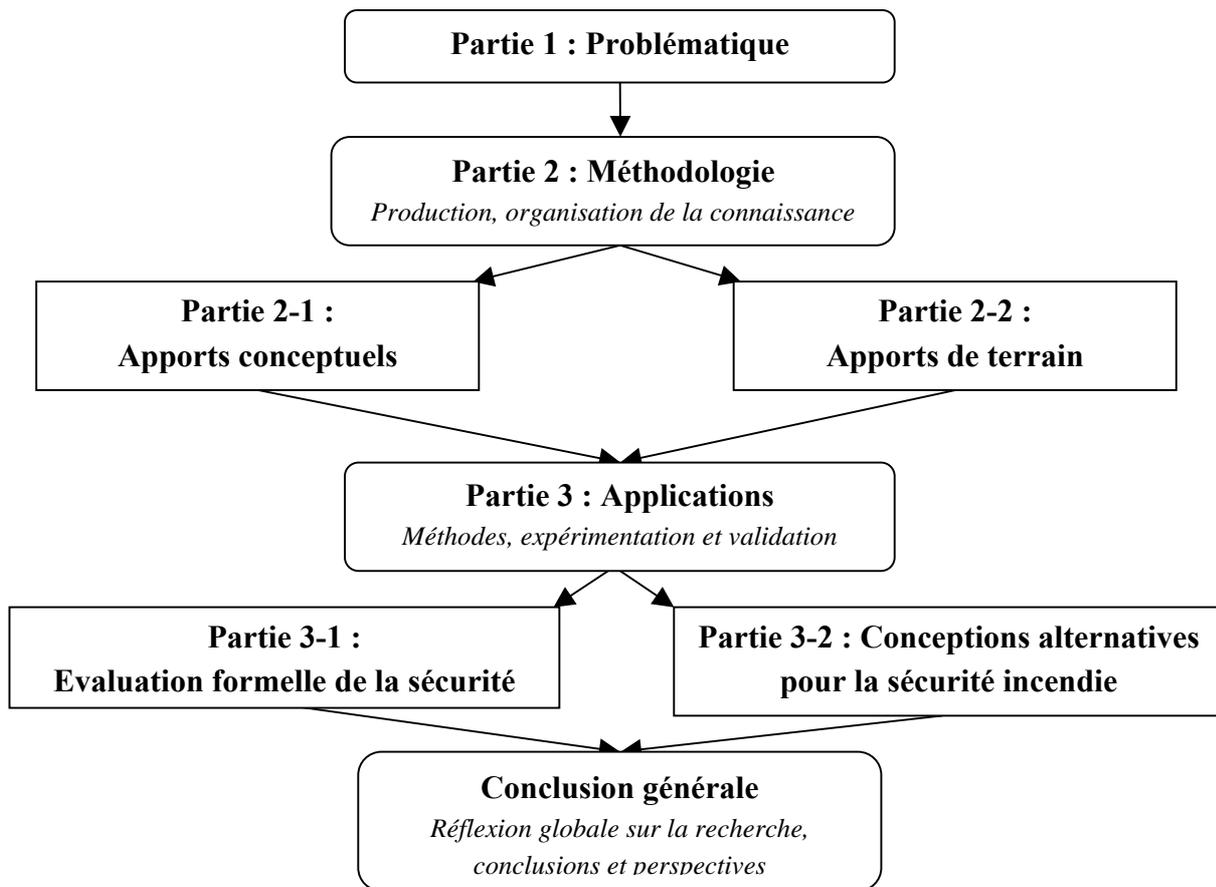
Dans un premier temps, les apports théoriques sont présentés. Les principales approches non traditionnelles développées par différents secteurs industriels sont décrites. Le concept de la configuration de la réglementation est ensuite exploré. Enfin, la question de l'apport et du choix des techniques d'analyse du risque est discutée. Dans un second temps, les approches novatrices de la réglementation de la sécurité maritime adoptées, ou en cours d'élaboration, sont recensées et présentées. Ce travail permet de formaliser l'apport des techniques de l'évaluation du risque à la réglementation de la sécurité.

La troisième Partie concerne le développement de deux méthodes particulières d'évaluation du risque - relatives à deux approches en vigueur, l'évaluation formelle de la sécurité (Formal Safety Assessment - FSA) et la conception alternative pour la sécurité incendie. La présentation d'une mise en œuvre de celles-ci fait également office d'expérimentation et de validation des méthodes développées.

L'approche FSA introduit l'analyse du risque en amont de la réglementation afin de faciliter le processus de prise de décision réglementaire. L'approche conception alternative pour la sécurité incendie introduit l'évaluation du risque en aval de la réglementation, sous la responsabilité des chantiers ou armateurs. L'origine des deux approches est rappelée, ainsi que leur statut actuel et les applications de référence. Les méthodes d'évaluation du risque sont décrites et des applications sont présentées.

La conclusion générale tire les enseignements du travail de recherche et souligne l'apport de celui-ci face aux objectifs fixés au niveau universitaire et industriel.

A travers les développements méthodologiques, l'apport des techniques d'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité maritime a été mis en évidence à trois niveaux : en amont de la réglementation comme outil d'aide à la décision, en aval de la réglementation comme outil d'approbation, et enfin dans le cadre traditionnel réglementaire comme outil de vérification. Ces résultats, combinés avec les perspectives décrites dans les premiers Chapitres, permettent de mettre en évidence le processus d'apprentissage évolutionnaire des acteurs de la réglementation de la sécurité maritime. De plus, ce travail de recherche, dans le cadre d'une Convention CIFRE, résulte en un certain nombre d'initiatives qui construisent la base de connaissance pour l'apport des sciences du risque à la réglementation de la sécurité. Ceci a notamment permis un apprentissage au niveau de l'entreprise d'accueil avec un développement gradué de savoirs, de compétences et d'expérience.



Plan schématique de la thèse

PARTIE 1

DE LA REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME

INTRODUCTION DE LA PARTIE 1

« Le propriétaire de l'Erika au moment du naufrage était M. Giuseppe Savarese, qui avait acquis le navire grâce à un prêt de la Royal Bank of Scotland. M. Savarese a confié le portage de la propriété du navire à Tevere Shipping, société enregistrée à Malte et domiciliée en fait au cabinet Camillieri, Delia Randon & associates de La Valette. Cette domiciliation n'est pas étonnante, dans la mesure où seul un navire appartenant à une société de droit maltais peut obtenir le Pavillon maltais. Cette société ne possède que l'Erika. Ses actionnaires officiels seraient deux sociétés enregistrées au Liberia (Agosta investments corporation et Financiers shipping corporation). Selon les dernières informations du BEA-mer, tous les partenaires de ces deux sociétés libériennes ne se sont pas encore fait connaître. M. Savarese a confié la gestion nautique du navire (« ship management ») à Panship, dont le siège est à Ravenne. Cette société, qui serait la propriété de M. Luca Vitiello et de M. Antonio Pollara, est dirigée par ce dernier qui assure, dans le cadre de la certification ISM du navire la fonction de « personne responsable ». C'est Panship qui a ensuite recruté l'équipage via Panship Mumbai, sa filiale indienne de recrutement de marins, laquelle s'est adressée sur place à une agence de placement (Herald Marine Services). Le navire a été affrété à

temps à la société helvético-bahaméenne Selmont/Amarship (qui serait elle-même liée aux sociétés Morimor Trust – enregistrée aux Bahamas – et Morgan & Morgan – enregistrée au Panama).

Au cours de sa seconde audition, le 8 juin dernier, M. Georges Tourret, directeur du BEA-mer, a estimé que « l'ensemble constitué par M. Savarese, Panship, les autres parties prenantes, y compris l'affréteur à temps, la société Bahamo-helvétique dénommée Selmont et l'agent maritime Amarship installé à Lugano, était un bloc difficilement dissociable. Afin d'éviter toute polémique et toute interprétation inutile, je me demande si nous n'allons pas globalement les désigner collectivement comme étant « les armateurs » ».

Cet extrait du Rapport fait au Nom de la Commission d'Enquête sur la sécurité du transport maritime des produits dangereux ou polluants [Paul, 2000], suite au naufrage de l'Erika, est révélateur de la complexité de la situation de propriété dans le domaine maritime. Dans le secteur de la navigation à la demande, la fonction armatoriale est ainsi couramment démembrée entre gestionnaire financier, gestionnaire commercial, gestionnaire nautique et plusieurs intermédiaires, à divers niveaux. La situation d'ensemble du transport maritime et de sa sécurité n'est pas moins complexe, avec l'intervention - et l'interaction entre - de nombreux intervenants. La figure suivante illustre les principaux acteurs et leurs interactions que nous allons brièvement présenter dans cette introduction.

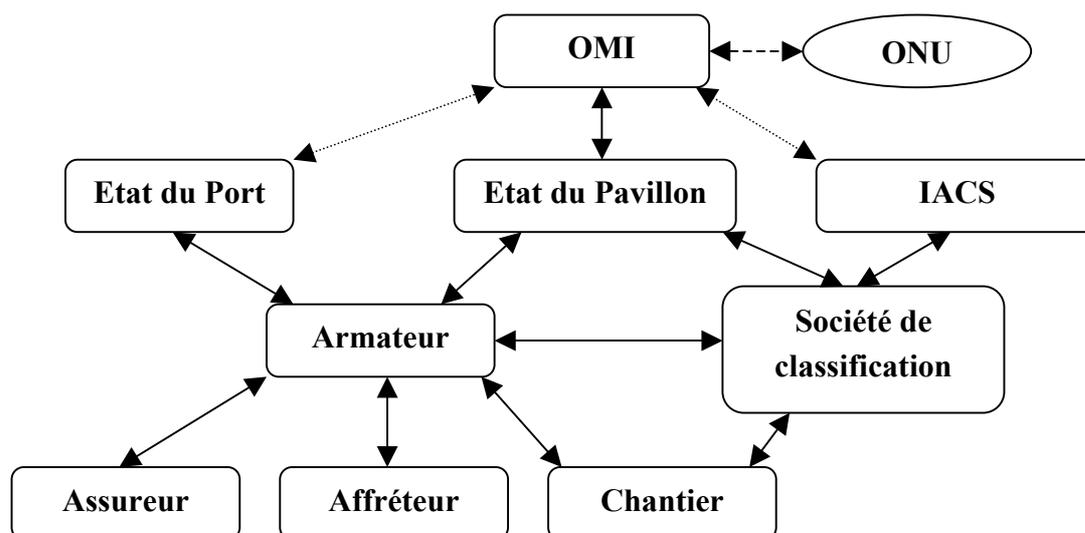


Tableau 0-1: Les principaux acteurs de la sécurité maritime

L'exploitation d'un navire met en présence les acteurs principaux que sont l'exploitant du navire, l'armateur qui est juridiquement un armateur ou un fréteur, avec ses clients, juridiquement un chargeur ou un affréteur en fonction du contrat conclu.

La gestion du navire peut-être extrêmement éclatée, afin de resserrer au maximum les coûts d'exploitation. Le *ship management* comprend, tout d'abord, la *gestion nautique*, composée elle-même d'une part de l'armement au sens traditionnel (recrutement et gestion des équipages) et, d'autre part, de la *gestion technique* du navire. Par ailleurs, la *gestion commerciale* du navire peut être déléguée à une personne physique ou morale par l'armateur. L'opacité peut-être d'autant plus

importante que certains propriétaires créent une société - plus exactement un montage juridique - pour chaque navire qu'ils possèdent. C'est le système dit des « *single ship companies* ».

Les chargeurs sont les propriétaires des cargaisons que les navires affrétés doivent convoier. La propriété des cargaisons peut être transférée soit dès le départ (*vente au départ*), soit à son arrivée à destination (*vente à destination*), soit en cours de voyage. Il arrive même que le propriétaire de la cargaison change plusieurs fois au cours d'un trajet. Parmi les ventes au départ, le mode *Franco de bord* correspond au cas où le vendeur a rempli son obligation de livraison quand la marchandise est placée à bord du navire au port d'embarquement désigné. L'acheteur choisit le navire et paye le fret maritime. Lorsque le vendeur a rempli son obligation de livraison quand la marchandise a été placée le long du navire, sur le quai au port d'embarquement convenu, on parle de *Franco le long du navire*. Dans le mode *Coût et Fret*, le vendeur doit choisir le navire et payer les frais et le fret nécessaires pour acheminer la marchandise au port de destination désigné. Dans le cadre d'un *Coût Assurance et fret*, le vendeur a les mêmes obligations qu'en mode *Coût et Fret* mais il doit en plus fournir une assurance maritime contre le risque de perte ou de dommage de la marchandise au cours du transport. Pour les ventes à destination, le vendeur a rempli son obligation de livraison quand la marchandise est mise à la disposition de l'acheteur à bord du navire au port de destination convenu - *Rendu Ex Ship* - ou sur le quai, au port de destination convenu - *Rendu à quai*.

Le contrat de transport maritime et le contrat d'affrètement correspondent à des types de transport différents avec une terminologie différente [Odier, 2004a]. Le *contrat de transport maritime* correspond, en principe, au trafic de lignes régulières, de plus en plus souvent « conteneurisées » et exploitées par un groupement d'armateurs, une « conférence maritime » ou un « consortium ». On parle ici d'un « transporteur » qui fournit le navire et d'un « chargeur » qui utilise le navire. Le *contrat d'affrètement* concerne le transport des matières premières et des navires qui vont là où il y a un contrat à exécuter. Trois types de contrat existent. L'*affrètement à temps*, qui est un contrat par lequel le chargeur s'engage à recourir à un bateau sur une certaine durée. Le fréteur fournit un navire armé (avec un équipage) et équipé, l'affréteur en ayant la gestion commerciale. C'est le fréteur qui désigne le commandant du navire, celui-ci étant aussi amené à être le représentant de l'affréteur dans l'exécution commerciale du contrat. L'*affrètement au voyage*, ou *spot*, mobilise le navire pour une opération précise. Le fréteur a la gestion nautique et commerciale du navire, l'affréteur a seulement à désigner le port et à amener la marchandise au port de chargement. L'affrètement des navires « *coque nue* », permet aux armateurs d'utiliser leurs navires sous Pavillon économique. Un fréteur fournit un navire à un affréteur qui va assurer la gestion nautique et commerciale du navire.

La construction navale est une industrie importante et complexe. Durant la phase de *conception*, le navire doit être défini en fonction des spécificités armateur, des exigences réglementaires et des capacités du chantier. Les vraquiers et les pétroliers sont des navires qui requièrent une technologie relativement simple. En revanche, les navires à passagers et les navires de transport de marchandises qui requièrent une technologie avancée (chimiquiers, gaziers, dragues, câbliers, ferries et remorqueurs), dans des domaines divers, demandent la maîtrise des savoir-faire, des compétences et de productivité nécessaire. La qualité d'un navire est en grande partie déterminée par la qualité de ses équipements et de ses systèmes. La *construction* moderne se doit d'être compétitive en termes de coût, de délais et de qualité. Leurs performances, leurs fiabilités et leurs maintenabilités sont essentielles. Les chantiers modernes sont dorénavant dits de 3^{ème}

génération. La première phase est la phase *d'usinage et de pré-fabrication*. L'activité principale consiste à découper des tôles, les transformer en nappes, cloisons qui vont être assemblées afin de produire des panneaux (ensembles métalliques composés de tôles soudées entre elles et raidies qui vont ensuite constituer les éléments de la coque du navire). Selon leur destination, ces panneaux peuvent être de géométrie très différente et de conception plus ou moins complexe. Ces panneaux sont eux-mêmes assemblés afin d'obtenir des blocs. Le *pré-armement* consiste ensuite à équiper les panneaux ou les blocs de tuyaux, de gaines de ventilation, de câbles électriques avant que ne débute leur montage. Cette étape est de plus en plus importante, car elle diminue d'autant l'armement à réaliser à bord du navire, et permet de le faire dans de meilleures conditions (c'est l'élément novateur de la 3^{ème} *génération*). Le *montage* correspond à l'assemblage des divers blocs du navire. Ceux-ci sont transférés de l'unité de pré montage vers la cale sèche. L'*armement* du navire est la phase suivante : armer un bateau, c'est l'équiper de tout ce qui est nécessaire à son fonctionnement, sa sécurité et à sa finalité : les moteurs, les cabines, et tout le second œuvre. Les essais *à quai et en mer* viennent finaliser la construction.

Les assurances en matière de transport maritime portent sur trois types de risques différents, qui sont eux-mêmes garantis par des assureurs de nature distincte. Tout d'abord, il y a l'assurance des navires eux-mêmes contre le risque de perte ou d'avarie. C'est *l'assurance corps*, qui assure la coque et les machines du navire. Le deuxième volet de l'assurance maritime est l'assurance des cargaisons. C'est *l'assurance facultés*. Ces deux marchés placés sur le marché des compagnies à prime fixe ne présentent pas de particularité notable. Le troisième volet est l'assurance de la responsabilité des transporteurs. Le marché de la responsabilité - les dommages causés aux tiers en raison du navire - des propriétaires de navires et des transporteurs maritimes est placé sur un marché couvert par des mutuelles d'armateurs, les *Protection and Indemnity clubs (P and I clubs)*. Ces clubs sont des organismes mutualistes à but non lucratif, qui se sont développés à partir du milieu du 19^{ème} siècle.

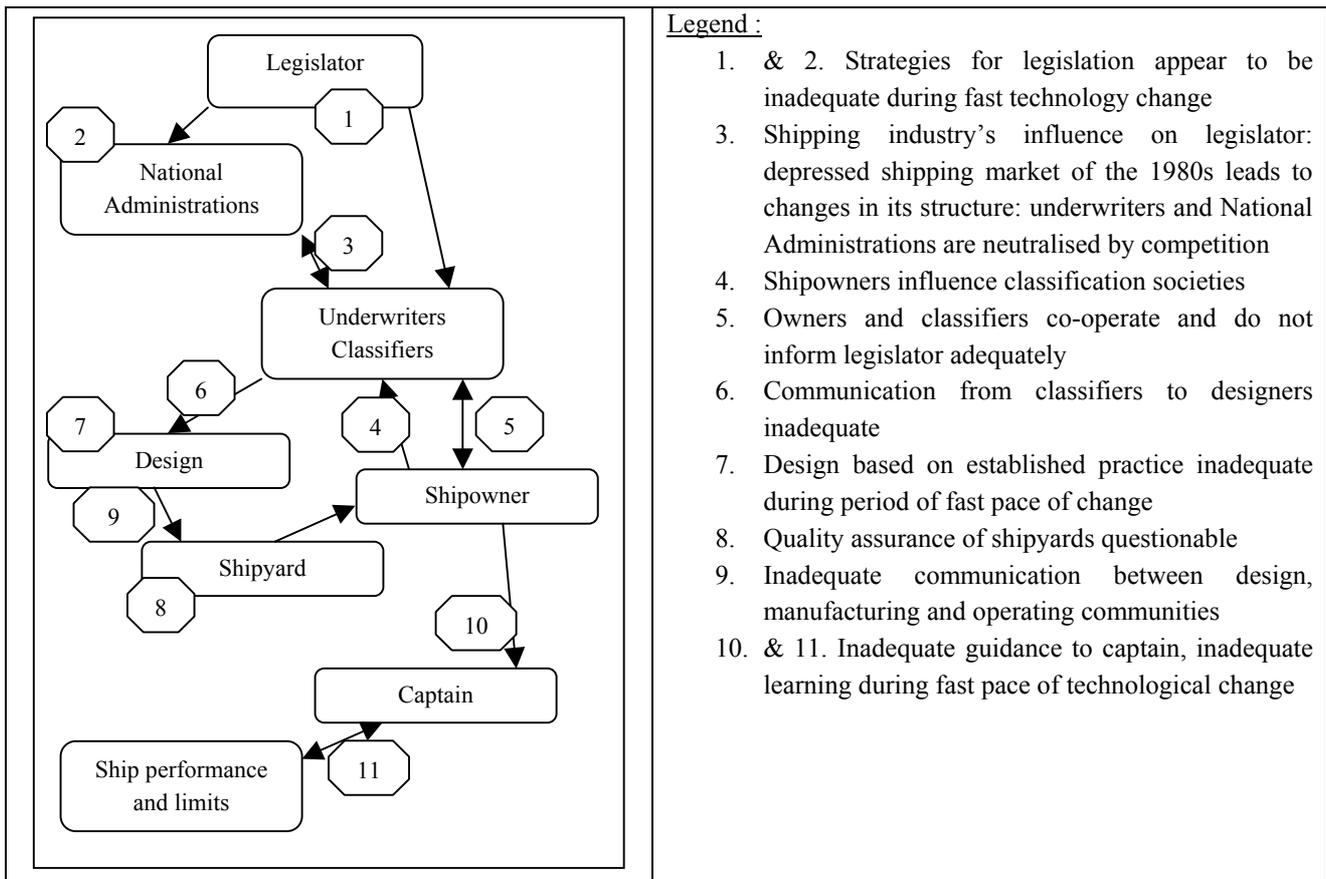
La réglementation internationale de la sécurité du transport maritime a pour objectif la protection de la vie humaine et de l'environnement. Ce régime se compose des *Conventions Internationales* développées et adoptées par *l'Organisation Maritime Internationale*, une institution spécialisée des Nations Unies chargée des questions de la sécurité maritime. Elle compte actuellement 165 États Membres et deux États associés. L'OMI est une organisation technique et la plupart de ses travaux sont effectués par des comités et sous-comités, dont le plus ancien est le Comité de la sécurité maritime (*Maritime Safety Committee - MSC*). Le Comité de la protection du milieu marin (*Marine Environment Protection Committee - MEPC*) est chargé de coordonner les activités dans le domaine de la prévention et de la maîtrise de la pollution. Les deux Conventions majeures sont la Convention Internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS - *International Convention for the Safety of Life at Sea*) et la Convention Internationale pour la prévention de la pollution par les navires (Convention MARPOL - *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*).

La loi du Pavillon est l'expression de la souveraineté d'un Etat sur un navire. Pour autant, elle implique également des obligations. Les Conventions internationales confient en effet la responsabilité de leur mise en oeuvre en premier lieu à *l'Etat du Pavillon*, c'est-à-dire celui auprès duquel est immatriculé le navire. Pour ce faire, les Etats peuvent choisir d'exercer leur contrôle directement ou de déléguer leurs fonctions (en totalité ou en partie) à des organismes qu'ils habilite à cet effet (les sociétés de classification).

Le *contrôle par les Etats du Port* est une seconde catégorie de contrôle. L'escale des navires est en effet le moment privilégié pour effectuer des visites d'inspection visant à prévenir les risques. L'inspection d'un navire doit être limitée à l'examen des certificats, registres ou autres documents dont le navire est tenu d'être muni. Une inspection plus poussée peut être diligentée dans trois cas de figure: s'il y a de sérieuses raisons de penser que l'état du navire ne correspond pas aux mentions portées sur les documents ; si la teneur des documents ne suffit pas pour vérifier l'infraction présumée ; si le navire ne dispose pas des documents exigibles.

La *classification*, réalisée par les sociétés de classification, engendre une troisième catégorie de visites qui s'ajoute aux contrôles par l'Etat du Pavillon et aux inspections par l'Etat du Port. Les sociétés de classification assurent deux missions essentielles. La première consiste à élaborer des règles de sécurité pour les navires, portant principalement sur la solidité structurelle de la coque ainsi que sur la fiabilité des machines et des équipements, et à vérifier leur application au moyen de visites et d'inspections tout au long du cycle de vie du navire. Cette classification du navire est une activité privée réalisée à la demande de l'armateur. La seconde mission relève d'une délégation de compétence des Etats du Pavillon. Les plus importantes sociétés de classification sont regroupées au sein de l'IACS (*International Association of Classification Societies*).

A cette situation d'interactions complexes entre réseaux d'acteurs est associée une double réalité en termes de sécurité : tout d'abord une sinistralité globale en baisse – et ce dans un contexte d'augmentation du transport maritime – et une récurrence des catastrophes maritimes – dans un contexte de perception collective (sociétale, médiatique et politique) des dangers exacerbée (du moins dans le monde dit développé). Les analyses modernes des accidents ne se contentent plus de mettre en cause des erreurs techniques ou des opérateurs de première ligne, mais soulignent l'importance de l'environnement organisationnel pour la (non) sécurité. Le Rapport d'enquête officiel du chavirement du Herald of Free Enterprise (le 6 mars 1987, 193 passagers et membres d'équipage ont péri à la sortie du port de Zeebrugge suite au chavirement de ce navire roulier dû à une absence de fermeture des portes) conclut que cette catastrophe n'était pas le fruit de coïncidences de défaillances techniques et d'erreurs humaines indépendantes, mais le résultat de changement du comportement – à un niveau organisationnel - des opérateurs sous l'influence de pressions économiques dans un environnement hyper-compétitif [Rasmussen, 1997]. Les interactions conflictuelles entre les réseaux d'acteurs du système du transport maritime sont mises en évidence dans le diagramme suivant élaboré par Rasmussen [Rasmussen, 1997] à partir d'analyses d'accidents de pétroliers et de navires rouliers à passagers au début des années 90.



Legend :

1. & 2. Strategies for legislation appear to be inadequate during fast technology change
3. Shipping industry's influence on legislator: depressed shipping market of the 1980s leads to changes in its structure: underwriters and National Administrations are neutralised by competition
4. Shipowners influence classification societies
5. Owners and classifiers co-operate and do not inform legislator adequately
6. Communication from classifiers to designers inadequate
7. Design based on established practice inadequate during period of fast pace of change
8. Quality assurance of shipyards questionable
9. Inadequate communication between design, manufacturing and operating communities
10. & 11. Inadequate guidance to captain, inadequate learning during fast pace of technological change

Tableau 0-2 : Conflit entre les acteurs du « système des transports maritimes » [Rasmussen, 1997]

STRUCTURE ET PRESENTATION DE LA PARTIE 1

Cette première Partie introduit la problématique de la sécurité du transport maritime et de sa réglementation. Elle comporte deux Chapitres. Le premier Chapitre décrit le système de la sécurité maritime puis présente le système de la réglementation de la sécurité maritime. Le deuxième Chapitre confronte le système de la sécurité maritime et des apports théoriques, afin de le formaliser dans une perspective décisionnelle de la sécurité, et d'identifier ses limites. Le système réglementaire et ses acteurs sont identifiés comme l'un des déterminants principaux de la sécurité. A partir des dysfonctionnements constatés, la Partie 2 présentera une voie de solution possible afin de surmonter les limites de la configuration réglementaire actuelle – déterministe et prescriptive - : des approches réglementaires dites « performance-based, goal-based ou encore risk-based ».

Chapitre 1: LA SECURITE DU TRANSPORT MARITIME

Traditionnellement maillon d'une chaîne, (des lieux de production aux lieux de consommation en passant par des lieux de transformation), le transport maritime est aussi devenu une activité tertiaire à part entière lorsque le navire devient le lieu de destination. Cette activité, par nature internationale, se caractérise par la multiplicité de ses intervenants et des marchandises transportées. A côté des navires traditionnels, les navires modernes sont des consommateurs de nouvelles technologies. La variété de ce mode de transport tient à la nature de la cargaison pour laquelle les navires ont été conçus. Le dictionnaire maritime thématique anglais français [Bruno, 1999], ne contient pas moins de 100 types de navires que l'on peut classer selon leur usage, leur taille, leur mode de propulsion principal, etc. Nous retiendrons dans cette étude les navires de charge et les navires à passagers. Les porte-conteneurs transportent diverses marchandises dans leurs « boîtes » standardisées que l'on retrouve sur les camions semi-remorques ou sur les trains. Les pétroliers transportent les hydrocarbures liquides (pétrole brut, condensats, produits raffinés). Ils peuvent être classés en fonction de leur taille (dwt – tonnes de port en lourd) : *panamax* (jusqu'à 45 000 dwt), *afamax* (45 000 à 85 000 dwt), *suezmax* (85 000 à 150 000 dwt), VLCC - *Very Large Crude Carrier* (150 000 à 300 000 dwt), ULCC - *Ultra Large Crude Carrier* (300 000 à 800 000 dwt), et megatanker (au-delà de 800 000 dwt). Parmi les gaziers, on peut citer les méthaniers transportant du gaz naturel liquéfié. Les vraquiers transportent des vrac industriels. Les principaux vrac sont les minerais, le charbon, les céréales, la bauxite et les phosphates. Les chimiquiers sont spécialisés dans le transport de produits chimiques. En ce qui concerne les navires à passagers, on peut citer les navires rouliers qui transportent les passagers piétons ou en voiture et les camions, les navires rapides ou encore les navires de croisière, héritiers des prestigieux paquebots. Si, pour le citoyen, le transport maritime est généralement une activité invisible (les ports sont de plus en plus situés à l'extérieur des métropoles, les navires se font oublier), il ne se fait remarquer qu'en cas d'accident entraînant pollution ou pertes de vie humaine. Il n'en est pas moins une activité capitale à l'économie moderne (90% des échanges commerciaux européens externes et 38% des échanges intra-communautaires en terme de volume se font par voie maritime [MIF, 2002]).

Avant de s'intéresser aux dysfonctionnements relatifs à la gestion de la sécurité maritime (Partie 1- Chapitre 2) d'un point de vue décisionnel, ce premier Chapitre décrit les systèmes de la

sécurité maritime et de la réglementation de la sécurité maritime. La première section présente le système de la sécurité maritime avec ses objectifs, ses acteurs, sa culture, son accidentologie et ses règles. Ces cinq aspects sont notre grille de lecture adaptée des travaux de Kervern [Kervern, 1994] (Selon Kervern, une situation cindynique peut-être appréhendée par la définition de ses réseaux d'acteurs et de cinq dimensions : mnésique (les données, l'expérience), épistémique (les modèles, les méthodes), téléologique (les buts, les finalités), axiomatique (les valeurs), déontologique (les lois, règlements, normes)). La deuxième section décrit le système de la réglementation de la sécurité maritime, avec deux acteurs en particulier : l'Organisation Maritime Internationale et les sociétés de classification, et deux activités : la certification et la classification. (L'importance de la réglementation pour la sécurité maritime - et de ses deux acteurs principaux – apparaît tout au long de la première section de ce Chapitre et sera formalisée dans le Chapitre 2).

I. LA SECURITE MARITIME

Avant de s'intéresser au système « réglementation de la sécurité maritime », il est nécessaire tout d'abord de décrire le système « sécurité maritime ». Nous avons choisi une approche cindynique qui permet d'étudier les réseaux d'acteurs à partir d'un ensemble d'axiomes et de concepts.

I.1. Objectifs de la sécurité maritime

Ce mémoire sur les risques et la réglementation de la sécurité maritime porte sur les transports maritimes. Nous avons centré nos réflexions sur le navire de commerce. La plaisance, la pêche, l'exploitation offshore, ou la navigation fluviale en sont exclus. Ainsi, dans ce mémoire, le terme « sécurité maritime » doit être compris comme « sécurité maritime des navires de commerce ». Boisson [Boisson, 1998] rappelle différentes acceptations du terme « sécurité » en matière maritime : la sécurité sanitaire, la sécurité de navigation, la sûreté de l'Etat, la sûreté du commerce auxquelles vient s'ajouter la sûreté anti-terroriste depuis 2001. La sécurité de la navigation cherche à *assurer la sauvegarde de la vie humaine en mer et la défense contre les dangers naturels (tempête, typhon, cyclone, etc.) et navals (provoqués par la circulation maritime)*. La signification du terme sécurité maritime dans ce mémoire - proche de la définition de la sécurité de navigation - peut être définie par ses objectifs : protection de la vie humaine, protection de l'environnement, et protection du navire (au sens où cette dernière est une condition des deux autres).

Du point de vue de l'ingénieur, deux grandes catégories de risques sont les risques naturels et les risques industriels. De prime abord, cette distinction porte sur l'élément source de risques : l'environnement ou un système anthropique (En réalité, cette vision duale de la relation homme-environnement est dépassée, et la distinction entre risque naturel et risque industriel porte dorénavant sur la culture des communautés en charge et sur la phénoménologie étudiée). D'un point

de vue juridique, une des caractéristiques d'un navire est qu'il est soumis au « risque de mer » [Odiar, 2004b]. La sécurité maritime est-elle donc du ressort du domaine des risques naturels? Bien que l'environnement soit omniprésent, de par la démarche volontaire d'affronter les événements, la sécurité maritime est abordée du point de vue des risques industriels. A ce titre, l'acceptation maritime de la mesure du risque est probabilité * conséquences (et non pas aléa * vulnérabilité des enjeux, définition acceptée du risque naturel).

Merad [Merad, 2003] rappelle que quatre principes de gestion sont distingués selon la nature des risques dans un Rapport au Premier Ministre sur le principe de précaution [Viney, 2000]. Lorsqu'un phénomène potentiellement dommageable est scientifiquement connu et que sa probabilité est calculable sur la base de la répétition du phénomène dans le temps, on a affaire à un risque « avéré » : agir sur le risque relève d'une « démarche de prévention ». En l'absence de certitudes sur le phénomène, deux situations peuvent se présenter. Soit il existe un doute raisonnable scientifiquement étayé sur la potentialité des dommages, dans ce cas le principe de « précaution » s'instaure face à ce risque « suspecté ». Soit le phénomène n'est même pas suspecté, le risque est de « développement » et le principe « d'exonération » s'impose. Lorsque les risques sont « réalisés », le principe de « réparation » est appliqué. Dans le cadre de ce travail, le risque pris en compte est le risque dit « avéré ». Il faut noter que le principe de précaution a été introduit, en 1996 dans le «*Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*» : à moins qu'il ne soit prouvé qu'une substance n'est pas dangereuse, elle ne doit pas être rejetée à la mer. Précédemment, la philosophie était de prouver la dangerosité d'une substance, afin que son rejet soit interdit. Ceci permet de conclure ce paragraphe, en rappelant que les risques accidentels sont l'objet de cette étude, et que les risques chroniques sont par conséquent en dehors du cadre de cette étude.

I.2. Acteurs de la sécurité maritime

I.2.1. Apports théoriques

L'Action Concertée CA-FSEA (*Concerted Action on Formal Safety and Environmental Assessment*) [CA-FSEA, 1999] a identifié une liste d'acteurs (*stakeholder*) de la sécurité maritime. Stakeholder est défini comme “*any person, group, organisation or authority, which directly or indirectly either influences or is affected by the safety or cost effectiveness of ships and/or shipping*”. Cette liste comprend une quarantaine d'acteurs. Afin de rendre cette liste intelligible, une approche structurée est adoptée : identification de groupes d'acteurs, présentation des acteurs principaux et des fonctions critiques, présentation des besoins en termes de sécurité des acteurs. Pour l'identification des groupes d'acteurs, la matrice de Martel [Joerin, 1997] est tout d'abord utilisée. Cette matrice (figure suivante) propose de distinguer les groupes d'acteurs selon leur participation au processus de décision et l'influence sur la structuration du problème. Dans cette étude, la décision est la « sécurité maritime ». Cette matrice permet de relire la liste brute de CA-FSEA tout en étant pertinent avec la définition du *stakeholder*.

	Participant directement	Participant indirectement
<i>Influencent le problème</i>	Fiduciaires	Invisibles
<i>Affectés par le problème</i>	Concernés et actifs	Concernés mais passif
<i>Influencent et sont affectés par le problème</i>	Traditionnels	Derrière les rideaux

Tableau1-1: Matrice de Martel : Identification générique des acteurs [Joerin, 1997]

Pour l'identification des acteurs principaux et des fonctions critiques, nous nous sommes intéressés à un modèle fonctionnel du Système de Transport Maritime (*Marine Transport System – MTS*) développé par Pedrali [Pedrali, 2003]. L'ambition de ce modèle est de fournir une vision systémique du MTS du point de vue de la sécurité. Cette modélisation « top down » identifie tout d'abord les acteurs principaux et les fonctions critiques (*MTS analysis*). Dans une seconde étape, les variables sont définies pour chaque fonction (*Qualitative Model Formulation*). Et enfin (*Quantitative Model Formulation*), les interactions entre acteurs sont formulées et quantifiées avec des relations fonctionnelles (déterministes) ou organisationnelles/systémiques (probabilistes). La première étape de cette modélisation est pertinente pour cette étude. Enfin, le Réseau Thématique Européen THEMES « *Safety assesment for waterborne transport* » [THEMES, 2000] sur la base des acteurs identifiés par CA-FSEA, a identifié leurs besoins en termes de sécurité.

1.2.2. Description générale

➤ La matrice de Martel

Dans cette matrice, le positionnement des acteurs est complexe. Certains acteurs peuvent avoir plusieurs rôles. Les acteurs affectés par le problème le sont-ils physiquement, économiquement, juridiquement, dans quelles limites ? Malgré ces difficultés, et en se positionnant par rapport aux rôles et responsabilités principaux des acteurs, le tableau suivant permet clarifier la liste brute des acteurs. Il n'est pas utile dans le cadre de ce mémoire de détailler l'ensemble de ces acteurs. L'étape suivante permettra de cibler les acteurs principaux.

	Participant Directement	Participant Indirectement
<i>Influencent le problème</i>	IMO EU Flag states National governments Regional governments Classification societies	Intergovernmental bodies Political advisors (members of EU parliament) Ship yards Financial organisations Ship sale and purchase brokers Maritime research organisations Seafarer training and other maritime educational establishments (including universities) Accident/incident database managers
<i>Affectés par le problème</i>	Passengers	Tour operators
<i>Influencent & sont affectés par le</i>	Ship owners Charterer	Ship owner associations Trade Unions

	Participant Directement	Participant Indirectement
<i>problème</i>	Ship managers Crew manager Stevedores / Shippers and professions related to cargo Port authorities Bridge/Lock Controllers (inland navigation) Environmental authorities Regional (waterway) authorities Pilots, Mooring masters Search and rescue (SAR) Tug owners Salvage companies Fire department	Professional organisations Insurance companies P&I Clubs Consumer and environmental pressure groups

Tableau 1-2 : Matrice de Martel : les acteurs de la sécurité maritime

➤ Acteurs principaux et fonctions critiques

A la suite d'interview d'opérateurs, de chantiers et de sociétés de classification, Pedrali [Pedrali, 2003] a identifié cinq acteurs principaux : l'opérateur, le chantier, le port, l'acteur réglementaire (l'Etat du Pavillon, l'Etat du Port et les sociétés de classification) et enfin l'Environnement, considéré d'un point de vue socio-technique. La description des acteurs est réalisée par l'intermédiaire de leurs fonctions.

Actors	Functions
Operator	Personnel management Fleet exploitation Ship maintenance Training Ship government Cargo and passenger handling
Shipyard	Ship design Ship development / Production / Testing Management and subcontracting
Regulator	IMO – Definition of international standards Classification societies – Means of compliance Classification societies – Provision of assistance Port State Authorities – Ensure compliance with international standards
Port	Berthing, mooring and anchoring Traffic management Towage and pilotage Turnaround services Emergency and rescue services

Tableau 1-3 : Acteurs principaux de la sécurité maritime et leurs fonctions [Pedrali, 2003]

➤ Les acteurs et leurs besoins

Après cette présentation des acteurs principaux, il peut-être nécessaire d'élargir à nouveau le champ afin de ne pas perdre de vue la complexité de la situation. La liste d'acteurs développée par CA-FSEA est enrichie avec l'identification des besoins de chaque acteur en termes de sécurité (les acteurs identifiés par Pedrali sont mise en évidence en italique).

Stakeholders	Needs/decisions
<i>IMO</i>	<i>Policy setting</i> <i>Database structuring and incident/accident information collection and archiving</i>
<i>Flag states</i>	<i>Information on/assessment of risks</i> <i>Decision on safety regulations (through IMO)</i> <i>Database structuring and incident/accident information collection and archiving</i>
EU	Policy setting
Intergovernmental bodies	Support for policy setting
National governments	Policy settings
Regional governments	Policy setting
Regional (waterway) authorities	Information on/assessment of risks in certain areas (e.g. coastal) Acceptance/refusal of Ships Pollution avoidance Fulfilling national/local requirements for contingency planning, and provision of emergency services Policy setting
Political advisors (e.g. members of EU parliament)	Policy setting
<i>Classification societies</i>	<i>Pro-active approach to assess ship design safety</i> <i>Tool for (safety) equivalency evaluations</i> <i>Acceptance/refusal of ships' safety design</i> <i>Tool for rule development/adjustment</i> <i>Accident and incident investigation</i> <i>Port State Control inspections and other surveys</i>
<i>Port authorities and state</i>	<i>Assessment of (ship type specific) risks (e.g. to optimise checklists for port state control surveys)</i> <i>Acceptance/refusal of ships</i> <i>Fee estimation/adjustments</i> <i>Pollution avoidance</i> <i>Fulfilling national/local requirements for contingency planning, and provision of emergency services</i> <i>Port State Control inspections and other surveys</i> <i>Policy setting</i>
Bridge/Lock Controllers (inland navigation)	Assessment of (ship type specific) risks (e.g. to optimise checklists for bridge/lock control surveys) Acceptance/refusal of ships Fee estimation/adjustments Pollution avoidance Fulfilling national/local requirements for contingency planning, and provision of emergency services

Chapitre 1 : La sécurité du transport maritime

Stakeholders	Needs/decisions
Environmental authorities	Information on/assessment of risks in certain areas (e.g. coastal) Acceptance/refusal of Ships Accident and incident investigation
<i>Ship owners</i>	<i>Selection of ship design options</i> <i>Safety design optimisation</i> <i>Seeking exemptions or equivalencies to prescriptive regulations</i> <i>Negotiation with yards</i> <i>Negotiations with insurance companies</i> <i>Safety system investments</i> <i>Support for safety management investigations/ decisions</i> <i>ISM compliance</i> <i>Pollution avoidance</i> <i>Crew training</i> <i>Training in routine operations and emergency preparedness</i> <i>Accident and incident investigation</i> <i>Database structuring and incident/accident information collection and archiving</i> <i>Ship repair and maintenance</i> <i>Ship provisioning</i>
Ship owner associations	Evaluation of fleets Developing codes of good practice Advisory actions Persuasive activities
Charterers	Selection of proper ship for operation (vetting inspections) Refusal of non-compliance vessels. Cargo damages. Port State Control inspections and other surveys
<i>Ship managers</i>	<i>ISM compliance</i> <i>Pollution avoidance</i> <i>Crew training</i> <i>Training in routine operations and emergency preparedness</i>
<i>Crew managers</i>	<i>Crew bargain agreements</i> <i>Minimum safe manning</i> <i>Crew education, training and licensing.</i> <i>Crew leave and holidays</i> <i>Crew safety</i>
<i>Ship yards</i>	<i>Design development</i> <i>Design optimisation</i>
Pilots, Mooring masters	Ship handling Ship safety En route / channel safety
Tug owners	Ship handling, manoeuvring. Ship design
Salvage companies	Ship handling Ship safety Ship design
Search and rescue (SAR) organisations	Training in routine operations and emergency preparedness Fulfilling national/local requirements for contingency planning, and provision of emergency services
Fire department	On board fire fighting training
Financial organisations	Information on a ship's risks

Chapitre 1 : La sécurité du transport maritime

Stakeholders	Needs/decisions
	Acceptance/refusal of financing Interest estimation/ adjustments
Ship sale and purchase brokers	Support for acceptance / refusal of ships Advisory activities Marketing
Stevedores/ Shippers and professions related to cargo (forwarding agents, commissioners of transfer, export company, other carriers, etc)	Cargo handling. Load/discharge safety Cargo gear safety Cargo securing Cargo safety (avoidance of theft) Cargo declaration Cargo control
P&I Clubs	Information on/assessment of (ship type specific) risks Acceptance/refusal of shipping companies Evaluation of fleets Developing codes of good practice Loss reduction campaigns Port State Control inspections and other surveys
Insurance companies	Information on/assessment of ship's risks Acceptance/refusal of ships Premium estimation/ adjustments Developing codes of good practice Loss reduction campaigns Advisory activities
Accident/incident database managers	Database structuring and incident/accident information collection and archiving
Maritime research organisations	Support for ship design and operation development/improvement
Seafarer training and other maritime educational establishments (including universities)	Crew training Training in routine operations and emergency preparedness Education in safety management
Trade Unions	Ship safety Minimum safe manning Crew education, training and licensing. Crew bargain agreement Crew safety Crew accommodation Crew provisioning Crew leisure ILO resolutions
Consumer and environmental pressure groups	Persuasive activities
Professional organisations	Ship safety Minimum safe manning Crew education, training and licensing Crew safety
Passengers	Personal Safety Clean Environment
Tour operators	Passenger accommodation (hotel) catering Passenger leisure

Stakeholders	Needs/decisions
	Passenger safety (handicapped passengers)
Immigration authorities	Stowaway avoidance
Customs authorities	Cargo declaration procedures. Cargo control
Drug enforcement authorities	Avoidance of smuggling, secret lodges, etc.

Tableau 1-4 : Les acteurs de la sécurité maritime et leurs besoins [THEMES, 2000]

Cette liste d'acteurs et de besoins sera utilisée comme support dans le Chapitre 2 afin d'identifier des groupes de décision et leurs relations avec le risque et la sécurité. Le terme *safety net* prend ici toute sa signification devant la multiplicité des besoins, tout à la fois variés et redondants. Ces besoins créent l'influence – directe ou indirecte – de l'ensemble des réseaux d'acteurs sur la sécurité. La question se pose de savoir si une culture commune émerge de cette complexité. Le paragraphe suivant tente de répondre à la question de la culture de sécurité du système du transport maritime, ou du moins de ses acteurs principaux.

1.3. Valeurs et culture de sécurité

Avant de s'intéresser à la culture de la sécurité du système « transport maritime », il est nécessaire d'aborder les concepts de « culture » et de « culture de sécurité ». La « *safety culture* » est une notion discutée par de nombreux auteurs que nous n'allons pas tenter de passer en revue. Cette partie repose principalement sur les travaux de synthèse du *Health and Safety Executive* (HSE) [UK HSE, 2002] [UK HSE, 2005] britannique et du Réseau Thématique Européen THEMES (Safety assessment for waterborne transport) [THEMES, 2000] [THEMES, 2003]. Ensuite, l'émergence de nouvelles valeurs et la culture de sécurité du transport maritime pourront être présentées.

1.3.1. De la définition

La notion de culture peut-être appréhendée de manière explicite ou implicite [THEMES, 2000]. L'approche explicite considère que la culture peut-être contrôlée et changée. La culture est ainsi un attribut que l'organisation « possède », définissable et mesurable. L'approche implicite considère que la culture ne peut-être manipulée, que des aspects explicites peuvent être contrôlés mais que les fondamentaux ne le sont pas. La culture est à la fois composante et résultat de l'organisation.

Le modèle descriptif de la culture dit « *pelure d'oignons* » est largement accepté. La périphérie consiste en des attitudes, des comportements, des artefacts qui sont visibles et construits dans un environnement physique et social. Le cœur consiste en des valeurs et des croyances fondamentales auxquelles sont attachés les membres d'une organisation. Ce sont les fondamentaux résultants d'une adaptation à l'environnement. Entre les deux, se situent différentes pratiques telles que les normes et les rites mis en œuvre quotidiennement.

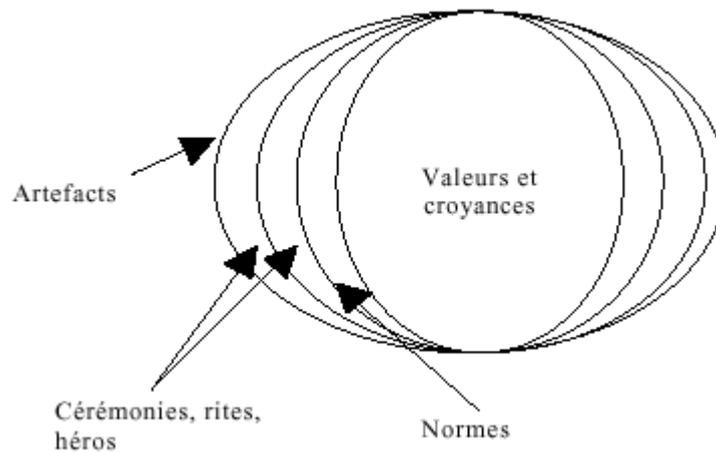


Figure 1-1 : Le modèle « pelure d'oignons » de la culture

Le concept de culture organisationnelle est apparu dans la littérature dans les années 80. Le concept de *climat* avait été développé dès les années 70. Bien que ces deux termes soient très proches, le *climat* est désormais compris comme la manifestation visible de la culture. La culture est un concept qui décrit les valeurs et croyances partagées au sein d'une organisation qui influencent les attitudes et les comportements de ses membres.

La culture de sécurité est un ensemble de la culture de l'organisation qui affecte les comportements et les attitudes de ses membres vis-à-vis de la sécurité. Une des définitions la plus couramment utilisée est : *“The safety culture of an organization is the product of the individual and group values, attitudes, perceptions, competencies and pattern of behaviour that determine the commitment to, and the styles and proficiency of, an organization's health and safety management”* [Mcaffee 1989 in THEMES, 2003].

Le climat de sécurité correspond aux caractéristiques de surface. La culture de sécurité intègre le climat de sécurité. Ce dernier est révélé par les attitudes et les perceptions des membres de l'organisation, et notamment des employés. Il peut servir d'indicateur de la culture de sécurité : les attitudes et comportements sont plus lisibles que les valeurs et croyances fondamentales.

Le partage commun de valeurs et de croyances permet de définir la culture de sécurité. Cependant, certaines études ont montré l'existence de sous-cultures qui suggère une absence de cohésion d'ensemble. Ces sous-cultures se développent lorsque les membres d'une même organisation sont confrontés à des conditions de travail différentes. Ces sous-cultures ne sont pas obligatoirement un aspect négatif puisqu'elles peuvent être des réponses spécifiques d'un groupe confronté à des dangers ou des risques particuliers. Un modèle utile de la culture de sécurité considère trois aspects reliés : les aspects psychologiques, les aspects comportementaux, et les aspects de situation. [HSE, 2005].

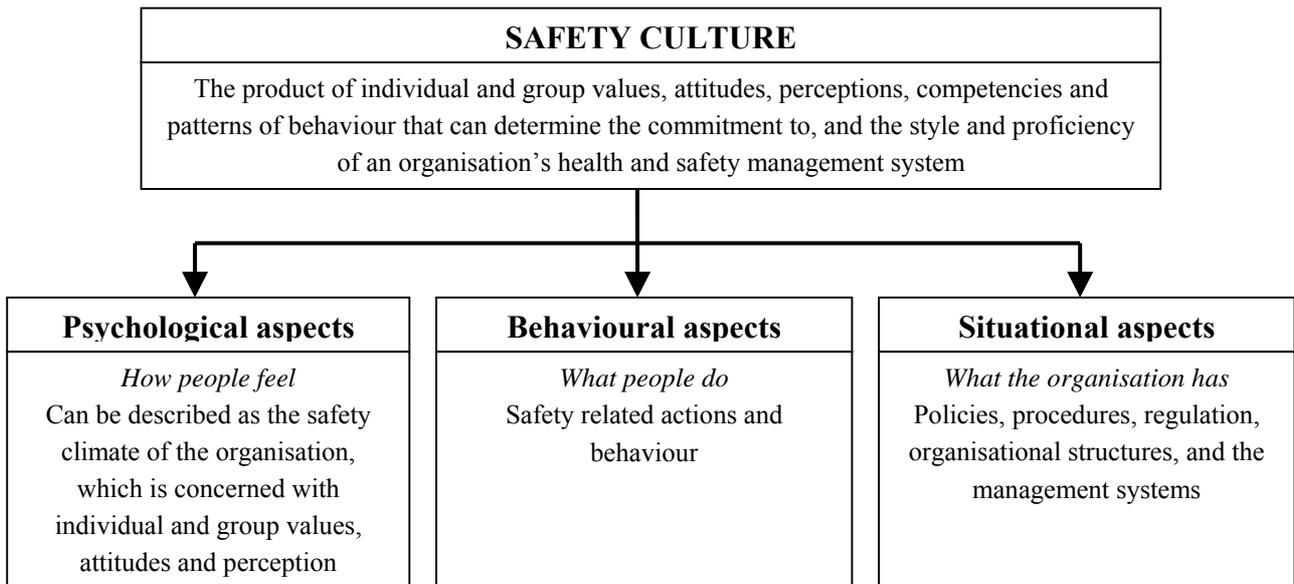


Figure 1-2 : Trois aspects de la culture de sécurité [HSE, 2005]

Westrum [Westrum, 1992 in THEMES, 2003] a identifié trois types de culture ainsi que leurs caractéristiques de gestion des accidents et des informations liées à la sécurité : la culture pathologique, la culture bureaucratique et la culture positive.

Pathological Culture	Bureaucratic Culture	Generative Culture
Don't want to know about accidents	May not find out about accidents	Actively seek to anticipate accidents
Those that report accidents are regarded as whistle blowers	Those that report accidents are listened to if they arrive	Those that report accidents are trained and rewarded
Responsibility is shirked	Responsibility is compartmentalised	Responsibility is shared
Failure is punished or concealed	Failures lead to local repairs	Failures lead to far reaching reforms
New ideas to managing safety are actively discouraged	New ideas to managing safety often present problems	New ideas to managing safety are welcomed

Tableau 1-5 : Trois types de culture organisationnelle de la sécurité

Le tableau illustre la nature réactive et défensive des organisations de type pathologique. Les organisations de type bureaucratique répondent aux accidents à une échelle locale, alors que celles du type positif adoptent une attitude d'anticipation et de transparence. Le HSE définit la culture de sécurité positive des organisations ainsi: *“Organisations with a positive safety culture are characterised by communications founded on mutual trust, by shared perceptions of the importance of safety and by confidence in the efficacy of preventive measures”*.

Selon Reason [Reason, 1997 in THEMES, 2000], les trois composants d'une culture de sécurité positive sont *Informed Culture*, *Reporting Culture* et *Just Culture*. Des indicateurs d'une culture de sécurité positive sont présentés par le HSE [HSE, 2005] : volonté de la direction, communication, participation du personnel, existence d'une culture d'apprentissage et existence d'une culture juste. De nombreux chercheurs ont évalué le climat de sécurité comme un indicateur

de la culture de sécurité d'une organisation. Les thèmes émergents [Flin, 2000 in HSE, 2002] sont : le management, le système de sécurité, les conditions de travail (*work pressure*) et les compétences. Un des facteurs clés est l'influence du management sur la culture de sécurité.

I.3.2. Culture de sécurité

De nouvelles valeurs se sont développées et prennent le pas sur les idéologies traditionnelles maritimes. Ainsi au principe de *liberté des mers*, est dorénavant substituée la devise de l'OMI « *des mers plus propres et des navires plus sûrs* ». Dans le cadre du plan d'action global pour un *développement durable* adoptée par la Conférence de Rio, l'OMI a adopté un certain nombre d'actions : prévention de la pollution atmosphérique, de la prolifération d'organismes aquatiques dangereux dans les eaux de ballast, protection des zones spéciales et des zones particulièrement sensibles, etc. Le *principe de précaution* est mis en œuvre en matière de protection de l'environnement. Alors que l'action de l'homme était généralement considérée en tant que *faute* (il est « bien connu » que 80% des accidents maritimes résultent d'*erreur humaine*), le *facteur humain* est dorénavant traité en tant que composant de succès de la sécurité maritime et de la protection de l'environnement. La Résolution A.850(20) « *Human element vision, principles and goals* », adoptée en 1997 par l'Assemblée de l'OMI, reflète ce changement de point de vue. Cette résolution a été mise à jour en 2003 (Resolution A.947(23)).

Le concept de culture de sécurité est aussi apparu. Etant donné le caractère international et la multiplicité des réseaux d'acteurs, le secteur du transport maritime peut-être vu comme une méta-organisation avec ses sous-cultures (cultures – ou identités - nationales, de métiers, de sous-organisations, etc.). Il est sans doute illusoire de vouloir définir précisément la – ou plutôt les - culture de sécurité maritime. Il est néanmoins possible d'identifier une ou des cultures dominantes. L'OMI a récemment reconnu les limites du cadre réglementaire prescriptif [OMI, 2002]: “*What has become clear is that the regulatory approach lends itself to the creation of a culture of compliance*”. La culture de conformité correspond à des acteurs qui sont en conformité avec les normes et autres standards, mais dont la sécurité n'est sans doute pas la préoccupation principale. En marge de cette culture dominante existe une culture d'évasion et une culture de sécurité positive. La culture de sécurité positive est présente dans les compagnies dont la sécurité est un objectif principal et qui n'hésitent pas à aller au-delà de la réglementation. A l'opposé, des acteurs choisissent délibérément de ne pas appliquer les normes.

A cette vision statique de la culture en ce début de millénaire, Boisson [Boisson, 1998] ajoute une vision dynamique et plus sévère. Pour lui, la culture de l'évasion, qui a imprimé le comportement de certains opérateurs dans les années 80 et 90, s'est développée dans un contexte de concurrence extrême où les affaires prenaient le pas sur l'éthique : les entreprises avaient avantage à ne pas respecter la réglementation plutôt que de la respecter et d'en assumer le coût. Ce propos peut-être illustré par les résultats de « l'étude sur les avantages concurrentiels dont bénéficient certains armateurs du fait de l'inobservation des règles et des normes internationales en vigueur » publiée en 1996 par l'OCDE [OCDE, 1996]. L'OCDE a démontré que l'exploitation de navires sous-normes permettait à l'armateur de faire de substantielles économies. Ce rapport compare les coûts d'opération d'un navire à différents niveaux de sécurité. Ainsi pour un navire de référence (un tanker de 40 000 dwt), le rapport a identifié les coûts d'opérations suivants (en US dollar par jour) :

Bonne pratique (un niveau élevé de dépenses en faveur de la sécurité): 4850, pratique courante (le niveau moyen des dépenses pour la qualité des navires): 4250, pratique standard (pratique minimale pour être en conformité avec la réglementation): 3750 et pratique plancher (permet seulement au navire de rester opérationnel) : 3100. Pour Boisson, la culture de conformité – qu’il appelle aussi culture de faute - est celle qui est dominante dans l’industrie des transports maritime à la fin du XXème siècle. Dans un environnement caractérisé par l’extension de la responsabilité, le besoin croissant de réparation et la tentation du bouc émissaire, l’opérateur est surtout préoccupé par le respect des règles au moindre coût plutôt que d’une meilleure solution pour accroître la sécurité. Boisson énonce qu’en cette fin de siècle (i.e. 20^{ème} siècle) encore peu d’entreprises favorisent l’épanouissement d’une culture de sécurité positive.

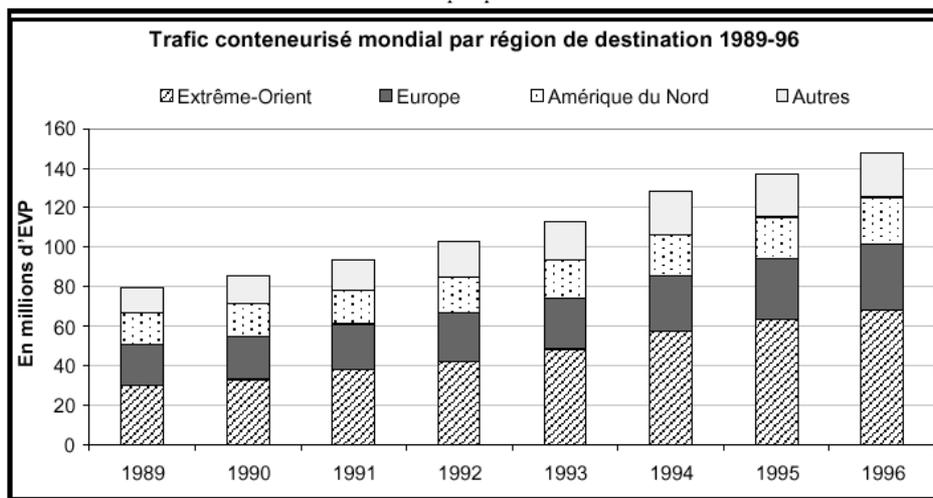
La culture de sécurité est un concept pris en compte par l’OMI. Ainsi, dans le Magazine de l’OMI – IMO News – en 2001, Valkonen définit le concept de culture de sécurité maritime [OMI, 2001] *“Maritime safety culture is the way in which the maritime community acts in various seafaring situations, by common consent and with the strong approval of the community, for the purpose of avoiding risks to human life, ships and cargo and for the protection of the marine environment. These procedures are reflected in compliance with rules and regulations, in risk awareness and in the maintenance of a sound balance between safety and commerce.”* La Journée Mondiale Maritime 2003, sous l’égide de l’OMI, était: *« Safer shipping demands a safety culture »*. En particulier, le Secrétaire Général de l’OMI reconnaît que les instruments réglementaires ne peuvent être efficaces que s’ils sont totalement mis en place, et que pour ceci une attitude de sécurité positive doit être présente chez tous ceux participant à l’opération d’un navire. Une Résolution provisoire de l’Assemblée de l’OMI a été développée par le groupe de travail *« Element Humain »* commun au *Maritime Safety Committee* et au *Marine Environment Protection Committee*. Cette Résolution provisoire présente neuf éléments clefs: *Reporting Culture, Flexible Culture, Just Culture, Learning Culture, Working Conditions, Safety Related Behaviour, Attitudes Towards Safety, Communication, Risk Perception*. Les trois pierres angulaires sont la participation active du management, une organisation apprenante, et une prise en compte des dangers.

I.4. Eléments d’accidentologie

Le Lloyd’s Register of Shipping, qui publie régulièrement la liste des pertes totales de navire, distingue sept types d’événements majeurs : la disparition, l’incendie et l’explosion, l’abordage (heurt entre navires), le contact (heurt avec un corps flottant), l’échouement (contact involontaire du navire avec le fond), la perte (par suite de dommage ou de défaillance de la coque ou des machines) et le naufrage (submersion du navire par suite du mauvais temps, d’une voie d’eau ou d’une cassure en deux qui ne soit pas une conséquence des événements précédents). Avant de présenter les données accidentologiques, il est nécessaire de les mettre en perspective avec l’évolution du transport maritime. Ci après, quelques exemples de l’évolution des tonnages transportés par voie maritime sont présentés.

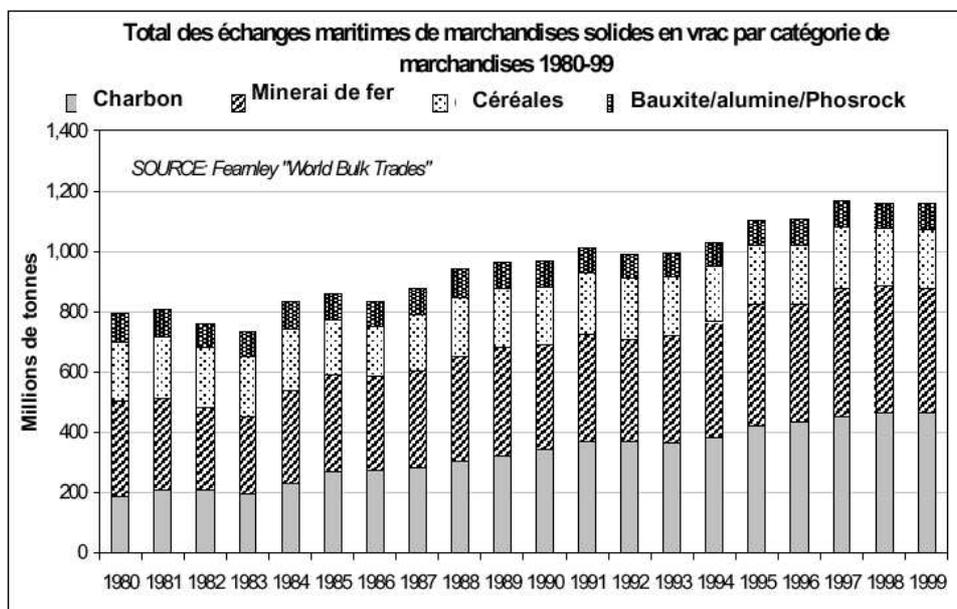
I.4.1. Evolution des trafics

Directement exposé à la concurrence, le transport maritime de marchandise subit l'impact de la croissance ou de ses ralentissements économiques. Toutefois, si l'on considère l'évolution sur une longue période, il apparaît très nettement que les tonnages transportés par voie maritime ont connu une croissance extrêmement soutenue. Les figures suivantes illustrent l'évolution du trafic conteneurisé, de vrac et pétrolier.



Source : Annuaires de Containerisation International.

Figure 1-3 : Evolution du trafic conteneurisé mondial 1989-96 [OCDE, 2001]



Source : SSY Consultancy and Research Ltd.

Figure 1-4: Evolution du trafic de vrac mondial 1980-99 [OCDE, 2001]

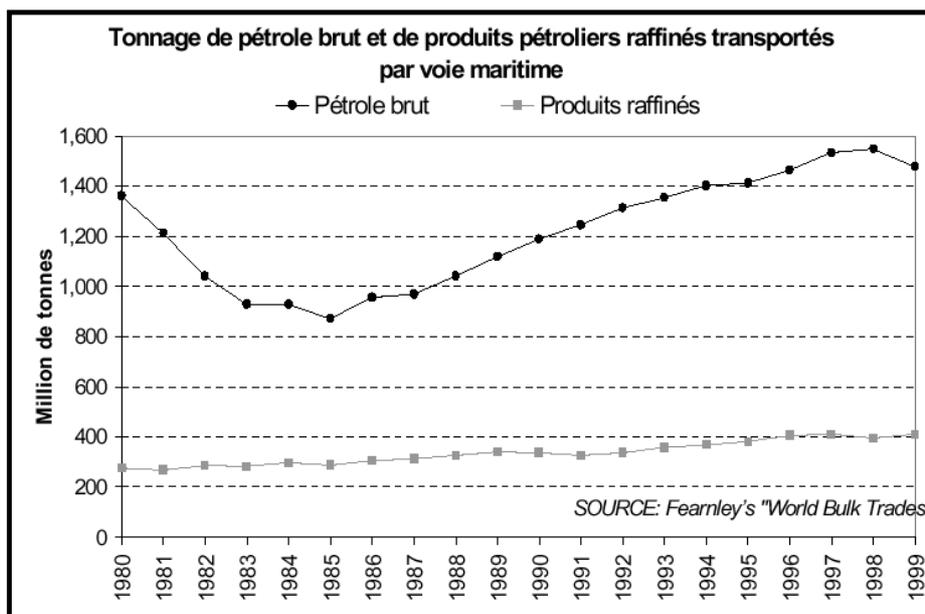


Figure 1-5 : Evolution du trafic pétrolier mondial 1980-99 [OCDE, 2001]

I.4.2. Analyses statistiques

D'une année sur l'autre, les statistiques concernant les événements de mer peuvent faire apparaître des écarts importants. Toutefois, lorsque des périodes plus longues sont considérées, il est possible d'identifier des tendances générales significatives.

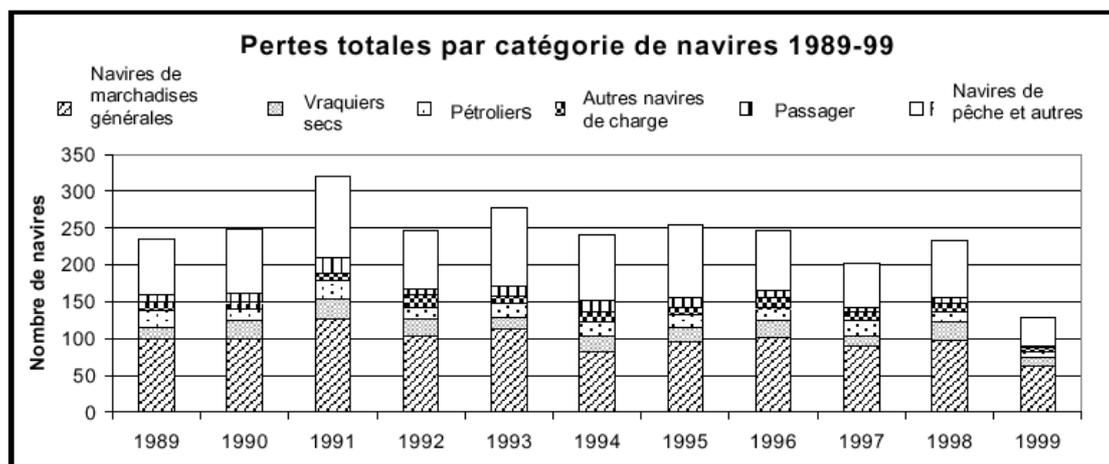
➤ Les pertes de navires

Le tableau ci-après récapitule l'évolution, sur trente ans, de l'ensemble des pertes totales de navires. Les statistiques annuelles montrent une tendance à la baisse.



Figure 1-6 : Perte totale de navires de marine marchande 1970-99 [OCDE, 2001]

Le tableau ci-après présente l'évolution sur les dix dernières années du tableau précédent du nombre de pertes de différents types de navires. Plus de 40 % des pertes concernent des navires de marchandises générales. Les pertes s'établissent à 8% pour les vraquiers secs, 7% pour les pétroliers, celles d'autres transporteurs de marchandises à 5 % et celles de porte-conteneurs à moins de 1 % du total.



Source: *Lloyds World Casualty Statistics (plusieurs éditions).*
 Les chiffres comprennent les pertes effectives et les pertes totales.

Figure 1-7 : Perte totale par catégorie de navires 89-99 [OCDE, 2001]

➤ Accidents mortels de navigants

Bien que les statistiques sur le nombre de vies perdues en mer depuis 1989 ne permettent pas de déceler une tendance d'évolution quelconque d'après les données du Lloyd's Register, on constate, sur cette période, la persistance des pertes de vies humaines liées aux navires passagers/rouliers, aux navires transportant des marchandises diverses, et aux vraquiers secs. Par comparaison, les pertes de vies humaines à la suite d'accidents de pétroliers et de navires rouliers ont été plus limitées.

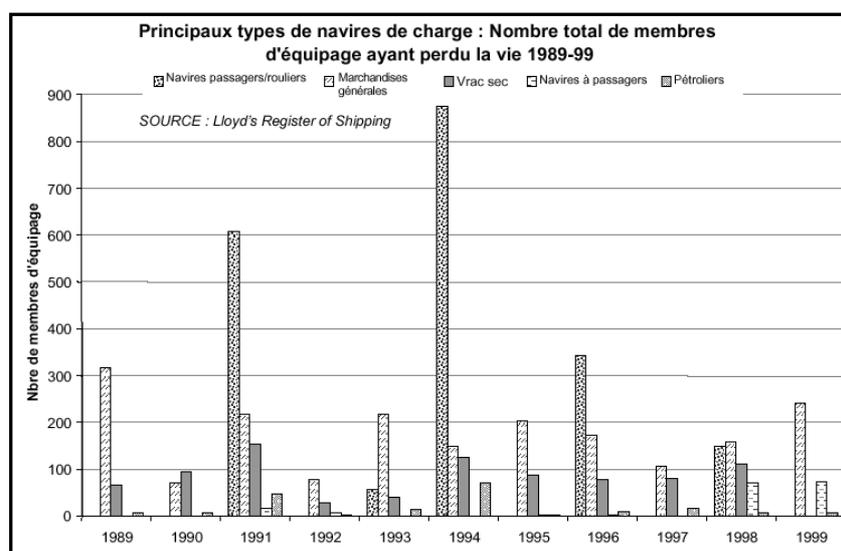


Figure 1-8 : Nombre de membres d'équipage ayant perdu la vie 1989-99 [OCDE, 2001]

➤ Pollution par hydrocarbures

Le tableau ci-après récapitule l'évolution sur trente ans des déversements d'hydrocarbures avec la notification de quelques catastrophes significatives.

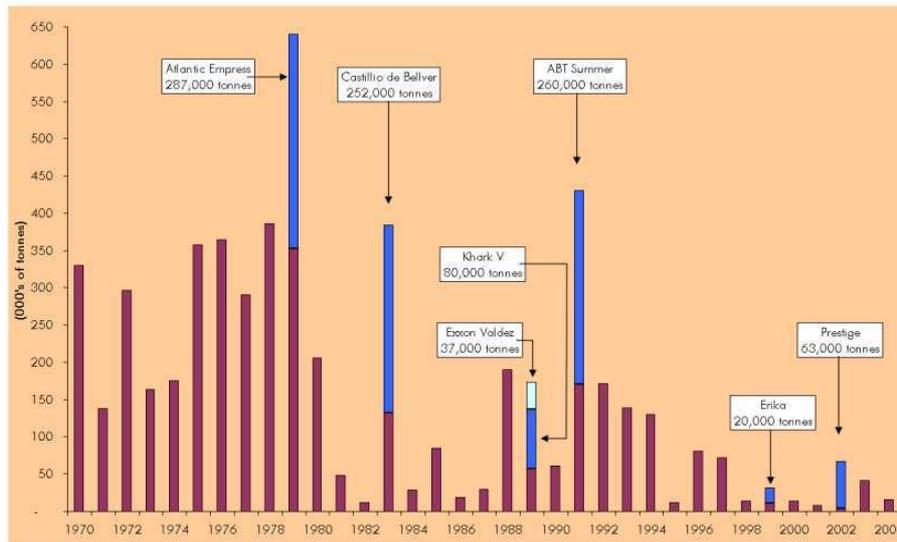
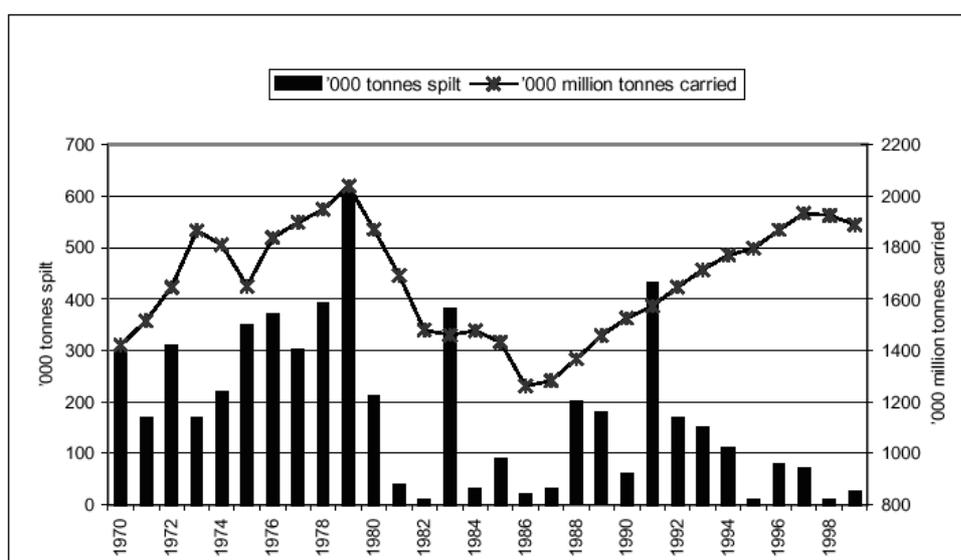


Figure 1-9 : Pollution par hydrocarbure 1970-2004 [ITOPF, 2005]

La tendance générale à la baisse peut-être éclairée au regard de la quantité de pétrole transporté. Comme le montre la figure suivante, pendant plusieurs années la quantité de pétrole déversée a été corrélée à la quantité de pétrole transportée. Cette tendance a changé à la fin des années 80, lorsque les déversements de pétrole ont commencé à diminuer en dépit de l'augmentation des quantités de pétrole transportées.

Marine Pollution: Volume of Oil Carried and Spilt from Ships 1970-1999



Source: - International Tanker Owners' Pollution Forum.
- OECD Maritime Transport Committee Annual Report.

Figure 1-10 : Pollution par hydrocarbure et quantité transportée 1970-1999 [OCDE, 2001]

➤ Causes des incidents sérieux

Les causes peuvent renseigner sur la nature des incidents sérieux. Un incident est dit sérieux lorsque le navire est innavigable. Les analyses [SAFETY FIRST, 2002] ont été réalisées à partir de la base de données LMIS sur la période janvier 1990 – avril 1996 et sur la période janvier 1987 – décembre 1987 pour les cas de la flotte européenne et de la flotte mondiale respectivement. La figure suivante présente le nombre d'incidents sérieux pour les deux flottes.

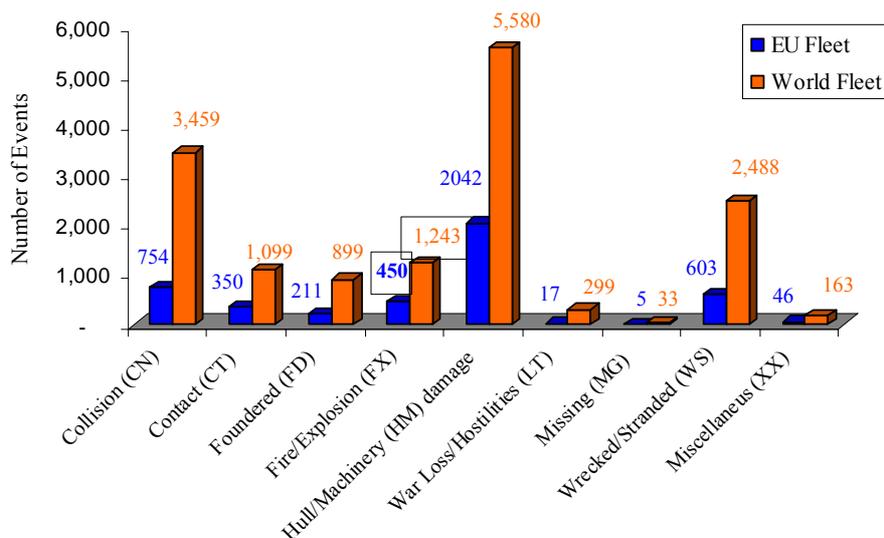


Figure 1-11: Evénements sérieux par causes – Flotte mondiale et européenne [SAFETY FIRST, 2000]

Les analyses pour les deux flottes montrent que les avaries machines, les collisions, les naufrages sont les causes répertoriées les plus importantes.

1.4.3. Les grandes catastrophes maritimes

Malgré les progrès technologiques et la diminution globale de la sinistralité, les grandes catastrophes maritimes responsables de milliers de victimes ou de pollutions considérables persistent et marquent les esprits.

Le tableau suivant rappelle les pires catastrophes de navires ou de bateaux à passagers pour la fin du XXème siècle. Aucune région n'a été épargnée par ces catastrophes qui sont principalement le fait de ferry, de transbordeur courte distance. L'explosion du Sultana en 1865 (1450 victimes), le naufrage du Titanic en 1912 (1501 victimes) et l'abordage de l'Empress of Ireland en 1914 (1370 victimes) font désormais partie de l'histoire collective.

Nom du navire	Nombre de victimes	Date	Lieu	Cause de l'accident
Dona Paz	4375 + 11 sur le pétrolier	1987	Philippines	Abordé par un pétrolier
Neptune	1800	1993	Mer des Caraïbes	Naufrage (chargement excessif)
Don Juan	>1000	1980	Philippines	Abordage
Estonia	852	1994	Mer Baltique	Naufrage
Bukoba	>700	1996	Lac Victoria	Naufrage
Samia	>600	1986	Bangladesh	Naufrage (cyclone)
Atlas Star	>500	1986	Bangladesh	Naufrage (cyclone)
Tampomas II	450	1981	Mer de Java	Naufrage
Salem Express	448	1991	Mer Rouge	Naufrage
Gurita	338	1996	Sumatra	Echouement
Nam Yung Ho	323	1970	Corée du Sud	Naufrage
Dona Marilyn	300	1988	Philippines	Inconnue
Seoha Ferry	292	1993	Corée du Sud	Naufrage
Heraklion	217	1966	Mer Egée	Naufrage
Sein San Pya	>216	1990	Birmanie	Naufrage
Bintang	>200	1988	Indonésie	Inconnue
Hasail	>200	1988	Bangladesh	Collision
Dona Josefina	194	1986	Philippines	Naufrage
Herald of Free Enterprise	193	1987	Mer du Nord	Chavirement
Toe Aye	171	1983	Birmanie	Collision
Dona Cassandra	>168	1983	Philippines	Chavirement
Mogosaia	164	1989	Danube	Collision
Scandinavia Star	158	1990	Danemark	Incendie

Tableau 1-6 : Les grandes catastrophes de navires à passagers

Le tableau suivant récapitule les 20 plus grands déversements pétroliers de ces 40 dernières années. Certains de ces accidents, malgré l'importance du déversement, n'ont pas impacté les côtes et sont par conséquent peu présents dans la mémoire collective. Par contre, l'Exxon Valdez, pour ses répercussions, est mentionné bien qu'il ne fasse pas partie de ce triste classement.

Position	Shipname	Year	Location	Spill Size (tonnes)
1	Atlantic Empress	1979	Off Tobago, West Indies	287,000
2	ABT Summer	1991	700 nautical miles off Angola	260,000
3	Castillo de Bellver	1983	Off Saldanha Bay, South Africa	252,000
4	Amoco Cadiz	1978	Off Brittany, France	223,000
5	Haven	1991	Genoa, Italy	144,000

Position	Shipname	Year	Location	Spill Size (tonnes)
6	Odyssey	1988	700 nautical miles off Nova Scotia, Canada	132,000
7	Torrey Canyon	1967	Scilly Isles, UK	119,000
8	Sea Star	1972	Gulf of Oman	115,000
9	Irenes Serenade	1980	Navarino Bay, Greece	100,000
10	Urquiola	1976	La Coruna, Spain	100,000
11	Hawaiian Patriot	1977	300 nautical miles off Honolulu	95,000
12	Independenta	1979	Bosphorus, Turkey	95,000
13	Jakob Maersk	1975	Oporto, Portugal	88,000
14	Braer	1993	Shetland Islands, UK	85,000
15	Khark 5	1989	120 nautical miles off Atlantic coast of Morocco	80,000
16	Aegean Sea	1992	La Coruna, Spain	74,000
17	Sea Empress	1996	Milford Haven, UK	72,000
18	Katina P	1992	Off Maputo, Mozambique	72,000
19	Prestige	2002	Off the Spanish coast	63,000
35	Exxon Valdez	1989	Prince William Sound, Alaska, USA	37,000

Tableau 1-7 : Les grandes catastrophes pétrolières [ITOPF, 2005]

La carte suivante identifie les localisations de grandes catastrophes qui n'ont pas épargnées les côtes européennes et la Méditerranée.

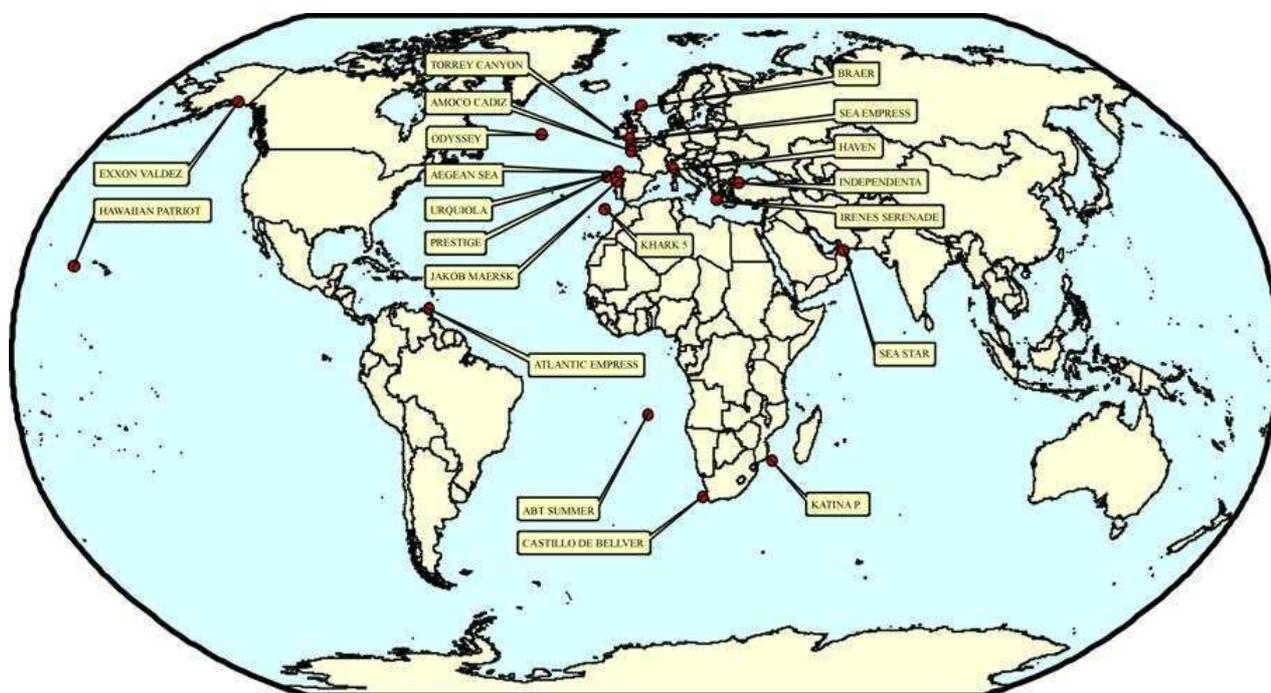


Figure 1-12 : Localisation des grandes catastrophes pétrolières [ITOPF, 2005]

I.4.4. Impact des catastrophes sur la sécurité maritime

Certaines de ces catastrophes ont eu un impact important sur la réglementation de la sécurité maritime. Dès le début du 20^{ème} siècle, le naufrage du Titanic fut à l'origine de la première

Chapitre 1 : La sécurité du transport maritime

Convention Internationale sur la Sauvegarde de la vie en mer. Dans la deuxième moitié du 20^{ème} siècle, avec une prise de conscience collective de l'inacceptabilité des grandes catastrophes (essentiellement celles qui affectent les Etats-Unis et l'Europe) et le pouvoir médiatique grandissant, cette réglementation par les désastres a été un moteur important de l'évolution de la réglementation internationale. Le tableau suivant récapitule les principaux éléments [Boisson, 2002] donnés à titre d'illustrations, dont certains sont repris dans le Chapitre suivant.

Disaster	Impact
TITANIC, April 1912, Cape Race, Newfoundland 1502 deaths, 705 survivors	1912 : International Communication Conference 1914 : SOLAS Conference SOLAS CONVENTION : 1st International Rules Safety of navigation : the North Atlantic Patrol Construction : watertight bulkheads Radiotelegraphy : continuous watch on radio Life-saving appliance compulsory
TORREY CANYON DISASTER, 18 March 1967, Scilly Isles, 119,000 tons of crude oil lost	1967: Creation of the IMO Legal Committee IMO CONVENTIONS on Prevention & Compensation of oil spills 1969 International Convention Relating to Intervention on the High Seas in Cases of Oil Pollution Casualties 1969 International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage 1971 International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage 1973 MARPOL Convention
ARGO MERCHANT, 14 December 1976, Cape Cod, Massachusetts 27,000 tons of oil lost	18 March 1977 : announcement of US unilateral measures on tanker safety Feb. 1978 : Conference on Tanker Safety and Pollution Prevention Protocol to SOLAS Convention Protocol to MARPOL Convention : Segregated ballast tanks
POLLUTION OF THE FRENCH COAST AMOCO CADIZ, Off Brittany, 16 March 1978 228,000 oil lost TANIO, English Channel, 7 March 1980 11,000 oil lost	May 1978 : IMO Council initiatives to improve tanker safety (duplication of steering gear control system) Speeding up of regulatory process May 1981 : 1978 SOLAS Protocol Oct. 1983 : Entry into force of MARPOL Port State Control Regional Agreement : 1982 Paris Memorandum Of Understanding
HERALD OF FREE ENTREPRISE, 6 March 1987, Zeebrugge 193 passengers and crew die	August 1987 : UK measures for improving ro-ro safety Nov. 1987 : First IMO Resolution on Safety Management of companies April 1988 : First package of SOLAS amendments on monitoring Oct. 1988 : Second package of SOLAS amendments on damage stability
SCANDINAVIAN STAR, 7 April 1990, North Sea 158 deaths	Nov. 1991 : IMO Resolution A. 680 on Safety Management of companies Nov. 1993 : IMO Resolution A. 741 on International Safety Management Code May 1994 : SOLAS Conference - International Safety Management Code compulsory

Chapitre 1 : La sécurité du transport maritime

Disaster	Impact
EXXON VALDEZ, 24 March 1989, Alaska 37,000 tonnes crude oil lost	18 August 1990 : US OIL POLLUTION ACT Tanker construction & equipment Tanker operation Tanker navigation Vessel response plan Liability & compensation March 1992 MARPOL amendments Reg. 13 F : double hull for new tankers Reg. 13 G : Enhanced Survey Program for existing tankers
TANKER ACCIDENTS IN EUROPE HAVEN, 11 April 1991, Genoa, Italy AEGEAN SEA, 3 Dec. 1992, La Coruna, Spain BRAER, 5 Jan. 1993, Shetland, UK	IMPACT EU COMMISSION "A common policy on safe seas " 24 February 1993 1993 Directive on ships carrying dangerous goods 1994 Directive on tonnage measurement 1994 Directive on classification societies 1994 Directive on level of training of seafarers 1995 Directive on Port State Control
ESTONIA, 28 September 1994, Baltic Sea 850 deaths - 138 survivors	8 August 1995 : Norwegian Regulations on new design standards Nov. 1995 : SOLAS Conference New regulation 8-1 Chapter II-1 on damage stability standards for existing ferries Feb. 1996 : Stockholm Agreement on specific stability requirements for ferries operating in Northern Europe
ERIKA, 12 December 1999, Bay of Biscay 10,000 tons of fuel oil lost	EUROPEAN COMMISSION March 2000 Erika I package : phase out of single hull tanker, class societies, PSC Dec. 2000 Erika 2 package : EU Maritime Safety Agency, Reporting system, Compensation Erika 3 package (in discussion)

Tableau 1-8 : Impact des catastrophes pétrolières sur la réglementation

I.5. Règles

De par son caractère international, l'industrie maritime est soumise à un ensemble de règles juridiques, de normes techniques, de pratiques, de codes de bonne conduite, à caractère obligatoire ou volontaire, d'origine étatique, interétatique, ou encore privée.

Les règles relatives aux opérations et pratiques commerciales et économiques ont une influence sur la sécurité maritime. Ainsi, par exemple, le droit maritime qui fixe les relations juridiques entre les opérateurs privés peut avoir une influence majeure non seulement sur le transport maritime mais aussi sur sa sécurité (les différents régimes d'exploitation ou de propriété du navire ont été évoqués).

Le droit de la sécurité maritime se caractérise par le grand nombre de ses règles (droit de la mer, droit des traités, droit de l'environnement, etc.) et par la diversité de ses sources. La contribution des organismes privés est aussi importante (standards et guides techniques, codes éthiques et de bonne conduite, etc.). En particulier, les sociétés de classification jouent un rôle majeur. Dans son ouvrage « Politiques et droit de la sécurité maritime », Boisson [Boisson, 1998] dresse un panorama complet des dispositifs de prévention des accidents au travers de l'examen des

diverses réglementations techniques et juridiques. La première partie de l'ouvrage est consacrée aux sources du droit international de la sécurité, à ses divers promoteurs publics et privés sur le plan national et international, aux procédures d'élaboration des normes, règles et instruments juridiques divers destinés à empêcher la survenance d'accidents. La seconde partie traite de la réglementation proprement dite, c'est-à-dire l'ensemble des prescriptions administratives, techniques, de comportement ou de conduite que les navires ont à observer. Elle procède à une analyse détaillée des principales normes qui régissent la construction, l'équipement, l'exploitation et la navigation des navires dans le monde. La troisième partie aborde l'application du droit qui suppose la mise en place d'un pouvoir de police, de surveillance, d'inspection et de sanction en cas d'infraction. Nous laissons le soin au lecteur curieux de se lancer dans l'aventure du « Boisson » (nom donné à l'ouvrage par la communauté de l'OMI), pour évoquer le cadre général des règles internationales relatives aux droits et obligations des états, et à la sécurité et à la protection de l'environnement.

I.5.1. Convention sur le Droit de la Mer (*Law of the Sea*) : droits et obligations des Etats

La Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer de 1982 (UNCLOS) - à ne pas confondre avec les Conventions maritimes internationales - est l'instrument juridique le plus global. Elle établit les règles concernant les mers et océans ainsi que les droits et obligations des Etats. Ainsi, pour équilibrer la liberté de navigation, les mers et océans sont divisés en un certain nombre de zones ayant chacune un régime juridique différent. La mer territoriale - 12 miles marins au-delà des côtes - est un espace sur lequel l'Etat exerce sa pleine et entière souveraineté dans la limite du droit de passage inoffensif. La zone économique exclusive - 188 miles marins au-delà de la mer territoriale, soit 200 miles marins au-delà des côtes - est un espace sur lequel l'Etat exerce un certain nombre de droits dont celui d'exploiter les ressources naturelles. La haute mer - au-delà de la ZEE - est un espace où aucun droit national ne s'applique. Dans cette zone, le navire est rattaché à un élément : le Pavillon.

I.5.2. Les Conventions Maritimes Internationales

Créée en 1948, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) est l'instance spécialisée de l'Organisation des Nations Unies pour les questions maritimes. La Convention sur le Droit de la Mer reconnaît implicitement l'OMI comme l'instance appropriée pour l'élaboration des réglementations internationales concernant la sécurité maritime et la protection de l'environnement marin. Parmi les objectifs qui lui sont assignés, figure celui d'encourager et de faciliter l'adoption de normes aussi élevées que possible en ce qui concerne la sécurité maritime, l'efficacité de la navigation, la prévention de la pollution des mers par les navires et la lutte contre la pollution.

Les Conventions et protocoles de l'OMI sont des instruments juridiques qui ont force obligatoire. Ils énoncent des normes que chaque signataire s'engage à introduire dans sa législation nationale. Dès qu'ils entrent en vigueur, tous les Etats qui y sont parties doivent mettre en œuvre leurs prescriptions. Les Conventions reflètent l'accord de la communauté internationale (l'OMI compte 165 états membres) sur des mesures acceptables et nécessaires pour la sécurité maritime mais ne sont les seuls instruments dont dispose l'OMI concernant les règles de sécurité maritime.

Les instruments non Conventionnels (recueils, recommandations, codes) ne possèdent néanmoins aucun caractère obligatoire juridique.

I.5.3. Etat du Pavillon

Le Pavillon est le drapeau de l'Etat auquel est rattaché le navire. Aux termes de la Convention de Genève de 1958 sur la Haute Mer et de la Convention de 1982 sur le Droit de la Mer, « *les navires naviguent sous le Pavillon d'un seul Etat et se trouvent soumis [...] à sa juridiction exclusive en haute mer* », est conférée une totale liberté aux Etats pour fixer les conditions d'attribution de leur nationalité aux navires, sous réserve de l'existence d'un « lien substantiel » entre chaque navire et l'Etat dans lequel il est immatriculé. La nature de ce lien reste floue puisqu'il revient à chaque Etat d'en définir le contenu (Une Convention sur les conditions d'immatriculation des navires, adoptée le 7 février 1986, a bien essayé de préciser le contenu de ce lien en énumérant ses composants administratifs et économiques, mais cette Convention n'est toutefois pas entrée en vigueur, faute de ratifications en nombre suffisant.). Une interprétation de ce « lien substantiel » est purement économique, et a abouti à la notion de Pavillon économique ou de libre immatriculation (*convenience flag* – traduit de façon discriminatoire en français par le terme Pavillon de complaisance).

Les Conventions internationales confient la responsabilité de leur mise en oeuvre en premier lieu à l'Etat du Pavillon. Pour ce faire, les Etats peuvent choisir d'exercer leur contrôle directement, ou de déléguer leurs fonctions (en totalité ou en partie) à des organismes qu'ils habilite à cet effet.

I.5.4. Etat côtier – Etat du Port

Les navires de commerce étrangers sont soumis à la juridiction de tout Etat côtier lorsqu'ils se trouvent dans ses eaux intérieures, et à plus forte raison dans ses ports. L'Etat côtier a pouvoir d'intervention (en cas de menace grave et imminente de pollution par exemple) mais n'a pas de pouvoir de contrôle. Néanmoins, un Etat peut contrôler tous les navires qui font escale dans ses ports pour vérifier qu'ils appliquent bien les Conventions internationales telles qu'elles ont été ratifiées par l'Etat du port. Ceci afin de protéger les citoyens et l'environnement contre les dangers induits et d'empêcher qu'un navire en mauvais état ne quitte le port dans lequel il se trouve immobilisé. Le contrôle des navires par les Etats du port est aujourd'hui régi par la Convention sur le droit de la mer et les Conventions de l'OMI. Il s'est développé dans un cadre unilatéral (Les Etats-Unis ont choisi d'effectuer les contrôles de l'Etat du port de manière individuelle en raison de leur configuration géographique particulière et de l'étendue de leurs côtes) ou régional (par exemple, le Mémoire d'entente de Paris a été signé le 26 janvier 1982, sur une initiative française consécutive aux naufrages de l'*Amoco-Cadiz* et du *Tanio*. Cet accord organise une collaboration régionale pour contrôler de façon harmonisée les navires étrangers dans les ports des Etats signataires, tout en évitant les détournements de trafic et les distorsions de concurrence).

La section suivante détaille les Conventions Maritimes Internationales de l'OMI ainsi que les règles des sociétés de classification.

II. REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME

Deux types de règles existent dans le système de la sécurité maritime : les règles statutaires et les règles de classification. Les règles statutaires sont celles qui sont de la responsabilité des Etats et qui sont définies par des Conventions internationales (sous l'égide de l'OMI). Elles concernent en premier lieu la sauvegarde de la vie humaine et la protection de l'environnement. Pour ces règles statutaires, le rôle des Etats du Pavillon est primordial. Il consiste en l'adoption des règles et ensuite, la certification. Pour ce faire, les Etats peuvent choisir d'exercer leur contrôle directement ou de déléguer leurs fonctions (en totalité ou en partie) à des organismes qu'ils habilite à cet effet. Les règles de classification sont d'origine privée et ont pour objet le navire.

II.1. Petite histoire de la réglementation de la sécurité maritime moderne

Au 19^{ème} siècle, la révolution industrielle et ses innovations technologiques ont permis le développement du commerce maritime international. La mise en place des installations à vapeur et la construction des coques en fer puis en acier se sont traduites par l'accroissement du nombre, de la taille et de la vitesse des navires et des quantités des marchandises transportées. Sur le plan juridique, le 19^{ème} siècle s'est caractérisé, dans le domaine maritime, par une économie libérale et de très faibles interventions étatiques. L'augmentation des risques a néanmoins suivi les progrès techniques.

La recherche de la sécurité fut opérée dans un cadre privé. Les premières sociétés de classification ont été créées sous l'impulsion des assureurs maritimes afin de leur donner des renseignements sur la qualité des navires et de leurs équipements (Bureau Veritas en 1829, Lloyd's Register – Royaume-Uni - en 1834; RINA – Italie - en 1861, ABS –Etats-Unis - en 1862, DNV – Norvège - en 1864, GL – Allemagne - en 1867 et Class NK – Japon - en 1899). Les sociétés de classification ont imaginé et conçu un système d'inspection et de visite des navires qui leur permettait de délivrer des cotes attestant le degré de confiance pouvant être accordé aux navires. A l'origine, ces cotes, assez complexes, couvraient la coque des bateaux. Elles s'intéressaient également à la qualité de leur voilure et à un certain nombre d'autres éléments, en particulier la qualité des capitaines — qui, à l'époque, étaient d'ailleurs assez souvent les armateurs — ainsi que celle des équipages.

Dans le courant et à la fin du 19^{ème} siècle, ont eu lieu des tentatives de concertation entre les grands Etats maritimes (entre la France et la Grande-Bretagne, par exemple, rivaux dans le domaine du transport maritime, qui se réunissaient pour élaborer des règles communes, en particulier pour éviter les collisions dans la Manche). La catastrophe du Titanic en 1912 accéléra le processus normatif international. A la suite du naufrage s'est tenue la première conférence internationale sur la sauvegarde de la vie humaine qui a débouché sur la première Convention maritime internationale,

la Convention SOLAS, *Safety Of Life At Sea* (son application sera suspendue pendant la Première Guerre Mondiale, mais elle entrera de nouveau en vigueur en 1919). Ce processus normatif s'est développé entre les deux guerres à l'échelle internationale, en particulier dans les domaines du sauvetage en mer et des radiocommunications. Le tournant le plus important a été marqué par la Convention portant création de l'Organisation Maritime Internationale, adoptée en 1948 par la Conférence maritime des Nations Unies, tenue à Genève. Cet instrument, intitulé à l'époque "Convention portant création de l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime", est entré en vigueur le 17 mars 1958. La nouvelle Organisation a été inaugurée le 6 janvier 1959, quand l'Assemblée a tenu sa première session. En application d'un amendement à la Convention l'Organisation a été rebaptisée, en 1982, l'Organisation Maritime Internationale, plus communément dénommée IMO sur le plan international - OMI en français -.

Il est utile d'exposer succinctement les raisons pour lesquelles un certain degré d'intervention réglementaire peut être nécessaire dans le secteur maritime. Boisson [Boisson, 1998] identifie trois raisons principales qui ont incité les grandes nations maritimes à établir des règles communes de sécurité : le problème de la haute mer, les navires étrangers dans les ports, et la réglementation de la concurrence. Premièrement, l'établissement d'une police de circulation ne posait pas de problème dans les parties de la mer où l'Etat avait toute compétence normative pour le faire. La question concernait le problème de la haute mer, où régnait le principe de liberté : il convenait de fixer les conditions d'exercice de la liberté des mers dans l'intérêt de la communauté internationale, et d'éviter que l'anarchie ne rende dangereuse les conditions de la navigation maritime. Ensuite, au début du 19ème siècle, chaque état fixait ses propres conditions pour le contrôle des navires dans les ports. La confusion régnait à tel point que les navires fréquentant les ports de plusieurs Etats étaient quelquefois tenus de satisfaire des conditions de sécurité contradictoires. Enfin, les catastrophes maritimes ont fait prendre conscience aux législateurs nationaux que la compétition économique – surtout en matière d'exploitation de flotte – pouvait jouer au détriment de la sécurité. Seul un accord entre états fixant les minima auxquels doit satisfaire un navire donné effectuant un service donné, apporterait une solution satisfaisante à long terme.

II.2. Réglementation statutaire et certification

Les domaines de la réglementation statutaire sont historiquement, en premier lieu, la sauvegarde de la vie humaine en mer et, en second lieu, la protection de l'environnement à la suite de plusieurs catastrophes écologiques. Récemment, le problème du terrorisme est devenu lui aussi un sujet de préoccupation.

II.2.1. Organisation Maritime Internationale

L'Organisation Maritime Internationale (OMI) est l'instance spécialisée de l'Organisation des Nations Unies pour les questions maritimes. Parmi les objectifs qui lui sont assignés, figure celui d'encourager et de faciliter l'adoption de normes aussi élevées que possible en ce qui concerne la sécurité maritime, l'efficacité de la navigation, la prévention de la pollution des mers par les navires et la lutte contre la pollution. Créée en 1948, elle regroupe aujourd'hui 165 Etats membres.

L'Organisation comprend une Assemblée, un Conseil et quatre comités principaux : le Comité de la sécurité maritime (MSC), le Comité de la protection du milieu marin (MEPC), le Comité juridique et le Comité de la coopération technique. Il existe aussi un Comité de la simplification des formalités et des sous-comités relevant des principaux comités techniques.

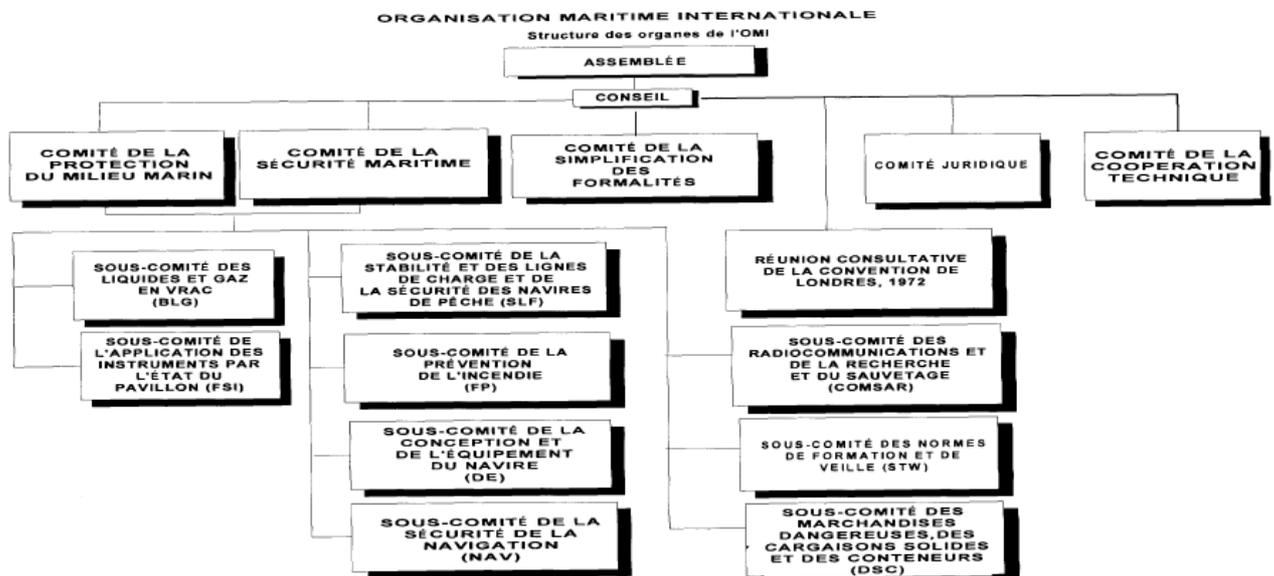


Figure 1-13 : Structure des organes de l'OMI

II.2.2. Des compétences techniques

Malgré des objectifs originels assez larges, l'OMI a surtout exercé ses compétences dans le domaine normatif technique de la navigation maritime. Les Conventions et normes internationales de l'OMI sont élaborées par des délégations représentant les Etats au sein de plusieurs comités et sous-comités spécialisés. Le MSC et le MEPC sont assistés dans leurs travaux par neuf sous-comités : Liquides et gaz en vrac (BLG) ; Marchandises dangereuses, cargaisons solides et conteneurs (DSC), Prévention de l'incendie (FP) ; Radiocommunications et recherche et sauvetage (COMSAR) ; Sécurité de la navigation (NAV) ; Conception et équipement du navire (DE) ; Stabilité et lignes de charge et sécurité des navires de pêche (SLF) ; Normes de formation et de veille (STW) ; et Application des instruments par l'État du Pavillon (FSI).

II.2.3. Conventions Maritimes Internationales

L'OMI est à l'origine de la plupart des normes techniques et règles juridiques relatives à la sécurité maritime et à la prévention des pollutions par les navires puisqu'elle a favorisé l'adoption d'une quarantaine de Conventions et élaboré plus de 800 recueils et recommandations traitant de ces problèmes. Les Conventions et les protocoles sont des instruments juridiques qui ont force de loi et, dès qu'ils entrent en vigueur, tous les États qui y sont parties doivent mettre en oeuvre leurs prescriptions.

➤ Sécurité

- Convention internationale de 1974 pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, telle que modifiée (SOLAS)
- Protocole de 1978, tel que modifié (Protocole SOLAS)
- Convention internationale de 1966 sur les lignes de charge (LL)
- Convention internationale de 1969 sur le jaugeage des navires (TONNAGE)
- Accord de 1971 sur les navires à passagers qui effectuent des transports spéciaux (STP)
- Protocole de 1973 (SPACE STP 1973)
- Convention sur le Règlement international de 1972 pour prévenir les abordages en mer, tel que modifié (COLREG)
- Convention internationale de 1972 sur la sécurité des conteneurs, telle que modifiée (CSC)
- Convention de 1976 portant créations de l'Organisation internationale de télécommunications maritimes par satellites (INMARSAT) et Accord d'exploitation
- Convention internationale de Torremolinos sur la sécurité des navires de pêche, 1977 (SFV)
- Convention internationale de 1978 sur les normes de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille telle que modifiée (STCW)
- Convention internationale de 1979 sur la recherche et le sauvetage maritimes (SAR)
- Convention internationale de 1995 sur les normes de formation du personnel des navires de pêche, de délivrance des brevets et de veille

➤ Prévention de la pollution des mers

- Convention internationale de 1969 sur l'intervention en haute mer en cas d'accident entraînant ou pouvant entraîner une pollution par les hydrocarbures (INTERVENTION)
- Protocole de 1973 (Protocole INTERVENTION)
- Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets, telle que modifiée (LC)
- Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, modifiée par le Protocole de 1978, telle que modifiée (MARPOL 73/78)
- Convention internationale de 1990 sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures (OPRC)

➤ Responsabilité et indemnisation

- Convention internationale de 1969 sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures (CLC)
- Protocole de 1976 (Protocole CLC 1976)
- Protocole de 1984 (Protocole CLC 1984)

- Convention internationale de 1971 portant création d'un Fonds international d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures (Convention de 1971 portant création du Fonds)
- Protocole de 1976 de la Convention portant création du Fonds
- Protocole de 1984 relatif à la Convention portant création du Fonds
- Convention d'Athènes de 1974 relative au transport par mer de passagers et de leurs bagages (PAL)
- Protocole de 1976 (PAL PROT 1976)
- Convention de 1971 relative à la responsabilité civile dans le domaine du transport maritime de matières nucléaires (NUCLEAR)
- Convention de 1976 sur la limitation de la responsabilité en matière de créances maritimes (LLMC)
- Convention internationale de 1996 sur la responsabilité et l'indemnisation pour les dommages liés au transport par mer de substances nocives et potentiellement dangereuses (SNPD)

➤ Autres questions

- Convention de 1965 visant à faciliter le trafic maritime international, telle que modifiée (FAL)
- Convention de 1988 pour la répression d'actes illicites contre la sécurité de la navigation maritime
- (SUA)
- Protocole de 1988 pour la répression d'actes illicites contre la sécurité des plateformes fixes situées sur le plateau continental (Protocole SUA)
- Convention internationale de 1989 sur l'assistance

Si il est possible de distinguer deux régimes - un régime général applicable quelle que soit la catégorie de navires considérée, et un régime spécifique à des catégories de navires (par exemple navires à passagers, vraquiers, pétroliers) – nous préférons néanmoins adopter une approche basée sur les systèmes cibles (navire – navigation – compagnie – marin) afin de récapituler les principales Conventions, et Codes importants.

➤ Le navire

La Convention SOLAS sous ses formes successives est généralement considérée comme le plus important de tous les traités internationaux concernant la sécurité des navires de commerce. La SOLAS a pour principal objectif de fixer des normes minimales pour la construction, l'équipement et l'exploitation des navires qui soient compatibles avec la sécurité. Elle prévoit des mesures relatives au compartimentage, à la stabilité, aux machines et installations électriques, à la prévention, la détection et l'extinction de l'incendie, aux engins et dispositifs de sauvetage, aux matériels de radiotélégraphie et de radiotéléphonie, à la sécurité de la navigation, ainsi qu'au transport de cargaisons à l'exclusion des liquides et des gaz en vrac, au transport de marchandises dangereuses et enfin relatives aux navires nucléaires.

La Convention MARPOL contient des exigences pour prévenir la pollution, qu'elle soit accidentelle ou opérationnelle. Elle comprend cinq Annexes qui énoncent les règles relatives à la prévention de diverses formes de pollution, à savoir la pollution par les hydrocarbures; la pollution par les substances liquides nocives transportées en vrac; la pollution par les substances nuisibles transportées en colis, ou dans des citernes mobiles, des conteneurs, des camions-citernes ou des wagons-citernes, etc.; la pollution par les eaux usées des navires; et la pollution par les ordures des navires.

La Convention internationale sur les lignes de charge (LL) fixe, sous la forme de francs-bords, les limites autorisées pour l'immersion des bateaux en fonction de la saison et du type de navire.

➤ La navigation, l'assistance, le sauvetage

La Convention COLREG établit le « code de la route » en mer avec les priorités et les actions à tenir pour éviter les collisions.

La Convention sur l'assistance intéresse l'assistant aux opérations de sauvegarde du milieu marin, en lui permettant d'être indemnisé pour toute action engagée par lui en vue de prévenir un accident sans que l'assisté ne l'ait requis. Ce texte consacre également les droits de l'Etat côtier en matière d'assistance, lui permettant d'intervenir directement ou indirectement en cas de problème.

➤ La compagnie

Le Code ISM (International Safety Management) porte sur la gestion de la sécurité. Selon ce texte, la « compagnie » (c'est-à-dire le propriétaire du navire ou tout autre organisme ou personne à qui la responsabilité de l'exploitation du navire a été confiée) doit notamment : mettre en place « *une hiérarchie et des moyens de communication permettant aux membres du personnel de bord de communiquer entre eux et avec les membres du personnel à terre* »; « *désigner une ou plusieurs personnes à terre ayant directement accès au plus haut niveau de la direction* » et chargée(s) de « *veiller à ce que des ressources adéquates et un soutien approprié à terre soient fournis selon que de besoin* » ; établir des plans pour les principales opérations à bord ; définir « *les procédures pour identifier et décrire les situations d'urgence susceptibles de survenir à bord ainsi que les mesures à prendre pour y faire face* ».

➤ Le marin

La Convention STCW constitue le texte de référence sur le niveau de qualification des équipages. Elle a établi des *minima* internationaux de formation pour les équipages.

Afin de compléter ce tableau, il est nécessaire de mentionner le Code ISPS (The International Ship and Port Facility Security Code, 2002) qui indique les exigences afin d'assurer que le navire et les installations portuaires soient sécurisés durant toutes les étapes du voyage.

II.2.4. Etat du Pavillon et certification

Les Conventions internationales de l'OMI confient la responsabilité de leur mise en oeuvre en premier lieu à l'Etat du Pavillon, c'est-à-dire celui auprès duquel est immatriculé le navire. Les Etats doivent ratifier les Conventions internationales (les Etats ne sont tenus d'appliquer ces Conventions, une fois entrées en vigueur, que lorsqu'ils les ont ratifiées). L'obligation de l'Etat est aussi d'adopter une législation interne qui transpose les Conventions internationales dans les lois nationales, de telle manière qu'elles deviennent applicables juridiquement.

Une autre compétence relevant des Etats est celle des contrôles. Les Etats doivent contrôler l'application des règles à bord des navires battant leur Pavillon, ce qui les conduit à effectuer des inspections et à délivrer des certificats qui attestent de la conformité du navire aux règles internationales. Ils ont aussi à prendre des sanctions à l'égard des contrevenants.

II.3. La classification

Les règlements des sociétés de classification ont longtemps constitué les seules normes relatives à la construction et à la conception des navires. Il s'agit avant tout d'élaborer des règles contribuant à la sécurité des navires, en particulier dans le domaine de la construction des navires et leur conception, et de vérifier leurs applications au moyen de visites et d'inspections tout au long du cycle de vie du navire.

II.3.1. Elaboration de règles

Les règles de classification couvrent la solidité générale de la coque, la machine et les équipements. Les normes sont en constante amélioration. Aux normes impératives dont l'application conditionne l'attribution de la classe, sont venues s'ajouter les dispositions moins contraignantes des notes d'information et des notes techniques qui anticipent sur les futures exigences de la classification. La révision périodique des règlements s'effectue par la publication de mises à jour annuelles, semestrielles voire trimestrielles selon les sociétés.

II.3.2. Les règles de classification

Elles couvrent plus précisément les domaines suivants: les matériaux, la solidité de la structure, les machines principales et auxiliaires, les systèmes techniques de contrôle, les installations électriques, les installations de conditionnement de la cargaison, les systèmes de détection et d'extinction des incendies et la stabilité du bateau à l'état intact. Sont en revanche exclus de ces règlements : le choix du mode de propulsion, la puissance de l'appareil propulsif et les normes d'exploitation du navire.

REGULATIONS	
CLASSIFICATION REGULATIONS (conditions of classification and class notations)	
PERIODICAL SURVEY REGULATIONS	
RULES FOR	
MANUFACTURE, TESTING AND CERTIFICATION OF MATERIALS	General Requirements Testing Procedures

Chapitre 1 : La sécurité du transport maritime

CERTIFICATION OF MATERIALS	<p>Rolled Steel Plates, Strip, Sections & Bars Steel Castings Steel Forgings Steel Pipes & Tubes Iron Castings Aluminium Alloys Copper Alloys Equipment for Mooring & Anchoring Approval of Welding Consumables Fabricated Steel Sections Welded Steel Machinery Structures Plastics Materials</p>
SHIP STRUCTURES (GENERAL)	<p>Materials Structural Design Longitudinal Strength Fore end structure Aft End Structure Machinery Spaces Superstructures, Deckhouses and Bulwarks Welding and Structural Details Closing Arrangements for Shell, Deck and Bulkheads Ventilators, Air Pipes and Discharges</p>
SHIP STRUCTURES (SHIP TYPES)	<p>GENERAL CARGO SHIPS Materials / Longitudinal Strength / Deck Structure / Shell Envelope Plating / Shell Envelope Framing / Bottom Structure / Bulkheads FERRIES, ROLL ON-ROLL OFF SHIPS AND PASSENGER SHIPS Materials / Longitudinal Strength / Deck Structure / Shell Envelope Plating / Shell Envelope Framing / Bottom Structure / Peak and Deep Tank Bulkheads / Bow Doors and Inner Doors / Subdivision Structure on Vehicle Deck BULK CARRIERS Materials / Longitudinal Strength / Deck Structure / Shell Envelope Plating / Shell Envelope Framing / Topside Tank Structure / Double Bottom Structure / Hopper Side Tank Structure / Bulkheads / Steel Hatch Covers and Coamings ORE CARRIERS Materials / Longitudinal Strength / Hull Envelope Plating / Hull Framing / Double Bottom Structure / Longitudinal Bulkheads / Transverse Bulkheads and Cofferdams / Primary structure in Wing Tanks CONTAINER SHIPS Materials / Longitudinal Strength / Deck Structure / Shell Envelope Plating / Shell Envelope Framing / Double Bottom Structure / Longitudinal Bulkheads / Transverse Bulkheads DOUBLE HULL OIL TANKERS Materials / Longitudinal Strength / Hull Envelope Plating / Inner Hull, Inner Bottom and Longitudinal Oiltight Bulkheads / Transverse Oiltight Bulkheads / Construction Details and Minimum thicknesses / Heated Cargoes SINGLE HULL OIL TANKERS Primary Members Supporting Longitudinal Framing / Primary Members Supporting Transverse Framing / Primary Members Supporting Oiltight Bulkheads / Construction Details and Minimum thicknesses OFFSHORE SUPPLY SHIPS Longitudinal Strength / Hull Envelope Plating / Hull Envelope Plating / Superstructure and Deckhouses / Watertight Bulkhead Doors / Miscellaneous Openings / Transport and Handling of Hazardous Substances in Bulk DREDGING AND RECLAMATION CRAFT Longitudinal Strength / Deck Structure / Shell Envelope Plating / Shell Envelope Framing / Bottom Structure / Spoil Space and Well structure / Watertight Bulkheads / Dredging Machinery Seats and Dredging Gear / Split Hopper Dredgers and Barges BARGES AND PONTOONS Longitudinal Strength / Hull Envelope Plating / Bottom Structure Watertight Bulkheads</p>
MAIN AND AUXILIARY MACHINERY	<p>General Requirements for the Design & Construction of Machinery Oil Engines Steam Turbines Gas Turbines</p>

	<p>Gearing Main Propulsion Shafting Propellers Shaft Vibration & Alignment Strengthening for Navigation in Ice Steam Raising Plant & Associated Pressure Vessels Other Pressure Vessels Piping Design Requirements Ship Piping Systems Machinery Piping Systems Piping Systems for Oil Tankers Spare Gear for Machinery Installations Requirements for Fusion Welding of Pressure Vessels & Piping Integrated Propulsion Systems Steering Gear Azimuth Thrusters Propulsion & Steering Machinery Redundancy</p>
CONTROL, ELECTRICAL AND FIRE	<p>Control Engineering Systems Electrical Engineering Refrigerated Cargo Installations Fire Protection, Detection & Extinction Requirements</p>
OTHER SHIP TYPES AND SYSTEMS	
<p><i>Other Classification Rules and Regulations for special types addressed by IMO Conventions and Codes, with a similar format of content to those for ships, are also established for the following:</i></p>	
SHIPS FOR LIQUEFIED GASES SHIPS FOR LIQUID CHEMICALS MOBILE OFFSHORE UNITS HIGH SPEED CRAFT, DYNAMICALLY SUPPORTED CRAFT	

Tableau 1-9: Règles typiques de classification des navires

II.3.3. Navires en construction

La société de classification vérifie la conformité du design, certifie les matériaux et les composants de construction, inspecte le navire pendant la construction, assiste aux essais et délivre les certificats de classification lors de la livraison du navire.

II.3.4. Navires en service

Des visites sont effectuées aux intervalles et dans les conditions fixées par le règlement de classification. Le cycle de classification est de cinq ans. La visite annuelle donne lieu à une inspection lors d’escale commerciale du navire à l’aide d’une *check list* d’éléments à vérifier. La visite intermédiaire, entre la deuxième et troisième année, donne lieu à une inspection plus approfondie du navire. Elle inclut soit un examen sous-marin de la coque par plongeurs, soit un passage au bassin, suivant le type de constatations faites. La visite spéciale se fait tous les cinq ans et permet d’examiner le navire beaucoup plus en détail, de telle manière qu’après cette visite, un certificat est délivré a nouveau. Les visites occasionnelles peuvent être demandées par l’armateur qui informe la société de classification d’un problème, ou de travaux d’entretien.

II.3.5. Contrôle des contrôleurs

Chaque société de classification a ses règles. Les plus importantes d'entre elles sont regroupées au sein d'une association internationale, l'IACS, dont le rôle est à la fois de garantir un niveau de qualité des sociétés de classification et d'assurer une cohérence entre les différents référentiels, de telle sorte qu'ils soient d'un niveau équivalent même si, sur certains points, ils diffèrent. La réglementation internationale a défini le contexte dans lequel les sociétés de classification interviennent. S'agissant du contrôle des Pavillons, certaines résolutions de l'OMI définissent la manière dont les organismes, agissant au nom de l'Administration, peuvent être habilités. Elles fixent des normes minimales pour l'habilitation et définissent un système de contrôle à mettre en place par l'Etat du Pavillon. La réglementation européenne, dans le cadre de Directives, définit des règles pour agréer ces sociétés de classification.

II.4. Règles statutaires et règles de classification

Historiquement, les règles de classification s'intéressent avant tout à évaluer le risque pour la marchandise et le navire, beaucoup plus que la sauvegarde de la vie humaine en mer, qui a été l'objet de la Convention SOLAS. C'est la raison de la différence entre la classification et le statutaire. Ceci étant, les deux domaines sont intimement liés : dès lors qu'un référentiel pour la construction d'un navire est édicté, celui-ci contribue à la sécurité générale. Les deux domaines sont maintenant beaucoup plus intimement liés qu'ils ne l'étaient au départ. L'OMI impose notamment le recours à la classification « *SOLAS Chapter II-1 - Part A-1 Structure of ships - Regulation 3-1 Structural, mechanical and electrical requirements for ships. In addition to the requirements contained elsewhere in the present regulations, ships shall be designed, constructed and maintained in compliance with the structural, mechanical and electrical requirements of a classification society ...* ». Le chevauchement du système de classification et des Conventions de l'OMI est illustré dans la figure suivante.

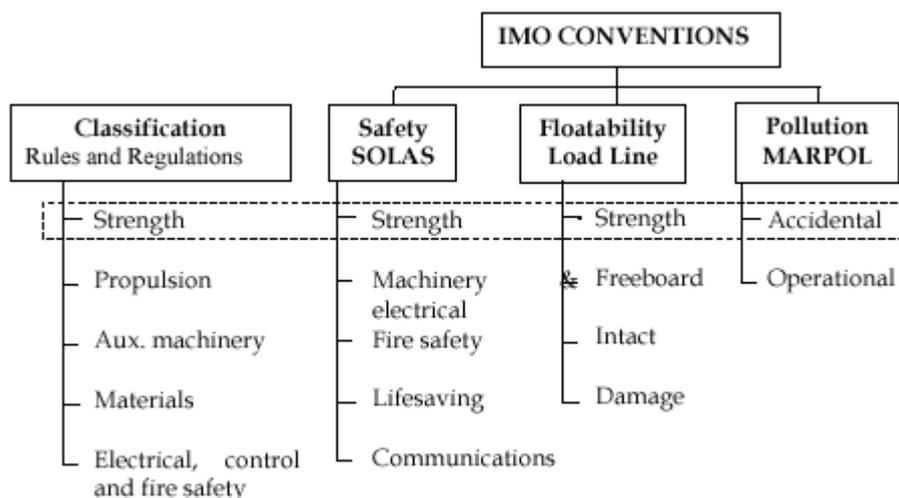


Figure 1-14 : Règles de classification et Conventions Maritimes Internationales

III. CONCLUSIONS

Ce Chapitre a abordé les systèmes de la sécurité maritime et de la réglementation de la sécurité maritime.

Le champ d'investigation de cette étude est plus précisément la sécurité du transport maritime commercial relative à la sauvegarde de la vie humaine, la protection de l'environnement et du navire. Après avoir présenté une liste extensive de *stakeholders* (réseaux d'acteurs qui influencent ou sont affectés, directement ou indirectement, par la problématique de la sécurité maritime) ainsi que leurs besoins en termes de sécurité, quatre groupes d'acteurs ont été identifiés comme principaux, plus l'environnement. Il s'agit des opérateurs – l'armateur au sens large -, les chantiers, les acteurs de la réglementation (l'Organisation Maritime Internationale, les sociétés de classification, les Etats du Pavillon et du Port), et finalement le système portuaire. Afin de compléter l'image de ce jeu d'acteurs fondée sur leurs fonctions et leurs besoins, nous nous sommes intéressés à la culture de sécurité.

Valkonen [OMI, 2001] définit le concept de culture de sécurité maritime ainsi: *“Maritime safety culture is the way in which the maritime community acts in various seafaring situations, by common consent and with the strong approval of the community, for the purpose of avoiding risks to human life, ships and cargo and for the protection of the marine environment. These procedures are reflected in compliance with rules and regulations, in risk awareness and in the maintenance of a sound balance between safety and commerce.”* Au-delà de cette définition « maritime », qui permet d'éclaircir, le concept de « culture de sécurité », la culture de sécurité maritime dominante est définie comme étant une *culture de conformité* : les normes et autres standards sont respectés, sans pour autant que la sécurité ne soit un objectif principal de l'organisation. Cette culture de conformité est associée elle-même à un régime réglementaire de la sécurité maritime dit « de conformité ». Il repose essentiellement sur une réglementation technique et prescriptive et une série de contrôles: développement de règles prescriptives (règles publiques et internationales relatives à la sauvegarde de la vie humaine et à la protection de l'environnement par l'intermédiaire de l'OMI et de ses Conventions, ou règles privées relatives à la structure et aux équipements d'un navire par les Sociétés de Classification) ; mise en oeuvre des règles internationales par les Etats du Pavillon ; application de ces règles par les chantiers et les armateurs ; certification et classification du navire par les Etats du Pavillon et les sociétés de classification ; et finalement inspections par les Etat du Port.

Quelle sécurité résulte de cette culture ? La sécurité peut-être définie comme un non-événement dynamique [THEMES, 2000]. La sécurité est invisible mais la non-sécurité est mise au jour par les événements redoutés. L'accidentologie maritime, dans un contexte de croissance du trafic, démontre à la fois une amélioration de la sécurité au fil des années (au niveau des pertes de vies humaines, de la pollution et des pertes de navires), et une persistance de grandes catastrophes. Certaines de ces grandes catastrophes maritimes – alors que d'autres n'ont suscité aucune réaction - ont eu un impact important sur le développement réglementaire. Il est certain que ce retour

d'expérience brutal est nécessaire, et a permis le développement de règles de sécurité visant à prévenir une nouvelle survenance. Cependant un certains nombres de critiques touchent ce mode de fonctionnement où une action/décision politique rapide est rendue nécessaire sous la pression sociétale et médiatique.

Une lecture en creux de cette description du système de la sécurité maritime fait émerger, d'une part, certains éléments de dysfonctionnement – qui seront formalisés dans le Chapitre 2 -, et d'autre part, l'importance du système de la réglementation de la sécurité maritime. La dernière partie de ce Chapitre a été consacrée à une description des deux acteurs principaux de la réglementation de la sécurité maritime : l'OMI et les sociétés de classification.

La figure suivante illustre le système de la « Réglementation de la sécurité maritime ».

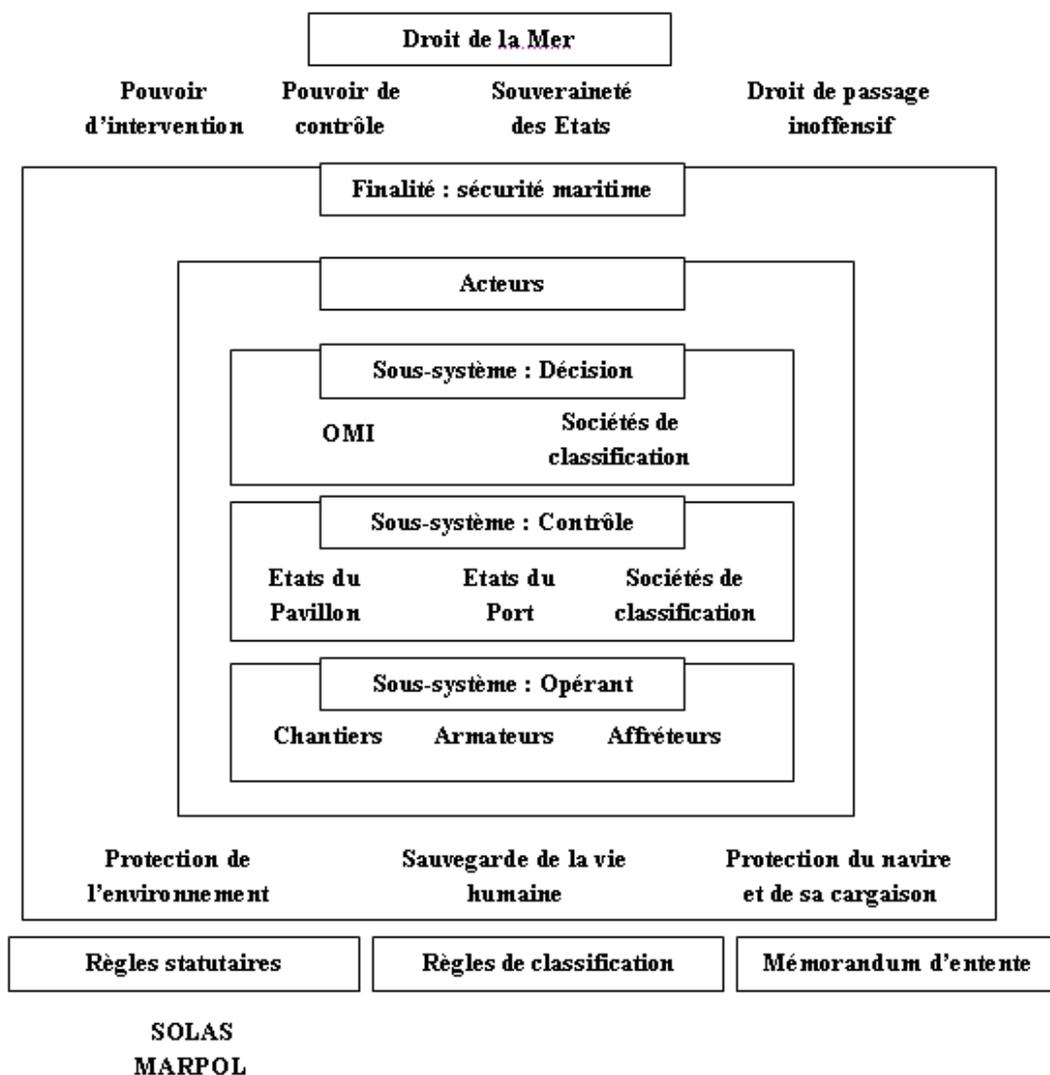


Figure 1-15 : Système de « la réglementation de la sécurité maritime »

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 1

- [Boisson, 1998] **BOISSON Philippe.** *Politiques et droit de la sécurité maritime.* Paris : Bureau Veritas, 1998.
- [Boisson, 2002] **BOISSON Philippe.** *The impact of the major disasters on maritime safety.* **In** Maritime safety and environmental protection Conference, 11 mars 2002, Brest, France.
- [Bruno, 1999] **BRUNO, A. MOUILLERON-BECAR, C.** *Dictionnaire maritime thématique anglais et français.* Rennes : Infomer, 1999.
- [CA-FSEA, 1999] **CA-FSEA.** *Final Report for Publication.* Concerted Action on Formal Safety and Environmental Assessment, 1999.
- [ITOPF, 2005] **ITOPF.** *Spill statistics.* ITOPF, 2005. <Available from the internet: <http://www.itopf.com/stats.html>>
- [Joerin, 1993] **JOERIN.** *Décider sur le territoire, Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère.* Thèse de doctorat, Département de génie rural, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 1997.
- [Kervern, 1994] **KERVERN, G.-Y.** *Latest advances in cindynics.* Paris: Ed. Economica, 1994
- [Merad, 2003] **MERAD, M.** *Apport des méthodes d'aide multicritère à la décision pour l'analyse et la gestion des risques liés aux mouvements de terrains induits par les ouvrages souterrains.* Thèse de doctorat. Université de Paris Dauphine, 2003.
- [MIF, 2002] **Maritime Industry Forum.** *The maritime industry R&D masterplan.* MIF, Brussels: 2002.
- [OCDE, 1996] **OCDE.** *Competitive Advantages Obtained by some Shipowners as a Result of Non-Observance of Applicable International Rules and Standards.* OCDE/GD(96)4. Paris: 1996.

- [OCDE, 2001] **OCDE.** *La navigation sous normes : le coût pour les utilisateurs.* OCDE. London : SSY Consultancy & Research Ltd, 2001, 87 p.
- [Odier, 2004a] **ODIER, F.** *Séminaire de droit maritime – L’exploitation des navires.* Paris : BNP Paribas, 2004.
- [Odier, 2004b] **ODIER, F.** *Séminaire de droit maritime – Le navire.* Paris: BNP Paribas, 2004.
- [OMI, 2001] **OMI - Valkonen H.** *IMO News – The culture of safety at sea.* IMO News, 4. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2002] **OMI.** *IMO News – Safer shipping demands a safety culture.* IMO News 2002 n.3. Londres: OMI, 2002.
- [Paul, 2000] **PAUL Daniel, LE DRIAN Jean-Yves.** *Rapport fait au Nom de la Commission d’Enquête sur la sécurité du transport maritime des produits dangereux ou polluants.* N°2535. Assemblée Nationale, 2000
- [Pedrali, 2003] **Pedrali & Al.** *Towards a systematic organisational analysis for improving safety assessment of the maritime transport system.* **In** ESREL. Proceedings of the 14th European Conference on Safety and Reliability ESREL 2003, June 15-18, 2003, Maastricht, The Netherlands.
- [Rasmussen, 1997] **RASMUSSEN, J.** *Risk management in a dynamic society: a modelling problem.* **In** Safety Sciences (27), 1997.
- [SAFETY FIRST, 2002] **SAFETY FIRST.** *Deliverable 6-1 Data Collection - Fine Tuning of Basic Statistics for Fire Outbreaks for Different Ship’s Areas.* SAFETY FIRST European Research Project, 2002.
- [THEMES, 2000] **THEMES.** *Outline European framework for the development of safety assessment in waterborne transport.* WP I, Deliverable D1.1. THEMES Thematic Network for safety assessment of waterborne transport, 2000.
- [THEMES, 2003] **THEMES.** *Framework for safety assessment and management in waterborne transport.* WP I, Deliverable D1.4. THEMES Thematic Network for safety assessment of waterborne transport, 2003.

- [UK HSE, 2002] **UK Health and Safety Executive – Gadd S, Collins A. M.** *Safety culture: a review of literature*. Report HSL/2002/25. London: Health and Safety Executive, 2002.
- [UK HSE, 2005] **UK Health and Safety Executive.** *A review of safety culture and climate literature for the development of the safety culture inspection toolkit: a review of literature*. London: Health and Safety Executive, 2005.
- [Viney, 2000] **VINEY, G. KOURILSKY, P.** *Le principe de précaution : Rapport au Premier Ministre*. Paris : O. Jacob : La Documentation française, 2000.

Chapitre 2: ELEMENTS DE LA REGULATION DE LA SECURITE

Le Chapitre précédent a précisé le cadre général de la sécurité maritime. Cette analyse a permis d'aborder des éléments importants. En particulier, la culture de conformité présente chez les acteurs du transport maritime est étroitement liée au format réglementaire. Ceci a justifié notre intérêt pour deux acteurs majeurs du système de la réglementation : l'OMI et les sociétés de classification. Une description des acteurs a apporté une première contribution à l'identification, la présentation et l'organisation de ceux-ci. Toutefois, ceci ne suffit pas à comprendre le détail de ces réseaux, qui aboutit finalement à une culture de conformité. Nous sommes amenés à nous intéresser à la mise en place de la sécurité par – et dans – ce réseau d'acteurs. La décision est le prisme par lequel la sécurité va être abordée dans ce Chapitre.

La première section présente l'approche méthodologique et les fondements théoriques nécessaires à cette modélisation. Le premier modèle choisi est celui proposé par Rosness et Hovden [2001, in Kørte, 2002] : à partir d'une représentation dans un espace à deux dimensions formé par « la proximité au danger » et « le niveau d'autorité », des groupes de décision et des modes de décision sont identifiés. Le deuxième modèle utilisé est celui de Kørte et Haven [Kørte, 2002]. A partir – de ce que nous appellerons - le modèle de Rosness, Kørte et Haven discutent de l'implication des modes de décision sur la prise en compte de la sécurité dans la décision. Ces modèles hypothétiques sont confrontés à la réalité du secteur maritime. Pour ce faire, les données ont été essentiellement mobilisées à partir du travail du Réseau Thématique Européen THEMES (Safety assessment in waterborne transport) sur les acteurs de la sécurité maritime et leurs besoins en termes de sécurité [THEMES, 2000].

Dans la section suivante, à partir du classement des acteurs de la sécurité maritime dans le modèle de Rosness, les différents groupes de décision - Politique, Managérial, Opérationnel, Gestion de crise et Analytique - sont discutés avec une double perspective : cognitive (pour fournir une représentation aussi conforme que possible du système existant, mettre en évidence certaines de ses caractéristiques et dysfonctionnements) et normative (pour fournir une représentation plus ou moins idéale d'un système à créer, mettant en évidence certaines de ses propriétés souhaitables). Finalement, le choix de la problématique générale de ce mémoire – l'apport des pratiques de

l'analyse de risque à la réglementation de la sécurité maritime – sera justifié dans la dernière section de ce Chapitre à partir des dysfonctionnements observés et des attentes de Bureau Veritas.

I. PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE MODELISATION

La démarche générale de modélisation repose sur une collecte de données relatives aux acteurs de la sécurité maritime et sur deux modèles (Modèle de Rosness et Modèle de Kørte). Ces modèles permettent de mobiliser ces données, afin de dégager les caractéristiques de la sécurité maritime d'un point de vue décisionnel. Cette section présente tout d'abord le modèle de Rosness qui permet d'appréhender des groupes de décision et leurs modes de décision, puis le modèle de Kørte qui introduit la dimension de la prise en compte de la sécurité dans le processus de décision attaché au modèle précédent. Ensuite, la base de mobilisation de données est rappelée : une liste des acteurs de la sécurité maritime et de leurs besoins en termes de sécurité. Elle permettra de confronter la réalité maritime aux modèles théoriques. Cette section se conclue avec une première classification des acteurs de la sécurité maritime grâce au modèle de Rosness. Des extensions à ce modèle, liées à la spécificité maritime, sont présentées.

I.1. Modèles hypothétiques

I.1.1. Modèle de Rosness : Les domaines de décision

Rosness [2001, in Kørte, 2002] souligne que plusieurs chercheurs ont mis en évidence le contraste entre la position du personnel « *sharp end* » qui opère directement des systèmes à risques, et la position des managers et des concepteurs « *blunt end* » qui influencent fortement les conditions de travail et les tâches du personnel. Selon Rosness, cette dichotomie confond deux dimensions importantes, à savoir (1) la proximité au danger et (2) le niveau d'autorité. La proximité au danger est principalement appréhendée en termes de distances physique et temporelle. En ce qui concerne les niveaux d'autorité, un acteur A a un niveau d'autorité plus élevé qu'un acteur B, si il est habilité à donner des instructions, des ordres ou des directives à l'acteur B. Cela ne veut pas dire que la relation est unilatérale, mais qu'un « canal dominant » existe. Cette dimension comporte le staff, le management, la compagnie, les autorités de réglementation et les autorités politiques. Rosness et Hovden présentent une typologie de groupes et de modes de décision à partir de ces deux dimensions.

Dans la figure suivante, cinq groupes sont identifiés. Le premier nommé *Opérations routinières* correspond à un niveau d'autorité assez bas et à une distance moyenne ou proche, de manière globale, de la source du danger. Le deuxième groupe, nommé *Managérial* détient un haut niveau d'autorité, et est quelque peu éloigné des sources de danger. Le troisième groupe dit *Analytique* où l'on retrouve souvent des fonctions de contrôle et de planification aussi bien que les ingénieurs et autres designers, sont souvent loin de la source de danger et possèdent un niveau d'autorité bas. Le *Politique* forme le quatrième groupe identifié ; on y retrouve les corps et agences gouvernementales dont l'objet de la décision a des portées sur la mise en place de lois, des normes et des procédures de régulation. Leur niveau d'autorité est élevé et ils sont loin de la source de

danger. Le cinquième et dernier groupe *Gestion de crise* concerne les situations où le contexte est extrêmement dynamique et les conséquences majeures.

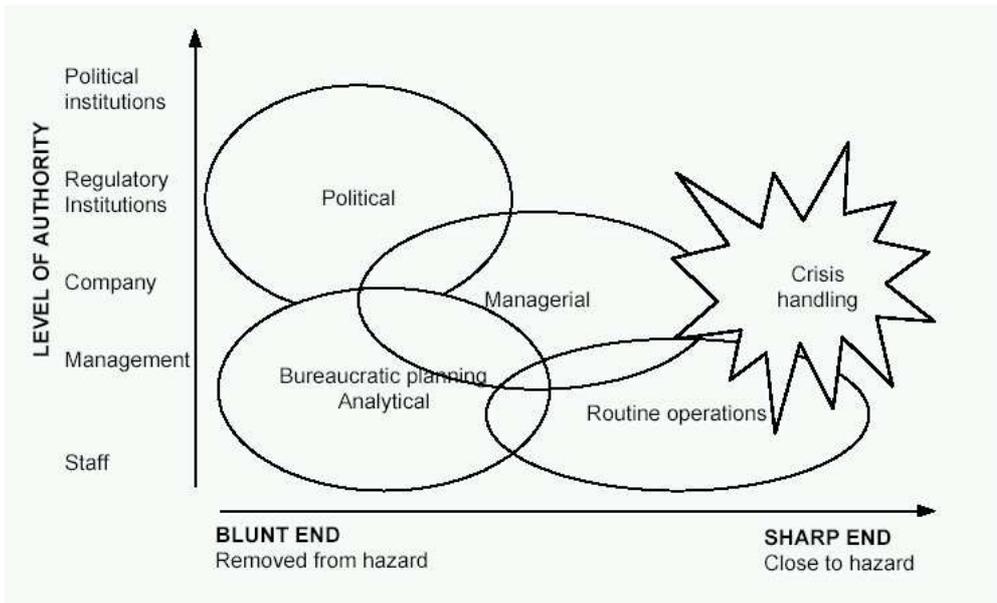


Figure 2-1 : Modèle de Rosness : les groupes de décision [Rosness in Kørte, 2002]

1.1.2. Modèle de Kørte: Risque et domaines de décision

Kørte et Aven prolongent le travail de Rosness, avec une attention particulière pour les contraintes et les potentialités de l'analyse et la gestion des risques pour chaque domaine. A partir des contraintes relatives à chaque groupe de décision, Kørte et Aven présentent les implications sur la prise en compte de la sécurité lors du processus décisionnel, et discutent de la bonne utilisation de l'évaluation des risques – au sens large du terme (collecte d'information, formation, modélisation, analyse, etc.) – dans ce cadre. Finalement, des idées normatives sur les interactions et les influences entre les domaines sont présentées (voir figures), avec la nécessité d'une bonne co-ordination entre les réseaux d'acteurs afin de gérer correctement la sécurité et les risques.

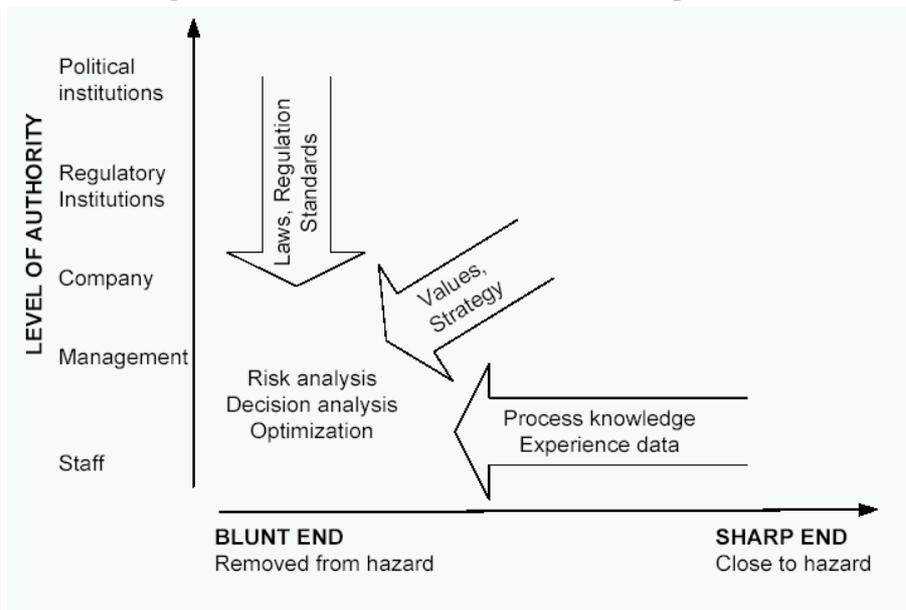


Figure 2-2 : Modèle de Kørte : influences sur le domaine analytique [Kørte, 2002]

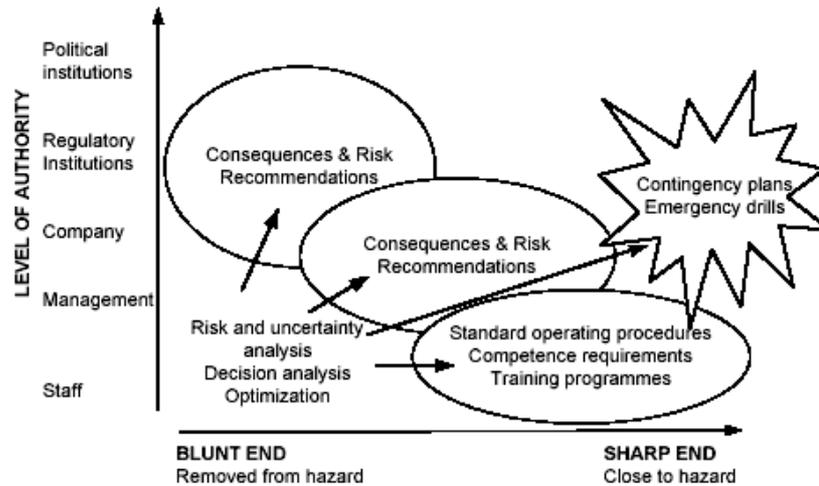


Figure 2-3: Modèle de Kørte : support du le domaine analytique [Kørte, 2002]

I.2. Mobilisation des données

Kørte et Aven concluent leur papier en reconnaissant la nécessité de tester et de confronter leur modèle à des études empiriques. C'est le but de notre démarche dans ce Chapitre. Afin de confronter les deux modèles précédents au secteur maritime ; les travaux du Réseau Thématique Européen THEMES ont été mis à contribution. Les données mobilisées sont essentiellement la liste des acteurs et de leurs besoins en termes de sécurité [THEMES, 2000]. Cette liste a été présentée dans le premier Chapitre de cette Partie.

I.3. Extension des modèles par la classification des acteurs

Avant de discuter chaque groupe de décision dans la section suivante, ce paragraphe présente la classification « brute » des réseaux d'acteurs maritimes dans le modèle de Rosness. Ce choix est justifié par le fait que cette simple classification des acteurs a nécessité une amélioration du modèle.

I.3.1. Classification des acteurs de la sécurité maritime

Selon Rosness la distance au danger est définie en termes de distances physique et temporelle. Ainsi, des acteurs peuvent être opérationnellement proches de la source de danger, bien qu'éloignés physiquement. Afin d'obtenir une classification rationnelle des acteurs, la dimension « proximité au danger » a été formalisée comme présentée dans le tableau suivant.

Removed from hazard		Operationally close		Close to hazard	
Removed		Operationally close		Physically close	
Stakeholders at the very blunt end of hazard	Distance to hazard is high even if some time to time contacts may exist	Contact during exploitation and port of call	Navigationally close with real time communications	Stakeholders who could be physically involved in the accidental sequences, with some time delays	Stakeholders who are on the hazardous site

Tableau 2-1: Modèle de Rosness : Dimension « distance au danger »

La figure suivante présente la classification des acteurs maritimes selon le modèle de Rosness amélioré.

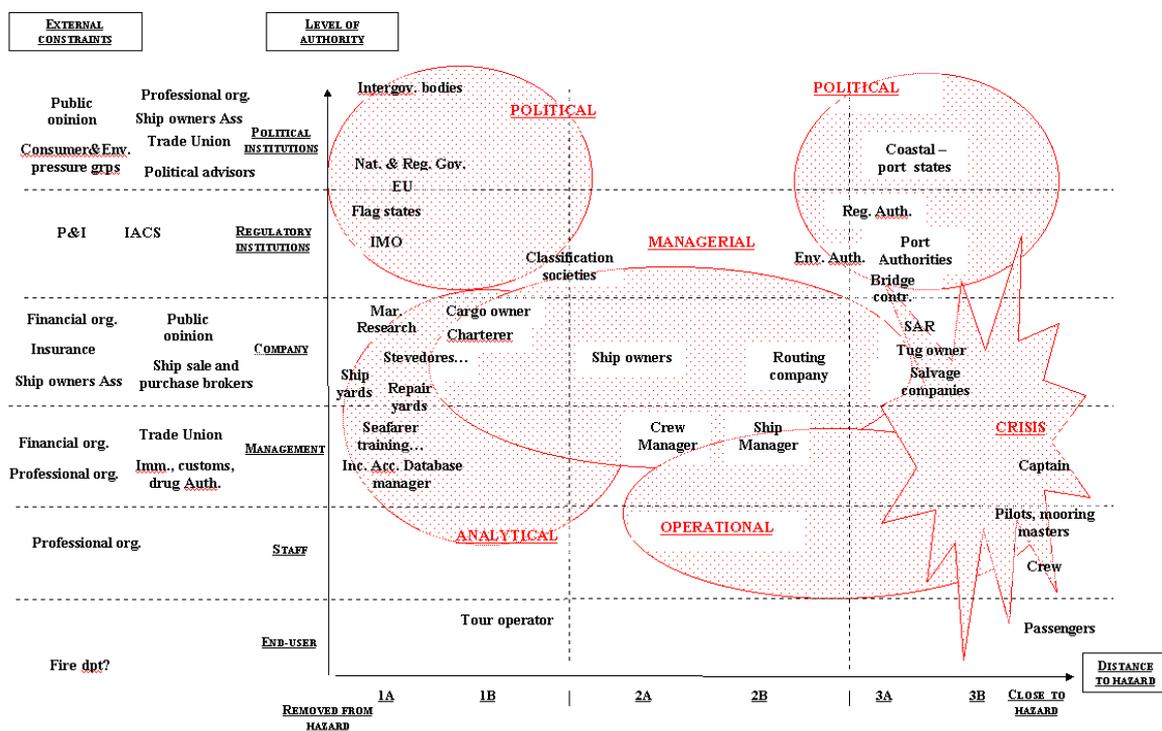


Figure 2-4 : Modèle de Rosness : les acteurs maritimes

1.3.2. Extension du modèle de Rosness

L'utilisation pratique du modèle de Rosness dans cette étape de classification nous a conduits à apporter deux éléments supplémentaires aux 5 groupes de décision originels.

Une première extension est l'identification d'un nouveau groupe « Politique » proche du danger. Le groupe « Politique » de Rosness (que nous appellerons Politique 1) possède un niveau d'autorité élevé, et est situé loin de la source de danger. La spécificité des acteurs politiques du domaine maritime est la double casquette des Etats qui peuvent être à la fois des Etats du Pavillon et des Etats du Port. D'un niveau d'autorité élevé dans les deux cas, les premiers font partie du groupe

politique 1 alors que les seconds peuvent être considérés proches du danger avec, bien sûr, des problématiques de prise de décision politique ou réglementaire, mais aussi des problématiques de gestion « opérationnelle » de la sécurité. Il en résulte des contraintes et des modes de décision spécifiques qui justifient ce nouveau groupe de décision. Les besoins identifiés par THEMES sont révélateurs de cette situation.

Stakeholders	Needs/decisions
Flag states	Information on/assessment of risks Decision on safety regulations (through IMO) Database structuring and incident/accident information collection and archiving
Port authorities / states	Assessment of (ship type specific) risks (e.g. to optimise checklists for port state control surveys) Acceptance/refusal of ships Fee estimation/adjustments Pollution avoidance Fulfilling national/local requirements for contingency planning, and provision of emergency services Port State Control inspections and other surveys Policy setting

Tableau 2-2 : Etat du Pavillon et Etat du Port

Cette situation peut se cristalliser sous la forme d'un transfert de risques – qui n'est pas obligatoirement compensé par des faits commerciaux ou économiques - entre des Etats possédant une flotte importante et des Etats où le trafic est important. Cette problématique sera identifiée lors de la discussion de chacun des groupes.

La deuxième amélioration apportée est la création d'un groupe dit de « contraintes externes ». Les acteurs de ce groupe n'ont pas de contact, d'influence directe avec la sécurité, mais ont la possibilité d'influencer d'autres acteurs à tout niveau de décision.

I.3.3. Tendances

Pour finir ce paragraphe, trois tendances d'évolution des acteurs ont été identifiées lors de cette étape de classification. Tout d'abord, un acteur « traditionnel » est désormais un réseau d'acteurs. Ceci a été mis en avant précédemment avec l'éclatement de l'acteur « armateur ». Ensuite, les acteurs ont des rôles multiples. Le cas des Etats, à la fois Etat du Pavillon, Côtier, ou du Port vient d'être évoqué. La délégation de la certification statutaire aux sociétés de classification est aussi un exemple de cette complexité. Enfin, certains acteurs se rapprochent du danger selon la définition de la dimension « proximité au danger ». Nous pouvons évoquer le cas des sociétés de classification dont certaines proposent un service d'aide en situation de crise (*Emergency Response Service* - Loyd's Register & Bureau Veritas), afin d'apporter leur expertise technique ; ou encore le système du *vetting* (ou validation) mis en place essentiellement par les compagnies pétrolières ou chimiques : des inspections effectuées par les experts des chargeurs sur la base d'un questionnaire standardisé afin de se prononcer sur la qualité générale d'un navire et savoir si il peut-être affrété.

II. EXPERIMENTATION

Cette section décrit chaque domaine de décision à partir des modèles de Rosness et de Kørte et aux regards des réseaux d'acteurs de la sécurité maritime. Les attentes générales de cette modélisation sont doubles. Le modèle de Rosness confronté au secteur maritime sert de support à la connaissance de la sécurité maritime. Le modèle de Kørte permet d'analyser les écarts entre une représentation plus ou moins idéale d'une sécurité et la réalité maritime, en mettant en évidence certaines caractéristiques souhaitables et, par conséquent, certains dysfonctionnements.

Chaque groupe de décision est analysé comme suit. Un premier tableau présente les caractéristiques principales établies à partir des travaux de Rosness et Aven. La grille de lecture proposée du modèle de Rosness est la suivante : *Stakeholders* (position par rapport aux deux dimensions et acteurs typiques maritimes), *Decision-making (process)*, *Decision (results)*, *Constraints*, *Decision Criterion*, et *Support and relation*. Les caractéristiques du modèle de Kørte sont présentées dans la ligne « *risk* » du tableau. Une dernière ligne a été ajoutée à ce tableau « *drawback* », à partir de quatre types de processus décisionnel (effet inconnu, effet de composition, prise de décision médiocre et prise de décisions absurde) issus des travaux de Morel sur les décisions absurdes (une brève description est proposée ci-après [Morel, 2002]). Ensuite une synthèse de l'analyse du groupe d'acteurs maritimes est présentée avec des illustrations choisies dans un souci de représentativité.

Notre souci n'est pas l'exhaustivité, mais l'identification et la présentation des caractéristiques fortes. Des analyses plus détaillées sont disponibles dans [Chantelauve, 2003a] et [Chantelauve, 2003b]. Ces analyses s'intéressent au système traditionnel de la sécurité maritime. En particulier, la réglementation évolue rapidement depuis quelques années. L'ensemble de ces évolutions seront prises en compte notamment dans la Partie 2 de ce mémoire. Tout comme Kørte, nous reconnaissons que l'analyse puisse être assez stéréotypée, néanmoins nous pensons qu'elle peut fournir une compréhension des potentiels et des limitations du système de la sécurité maritime.

Morel rappelle que la « décision » est tout à la fois un processus – la prise de décision (formulation du problème, collecte des informations, choix, exécution et contrôle) et un état – le résultat de ce processus. Il met en évidence des résultats imparfaits et des processus de prise de décision à l'origine de ceux-ci. Différentes catégories de résultats non conformes au but cherché sont identifiées : premier type, l'accident, c'est à dire la destruction partielle ou totale d'un système technique, avec des pertes humaines ou non ; deuxième type, un résultat faux : toute action intellectuelle, par exemple une prévision, peut déboucher sur un résultat faux ; troisième type, les solutions médiocres : sans être contraire à l'objectif, le résultat en est plus ou moins éloigné ; et, quatrième type, la solution contraire à l'objectif. Ces différents types de résultats non-conformes peuvent être atteints chacun à travers quatre processus de décision : l'effet inconnu - un processus de décision dans lequel va jouer un effet inconnu du décideur, et donc qu'il ne maîtrise pas ; l'effet de composition - l'agrégation et la combinaison des décisions provoquent des conséquences non voulues, par un effet quasi mécanique ; la décision médiocre - elle est médiocre parce que la capacité humaine de traitement de l'information n'est pas infinie et que la coordination est imparfaite : la décision médiocre tourne autour de l'objectif, il n'y a pas de contradiction manifeste

entre l'action et le but poursuivi ; et, la décision absurde - l'action persistante et radicale contre le but recherché.

II.1. Domaine Politique 1

Political domain, N.1	
Stakeholders	Level of authority: High
	Distance to hazard: Removed
	Such as: Flag States, IMO, classification societies, etc.
Decision-making (process)	By consensus, in a negotiative, discursive and deliberative manner
Decision (results)	Law and regulation
Constraints	Potential conflict of interests
Criterion	Consensus achieved
Relation /support	Delegation to bureaucratic and technical domain
Risk	Uncertainty and risk assessment should have an important place in informing public policy (decision) makers
Drawback	Composition effect, i.e. aggregation and combination of minor decisions: decision by consensus relies on minor decisions based on limited analysis. There are difficulties in achieving a consensus on major change.

Tableau 2-3 : Groupe Politique 1

Dans le modèle de Rosness, le domaine politique est défini par un niveau élevé de l'autorité et un éloignement du danger. La prise de décision, résultant en lois et réglementations, est typiquement une prise de décision par consensus soutenu par une activité analytique. Les membres du groupe exercent un rôle d'une façon discursive et délibérative. Ce processus est contraint par des objectifs et des stratégies spécifiques, ainsi que de potentiels conflits d'intérêts.

II.1.1. Décision par consensus

Ce mode de décision par consensus est une caractéristique forte du fonctionnement de l'OMI, et dans une moindre mesure des sociétés de classification sous couvert de l'IACS. Selon les termes mêmes du Secrétaire Général de l'OMI, M. William O'Neil [Paul, 2000]: « *La plupart des décisions sont prises par consensus de la communauté internationale des transports maritimes. Il est très rare que nous ayons recours au vote* ». En pratique, la rédaction et l'adoption d'une Convention de l'OMI – sans rentrer dans le détail des procédures - peuvent demander plusieurs années. L'adoption d'une Convention marque seulement la fin de la première étape d'un long processus. Avant l'entrée en vigueur de la Convention - c'est-à-dire avant qu'elle n'ait force obligatoire pour les gouvernements qui l'ont ratifiée - elle doit être acceptée officiellement par les divers gouvernements. Les Conventions de l'OMI entrent en vigueur dans un délai moyen de cinq ans après adoption. Dans certains cas, lorsqu'il faut agir rapidement pour faire face à une situation, les gouvernements acceptent d'accélérer considérablement ce processus. Afin de répondre aux évolutions de la technologie et des techniques, la mise à jour des Conventions existantes est une possibilité. Pour les premières Conventions, les amendements n'entraient en vigueur qu'après avoir été acceptés par un certain pourcentage des États contractants, généralement les deux tiers. Pour remédier aux retards importants dans la mise en application des amendements, l'OMI a élaborée une procédure «d'acceptation tacite» :

au lieu d'exiger qu'un amendement entre en vigueur après avoir été accepté par – en général – les deux tiers des Parties, la nouvelle procédure prévoit qu'un amendement entrera en vigueur à une date donnée sauf si, avant cette date, un certain nombre de Parties élèvent une objection. Concernant la lourdeur des processus de décision, le Secrétaire Général estime que : « *Les processus de l'OMI sont sans doute plus lents [que ceux de l'Union européenne], ce qui n'est pas nécessairement négatif. Si la Communauté européenne estime qu'une décision s'impose alors que certaines parties du monde dans lesquelles les progrès technologiques ne sont pas aussi avancés ont une vision différente, si une donnée commerciale s'immisce dans ce raisonnement, les répercussions pourraient être catastrophiques pour l'ensemble des transports maritimes de marchandises.* ». En ce qui concerne les sociétés de classification, la prise de décision consensuelle – un consensus sans doute plus technique que politique - existe lorsque des « *unified requirements* » sont développés par l'IACS.

II.1.2. Support technique

Les projets de Convention de l'OMI sont rédigés par les comités et sous comités techniques spécialisés de l'OMI. Ses travaux sont menés à bien par les représentants des États Membres, avec un accueil favorable des conseils des organisations intergouvernementales et des organisations non gouvernementales internationales présentes à l'OMI. Les règles de classification sont établies à partir de considérations techniques. Pour le cas de la structure d'un navire, par exemple, les règles ont été progressivement développées à partir des sciences des matériaux et de la structure, par des observations et mesures directes, et par l'analyse de l'expérience opérationnelle.

II.1.3. Implications du mode décisionnel

La description théorique de la prise de décision politique peut-être associée à la décision par effets de composition de Morel : les décisions par consensus sont généralement mineures et basées sur une analyse limitée (i). Il est difficile d'atteindre un consensus sur des changements majeurs (ii). Deux caractéristiques maritimes majeures sont associées à ce mode décision.

II.1.3.1. Sur-réglementation et fragmentation

La proposition théorique (i) est une réalité pour le domaine maritime. Boisson [Boisson, 1998] en a identifié les conséquences : sur-réglementation et fragmentation de la réglementation : “*The safety laws, so difficult to understand and interpret, so complicated to implement and enforce, raises a new set of problems for those concerned with safety. This situation is disturbing the shipping industry. The harmful effects of over-regulation and the fragmentation of rules have been denounced. Difficulties arise from the fact that the international standards governing safety at sea are heterogeneous, many in number and incomplete. Another sources of anxiety is the increasing speed at which the law changes. Despite the proliferation of regulatory organisations, certain loopholes persist in the law. Overlapping and duplication of efforts to promote maritime safety continue in the absence of global co-ordination.*”

II.1.3.2. Réglementation par les désastres

S'il est généralement difficile de prendre des décisions majeures (ii), les accidents ont déjà été identifiés comme un moteur de l'avancée réglementaire (Chapitre 1-1). S'il n'est pas utile de

repandre dans le détail l'ensemble de la réglementation par les désastres, l'exemple du chavirement du transbordeur Herald of Free Enterprise qui a causé la perte de 193 vies humaines en mars 1987 peut être donné à titre d'illustration. Le Royaume-Uni a proposé un ensemble de mesures destinées à empêcher qu'un tel accident ne se reproduise, dont la première partie a été adoptée en avril 1988 (Convention SOLAS. Amendements de 1988 (avril) ; Adoption : 21 avril 1988 ; Entrée en vigueur : 22 octobre 1989). Ces mesures prévoient notamment l'adjonction de nouvelles règles destinées à améliorer la surveillance des portes et des zones de cargaison ainsi que l'éclairage de secours. Étant donné l'urgence de la question, la procédure d'"acceptation tacite" a été utilisée pour permettre l'entrée en vigueur des amendements 18 mois seulement après leur adoption. La catastrophe est également à l'origine de certains autres amendements (Convention SOLAS. Amendements de 1988 (octobre) ; Adoption : 28 octobre 1988 ; Entrée en vigueur : 29 avril 1990). Ils portent sur la méthode selon laquelle la stabilité des navires à passagers après avarie devrait être calculée; ils exigent que toutes les portes de chargement soient verrouillées avant qu'un navire quitte son poste de mouillage et ils rendent obligatoire une visite à l'état léger des navires à passagers au moins tous les cinq ans afin de garantir que leur stabilité n'a pas été compromise par l'accumulation de charges supplémentaires ou par une altération quelconque de la superstructure. D'autres amendements étaient en cours d'élaboration avant la catastrophe, ce qui a eu pour conséquence d'avancer la date de leur adoption. Ils portent sur la stabilité des navires à passagers après avarie.

Cette réactivité face aux accidents est nécessaire au sens où des leçons doivent en être tirées. Ce n'est malheureusement pas satisfaisant au regard des pertes de vies humaines ou de la pollution engendrée. Deux constats s'imposent. Tout d'abord, une partie de ces accidents sont certainement les résultats indirects du dysfonctionnement de la prise de décision par consensus. Ensuite, certains états « puissants » peuvent adopter des mesures sans attendre l'aval international en situation post-crise. Nous y reviendrons lors de la discussion sur le groupe politique 2.

II.1.4. Configuration réglementaire traditionnelle: déterministe et prescriptive

Kørte énonce "*uncertainty and risk assessment should have an important place in informing public policy (decision) makers*". Nous avons évoqué précédemment le cas du développement des règles de classification des structures: d'un haut niveau scientifique et technique, mais dans une démarche purement déterministe (ou dans certains cas probabiliste, mais certainement pas basée sur l'évaluation du risque). Cette constatation vaut aussi pour le développement des règles de l'OMI par ses sous comités techniques.

Nous pouvons introduire ici la notion de Configuration de la réglementation. Cette configuration porte sur deux dimensions : tout d'abord la dimension de l'élaboration de la réglementation, ensuite la dimension du format de la réglementation [Lassagne, 2001]. (Afin de décrire un cadre réglementaire, deux aspects sont à prendre en compte: la Configuration de la réglementation et le Modèle de la réglementation [Chantelauve, 2004]. Le Modèle représente les réseaux d'acteurs publics et privés, et leur rôles respectifs dans l'élaboration, l'application et le contrôle de la réglementation). Si, à l'énoncé de Kørte - sur le rôle de l'évaluation du risque pour la prise de décision relative aux lois et réglementations - peut-être opposée l'approche déterministe du secteur maritime, la question de la dimension du format de la réglementation peut-être soulevée. Traditionnellement, les règlements de sécurité maritime stipulent des exigences techniques ou de

compétences. Les avantages de cette approche sont une facilité d'utilisation, un bon rapport coût efficacité, ainsi que des minima techniques dans un contexte d'activité internationale. A contrario, la marge de liberté et l'innovation sont limitées. Cette forme de réglementation est dite prescriptive. Il est possible d'élargir l'énoncé de Kørte est d'envisager une mise en application de la réglementation non plus prescriptive mais basée sur des objectifs.

Il faut souligner que ce constat est basé sur la réglementation traditionnelle de la sécurité maritime. De nouvelles approches sont développées depuis peu, nous y reviendrons dans le détail ultérieurement. Brièvement, l'introduction de l'analyse du risque dans un contexte réglementaire s'est faite récemment à deux niveaux : tout d'abord, en amont du règlement, lors de son élaboration, approche « Evaluation formelle de la sécurité (*Formal Safety Assessment - FSA*) », ensuite en aval du règlement, dans sa forme, approche « Conception Alternative ».

La méthodologie FSA a été développée comme support au processus de décision à l'OMI. La méthodologie FSA [OMI, 2002] se décline en cinq étapes qui consistent à répondre successivement aux questions suivantes : Quels sont les scénarii d'accidents potentiels? Avec quelle fréquence, quelle probabilité, et quelle gravité ? Quelles sont les améliorations à apporter? De combien, avec quels coûts? Quelles sont les décisions à prendre ?

Selon la nouvelle règle 17 « Conception et dispositifs alternatifs » du Chapitre II-2 « Construction - Protection Incendie, Détection Incendie et Extinction » de la Convention SOLAS, entrée en vigueur en 2002, il est possible pour les chantiers et les concepteurs de développer une conception alternative (non conforme aux règles prescriptives) qui pourra être acceptée en lieu et place d'une conception traditionnelle pour la problématique incendie. Cette possibilité nécessite une évaluation comparative, performantielle, de la sécurité incendie, entre la conception dite alternative et une conception prescriptive équivalente. Cette évaluation repose sur l'analyse du risque et les sciences du feu.

II.2. Domaine Politique 2

Political domain, N.2	
Stakeholders	Level of authority: High
	Distance to hazard: Close
	Such as: Port States, Coastal States, Regional Authority, etc.
Decision-making (process)	Reactive
Decision (results)	Law and regulation
Constraints	➤ Proximity to hazard
	➤ Under public opinion pressure, decision should be made in a shorter time horizon
Criterion	Public & media acceptance
Relation /support	
Risk	
Drawbacks	Unknown effect. The decision maker is not able to manage an unknown effect.

Tableau 2-4 : Groupe Politique 2

Lors de la classification des réseaux d'acteurs de la sécurité maritime dans le modèle de Rosness, un second domaine politique est apparu. Ce second domaine politique est défini par un

niveau élevé de l'autorité, mais avec une proximité au danger. La particularité de ce domaine résulte des trois responsabilités qui lui sont associées : la prévention, la gestion de la crise, et l'après crise. Le tableau que nous proposons ci-dessus est relatif à cette dernière responsabilité.

II.2.1. Prévention: Domaine opérationnel

Ce domaine politique doit assurer la protection de la population et de l'environnement locaux. Des accidents (l'Amoco Cadiz en 1978 pour l'Europe par exemple), ont révélé la nécessité de la mise en place d'action de prévention. Ces actions ont pris la forme du contrôle par l'Etat du Port. Un Etat peut contrôler tous les navires qui font escale dans ses ports pour vérifier qu'ils appliquent bien les Conventions internationales telles qu'elles ont été ratifiées par l'Etat du port (et non pas l'Etat du Pavillon du navire) et de se mettre en conformité avec ces normes sous peine de confiscation.

II.2.1.1. Approche unilatérale des Etats Unis

En raison de leur configuration géographique particulière et de l'étendue de leurs côtes, Les Etats-Unis ont choisi d'effectuer les contrôles de l'Etat du port de manière individuelle. Ces contrôles sont assurés par le corps des garde-côtes américains (les *US Coast Guards*).

II.2.1.2. L'approche régionale du Mémorandum d'entente de Paris

Le Mémorandum d'entente de Paris a été signé le 26 janvier 1982, sur une initiative française consécutive aux naufrages de l'Amoco-Cadiz et du Tanio. Cet accord organise une collaboration régionale pour contrôler de façon harmonisée les navires étrangers dans les ports des Etats signataires, tout en évitant les détournements de trafic et les distorsions de concurrence. Aux termes de cet accord, chacune des parties s'engage à inspecter, chaque année, au moins 25% des navires étrangers faisant escale dans ses ports. Il est difficile d'application car les contrôleurs sont en nombre insuffisant: le taux réel de contrôle en France n'est que d'environ 9 % [Odier, 2004].

II.2.1.3. Etats de libre immatriculation et navires sous norme

La liberté dans le choix du Pavillon a permis à nombre d'armateurs d'immatriculer leurs navires dans tel ou tel pays en fonction des avantages qu'ils pouvaient en escompter. Pour les Etats proposant librement l'immatriculation, cette pratique est également source de profits grâce aux droits d'enregistrement. Bien souvent, le seul lien entre l'Etat et l'armateur se réduit à une boîte postale. On parle alors de Pavillon économique, ou de Pavillon de libre immatriculation. Le terme anglais est « *flag of convenience* », souvent traduit en français par Pavillon de complaisance : un terme associé aux navires sous-normes par l'opinion publique. Il est certain que cette dénaturation du Pavillon a entraîné des dérives en termes de réglementation nationale. Cependant, si il est considéré qu'aujourd'hui 50 % de la flotte mondiale est sous Pavillon économique, il faut rappeler que certains Etats de libre immatriculation possèdent la respectabilité du monde maritime (le Liberia par exemple : le taux de détention de navires battant Pavillon libérien est inférieur à la

moyenne des détentions de navires qui est affichée aussi bien par les Mémoires de Paris et Tokyo, que par les garde-côtes américains [Paul, 2000]).

II.2.2. Gestion de la crise

Les Etats ont le devoir, ainsi que la responsabilité morale, de porter assistance à tout navire en difficulté, à ses membres d'équipages, ses passagers, et le cas échéant, de lutter contre la pollution. La gestion de crise fait intervenir des moyens humains, techniques, ainsi qu'une organisation administrative et opérationnelle. Nous ne développerons pas cet aspect dans le cadre de notre perspective de prévention. Les modes décisionnels sont du domaine « gestion de crise ».

II.2.3. L'après-crise: Domaine politique

Suite à une catastrophe, sous la pression de l'opinion publique et des médias, des décisions réactives – précipitées - sont prises dans un laps de temps relativement court, sans support analytique rationnel. Il est possible d'associer à ce mode de décision la caractéristique des effets inconnus selon Morel. Ce mode de décision réactif a été discuté précédemment pour le domaine politique 1 avec la « réglementation par les désastres ». La particularité présentée ici est le risque d'actions unilatérales au détriment de l'action internationale. Le cas de l'Oil Pollution Act permet à la fois d'illustrer l'action unilatérale et le potentiel d'effets inconnus.

Suite à la catastrophe de l'*Exxon Valdez* en mars 1989, les Etats-Unis ont pris des dispositions unilatérales dans le cadre de l'*Oil Pollution Act* (OPA) de 1990, qui vont au-delà des exigences internationales. La catastrophe de l'*Exxon Valdez* n'est pas la pire en terme de quantité de pétrole rejetée, mais la réaction de l'opinion publique, la vulnérabilité de l'environnement impacté et la puissance économique et politique des Etats-Unis ont créé un véritable traumatisme. L'OPA est un ensemble de dispositions relatives à la prévention, la lutte contre la pollution et l'indemnisation. Une des règles les plus médiatisées est certainement la règle technique concernant l'obligation pour les pétroliers d'être équipés d'un double fond et d'une double coque. La double coque constitue une double enveloppe de deux mètres d'épaisseur dont le but est de protéger les citernes placées à l'intérieur en cas d'échouement ou de collision. Par ailleurs, ce type de construction doit accroître la rigidité de la structure du navire. Enfin, la séparation totale entre les citernes de cargaison et les capacités de ballastage doit éviter les rejets d'eaux chargées de pétrole lors de la vidange des ballasts.

Cependant, la Commission d'Enquête sur la sécurité du transport maritime des produits dangereux ou polluants [Paul, 2000] remarque : « *Il faut toutefois convenir que les normes imposées aux Etats-Unis ont largement résulté d'une forte pression médiatique et qu'il ne s'agit certainement pas de la disposition la plus efficace [double coque] de l'OPA de 1990. Lors de son déplacement aux Etats-Unis, la commission a pu obtenir la confirmation que l'intensification des contrôles par les Coast Guards et les dispositions de responsabilisation financière accrue de l'armateur avaient joué un rôle bien plus significatif en termes d'amélioration de la sécurité* ». En effet, ces aspects techniques sont sujets à controverse. Une controverse sociétale tout d'abord avec l'idée que la double coque renforce la solidité des navires (En réponse au naufrage de l'*Erika* - le

navire a cassé complètement suite à une avarie structurelle -, un des trains de mesures adopté par l'Union Européenne est un calendrier établissant le retrait progressif des pétroliers à simple coque dans les eaux européennes). En réalité, le principal avantage de cette enveloppe protectrice réside dans la protection apportée en cas de dommages mineurs, réalisés à petite vitesse (moins de trois noeuds). Une controverse scientifique ensuite puisque le vieillissement des structures double coque est mal appréhendé (les principaux sujets de préoccupation sont les problèmes de corrosion dans les ballasts et les citernes, la performance des revêtements des citernes, les problèmes de fatigue, ou encore de maintenance et d'inspection de la coque, etc.).

L'adoption de l'OPA de 1990 a poussé l'OMI à agir en vue de durcir les normes de construction définies par la Convention MARPOL 1973-1978. En 1992 a ainsi été adoptée la règle 13F instaurant de nouvelles spécifications techniques en matière de double coque. La réglementation internationale est toutefois plus ouverte que la réglementation américaine édictée à la suite de l'OPA.

II.3. Domaine Managérial

Managerial domain	
Stakeholders	Level of authority: Medium / high
	Distance to hazard: Medium
	Such as: Ship and crew managers, ship owner, etc.
Decision-making (process)	(1) programmed decision making, in accordance to rules and code of conduct (2) un-programmed, in new situation
Decision (results)	
Constraints	High information rate High number of problems to deal with
Criterion	Satisfying strategy: deciding upon option which is good enough according to the objectives and aspiration level.
Relation /support	(1) use of existing rules, codes, procedures... (2) delegation to the analytical domain
Risk	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Supervision ➤ Expected value ➤ As society increasingly enforces functional risk requirements on industry, reliance on technical industry standards is not a satisfactory strategy. Risk needs to be stated/expressed and actively managed.
Drawback	Mediocre decision-making: co-ordination is not perfect, and information capability is not infinite

Tableau 2-5 : Groupe Managérial

II.3.1. Contraintes : Situation de l'armateur

En se reportant aux besoins du groupe managérial identifiés par THEMES, force est de constater que leur nombre est beaucoup plus important que pour les acteurs d'autres groupes de décision. Ceci corrèle les contraintes théoriques relatives au taux d'information élevé et au nombre élevé de problèmes à traiter pour ce groupe. La situation de l'armateur est révélatrice comme l'illustre la figure suivante. Le manager doit faire face à un certain nombre d'exigences et de

pressions. A priori, la sécurité est le résultat des facteurs externes suivants : les exigences réglementaires et de qualité, les facteurs économiques (marché du fret et concurrence), et la pression ou l'influence de l'opinion publique.

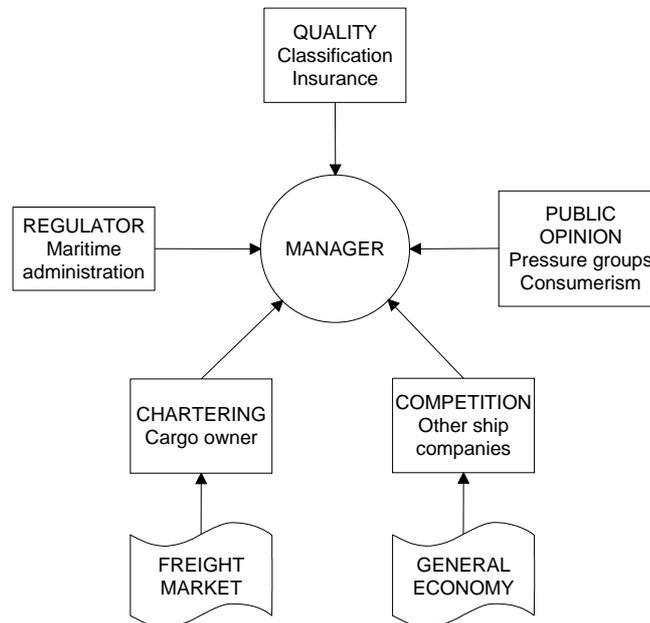


Figure 2-5: La situation de l'armateur [Chantelauve, 2003a]

II.3.2. De nouveaux enjeux managériaux

Kørte décrit deux types de prise de décision. Le premier est une prise de décision programmée, sans référence formelle aux conséquences, en accord avec les règles et les codes de la conduite. Le second est une prise de décision non programmée dans des situations de risque élevé ou nouveau. Nous avons déjà évoqué quatre types de gestion de la sécurité du navire: la bonne pratique (un niveau élevé de dépenses en faveur de la sécurité), la pratique courante (le niveau moyen des dépenses pour la qualité des navires), la pratique standard (pratique minimale pour être en conformité avec la réglementation) et la pratique plancher (permet seulement au navire de rester opérationnel). Associé au cadre réglementaire prescriptif, la culture de conformité correspond à un respect strict des règles et des standards. Cependant, selon Kørte, sous de nouvelles contraintes sociales, l'application stricte des normes techniques n'est plus une stratégie satisfaisante : le risque doit être énoncé, exprimé et contrôlé. Cette approche de la sécurité doit commencer par une attitude responsable visant la pérennité et les enjeux stratégiques. Du point de vue réglementaire, l'introduction du Code ISM (*International Safety Management*) est un élément important de la gestion opérationnelle de la sécurité visant à responsabiliser l'opérateur. La question de la prise en compte de la sécurité par les entreprises dans une perspective stratégique se pose.

II.3.3. Déterminant de la régulation des risques

Dans sa thèse de doctorat [Lassagne, 2004] identifie les déterminants de la régulation des risques au sein d'entreprises armatoriales à partir d'une étude de cas qualitative. L'échantillon est composé de vingt-six armements français (ce qui représente environ 90% de la flotte française).

Type d'activité	Nombre d'armements
Container	2
Pêche	5
Passagers	5
Pétrole-Chimie-Gaz	7
Vrac sec	2
Divers/Autre	5

Tableau 2-6 : Répartition des armements interrogés par activité [Lassagne, 2004]

Lassagne montre que la réglementation est le cadre général de référence dans lequel s'inscrivent les pratiques de prévention dans l'industrie maritime, qu'elles sont faiblement valorisées par le marché, que les parties prenantes aux entreprises du secteur ont à cet égard un rôle ambigu, et que le métier y est vu comme un facteur essentiel pour les décisions de management des risques. Le risque apparaît comme un concept structurant de cette industrie. Le schéma suivant résume ce modèle.

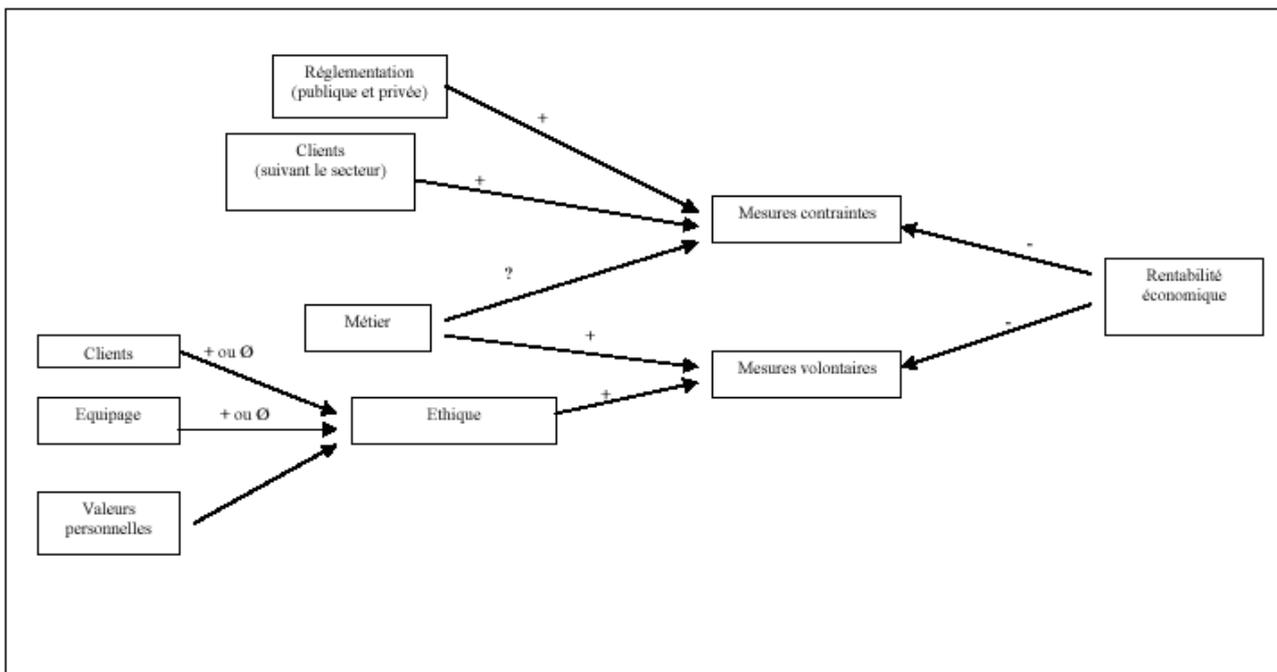


Figure 2-6 : Un modèle des déterminants des mesures de prévention [Lassagne, 2004]

II.4. Domaine des Opérations routinières

Operation domain	
Stakeholders	Level of authority: low / medium
	Distance to hazard: close
	Such as: Captain, Crew, pilot, etc.
Decision-making (process)	Three typical modes of action generation 1. Skill-based behaviour/decision, where the behaviour is controlled by direct interaction between human and the environment, using experienced behavioural patterns 2. Rule-based behaviour/decision, where behaviour uses readily available rules, procedures, etc 3. Knowledge-based behaviour/decision, where the behaviour is event specific and requires “higher level “ cognitive process with a kind of analytical process
Decision (results)	Action
Constraints	Time limit
Criterion	
Relation /support	
Risk	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Managerial objectives ➤ Communication ➤ Skill and rule-based modes could be programmed and formalised
Drawback	Compliance culture

Tableau 2-7 : Groupe Opérations routinières

II.4.1. Situation

L'équipage joue un rôle majeur dans l'opération du navire et sa sécurité. Pour le domaine « opération », selon Kørte, le risque n'est pas une problématique explicite tant que les règles déterministes et les compétences apprises existent. Les modes « *skill based* » et « *rule based* » peuvent être programmés et formalisés. Cependant, s'il n'y a pas de corrélations entre l'information et les qualifications et règles en place, des décisions non programmées se doivent d'être prises dans un contexte unique et nouveau. Le jugement, la créativité et l'expérience sont alors mis à contribution dans une situation où les rôles et les responsabilités se doivent d'être définis. Une étude [Global Maritime, 2002] identifie peu de comportement de type « *skill based* » ou « *rule based* » pour les équipages des vraquiers : le comportement est principalement la « *knowledge based* ». L'équilibre entre les décisions programmées et non programmées est une problématique de recherche ambitieuse. Les collisions constituent une illustration de la dualité entre la décision programmée et la décision non programmée. Perrow [Perrow, 1984] est frappé par la structure des collisions en mer qu'il appelle « collision sur des trajectoires de non collision ». Morel constate que dans une majorité des cas les navires ne se seraient pas heurtés s'ils avaient conservés leurs trajectoires initiales. C'est précisément en cherchant à éviter la collision, qui ne se serait pas produite, qu'ils la provoquent : pour un des navires la décision est prise de continuer sur la trajectoire initiale, alors que pour l'autre navire, la décision est prise d'appliquer la règle d'évitement (qui stipule que deux navires qui se rencontrent doivent passer par bâbord l'un de l'autre), ce qui conduit à l'intersection des trajectoires et à une collision improbable.

II.4.2. Formation des équipages

La Convention sur les normes de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille (Convention STCW), adoptée en 1978 et profondément modifiée en 1995, constitue un texte de référence sur le niveau de qualification des équipages. En effet, elle établit des *minima* internationaux de formation pour les équipages. Il convient de mentionner une particularité de la Convention STCW : la mise en oeuvre doit être vérifiée par le sous-comité OMI de l'application des instruments par les Etats du Pavillon (sous-comité FSI).

II.4.3. Objectifs managériaux

Le management est reconnu comme l'un des facteurs principaux de la culture de sécurité. La dernière phrase du préambule du Code ISM est sans équivoque : « *la pierre angulaire d'un bon management de la sécurité est un engagement du sommet de l'entreprise. En matière de sécurité et de prévention de la pollution, c'est l'engagement, la compétence, les attitudes et la motivation des individus à tous niveaux qui détermine le résultat final.* ». Un des enjeux du code ISM est qu'il ne doit pas être un « *paper exercise* ». L'étude de Phil Anderson [Chantelauve, 2003a] sur l'appréciation du Code ISM par les acteurs montre que (i) pour les nations développées la vision est plutôt négative (*paper exercise*) mais que néanmoins cette approche a permis de formaliser des pratiques, (ii) pour les pays fournisseurs de main d'œuvre, la vision est plutôt positive avec l'instauration d'un cadre structuré.

II.5. Domaine Gestion de crise

Crisis and emergency domain: “as to an environment evolving dynamically with serious but uncertain consequences”.	
Stakeholders	Level of authority: low / medium
	Distance to hazard: close
	Such as: Crew, SAR services, etc.
Decision-making (process)	
Decision (results)	Decision should above all limits negative consequences and avoid adverse outcome
Constraints	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Narrow time limit ➤ High information rate and problematic trustworthiness of information ➤ Increased number of decision makers at any level
Criterion	
Relation /support	
Risk	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Decision maker should also limit anxiety and stress. ➤ In this kind of situation the number of stakeholders in decision (s) is increased and responsibility and leadership change. ➤ One of the fundamental limitation towards effective decision is nevertheless different objectives among the stakeholder
Drawbacks	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Unknown and uncontrolled effects – due to high information rate and problematic trustworthiness of information ➤ Aggregation effects – due to the increased number of decision makers at any level

Tableau 2-8 : Groupe Gestion de crise

Afin de gérer les situations de crise, les membres de l'organisation doivent être préparés aux situations qu'ils peuvent rencontrer. Il n'est cependant pas possible d'identifier toutes les situations à l'avance. Il est donc important que l'organisation entière puisse s'adapter à une situation nouvelle. Dans ce contexte, l'Agence Maritime et des Gardes-côtes britannique fait une distinction entre la gestion de l'urgence et la gestion de crise [MCA, 2001]. La gestion de l'urgence est définie comme une situation où les décisions et les actions sont basées sur des procédures établies. La gestion de crise diffère de la gestion de l'urgence du fait que les décisions et les actions n'ont pas nécessairement été documentées par des procédures et qu'il n'existe pas de réponse prédéfinie, ou alors que les réponses prédéfinies ont des exigences contradictoires.

Bien que la gestion de crise soit capitale, les concepts de crise et de gestion de crise ne seront pas explorés plus avant dans notre optique de prévention des risques. Nous nous contenterons de rappeler que la notion de crise est subjective (elle n'existe que lorsque les acteurs en ont la perception) et que l'étymologie du mot « crise », vient du grec "*Krisis*" : le jugement, décision : l'étymologie renvoie à l'idée d'un moment clef, et sans nécessairement de connotation négative.

Nous avons déjà évoqué certains éléments d'après crise (réglementation par les désastres) et terminerons ce paragraphe en rappelant les facteurs déterminants pré-crise identifiés empiriquement par le BEA-Mer (Bureau Enquête Accident) [Courcoux, 2002] : la décrépitude du navire et les opérations non réglementaires ; le manque de communication entre navires, entre le navire et la terre ; la dilution de responsabilité entre les acteurs concernés ; la difficulté d'associer les contraintes économiques et techniques, avec des conséquences sur la maintenance ; et l'organisation du travail à bord et la dégradation de la fonction « vigie ».

II.6. Domaine Analytique

Analytical domain	
Stakeholders	Level of authority: Medium
	Distance to hazard: Removed
	Such as: Designer, shipyard, university, etc.
Decision-making (process)	(1) on their own account (2) support: rational decision making process: objectives and scope definition, decision criteria development, identification of alternatives, assessment of the alternatives and choice of an alternative
Decision (results)	
Constraints	An increased time limit for information collection and rational decision-making
Criterion	
Relation /support	➤ Data and information ➤ Value and objectives
Risk	
Drawback	

Tableau 2-9 : Groupe Analytique

Pour les actions de support, le domaine analytique est en interaction avec l'ensemble des autres groupes de décision (politiques, managérial, opérationnel et gestion de crise). Nous introduirons ici les problématiques actuelles du domaine analytique de la sécurité maritime par l'intermédiaire

d'une brève présentation du Réseau Thématique Européen THEMES : *Safety assesment of waterborne transport*. Le but global de THEMES est d'améliorer la sécurité et la protection de l'environnement par l'appui et le développement d'une culture proactive de sécurité. L'objectif du projet est d'établir une base de connaissance commune et un cadre global d'évaluation et de gestion de la sécurité pour le transport maritime. THEMES est organisé en six groupes de travail qui nous semblent révélateurs des enjeux du domaine Analytique : I : Cadre européen pour le développement de l'évaluation de la sécurité ; II : Systèmes d'Information ; III : Système de report d'incident, boîtes noires, données accidentelles ; IV Aspects humains ; V : Méthodes d'évaluation de la sécurité et d'évaluation environnementale ; et, VI Gestion de la sécurité.

II.7. Contraintes externes

Il est indéniable que les réseaux d'acteurs du type "contraintes externes" influencent – indirectement – la sécurité maritime. Ces jeux d'influence nous emmèneraient trop loin, dans le cadre de ce mémoire, nous nous contenterons de reprendre les coûts et les pertes que peuvent subir les différents intervenants de la chaîne des transports maritimes [OCDE, 2001] qui justifient l'influence indirecte des acteurs externes.

Parties	Coûts pouvant être encourus	Conséquences / remarques
Passagers (et membres d'équipage)	Perte de vie / blessure	La mutuelle P&I règle les demandes d'indemnisation dans la limite des plafonds fixés, à moins que la négligence du propriétaire du navire ne soit établie. Les autorités nationales peuvent être tenues de venir en aide aux victimes et aux membres de leurs familles à charge si celles-ci ne peuvent subvenir à leurs propres besoins.
Banques	Perte du navire Pénalités financières	Perte partielle de la valeur du crédit hypothécaire financier, mais uniquement si le navire n'est pas assuré et si les demandes d'indemnisations contraignent le propriétaire du navire à faire défaut. La saisie du navire par la banque et sa vente ultérieure risquent fort de ne pas lui permettre de récupérer la totalité de sa valeur sur le marché. Ne joue que si la banque participe à l'exploitation du navire.
Assureurs maritimes	Règlement de la valeur assurée du navire, à condition qu'il soit prouvé que sa perte ne résulte pas de la négligence du propriétaire du navire	L'assureur cherche à compenser ses pertes en majorant le montant des primes à tous les propriétaires de navires.
Mutuelles P&I (<i>Protection and Indemnity</i>)	Paiement de l'indemnisation des tiers pour les pertes des vies humaines, les blessures personnelles, la perte des marchandises et les dommages causés à l'environnement	La mutuelle cherche à compenser ses pertes en majorant le montant des primes demandées à l'ensemble de ses membres.

Tableau 2-10 : Coûts directs de la navigation sous normes : Conséquences pour les différentes parties [OCDE, 2001]

III. CONCLUSIONS

La première Partie de ce mémoire décrit le système étudié avec ses acteurs. Dans le premier Chapitre, à partir d'une grille de lecture, les attributs principaux de la sécurité maritime ont été discutés. Deux acteurs en particulier ont été présentés : l'OMI et les sociétés de classification, ainsi que deux activités la certification et la classification. Dans le deuxième Chapitre, les acteurs de la sécurité maritime ont été décrits par l'intermédiaire de groupes de décision. Certains dysfonctionnements ont été identifiés. Cette constatation de dysfonctionnements permet dorénavant d'introduire les origines et le choix de la problématique de la travail. Ce choix est défini par le rôle majeur de la réglementation pour la sécurité maritime et par l'opportunité de travailler en collaboration avec Bureau Veritas. Cette conclusion précise trois aspects : elle rassemble les connaissances sur l'importance de la réglementation et de ses promoteurs pour la sécurité maritime, tout en mettant l'accent sur certains dysfonctionnements ; elle identifie des initiatives récentes et les besoins de Bureau Veritas pour une meilleure gestion de la sécurité ; et enfin elle synthétise l'origine et le choix de la problématique relative à l'évolution de la configuration réglementaire.

Au cours de ces deux premiers Chapitres les acteurs responsables de la réglementation (de son développement, de sa mise en application et de son contrôle) de la sécurité maritime sont apparus comme un réseau d'acteurs central de la sécurité maritime. Et ce pour trois raisons principales : premièrement, la - réponse de la - réglementation est en partie un reflet des attentes sociales en matière de sécurité. Ce constat est exacerbé en cas de catastrophes majeures, avec ce qui a été appelé *réglementation par les désastres*. Deuxièmement, la réglementation est identifiée comme *l'un des déterminants principal* (avec le métier) de la régulation des risques pour l'industrie maritime. Enfin, le format traditionnel prescriptif de la réglementation engendre une culture dominante de sécurité dite *culture de conformité* de l'industrie maritime.

Dans ce contexte, la présence de dysfonctionnements a été mise en évidence notamment au niveau de la prise en compte de la sécurité dans la décision. Des réponses ont été apportées. Les inspections par les Etats du Port adresse le problème des navires sous norme. La Convention STCW adresse la formation des équipages. Le Code ISM tente de responsabiliser les acteurs managériaux, et adresse la gestion opérationnelle de la sécurité et la préparation à la gestion de crise. Ce Code peut-être un outil de l'évolution de la culture de sécurité opérationnelle si il ne devient pas un « paper exercise ». Enfin, les approches basées sur les risques - telles que les initiatives FSA et Conception Alternative de l'OMI - sont des nouvelles formes de la configuration réglementaire (élaboration de réglementation et format de la réglementation) qui peuvent adresser les problématiques de la *sur-réglementation* et de sa *fragmentation*.

Cette évolution récente – qui introduit *l'évaluation du risque au cœur de la réglementation* – est primordiale pour les sociétés de classification à deux titres. Au titre de *l'activité de classification*, les nouvelles approches de l'élaboration de la réglementation sont un enjeu certain. Au titre de *l'activité statutaire*, la possibilité de conception « non prescriptive » crée des exigences nouvelles pour les opérateurs, mais aussi pour les acteurs de la certification. La prise en compte de

cette nouvelle considération d'exigences d'évaluation du risque par les sociétés de classification, nous amène à identifier les formes d'évaluation des risques présentes à Bureau Veritas.

Une initiative récente est la mise en place du *Damage & Repair Control Center* dont la finalité est l'identification et la réduction des risques grâce au retour d'expérience. Le centre de commande de dommages et de réparation est le point focal pour la gestion des connaissances sur les dommages et les réparations. En effet, l'expérience sur la performance des navires en service est essentielle pour améliorer la sécurité et la technologie. En particulier, le retour d'expérience à partir des dommages est important. L'investigation des dommages et l'identification des causes fondamentales sont une source de connaissance nécessaire afin de tirer des leçons et mettre en place des actions préventives. Une autre initiative est *Veristar Machinery* qui introduit un nouveau concept de classification basé sur l'analyse de risque des systèmes qui couvre les machines principales, les équipements de sécurité et de prévention de la pollution. Cette initiative repose sur une analyse du risque pour le navire et ses systèmes, et la mise en application et le maintien des procédures opérationnelles et de maintenance qui prennent en compte les résultats de l'analyse du risque. Le tout doit pouvoir être audité. Force est de constater que ces initiatives sont limitées et que la *culture technique* des organismes de classification, en général, est essentiellement déterministe : la sécurité est certes l'objectif, mais le niveau de sécurité est implicite.

L'importance de la réglementation et le questionnement de son évolution, la culture déterministe et prescriptive au sein de Bureau Veritas et la nécessité d'adaptation et d'apprentissage face à l'environnement sont les facteurs à l'origine de la problématique de ce mémoire : la prise en compte du risque par, et dans, la réglementation. L'origine de cette problématique, l'apport de l'évaluation du risque pour la réglementation, est résumée ci-après.

Le cadre normatif de la sécurité maritime était jusqu'à récemment traditionnellement de nature déterministe et prescriptive : des exigences techniques procèdent de principes et de calculs scientifiques déterministes modifiés par l'usage. Afin d'appréhender ce cadre réglementaire et d'identifier ses limites, il faut s'intéresser à deux axes importants, d'une part, l'élaboration de la réglementation et, d'autre part, sa mise en application.

Dans le développement de la réglementation maritime internationale, le processus de décision est particulièrement important. Deux modes de décisions principaux émergent. Tout d'abord, un mode normal, où la prise de décision résulte d'un consensus issu d'un processus délibératif qui permet de réduire les conflits d'intérêts potentiels. Dans ce mode de décision, il est difficile de mettre en place des changements importants. Il en résulte des décisions limitées et un effet de composition dû à l'agrégation et à la combinaison de ces décisions mineures. Cette approche réductrice conduit à une sur-réglementation et à une fragmentation du cadre réglementaire. Ensuite, un mode de crise, suite à une catastrophe, où la prise de décision résulte des contraintes médiatiques et de l'opinion publique. Cette réactivité et une fenêtre temporelle courte peuvent engendrer des effets inconnus : ce genre d'action réactive se fonde davantage sur le jugement précipité que sur une analyse raisonnable. Une des conséquences de ce mode de décision est une fragilisation de l'action internationale par des prises de positions unilatérales ou régionales. En ce qui concerne, la mise en application de la réglementation, traditionnellement, les règlements de sécurité maritime stipulent des exigences techniques. Les avantages de cette approche sont une facilité d'utilisation, ainsi qu'un bon rapport coût efficacité dans un contexte d'activité

internationale. A contrario, la marge de liberté et l'innovation sont limitées. La question de l'évolution de la configuration réglementaire se pose. Une piste est l'introduction de l'évaluation du risque au sein de la réglementation.

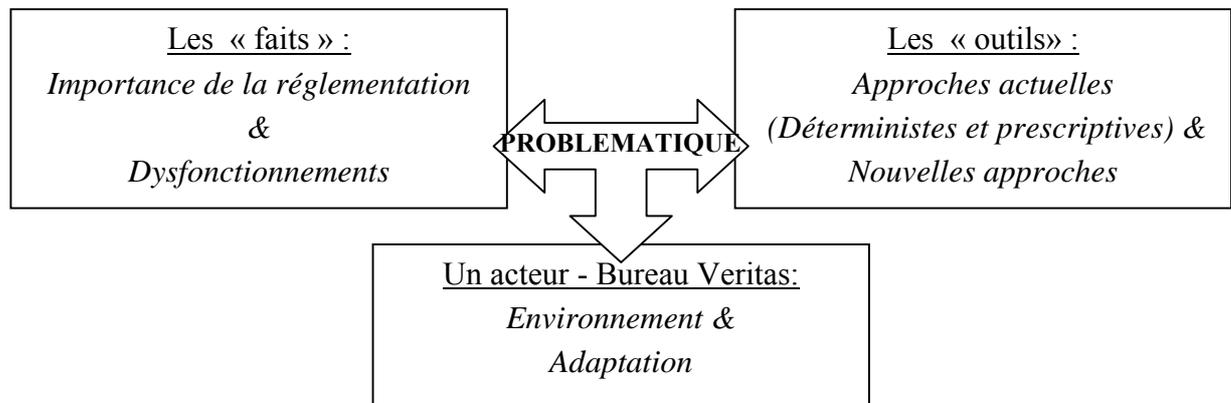


Figure 2-7 : Origines et choix de la problématique

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 2

- [Boisson, 1998] **BOISSON Philippe.** *Politiques et droit de la sécurité maritime.* Paris : Bureau Veritas, 1998.
- [Chantelauve, 2003a] **CHANTELAUVE Guillaume.** *Framework for safety assessment and management in waterborne transport- Appendix Stakeholder Analysis.* WP I, Deliverable D1.4. THEMES Thematic Network for safety assessment of waterborne transport, 2003.
- [Chantelauve, 2003b] **CHANTELAUVE Guillaume.** *An overview of maritime safety assessment trends in a stakeholder perspective.* **In** ESREL03. Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability ESREL 2003 June 15-18, 2003, Maastricht, The Netherlands.
- [Chantelauve, 2004] **CHANTELAUVE Guillaume.** *A step forward in fire safety at sea: Alternative design and arrangements, an overview.* **In** Proceedings of the 5th International Conference on Performance Based Codes and Fire Safety Design Methods, 6-8 October 2004, Luxembourg.
- [Courcoux, 2002] **COURCOUX, L.** *BEA-Mer presentation.* London: THEMES Thematic Network, 2002.
- [Global Maritime, 2002] **GLOBAL MARITIME.** *Formal safety assessment of bulk carriers-WP9A, High-level task inventory.* **In** RINA FSA conference Proceedings, 18-19 September 2002, London, UK.
- [Kørte, 2002] **Kørte, J. Aven, T. et Rosness, R.** *On the use of risk analysis in different decision settings.* **In** ESREL02. Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability ESREL 2002 - λμ13. 19-21 mars 2002, Lyon, France.
- [Lassagne, 2001] **Lassagne, Marc & Al.** *Prescriptive and Risk-Based Approaches to Regulation: The Case of FPSOs in Deepwater Gulf of Mexico.* **In** Offshore Technology Conference proceedings, 2001, Houston, Texas.
- [Lassagne, 2004] **LASSAGNE, M.** *Management des risques, stratégies d'entreprise et réglementation : le cas de l'industrie maritime.* Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2004.

- [MCA, 2001] **MCA – Haberley, J. & Al.** *Warsash Maritime Centre - Simulator training for handling escalating emergencies*. Maritime Coastguard Agency, 2001.
- [Morel, 2002] **MOREL.** *Les décisions absurdes*. Paris : Ed. Gallimard : 2002.
- [OCDE, 2001] **OCDE.** *La navigation sous normes : le coût pour les utilisateurs*. London : SSY Consultancy & Research Ltd, 2001.
- [Odier, 2004] **ODIER, F.** *Séminaire de droit maritime – Le navire*. Paris: BNP Paribas, 2004
- [OMI, 2002] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee.** *Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the imo rule-making process*. MSC/Circ.1023 - MEPC/Circ.392. Londres: OMI, 2002.
- [Paul, 2000] **PAUL Daniel, LE DRIAN Jean-Yves.** *Rapport fait au Nom de la Commission d'Enquête sur la sécurité du transport maritime des produits dangereux ou polluants*. N°2535. Assemblée Nationale, 2000
- [Perrow, 1984] **PERROW, C.** *Normal accident*. New York: Basic Books, 1984.
- [THEMES, 2000] **THEMES.** *Outline European framework for the development of safety assessment in waterborne transport*. WP I, Deliverable D1.1. THEMES Thematic Network for safety assessment of waterborne transport, 2000.

PARTIE 2

DES NOUVELLES REGLEMENTATIONS DE LA SECURITE

INTRODUCTION DE LA PARTIE 2

La réglementation est un des déterminants principaux de la sécurité maritime. Suite à une phase de stabilisation, nécessaire à une mise en place internationale, les limites du cadre réglementaire traditionnel sont mises en avant par un certain nombre d'acteurs et d'auteurs. La réactivité de son développement suite à des catastrophes – *réglementation par les désastres* – ainsi que des décisions de portée limitée en situation hors crise ont abouti à une réglementation complexe. Ses principales limites sont, à la fois, une sur-réglementation, et une fragmentation. De plus, au format prescriptif traditionnel (ou encore *command-and-control* - i.e. spécification minimale d'exigences d'ordre technique et de compétences -), est associé une culture de conformité – *compliance culture* – du monde maritime ainsi qu'une capacité d'innovation réduite. Dans son ouvrage « *Politiques et droit de la sécurité maritime* », Boisson [Boisson, 1998] identifiait les nouvelles approches normatives fondées sur les techniques d'évaluation du risque comme une des dix tendances de la sécurité maritime du 21^{ème} siècle.

L'utilisation industrielle et réglementaire des méthodes et techniques d'évaluation du risque s'est progressivement développée au cours de la seconde moitié du 20^{ème} siècle dans des secteurs industriels variés. La plupart des techniques d'analyse du risque ont été développées originellement par l'industrie nucléaire. L'analyse du risque est devenue un outil important, sous le nom de d'évaluation probabiliste de la sécurité - *Probabilistic Safety Assessment (PSA)* -. Dans l'industrie chimique, les techniques d'analyse du risque sont apparues dans les années 70. Le mouvement se développe en Europe à partir des années 80, suite à la catastrophe de Sévès, avec la Directive Européenne SEVESO I, depuis lors remplacée par la Directive SEVESO II en 1996. Le secteur pétrolier offshore a introduit l'analyse du risque au cœur de son régime réglementaire avec la Norvège en 1986, et le Royaume-Uni – sous la dénomination *Safety Case* - depuis 1992, suite à la catastrophe de Piper Alpha. Avec le développement des codes par performance de la construction, la sécurité incendie est aussi en domaine propice à l'utilisation des techniques d'évaluation du risque en support de l'ingénierie de la sécurité incendie.

Les approches réglementaires – traditionnelles - prescriptives sont mises en opposition aux approches réglementaires - modernes - par performance. Les premières formulent des exigences de moyens – on parlera alors d'efficience : rapport entre les résultats obtenus et les ressources utilisées pour les atteindre - alors que les secondes formulent des exigences d'objectifs – on parlera dans ce cas d'efficacité : rapport entre les résultats obtenus et les objectifs fixés. Bramwell [Bramwell, 2004] rappelle que la règle de construction la plus ancienne connue - attribuée au Roi Hammurabi de Babylone qui régna de 1955 à 1913 avant JC - était performancielle. Au Louvre, à Paris, sur un obélisque, il est indiqué : « Si un constructeur construit une maison, et si il ne la construit pas correctement, et si la maison qu'il a construite s'effondre et tue son propriétaire, alors le constructeur sera mis à mort ». Le critère de performance est que la maison ne s'effondre pas en raison de la mauvaise construction ; la sanction est, elle, sans appel.

Aujourd'hui, les approches réglementaires « non traditionnelles » englobent une variété d'approches qui ont été développées par des secteurs industriels différents ayant chacun leurs propres finalités. Ces cadres réglementaires évoluent en réponse aux besoins des opérateurs/utilisateurs et à l'environnement politique et sociétal. Les deux éléments communs à ces évolutions sont l'introduction, d'une part, d'une plus grande flexibilité, et d'autre part, d'une plus grande transparence de la sécurité. Ces nouvelles approches énoncent – qualitativement ou quantitativement - des objectifs et buts de sécurité ainsi que des exigences de performance. De plus, la notion de risques est couramment introduite de manière explicite ou implicite, tant dans l'élaboration que dans la mise en application de la réglementation.

Pour faire face aux *risques technologiques majeurs* [Lagadec, 1981], une science des risques s'est progressivement développée au cours du 20^{ème} siècle. Avec, tout d'abord, des approches fiabilistes (sûreté de fonctionnement) - visant à évaluer et maîtriser la disponibilité des équipements -, puis des techniques d'analyse de risques - ayant pour objectif d'évaluer et de réduire la probabilité ou les conséquences d'un événement indésirable – les ingénieurs ont tout d'abord tenté de maîtriser la composante technique des défaillances ou des accidents. La composante humaine est ensuite apparue avec le concept *d'erreur humaine* et les techniques traitant de la problématique du *facteur humain*. Finalement, pour appréhender la complexité des systèmes socio-techniques, des approches organisationnelles ou systémiques se sont développées dans la communauté scientifique

– avec des thèses extrêmes allant des plus pessimistes au plus positives - sans trouver leurs places dans le monde industriel.

Le secteur maritime a lui aussi initié une modernisation de son cadre réglementaire afin de surmonter les limites citées précédemment. Quatre tendances principales dans [Chantelauve, 2004a] peuvent d'ores et déjà être mentionnées :

- Appui au développement de la réglementation : Evaluation Formelle de la Sécurité – *Formal Safety Assessment (FSA)*. Le FSA est une méthodologie - fondée sur l'analyse du risque et l'analyse coût bénéfice - adoptée par l'OMI afin d'améliorer le développement des règles de sécurité maritime et de protection environnementale en fournissant un support à la décision. La méthodologie s'articule autour de cinq étapes : identification des dangers, évaluation du risque, option de contrôle du risque, analyse coût bénéfice et recommandations. Des Directives intérimaires ont été adoptées en 1997 [OMI, 1997], et des Directives révisées en 2002 [OMI, 2002] suites aux expériences tirées de son application, notamment sur la problématique des vraquiers.
- Faciliter l'innovation : Conception alternative pour la sécurité incendie – *Alternative design and arrangements for fire safety*. La Règle 17 « *Alternative design and arrangement for fire safety* » est une règle - dite de *substitution* - adoptée dans le cadre de l'adoption, en 2002, de la révision du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS “*Construction – Fire Protection, Fire detection and Fire Extinction*”. Des conceptions non prescriptives peuvent à ce titre être approuvées s'il est démontré que leur niveau de sécurité est au moins équivalent au niveau de sécurité d'une conception prescriptive. La méthodologie d'analyse d'ingénierie de la sécurité incendie exigée par la Règle 17 est décrite dans la Circulaire OMI MSC/Circ.1002 [OMI, 2001]. Cette méthode est divisée en deux étapes principales, à savoir l'Analyse Préliminaire (définition du champ d'application, développement des scénarios incendie, et définition de conceptions alternatives d'essai) et l'Analyse Quantitative (quantification des scénarios incendie, développement de critères de performance, et évaluation de la performance des conceptions alternatives d'essai). Depuis son entrée en vigueur en 2002, les principales applications concernent les navires passagers.
- Considérer des systèmes dans leur globalité: Sécurité des grands navires à passagers - *Large Passenger Ship (LPS) safety*. L'OMI examine actuellement les aspects concernant la sécurité d'un type de navire particulier : les grands navires à passagers – *Large Passenger Ship*. L'OMI a la volonté d'adopter une approche structurée pour la réglementation future de ces navires. Cette initiative fait appel aux compétences des sous-comités techniques de l'OMI. Afin d'assurer la sécurité de ces navires, aux frontières des Conventions de sécurité existantes, la démarche repose sur le précepte que « *le navire est son meilleur engin de sauvetage* ». Lancée en 2000 [OMI, 2000], cette initiative devrait se concrétiser en 2006.
- Développer des standards par objectifs - *Goal-based standards (GBS)*. Un nouveau point est apparu à l'ordre du jour des réunions du comité de la sécurité maritime (Maritime Safety Committee – MSC) depuis mai 2004 [OMI, 2004]:" “Goal-based new ship construction

standards ». La nouvelle structure réglementaire prévue serait représentée par une architecture multi niveaux : Niveau I : Objectifs de sécurité, Niveau II : Exigences de sécurité, Niveau III : vérification des critères de conformité.

STRUCTURE ET PRESENTATION DE LA PARTIE 2

Face à la problématique de la sécurité maritime, la première Partie a mis en évidence l'importance de la réglementation de la sécurité et de son application. En particulier, les limites du cadre réglementaire traditionnel posent la question de son évolution. Cette Partie est consacrée aux approches réglementaires alternatives (par performance, par objectifs, fondées sur les risques, etc.) qui sont une possibilité de réponse à la question soulevée. Elle comporte deux Chapitres. Le premier Chapitre présente en premier lieu les principales approches non traditionnelles développées par différents secteurs industriels. Le concept des approches de réglementation non traditionnelles est ensuite exploré. Enfin, la question de l'apport des techniques d'analyse du risque pour ces nouveaux régimes réglementaires est discutée. Le second Chapitre est quant à lui dédié à une lecture des approches novatrices adoptées, ou discutées, dans le cadre de la réglementation de la sécurité maritime. La Partie 3 présentera dans le détail deux approches en vigueur, l'évaluation formelle de la sécurité (FSA) et la conception alternative pour la sécurité incendie, avec notamment des applications concrètes de celles-ci.

Chapitre 3: LES NOUVELLES APPROCHES REGLEMENTAIRES

Dans la première Partie, après une présentation du système de la sécurité maritime et la mise en place de la problématique, une première conclusion est apparue : la réglementation est un des déterminants principaux de la sécurité maritime ; mais pour surmonter les dysfonctionnements du régime traditionnel, de nouvelles approches réglementaires doivent être envisagées, avec notamment un apport substantiel des sciences des risques. Avant d'identifier les nouvelles approches réglementaires de la sécurité maritime (Partie 2 – Chapitre 4), il est nécessaire de formaliser ces approches alternatives à un régime – dit - traditionnel. Ce Chapitre débute avec quelques illustrations de ces régimes non traditionnels, non pas dans un but d'exhaustivité, mais pour appréhender les diverses formes que peuvent prendre ces régimes alternatifs. La deuxième section tente d'en définir le concept, tout d'abord selon la dimension du format des règlements (prescriptive vs. performance), puis en introduisant la dimension de l'élaboration du règlement (ces deux dimensions forment ce que l'on peut appeler la configuration de la réglementation). Cette section met en évidence l'importance des sciences du risque pour ces nouvelles approches réglementaires. Les sciences du risque et ses techniques feront l'objet de la dernière section, avec un intérêt particulier concernant l'utilisation de ces techniques par l'industrie.

I. ILLUSTRATIONS DE REGLEMENTATIONS NON TRADITIONNELLES

Qu'elle soit statutaire ou de classification, la réglementation traditionnelle de la sécurité maritime est prescriptive en nature, et a été développée à partir de l'expérience acquise et de l'apport de diverses ingénieries (architecture navale, ingénieries maritimes, structure, etc.). Des alternatives existent à cette configuration traditionnelle. Ce mouvement s'est principalement développé dans le monde anglo-saxon à partir des années 1960. Il correspondait à un besoin nouveau : celui de disposer d'un cadre réglementaire moderne, capable d'assurer un niveau de

sécurité explicite de systèmes industriels complexes présentant des risques technologiques majeurs. Ce phénomène est notamment supporté par le développement de techniques d'analyse du risque, à la fois par les acteurs de la réglementation ou les acteurs privés. Notre sujet ici se limite à l'utilisation des techniques de l'analyse du risque dans un cadre réglementaire. Ces illustrations n'ont pas la prétention d'être exhaustives mais de fournir une vision aussi large que possible. Les initiatives du domaine pétrolier offshore et de l'industrie du bâtiment sont tout d'abord présentées pour des raisons de proximité culturelle avec le monde maritime. En ce qui concerne le domaine pétrolier offshore cette proximité est historique, et résulte de l'environnement physique commun : la sécurité des installations offshore flottantes par rapport aux dangers liés à l'environnement marin est notamment prise en compte par l'OMI ou les sociétés de classification. Pour l'industrie du bâtiment, cette proximité est plus récente et provient de l'intérêt commun porté à la sécurité incendie. Le secteur maritime profite des développements significatifs de l'ingénierie de l'incendie terrestre, notamment depuis l'entrée en vigueur de la règle sur les conceptions alternatives pour la sécurité incendie. Il n'était pas possible de ne pas évoquer ensuite les cas des secteurs nucléaires et chimiques.

I.1. Secteur pétrolier offshore : approches du type « Safety Case »

Dans l'industrie pétrolière offshore, l'analyse de risques a été utilisée depuis les années 70. Son utilisation dans un cadre réglementaire est illustrée ci-après avec les initiatives de la Norvège et du Royaume-Uni.

La philosophie des approches *Safety Case* (ce terme consacré est celui adopté par le secteur pétrolier offshore britannique), réside dans la démonstration, par l'opérateur aux autorités compétentes, du niveau de sécurité de l'installation, qui doit répondre aux objectifs de sécurité tout au long du cycle de vie. Du point de vue de la responsabilité, un transfert s'opère de l'acteur réglementaire vers l'opérateur. Du point de vue de l'évaluation de la sécurité, le processus comprend généralement une identification de danger, une évaluation des risques, et le développement d'options de contrôle de risques. De plus, un composant essentiel est la mise en place et la maintenance d'un système de gestion de sécurité.

I.1.1. Norvège

Le régime de sécurité norvégien pour les installations et opérations pétrolières offshore repose sur l'« *internal control* [Aven, 2001] » ou la « *self-regulation* [CA-FSEA, 1999] ». Depuis 1986, sous les auspices du National Petroleum Directorate (NPD), le régime réglementaire impose au propriétaire (*licensee - Physical person or body corporate, or several such persons or bodies corporate, holding a licence according to the Petroleum Act or previous legislation to carry out exploration, production, transportation or utilisation activities. If a licence has been granted to several such persons jointly, the term licensee may comprise the licensees collectively as well as the individual licensee* [NPD, 2001a]) l'entière responsabilité de son activité en conformité avec la législation. Les activités de supervision par les autorités ont pour objectif de vérifier que les

systèmes de gestion des opérateurs prennent correctement en compte les aspects de sécurité et d'environnement de travail.

Dans les années 70, la législation norvégienne spécifiait des exigences techniques, détaillées et prescriptives. Elle a ensuite évolué graduellement, sous l'égide du NPD, vers des approches fonctionnelles et par objectifs. Les approches d'analyse quantitative du risque ont été largement utilisées au début des années 80 avec, notamment, les notes du NPD pour les « *Concept safety evaluations* ». Ces notes proposent un critère limite – appelé le critère 10-4 – pour la fréquence de dommage relative à neuf catégories d'accident (critère de 10-4 par an pour la fonction principale de sécurité et pour chaque catégorie d'accident, et une fréquence annuelle de 10-3 pour le risque total). L'introduction de ce critère quantitatif était un changement important. Il a ainsi contribué de manière significative au développement d'approches formalisées d'évaluation du risque. Le développement du régime a ensuite été notamment guidé par une série d'accidents, qui a culminé avec le chavirement de la plate forme Alexander Kielland, en 1980, et la perte de 123 vies humaines.

Les réglementations relatives à l'utilisation de l'analyse du risque, entrées en vigueur en 1990, s'intéressaient au processus de l'analyse du risque. Le premier objectif est l'identification des événements accidentels. La finalité est de fournir une base pour la prise de décision relative aux options de contrôle du risque. C'est à l'opérateur de formuler ses objectifs et critères de sécurité. En 1992, une réglementation sur la préparation à l'urgence est entrée en vigueur avec comme concept central les « barrières de sécurité » (*safety barrier*). En particulier, la gestion de l'urgence doit être établie sur la base de scénarios accidentels définis ; l'opérateur doit définir des exigences relatives à l'efficacité des mesures de la gestion d'urgence ; et enfin les analyses doivent être menées afin de concevoir le système de gestion de l'urgence.

La législation actuelle repose sur une hiérarchie de textes composée d'actes (*Act*), de décrets (*Royal decree*) et de règlement (*regulations*) obligatoires. Des recommandations, des notes et des standards développés par le régulateur ou par l'industrie complètent ce système. Les « *Framework Regulations (Royal decree)* » [NPD, 2001a] mentionnent les principes relatifs à la réduction du risque (Section 9), en particulier : réduction du risque autant que possible (risques relatifs aux individus, à l'environnement et aux actifs financiers) ; mise en place de mesures techniques, opérationnelles ou organisationnelles ; et, les coûts engendrés ne doivent pas être disproportionnés au regard de la réduction réalisée. De plus, il est intéressant de noter que d'autres principes relatifs à la santé, l'environnement et la sécurité sont mentionnés, telle que la précaution ou la culture de sécurité. En 2001, les « *Management Regulations* » [NPD, 2001b] sont entrées en vigueur. La gestion du risque repose sur la réduction du risque (comme mentionné dans la Section 9 des Framework Regulation) et sur les barrières de sécurité. En ce qui concerne les analyses (Chapitre IV), l'analyse quantitative du risque est exigée, en particulier : les effets d'options de contrôle de risques doivent être calculés ; des analyses spécifiques à la gestion de l'urgence doivent être menées ; des analyses des risques accidentels majeurs doivent être menées. La Section 6 stipule que les critères d'acceptabilité doivent être élaborés par l'opérateur afin d'évaluer les résultats des analyses quantitatives des risques. Afin de compléter cette réglementation, le standard « *Risk and emergency preparedness analysis* » [Norsok, 2001] a été développé par l'industrie pétrolière offshore norvégienne. En particulier, pour l'établissement de critères d'acceptabilité, trois approches sont

mentionnées: des critères quantitatifs ; des matrices de risques et le principe *ALARP* (*As Low As Reasonably Practicable*, cette notion sera détaillée avec l'approche *Safety Case*) ; des critères comparatifs.

Pour conclure ce paragraphe, il faut rappeler qu'une nouvelle autorité (*Petroleum Safety Authority - PSA*) a été établie le 1er janvier 2004. Cette autorité est responsable de la sécurité, de la gestion de l'urgence et de l'environnement de travail pour le secteur des activités pétrolières. Ces responsabilités ont été transférées du NPD qui reste en charge de la gestion des ressources pétrolières. Ce changement établit deux entités chargées, de manière indépendante, de la sécurité et des ressources.

1.1.2. Royaume-Uni: Safety Case

Les *Offshore Installations (Safety Case) Regulations* (OSCR) [UK HSE, 1992] de 1992 exigent qu'un *Safety Case* soit accepté par le *Health & Safety Executive* (HSE) pour toutes installations fixes ou mobiles avant d'opérer dans les eaux du Royaume-Uni. C'est au propriétaire, ou opérateur, de produire le *Safety Case*, contenant toutes les informations et analyses nécessaires. La principale différence avec le régime norvégien est qu'un *safety case* doit être évalué, et accepté – le cas échéant –, par le HSE sur la base de cette documentation.

La réglementation *Safety Case* a été développée suite à la catastrophe de la plate-forme Piper Alpha qui, en 1988, a causé la mort de 167 personnes, avec seulement 61 survivants. Suite à cette catastrophe, le Rapport d'Enquête [UK DE, 1990], sous la supervision de Lord Cullen, a proposé 106 recommandations pour améliorer la sécurité, toutes mises en œuvre depuis. Parmi celles-ci, les trois recommandations clefs étaient : le transfert de responsabilité de la sécurité offshore du *Department of Energy* vers le HSE ; un examen minutieux de la réglementation offshore de la santé et de la sécurité ; l'introduction d'un régime *Safety Case*.

L'OSCR impose à l'opérateur de (Règle 8): « *include in the safety case sufficient particulars to demonstrate that:*

(a) *his management system is adequate to ensure that the relevant statutory provisions will (in respect of matters within his control) be complied with in relation to the installation and any activity on or in connection with it;*

(b) *he has established adequate arrangements for audit and for the making of reports thereof;*

(c) *all hazards with the potential to cause a major accident have been identified; and*

(d) *risks have been evaluated and measures have been, or will be, taken to reduce the risks to persons affected by those hazards to the lowest level that is reasonably practicable.*”

Le guide relatif à l'OSCR [UK HSE, 1998] donne une indication du type d'évaluation des risques attendu: “*The evaluation of risk should involve both a qualitative and quantitative approach. Where relevant good or best practice is clear, the balance should be in favour of qualitative arguments to show that the risks have been properly controlled. Where relevant good or best practice is less clear, appropriate support from quantitative arguments will be necessary.*” L'évaluation quantitative repose en pratique sur une identification des dangers, l'estimation du risque, la réduction du risque, la préparation à l'urgence et la mise en place un système de gestion

de la sécurité. Le règlement *Safety Case* est complété par d'autres règlements spécifiques aux caractéristiques de la sécurité pétrolière offshore :

- *The Offshore Installations and Pipeline Works (Management and Administration) Regulations* (1995): couvrent des aspects tels que la notification au HSE des changements de propriétaire ou de manager, de fonctions, ou de responsabilités ;
- *The Offshore Installations (Prevention of Fire and Explosion, and Emergency Response) Regulations* (1995): imposent une démarche basée sur les risques pour la gestion des dangers incendie et explosion, ainsi que la préparation à l'urgence ;
- *The Offshore Installations and Wells (Design and Construction, etc) Regulations* (1996) : imposent une évaluation des éléments essentiels à la sécurité (safety critical element) afin de préserver l'intégrité de l'installation tout au long de son cycle de vie. Les éléments essentiels à la sécurité sont tout système dont l'objectif est de prévenir ou de limiter un accident majeur, ainsi que les systèmes dont la panne peut causer, ou contribuer de manière significative à un accident majeur ;
- *Pipeline safety Regulations* (1996) : proposent une approche intégrée basée sur des objectifs et sur les risques de la sécurité des pipelines offshore et terrestres.

La position du HSE sur le processus décisionnel relatif aux questions de sécurité est expliquée dans le document *Reducing Risk, Protecting People* (R2P2) [UK HSE, 2001]. L'approche du HSE est basée sur le concept de tolérance des risques (*tolerability of risk*), avec la définition de trois régions :

- Zone inacceptable – dans cette région, les risques sont considérés comme inacceptables. Les activités causant de tels risques doivent être interdites, ou doivent réduire les risques quel que soit le coût associé ;
- Zone tolérable - dans cette région, les risques doivent être *As Low As Reasonably Practicable* (ALARP) : des mesures de réduction du risque doivent être adoptées à moins les coûts associés ne soient disproportionnés aux bénéfices ;
- Zone acceptable - les risques que la plupart des personnes considèrent comme insignifiants. Des actions pour réduire de tels risques ne sont normalement pas exigées.

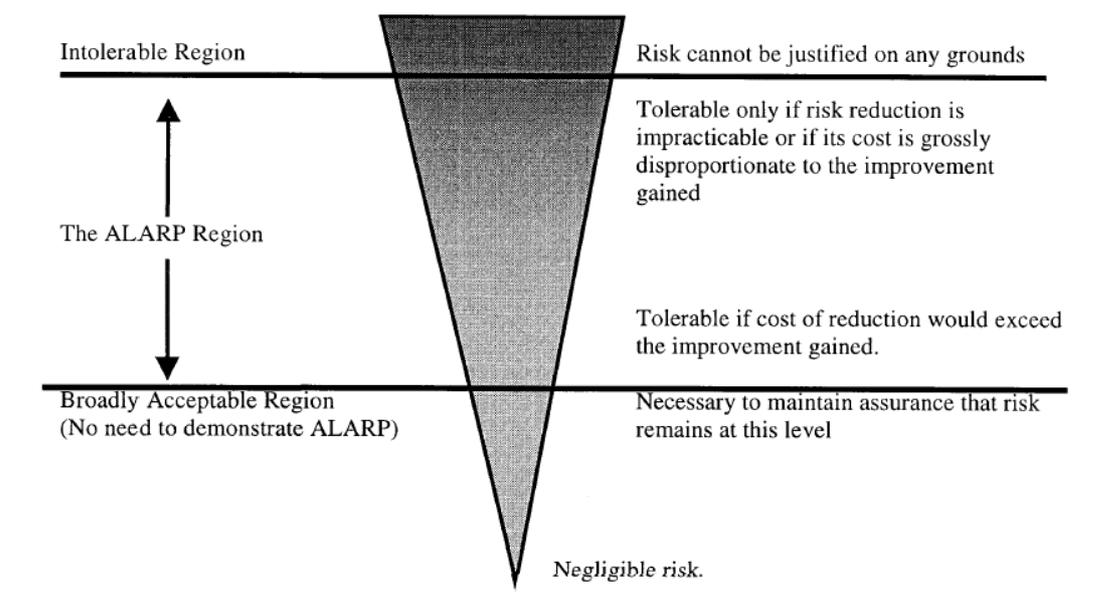


Figure 3-1 : Principe ALARP – As Low As Reasonably Practicable

Des critères de risques (ou "des limites de tolérance") pour les risques individuels et collectifs sont spécifiés par le HSE pour indiquer les frontières entre les zones. Bien que ceux-ci n'aient pas un caractère obligatoire, en pratique, la plupart des opérateurs offshore les ont adoptés.

I.2. Secteur de la construction: approches du type "Performance based code"

I.2.1. Le Modèle Nordique

Les codes de construction d'un certain nombre de pays sont structurés en cinq niveaux selon la hiérarchie dite « *Modèle Nordique* » [NKB, 1978] : Objectifs / finalités ; Énoncés fonctionnels ; Exigences de performance ; Méthodes de vérification par performance; Solutions acceptable.

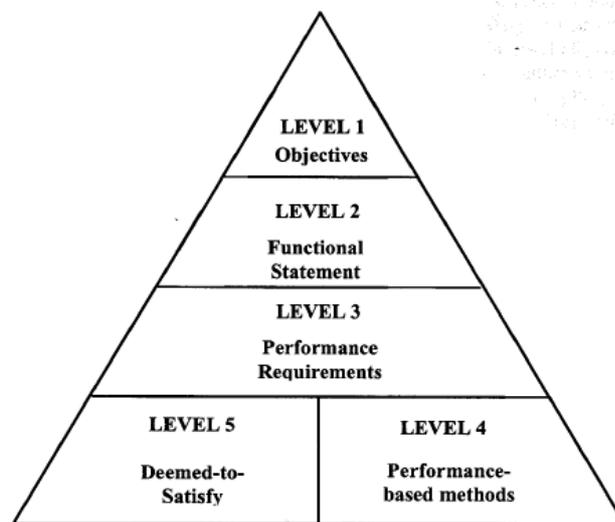


Figure 3-2 : Modèle nordique des codes par performance

Le niveau 1 expose ce qui est attendu en termes de buts sociaux (par exemple, protection de la vie humaine). Le niveau 2 explique, en termes généraux, quelles fonctions le système doit remplir pour satisfaire l'objectif. Le niveau 3 contient des énoncés détaillés nécessaires à la réalisation des énoncés fonctionnels. Les niveaux 4 et 5 présentent des solutions spécifiques pour la réalisation des objectifs. Ces deux derniers niveaux sont parfois combinés, si la conformité à une solution prescriptive donnée (le Niveau 5) est appréhendée comme une des méthodes possibles de vérification (le Niveau 4).

Il est important de souligner que dans le cadre du *Modèle Nordique*, la performance ne remplace pas nécessairement le caractère prescriptif : les deux formes peuvent cohabiter. L'évolution d'un code prescriptif vers un code par performance s'accompagne, en général, d'une réorganisation des exigences prescriptives et de la formalisation de leurs objectifs. Le Niveau 5 ouvre la porte à des conceptions non prescriptives et ainsi à l'innovation technique ou architecturale. De plus, en absence de méthodes de vérification, ou de critères explicites de performance, les exigences prescriptives fournissent un niveau de référence pour des solutions alternatives. A ce titre, il est intéressant de noter la distinction faite par Bergeron [Bergeron, 2004] (le concept est intéressant, la terminologie est personnelle) entre les réglementations par

performance et celles par objectifs. Cette distinction porte sur l'évaluation de la conformité de conceptions non prescriptives, dans une réglementation dite par :

- Performance, la conception est évaluée par rapport aux objectifs et aux exigences de performance ;
- Objectifs, la conception est comparée aux solutions acceptables.

1.2.2. Les approches pays par pays

Ce *Modèle Nordique* - ou ses variations a été utilisé comme modèle conceptuel afin de structurer et développer des réglementations par performance de construction. Cependant, des différences d'appropriation existent entre les pays, tant sur la terminologie, sur le caractère obligatoire ou informatif des niveaux, ou sur une adaptation du modèle. Les différences fondamentales portent sur :

- Les éléments qualitatifs ou quantitatifs. La première discussion concerne la présence de critères quantitatifs ou seulement qualitatifs dans le système. Une autre question concerne comment et où introduire ces critères, et notamment si ils doivent être introduits dans la partie obligatoire du système. Les approches varient d'un pays à l'autre ;
- Les solutions acceptables. Un code purement par performance devrait formuler un ensemble de critères de performance quantitatifs et mesurables reliés à des éléments qualitatifs. En pratique, les pays ayant adoptés un code par performance ont néanmoins incorporés – gardés - des solutions acceptables à ce code. Ces solutions acceptables pouvant être des solutions techniques prescriptives ou des méthodes de vérification (tests, calcul, etc.). Cette ensemble de solutions reste le plus familier et le plus fréquemment usité. Le niveau de sécurité implicite de cet ensemble peut aussi servir de critère de performance, une fois explicité.

Le tableau suivant est une synthèse des codes de performance de divers pays réalisé par Beller [Beller, 2001]. Les colonnes « *Hierarchy* » donnent une indication sur l'implémentation à partir du *Modèle Nordique*. La colonne « *Quantitative* » indique si des valeurs quantitatives sont présentes dans les règlements. Enfin, la colonne « *Structure* » indique la structuration des règlements.

Country	Hierarchy			Quantitative	Structure
	1st level	2 nd level	3rd level		
Australia	Objectives	Functional statements	Performance requirements	By reference	Objectives and functional statements are guidance level provisions and the performance requirements are compliance level provisions
Canada	Objectives (and sub-objectives)	Functional requirements	Performance criteria	Yes	Two Divisions : A contains objectives, functional requirements. B contains quantitative performance criteria. Mandatory links connect A to B and B to A
Japan	Objectives	Functional requirements	Performance requirements	Yes	Objectives, functional requirements and quantitative performance

Country	Hierarchy			Quantitative	Structure
	1st level	2 nd level	3rd level		
					requirements are all included in the regulations.
Netherland	Performance requirement and functional description together in a clause			By reference	All elements are stated together in a Decree.
New Zealand	Objectives	Functional requirements	Performance requirements	Few	Objectives, functional requirements and performance requirements are the only provisions of the regulations.
Spain	Objectives	Requirements	N/A	Few	Objectives and requirements are mandatory.
United Kingdom	Objectives	Functional or goal-based requirements	Performance statements	None in the regulations but are in Approved (guidenace) Documents	Objectives and functional requirements are mandatory.
United States (ICC)	Objectives	Functional statements	Performance requirements	Few	Objectives, functional statements and performance requirements are contained in the regulations.
United States (NFPA)	Goals	Objectives	Performance criteria	Indirect	Includes prescriptive and performance based options.

Tableau 3-1 : Les codes par performance de divers pays

1.3. Secteur nucléaire: Approche du type « *Risk-informed regulation* »

La Commission de Réglementation Nucléaire américaine (*Nuclear Regulatory Commission-NRC*) a été à l'origine de nombreux développements des techniques d'analyse du risque dès les années 70. La *NRC Commission Policy* [US NRC, 1995] déclare que l'utilisation d'analyses probabilistes du risque devrait augmenter pour toutes les questions réglementaires, afin de compléter les approches déterministes, et de renforcer la philosophie de défense en profondeur traditionnelle. « *Risk informing* » est défini comme l'utilisation de l'analyse du risque afin de compléter les approches d'ingénieries traditionnelles, pour soutenir la défense en profondeur et pour préserver les marges de sécurité [US NRC, 2002]. Les décisions réglementaires « informées » par le risque peuvent être comprises comme étant l'utilisation des probabilités et des conséquences d'un événement indésirable pour influencer la décision d'ordre réglementaire. Thadani [Thadani, 2004] rappelle les applications multiples de l'approche « *risk informed* » :

- Questions réglementaires quotidiennes (spécifications techniques, assurance qualité, etc.) ;
- Programme de Surveillance des Réacteurs, avec des indicateurs de performance et un processus de détermination d'importance pour les résultats d'inspection ;
- Modification de règles existantes pour permettre l'utilisation de l'approche « *risk informed* » ;
- Traitement des systèmes, structures et composants selon l'importance de la sécurité ;

- Développement d'un cadre intégré, technologiquement neutre, pour les réacteurs dits avancés ;
- Développement de standards d'analyse probabiliste du risque.

Bien qu'en faveur, et à l'origine, de l'utilisation de techniques d'analyse du risque, le NRC a aussi toujours insisté sur leurs limites. Le principe de base est « *risk informed* » et non pas « *risk based* ». Récemment le principe de « *conservatisme réaliste* » a été introduit :

- Réalisme : les décisions réglementaires sont informées par "le monde réel", la science, la technologie, l'expérience ;
- Conservatisme : des marges de sécurité sont préservées de manière appropriée et prudente ;
- La réglementation doit correspondre au risque réel et non pas à des hypothèses de scénarios *worst case* ;
- Une approche équilibrée doit permettre la protection de la santé publique et de la sécurité, en assurant que les ressources soient allouées aux questions importantes pour la sécurité ;
- Une meilleure compréhension des marges de sécurité réelles des équipements nucléaires.

1.4. Directive Seveso

La Directive Européenne Seveso II (96/82/CE) concerne la maîtrise des dangers accidentels majeurs relatifs aux industries utilisant « des quantités significatives de substances dangereuses ». Les opérateurs doivent, en particulier, démontrer qu'ils appliquent une politique de prévention des accidents majeurs et qu'ils mettent en place des mesures de prévention et de mitigation appropriées, contrôlées et gérées par un système de gestion de la sécurité. La Directive fixe explicitement des objectifs pour la gestion des dangers majeurs, mais la question des moyens pour de les atteindre et de les vérifier reste ouverte. Les différences culturelles parmi les pays européens expliquent la diversité des approches mises en place au plan national. Les controverses principales portent sur l'utilisation d'approches déterministes ou probabilistes, et sur le type et les valeurs des critères d'acceptabilité. Le tableau suivant extrait les points relatifs à notre problématique de la comparaison réalisée par le TNO [TNO, 2004].

Country	Approach	Objectives	Risk	Risk figure
Abbreviations	P – Probabilistic D – Determinist Ql - Qualitative Qn – Quantitative QRA – Quantitative Risk Assessment	LUP - Land used planning ER - Preparation for emergency response LIC – Licence application RM – Measures of risk reduction	IR – Individual Risk SR – Societal Risk	
Netherlands	P-QRA	LUP – LIC – RM –ER	IR, SR	IR : contours SR: fN curve
Belgium	P-QRA	LIC – LUP – ER	IR, SR	IR : contours SR: fN curve
Germany	D-Ql	LUP – LIC – RM –ER	N.A.	N.A.
France	D-Ql/Qn	LUP – LIC – RM –ER	N.A.	SEL / SEI
United Kingdom	D-Ql -> P-QRA	LUP – RM –LIC	IR, SR	IR: contours
Spain	D-Qn	ER	N.A.	N.A.
Finland	D-Ql/Qn	LIC	N.A.	N.A.

Tableau 3-2 : L'approche SEVESO pour différents pays

II. DE LA DEFINITION DES NOUVELLES APPROCHES REGLEMENTAIRES

Le champ des nouvelles approches réglementaires de la sécurité est vaste et varié. En témoignent, les illustrations identifiées et présentées précédemment, ainsi que la multitude des termes utilisés : *performance-based code*, *objectiv-based code*, *goal-based code*, *goal-setting code*, *risk-based code*, etc. La partie visible d'un cadre réglementaire est son format, la nature de sa mise en application, c'est finalement un état. Celui-ci est dit prescriptif pour un règlement traditionnel. Par opposition, il est possible de définir le concept de *réglementation par performance*. La partie immergée d'un cadre réglementaire est son élaboration, le processus qui aboutit à la partie émergée. Ainsi une configuration réglementaire peut-être définie par le processus d'élaboration et par le format de la mise en application. Ces deux dimensions sont le fil conducteur de cette section ; elles doivent permettre de clarifier la notion de cadre, ou plus précisément de configuration réglementaire, puisque nous ne nous intéresserons peu à l'application de la réglementation et à son contrôle.

II.1. Concept de code par performance

Le concept de « code par performance » peut-être défini par opposition au code dit prescriptif. La réglementation prescriptive détermine les moyens par lesquels un niveau de sécurité peut-être atteint. La réglementation par performance, quant à elle, fixe l'objectif de sécurité. Partant du constat de la polysémie du terme « *performance* », Nelson [Nelson, 1997] propose une catégorisation des codes en 5 niveaux à partir d'une synthèse de travaux dans le domaine du développement des codes par performance incendie de la construction.

Niveau	Description
1. Code par spécification (<i>Specification code</i>)	Règles et prescriptions techniques qui fixent les caractéristiques en termes de dimensions, de matériaux, de techniques de construction.
2. Code performance par élément (<i>Component performance code</i>)	L'exigence performancielle d'un sous-système ou d'un élément est formulée. Il n'est pas permis d'ajuster le niveau de performance d'un sous-système ou d'un élément en considérant la performance d'un autre.
3. Code performance environnemental (<i>Environment performance code</i>)	Dans le domaine de l'incendie, la performance porte sur les conditions environnementales engendrées par l'incendie (température maximale, concentration en CO...).
4. Code performance basé sur le danger (<i>Threat potential code</i>)	Il doit être démontré qu'un niveau spécifié de danger pour l'homme, d'impact sur l'environnement, de dommage pour les biens, etc. n'est pas atteint étant donné des conditions incendie ; le nombre de scénarios est limité et ceux-ci sont de type <i>serious/worst case</i> scénarios.
5. Code performance basé sur le risque (<i>Risk potential code</i>)	Il doit être démontré qu'un niveau spécifié de risques (sur l'homme, l'environnement, les biens, etc.) n'est pas atteint.

Tableau 3-3 : Typologie de codes par performance

Cette typologie va des niveaux les plus simples – et généralement les plus anciens – aux plus complexes – les plus récents. Même si tous les codes n'ont pas évolué ou n'évoluent pas linéairement par rapport à ces niveaux, cette typologie a l'avantage d'illustrer un processus de complexification croissante possible pour les codes. Deux lectures peuvent être faites de cette typologie.

Tout d'abord, en introduisant les notions de visions microscopique et macroscopique. Les deux premiers niveaux correspondent à la classe microscopique : la compensation n'est pas autorisée, une variation locale d'un sous-système ou d'un élément est possible (niveau 2), mais il n'est pas permis d'ajuster le niveau de performance d'un sous-système ou d'un élément en considérant la performance d'un autre sous-système. Les trois autres niveaux peuvent être regroupés dans la classe macroscopique, i.e. une compensation d'ensemble est possible avec des variations locales dans un sous-système ou un élément. Il n'y a pas de restriction sur la conception tant que les critères sont respectés. Ensuite, en utilisant les concepts de *technology-based performance* et de *risk-based performance* [IRCC, 1998], on introduit les niveaux 3, 4 et 5 qui font partie de la classe « *risk-based performance* » : des scénarios doivent être élaborés grâce à un outil commun : les techniques d'analyse de risques.

Cette dernière classe peut être détaillée en introduisant les concepts de « *process regulation* » et de « *goal setting regulation* » [UK HSE, 2001]. Les approches du type « *process regulation* » mentionnent ce qui doit être fait pour contrôler les risques en termes d'exigences d'identification des dangers, d'évaluation des risques, de gestion des risques, etc. Les « *goal setting regulation* » fixent les objectifs à atteindre avec une relative liberté sur comment ces objectifs doivent être atteints.

Ces divers efforts de typologie ne résultent pas en des catégories mutuellement exclusives mais fournissent une base pour l'appréhension des codes par performance. La différence majeure entre une approche par performance fondée sur le risque et une approche plus classique est finalement le changement de point de vue du système étudié : le point de vue est plus analytique pour les approches classiques et plus global pour les approches performance risque.

II.2. Evolution d'un code prescriptif vers un code performance

II.2.1. Changement de paradigme

Cette dernière notion de « point de vue » peut-être formalisée en utilisant le modèle *Systems Approach* [Hattis, 1999]. Ce modèle a été développé, formalisé et appliqué pour le développement des spécifications de performance relatives à la construction par le *US National Bureau of Standards* à partir des années 1970. Le modèle *System Approach*, permet de décrire un système physique grâce à une matrice bidimensionnelle. Un des axes correspond aux parties physiques - *parts* – (matériaux, éléments, composants, structure, locaux, etc.). Le deuxième axe est l'axe des attributs – *attributes* – (ce peut-être la sécurité structurelle, la sécurité incendie, l'hygiène, etc.).

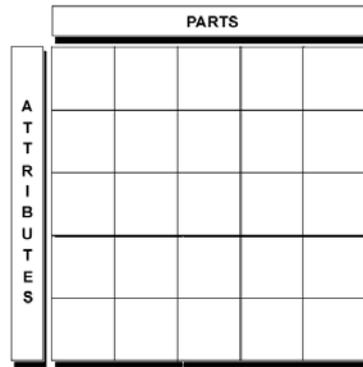


Figure 3-3 : Systems approach [Hattis, 1999]

L'approche traditionnelle prescriptive adresse l'axe des parties : ces parties sont décrites et spécifiées, et résultent en un ensemble implicite d'attributs. A contrario, les approches par performance adressent le système en question sous le point de vue des attributs : ils sont décrits et spécifiés ; ainsi des combinaisons diverses de parties peuvent être envisagées pour répondre aux attributs spécifiés.

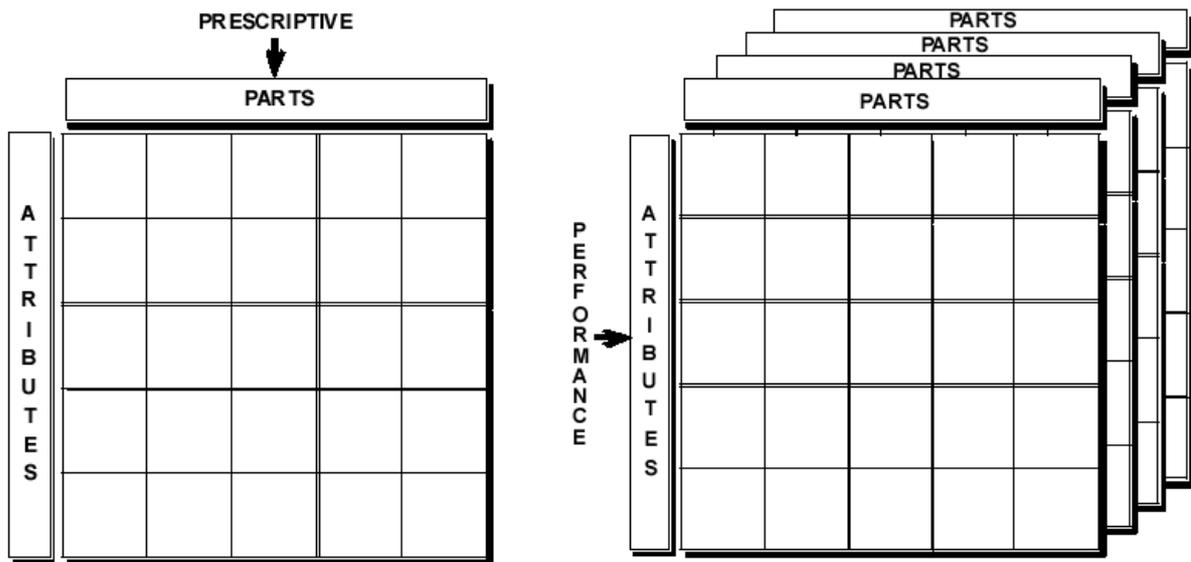


Figure 3-4 : Systems approach : Code prescriptif et code par performance [Hattis, 1999]

Ce changement de paradigme a des conséquences pratiques. Les approches prescriptives sont faciles à suivre pour un constructeur ou un concepteur, faciles à vérifier pour un tiers de vérifier, et relativement faciles à imposer pour les régulateurs. Cependant, quelques difficultés fondamentales liées à l'utilisation des approches prescriptives existent et ces problèmes ont augmenté l'intérêt pour les approches par performance.

L'opposition entre les deux approches a, par exemple, été mise en avant par le groupe de travail sur le FSA de l'IACS [IACS, 2000]. Ainsi, les caractéristiques associées à un code prescriptif sont : flexibilité limitée pour l'architecture et l'optimisation du design ; difficulté d'application à de nouveaux concepts ; prise en compte des systèmes techniques, exigences de

sécurité déséquilibrées et contradictoires ; peu de transparence ; réactivité ; amendements continus. Les caractéristiques associées à un code par performance sont : flexibilité, introduction de nouveaux concepts ; objectifs de sécurité explicites ; pro-activité ; prises en compte d'aspects non techniques. Ces caractéristiques reflètent une préférence des auteurs du groupe de travail pour les approches par performance, ou tout du moins une vision critique des approches prescriptives de la sécurité maritime. Il est intéressant de mentionner ici les définitions proposées par ce groupe de travail. « *Prescriptive rules prescribe specific technical solutions, which have to be met. Some prescriptive rules allow to some extent deviation from a prescribed particular technical design, if equivalent technical solutions are provided and the equivalency can be demonstrated. Performance-based rules define/specify a certain performance required to achieve a goal, e.g. a safety goal. The performance may be achieved through technical or operational means or a combination of both. These means may or may not be specified in a performance-based rule.* » Une opposition plus contrastée entre ces deux approches est proposée dans le tableau suivant [Hadjisophocleous, 1999]:

Code type	Advantages	Disadvantages
Prescriptive	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Straightforward evaluation of compliance with established requirements ➤ No requirements for high level of engineering expertise 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requirements specified without statement of objectives ➤ Complexity of the structure of the existing codes ➤ No promotion of cost-effective designs ➤ Very little flexibility for innovation ➤ Presumption that there is only one way of providing the level of safety
Performance	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establishment of clear safety goals and leaving the means of achieving those goals to the designer ➤ Permitting innovative design solutions that meet the performance requirements ➤ Eliminating technical barriers to trade for a smooth flow of products ➤ Harmonisation of international regulation systems ➤ Facilitating use of new knowledge when available ➤ Allowance of cost-effectiveness and flexibility in design ➤ Non-complex documents ➤ Permitting the prompt introduction of new technologies to the market place 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Difficult to define quantitative levels of safety ➤ Need for education because of lack of understanding especially during first stages of application ➤ Difficult to evaluate compliance with established requirements ➤ Need for validation of the tools used for quantification

Tableau 3-4 : Code prescriptif vs. code par performance

Ce tableau peut-être relu au regard de la problématique maritime et de ses acteurs [Chantelauve, 2004b]. Voici rapidement quelques éléments de discussion :

- Navire en construction : conception et conformité. Du point de vue du chantier, les règles prescriptives sont faciles à mettre en œuvre (et ce malgré leurs complexités). Elles font partie de la culture des chantiers et s'inscrivent dans le cadre de délais de conception et de construction de plus en plus courts. L'application de règles par performance nécessite le développement de nouvelles connaissances, de nouveaux outils, d'une nouvelle culture. La question se pose concernant les délais de conception et de construction. La demande et les besoins des armateurs

sont sans doute l'élément de réponse principal. La maîtrise de conception par performance peut-être un élément concurrentiel important pour les chantiers. Du point de vue de la classification ou de la certification, la situation est identique en ce qui concerne les connaissances et les délais de classification et de certification.

- Navire en service : opération et contrôle. En ce qui concerne l'équipage, un environnement de travail et des navires relativement standardisés sont en première lecture un élément de sécurité. Des nouveaux concepts imposeraient sans doute des formations spécifiques. La question reste ouverte. Du point de vue des « contrôles » (inspections et visites statutaires ou de classification, contrôle par les états du port), la question concerne la caractéristique internationale du commerce maritime. Si pour des installations fixes, un même groupe d'inspecteurs peut suivre l'installation tout au long de son cycle de vie, pour un système mobile qu'est le navire, la gestion de navire non conforme à des exigences prescriptives peut se révéler problématique.

II.2.2. Facteurs influençant le choix ou l'évolution d'une réglementation

Après la présentation des avantages et bénéfices potentiels, il apparaît que les jeux des acteurs (besoins, responsabilités, rôles, etc.) est un élément sous-jacent prépondérant. Ce constat rend alors nécessaire de s'intéresser aux critères de choix, ou plus précisément à des aspects influençant le choix, d'un code prescriptif ou par performance.

- Du point de vue de l'ingénieur

Lassagne [Lassagne, 2001] propose une liste de sept critères qui constituent une base de réflexion utile. Sa perspective n'était pas de choisir une forme particulière de code par performance, mais plus d'évaluer la possibilité de s'écarter d'un cadre prescriptif. A la lecture de ses critères et au vue de l'objet principal de l'étude (*The Case of FPSOs in Deepwater Gulf of Mexico*), il semble que ses critères ne soient pas formulés dans une perspective d'évolution de la réglementation mais dans une perspective de choix lors de la mise en place d'une nouvelle réglementation.

- Expérience mondiale: Plus l'expérience mondiale est importante, plus la réglementation prescriptive serait favorisée, étant donné que son élaboration serait facilitée par cette expérience ;
- Besoin de solutions spécifiques / Evolution technologique rapide: Ce critère jouerait en faveur de la réglementation par performance ;
- Existence de solutions d'ingénierie : Si des solutions d'ingénierie sont aisément disponibles, une réglementation prescriptive aurait tendance à être favorisée ;
- Criticité (personnel) ;
- Criticité (Environnement) ;
- Criticité (Installation) ;
 - Lassagne pense que si la criticité est importante alors l'utilisation d'approches basées sur les risques permet d'allouer les ressources de manière correcte ;
- Le coût comparatif de développement d'une réglementation prescriptive : Ce critère englobe l'assignation de ressources, le temps nécessaire au développement des règlements, le besoin d'études complémentaires, etc. Plus le coût de développement des règlements prescriptifs sera élevé, plus l'utilisation d'une approche par performance est recommandée.

➤ Du point de vue du régulateur

Le HSE [UK HSE, 2003] formule les critères suivants - un des critères de type A et le critère B - afin d'aider à la détermination de la mise en place d'un régime que nous pouvons assimiler à un régime par performance.

A

- *there is a need to have regard to high, sustained and broadly based levels of societal concern, either existing or likely, over potential risks of harm (eg high levels of public dread or aversion associated with the hazard and the vulnerability of those exposed to the hazard); and/or*
- *there are significant risks of multiple fatalities from a single (or linked series of) event(s); and/or*
- *there are significant risks of widespread and significant adverse effects on human health; And*

B

- *the proposed regime adds proportionate value in terms of risk control and/or allows specific activities (with clear benefits to society) to proceed.*

➤ Du point de vue du manager

L'United Kingdom's Offshore Operators Association [UKOOA, 1999] propose un modèle d'aide à la décision dans un contexte de risques majeurs. Le modèle prend la forme d'un spectre de décisions, allant des décisions découlant de paramètres d'ingénierie à des décisions où les valeurs sociétales sont importantes. A la droite du modèle, sont positionnées des caractéristiques qui indiquent le contexte décisionnel ; à la gauche du modèle des moyens de calibration sont indiqués.

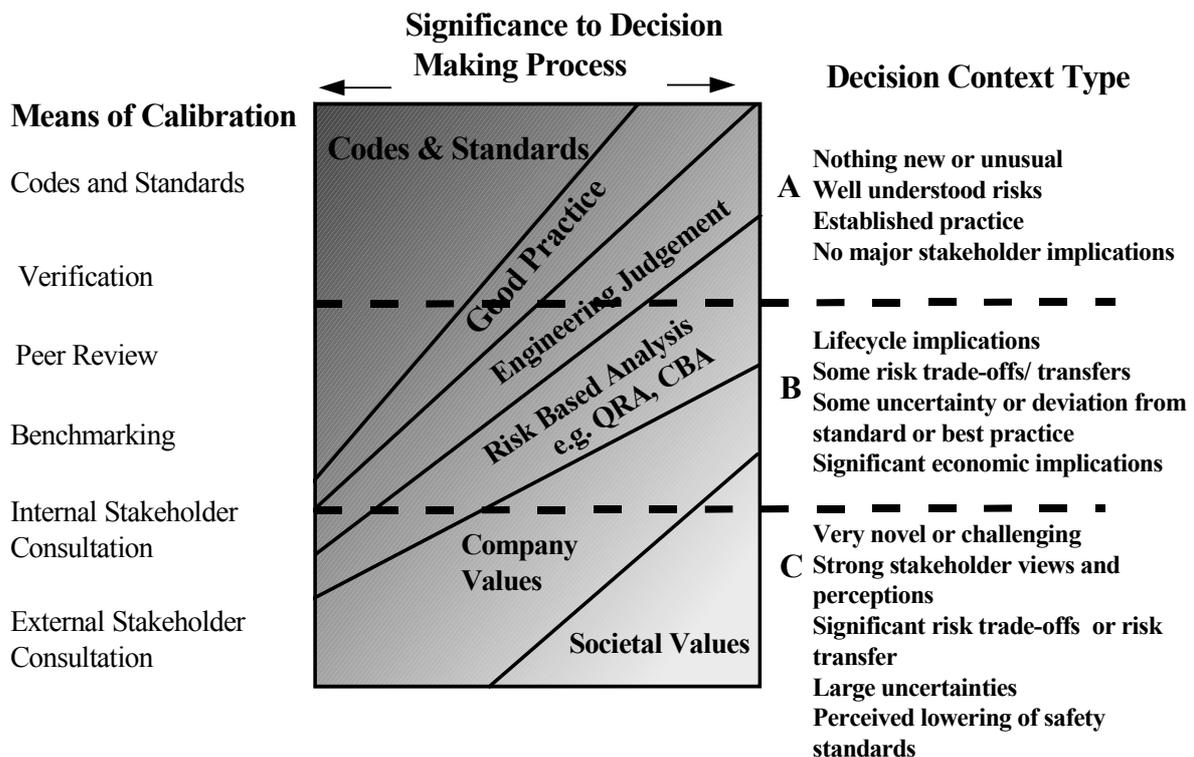


Figure 3-5 : UKOOA framework

Cette approche montre que l'évaluation des risques peut avoir un impact important pour les décisions du type B, impliquant des incertitudes, des déviations de la pratique habituelle, etc. pour les décisions de type A ou C, l'évaluation de risque est toujours appropriée, mais certainement beaucoup moins influente pour atteindre la décision finale. Développé pour et par les opérateurs, ce modèle peut éclairer la mise en place de tel ou tel cadre réglementaire : les contextes types de décision en sont des aspects d'influence.

II.3. Prise en compte de la dimension de l'élaboration de la réglementation

Lassagne [Lassagne, 2001] propose un modèle conceptuel simple mais intégrateur de la dimension de l'élaboration de la réglementation à la dimension du format de la réglementation. Il présente une classification en quatre grandes catégories qui repose sur deux dichotomies. La première dichotomie porte sur la différence entre les approches déterministe et probabiliste quant à la conception de la réglementation (Lassagne entend par probabiliste une approche qui combine l'évaluation de la fréquence d'un événement à son niveau de conséquence ; c'est donc une approche « risque » qu'il envisage. Nous garderons sa terminologie dans cette synthèse). Selon Lassagne, le niveau de sécurité/risque est implicite dans le cas de l'approche déterministe et explicite dans le cas de l'approche probabiliste. La seconde dichotomie se rapporte à la nature de la mise en application : la réglementation prescriptive détermine les moyens par lesquels un niveau de sécurité peut-être atteint ; la réglementation par performance, quant à elle, fixe l'objectif de sécurité. La subtilité de cette dimension a été mise en évidence dans les sections précédentes.

Elaboration →	Déterministe	Probabiliste
<i>Nature de la mise en application</i> ↓		
<i>Prescriptive</i>	Traditionnel	Risk based
<i>Performance</i>	Risk based	Pure risk-based

Tableau 3-5 : Typologie de configurations de la réglementation

Il en résulte quatre catégories principales de réglementation. Dans l'approche traditionnelle, le régulateur prescrit des exigences techniques à partir de calcul déterministe (ou de l'expérience). A l'opposé, une approche performance développée à partir de calcul probabiliste correspond à une approche « *pure risk-based* ». Une approche prescriptive basée sur des calculs probabilistes peut-être envisagée: le régulateur impose alors des solutions techniques à partir de leçons tirées de l'utilisation de l'analyse de risques. Une approche performance peut découler de considération déterministe. Ces quatre catégories principales peuvent être complétées par des règles de substitution : une exigence prescriptive peut être satisfaite par une solution équivalente autre que la solution prescriptive.

III. TECHNIQUES D'ANALYSE DU RISQUE POUR LES NOUVELLES FORMES RÉGLEMENTAIRES

Les nouvelles formes de réglementation sont un des champs d'application des sciences du risque, ou plus modestement, des techniques de maîtrise des risques. Afin de recentrer les propos, les définitions suivantes sont proposées :

- Analyse du risque : processus dont l'objectif est l'estimation du risque;
- Evaluation du risque : confrontation du niveau de risque avec des critères d'acceptabilité et formalisation d'options de contrôle de risque ;
- Gestion des risques : processus de sélection des options de contrôle de risque appropriées et implémentation de celles-ci dans la gestion de l'activité.

A ce titre, les techniques de l'analyse du risque sont l'objet de cette section, dans la perspective plus globale de ce Chapitre sur l'apport des techniques d'analyse du risque aux nouvelles formes réglementaires. De plus, cette section n'a pas la prétention d'être un état de l'art de l'analyse du risque, de ses techniques et de ses paradigmes. Notre objectif est de dresser un état des lieux dans une optique industrielle. Conformément à cette ligne de conduite, nous n'introduirons pas de nouvelle classification des techniques ni ne présenterons chaque technique une à une. L'analyse critique se fera au travers de quelques classifications existantes. Ensuite, afin de renforcer notre optique industrielle, il a été nécessaire de dresser un bilan de l'utilisation des techniques par les industries ainsi que de définir des critères de sélection, ou plutôt des aspects influençant le choix d'une technique. Il s'agit bien ici de comprendre quelles techniques sont mobilisables dans notre contexte réglementaire de sécurité maritime.

III.1. Etat de l'art

De nombreux auteurs se sont intéressés à la description des techniques d'analyse du risque (Ces techniques sont notamment développées dans l'ouvrage de Villemeur [Villemeur, 1988] ; Tixier recense une soixantaine de techniques [Tixier, 2002]). D'autres auteurs ont, quant à eux, classifiés ces techniques dans un but d'analyse critique ou de sélection.

Une première classification repose sur la logique d'analyse, deux types de démarche peuvent être distinguées: la démarche inductive et la démarche déductive. La démarche inductive repose sur un processus de raisonnement du plus particulier au plus général. La démarche déductive repose sur un processus de raisonnement du plus général au plus particulier : supposant que le système est défaillant, les causes sont recherchées. Il est aussi possible de distinguer les approches qui portent sur l'évaluation d'une défaillance, d'une cause ou d'un effet, aux approches portant sur l'évaluation d'événements indésirables combinés. Une autre approche distingue les approches qualitatives des approches quantitatives. Les approches qualitatives ont pour principal objectif une revue des modes

de défaillance d'un système. Les approches quantitatives ont pour objectif de caractériser le niveau de risque à l'aide de données accidentelles, de données de fiabilité, de jugements d'experts, de diverses techniques de modélisation de la phénoménologie, etc. A mi-chemin entre les approches qualitatives et quantitatives, les approches semi-quantitatives reposent essentiellement sur le jugement d'expert et la caractérisation du niveau de risques à l'aide de classes ou d'indices (les matrices de risques par exemple). Il est possible de faire une distinction entre les approches déterministes (qui s'intéressent aux conséquences d'un événement indésirable) et les approches probabilistes (selon les auteurs : (i) qui évaluent la probabilité d'un événement indésirable, ou (ii) qui évaluent à la fois les probabilités et les conséquences d'événements indésirables). Ces deux approches sont dites analytiques par opposition aux approches systémiques (qui reposent sur des concepts de système-source, de flux, de rétroaction, etc.). Au final, il apparaît qu'une technique peut-être classée dans diverses catégories, et que les méthodes d'analyse du risque utilisent généralement une combinaison de différentes techniques. A titre d'illustration, voici quelques exemples de classification.

- Techniques qualitatives, semi quantitatives, quantitatives, et facteur humain [UK HSE, 2002] ;
- Approches par défaillances simples, approches par défaillances combinées, et approches par indices [Chantelauve, 2000];
- Approches qualitatives, quantitatives, déterministes, probabilistes. A partir des critères déterministe et probabiliste, trois classes sont proposées : uniquement déterministe, uniquement probabiliste, ou combinée. Ceci permet d'avoir au final six classes en combinant ces trois dernières classes aux critères qualitatifs et quantitatifs [Tixier, 2002] ;
- Les approches inductives, les approches déductives, les approches qualitatives, les approches quantitatives, les approches probabilistes, les approches systémiques [Rigaud, 2004];
- Lassagne [Lassagne, 2004], quant à lui s'intéresse tout d'abord aux techniques de l'ingénieur, à la prise en compte du facteur humain et enfin à la dimension organisationnelle du management des risques dans l'industrie.

Cette dernière réflexion, plus critique quant aux techniques d'analyse du risque, nous permet d'introduire ici un modèle d'évolution des techniques d'analyse de la fiabilité humaine, qui est finalement aussi représentatif de l'évolution des techniques d'analyse du risque [Bieder, 2002].

- 1^{ère} génération : Management de l'erreur. Le principe repose sur la recherche des causes spécifiques reconnaissables et des liens cause-effet bien définis. L'objectif du management de la sécurité est l'élimination ou confinement des causes identifiées. Les modèles sont séquentiels : chaîne linéaire d'événements, arbre, réseaux ;
- 2^{ème} génération : Management de la déviation de performance. Le principe repose sur la recherche des "porteurs" et des conditions latentes. L'objectif du management de la sécurité est de renforcer les barrières de défense. Les modèles sont organisationnels : conditions latentes, porteurs-barrières, systèmes pathologiques ;
- 3^{ème} génération : Management de la variabilité de la performance. Le principe repose sur la recherche des dépendances inhabituelles, et des "conditions communes" (modes communs). L'objectif du management de la sécurité est la surveillance et le contrôle des conséquences de la

variabilité de la performance. Les modèles sont systémiques : théorie du contrôle, coïncidence, mouvement brownien.

Malgré le foisonnement des techniques, et au regard de ces 3 générations, un premier constat s'impose. Tout d'abord, d'un point de vue quantitatif, les techniques de l'ingénieur (modèle séquentiel) forment en ensemble important. De plus, la composante « facteur humain » est généralement la 5^{ème} roue du carrosse de ces techniques de l'ingénieur. Des modèles organisationnels sont développés par la recherche universitaire. Quant aux modèles systémiques, malgré l'intérêt que porte ce mode de pensée, et le caractère systémique attribué à certaines approches par leurs créateurs, il semble que leur développement soit, à l'heure actuelle, encore très limité. Après ce bref tour d'horizon, il est temps d'évaluer la pénétration de ces techniques dans le monde industriel. Nous n'en tirerons pas un jugement sur la qualité des techniques, mais un constat sur la maturité de l'industrie vis-à-vis de techniques d'analyse du risque.

III.2. De l'application des techniques d'analyse du risque

Cette section recense l'application des techniques d'analyse du risque par l'industrie et propose des facteurs influençant le choix de techniques.

III.2.1. Par secteur industriel

➤ Matières dangereuses

Tixier [Tixier, 2002] recense l'utilisation des techniques suivantes dans le domaine des matières dangereuses (site industriel, transport et facteur humain). Le lecteur peut se reporter au mémoire de thèse de Tixier pour avoir une description des diverses techniques et méthodes.

		Méthodes
<i>Site industriel</i>	Accident Hazard Analysis	Method Organised Systematic Analysis of Risk MOSAR
	Accident sequence precursor	Domino effect analysis
	SEVESO II Directive	Potential risk determination and evaluation
	AVRIM2	Mond Fire Explosion & Toxicity Index
	Checklist	Optimal Hazard and Operability
	Chemical Runaway Reaction Hazard Index	Optimal Risk Assessment
	Concept Hazard Analysis	Plant Level Safety Analysis
	Concept Safety Review	Potential Domino Effect Identification
	Defi Method	Preliminary Risk Analysis
	Delphi technique	Probabilistic Safety Analysis
	Dow's chemical exposure index	Profile Deviation Analysis
	Dow's Fire & Explosion Index	Quantitative Risk Assessment
	Earthquake safety of structures and installations in chemical industries	Rapid Ranking
	Event Tree Analysis	Rapid Risk Analysis Based Design
	Facility Risk Review	Reliability Block Diagram
Failure Mode & Effect Analysis	Risk Level Indicator	
Failure Mode & Effect & Criticality Analysis	SAATY Methodology	

		Méthodes	
	Fault Tree Analysis	Safety Analysis	
	Fire & Explosion Damage Index	Safety Culture Hazard & Operability	
	Goal Oriented Failure Analysis	Safety related questions for computer controlled plants	
	Hazard & Operability	Seqhaz Hazard Mapping	
	Hazard Identification and Ranking	Short Cut Risk Assessment	
	IDEF3	Sneak Analysis	
	Instantaneous fractional loss index	Structural Reliability Analysis	
	Insurers involvement in risk reduction process	Toxic Damage Index	
	International Study Group on Risk Analysis	What-if Analysis	
	Maintenance Analysis	World Health Organisation	
	Maximum Credible Accident Analysis		
	<i>Transport</i>	Checklist	Hazard & Operability
Event Tree Analysis		IPORBM	
Failure Mode & Effect Analysis		Quantitative Risk Assessment	
Fault Tree Analysis		What-if Analysis.	
<i>Humain</i>	Action Error Analysis	Safety Culture Hazard and Operability	
	Human Hazard & Operability	Task Analysis	
	Manager	Work Process Analysis Model	
	Process Risk Management Audit		

Tableau 3-6 : Technique d'analyse du risque : secteur des matières dangereuses [Tixier, 2002]

➤ Secteurs industriels

Le Projet de Recherche Européen SAFETY FIRST [Chantelauve, 2000] présente un état de l'art des applications de techniques d'analyse de risques en fonction du secteur industriel.

DESCRIPTION	FIELDS OF PRESENT APPLICABILITY						
	Offshore	Aviation	Railway	Chemical	Buildings	Nuclear	Maritime
Single Failure Techniques							
Zone Analysis	X	X		X	X	X	X
Functional Analysis	X	X	X			X	
System Analysis	X	X	X				
Safety Review				X			
Checklist Analysis	X	X		X		X	
Preliminary Hazard Analysis	X	X	X	X		X	X
Hazard and operability study	X			X	X		
Failure Mode, Effects and Criticality Analysis	X	X	X	X	X	X	X
What-If Analysis)	X	X		X	X	X	
What-If/Checklist Analysis		X		X		X	
Fire Event Tab	X						

DESCRIPTION	FIELDS OF PRESENT APPLICABILITY						
	Offshore	Aviation	Railway	Chemical	Buildings	Nuclear	Maritime
Multiple Failure Techniques							
Fault Tree Analysis	X	X	X	X	X	X	X
Event Tree Analysis	X	X	X	X	X	X	X
Cause-Consequence Analysis	X	X	X	X		X	
Common Mode Failure Analysis	X	X	X	X		X	
Decision Trees – Influence Diagrams – Belief Networks	X	X				X	
Petri Nets	X	X	X			X	

Tableau 3-7 : Technique d’analyse du risque : secteurs industriels [Chantelaue, 2000]

➤ Industries européennes

Le Réseau Thématique Européen SAFERLNET [Medonos, 2003] a identifié l’application des techniques d’analyse quantitative des risques (*Quantitative Risk Assessment – QRA*) dans diverses industries européennes.

	Oil & gas offshore	Oil & gas onshore	Chemical	Power (conventional)	Power (nuclear)	Marine transport	On-land transport	Construction
<i>Event Tree</i>	X	X	X		X	X	X	
<i>Cause – Consequence Risk Matrix</i>	X							
<i>Fault Tree</i>	X	X	X		X	X		
<i>FMEA</i>	X	X	X					

Tableau 3-8 : Technique d’analyse du risque : secteurs industriels européens [Medonos, 2003]

Ces trois états de l’art de l’application des techniques de l’analyse du risque confortent les premières conclusions présentées précédemment : les techniques d’analyse de risques exploitées par l’industrie sont, certainement à de rares exceptions, des techniques de l’ingénieur. Les approches organisationnelles ou systémiques restent encore confidentielles. Dans le contexte de ce travail, nous allons nous concentrer sur ces techniques de l’ingénieur, et nous intéresser ci-après aux facteurs pouvant influencer le choix d’une technique particulière.

III.3. Des facteurs influençant le choix

Le choix de la technique d'analyse de risques relève bien souvent plus d'un art que d'une science. Tout d'abord, chaque technique a son domaine d'application et ses limites intrinsèques. Tixier [Tixier, 2002] propose un tableau permettant d'identifier un type de techniques (un type de technique étant défini par deux axes : axe *qualitatif / quantitatif*, et axe *déterministe / probabiliste / combiné*) en fonction des résultats attendus ou des données d'entrée disponibles ; une soixantaine de techniques est répertoriée. Cependant, en plus des points forts et faibles de chaque technique, les aspects culturels et contextuels ont sans aucun doute un poids majeur dans la décision. Il n'est plus alors envisageable de créer un organigramme permettant d'aboutir à une sélection. Néanmoins, certains facteurs peuvent être pris en compte afin de prendre une décision. Le HSE [UK HSE, 2002] propose trois facteurs principaux : *l'étape du cycle de vie* (l'étape en cours implique une flexibilité et des possibilités de changement plus ou moins important, une connaissance du système et des informations plus ou moins précises, la disponibilité de données d'expérience), *le potentiel de danger majeur*, et *le contexte décisionnel* (nouveau système, incertitude, intérêt sociétal, etc.). Le Projet de Recherche Européen Safety First [Chantelauve, 2000] propose finalement six aspects: *la motivation de l'étude*, *le type de résultats attendus*, *le type d'information disponible*, *les caractéristiques du problème*, *les risques perçus et l'expérience*, et *la disponibilité des ressources*. Le processus est illustré dans la figure suivante.

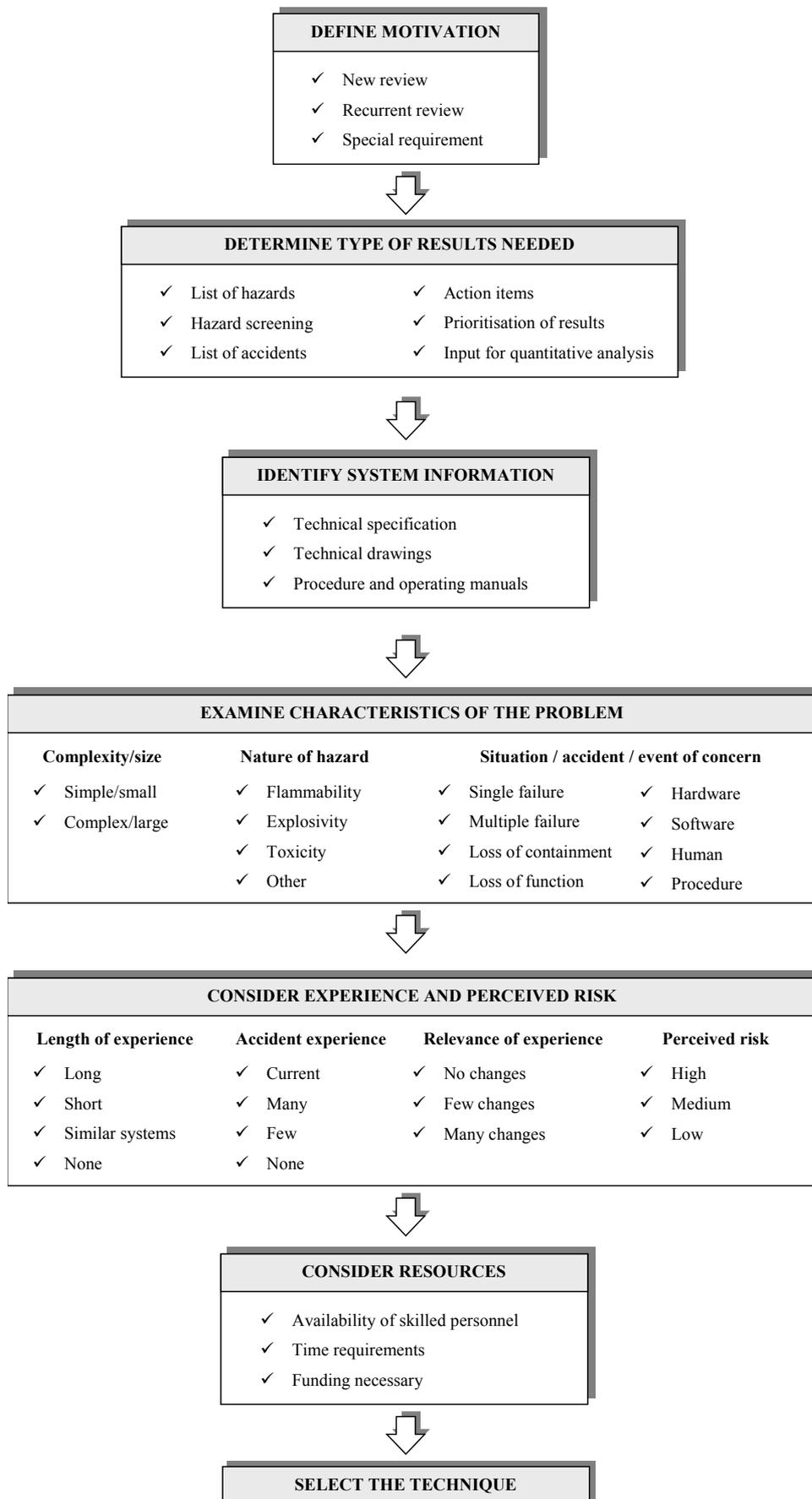


Figure 3-6 : Aspects influençant le choix de techniques d'analyse du risque

IV. CONCLUSIONS

Ce Chapitre s'est intéressé à l'apport des sciences du risque à la réglementation de la sécurité. Des approches réglementaires alternatives à l'approche maritime traditionnelle – exigences prescriptives développées à partir des techniques de l'ingénieur et de l'expérience opérationnelle – ont tout d'abord été présentées. Devant le foisonnement des approches développées, en raison de contextes socio-économiques particuliers à chaque secteur industriel, il nous est apparu nécessaire de développer un cadre conceptuel. Les codes par performance ont tout d'abord été explorés et mise en perspective à l'approche prescriptive. Le changement de point de vue d'une approche prescriptive à une approche par performance est souligné : pour la première, l'exigence de moyens impose une démarche microscopique, analytique de la sécurité ; pour la seconde l'exigence de performance impose une démarche que l'on pourrait qualifier de globale ou macroscopique. Les bénéfices ou inconvénients de chacune des approches, ainsi que des conditions contextuelles, permettent d'appréhender le développement potentiel de telle ou telle approche. Que cette performance soit environnementale, de danger, de risques ou encore par objectifs ou par processus, l'importance de la maîtrise et de l'analyse du risque est mise en avant. Afin de compléter la vision de la configuration réglementaire, la dimension de l'élaboration de la réglementation fait aussi apparaître l'importance que peut avoir l'analyse du risque pour le développement de la réglementation.

Ce Chapitre a discuté des approches alternatives à un régime réglementaire traditionnel. Il est important de souligner que dans la plupart des cas, et notamment pour le secteur maritime, les solutions prescriptives continuent de jouer un rôle important. L'objet n'est pas ici de remettre en cause ou de fustiger le cadre réglementaire traditionnel de la sécurité maritime, et ce, sans être exhaustif, pour plusieurs raisons :

- Malgré les critiques et dysfonctionnements apparents, cette réglementation existante est une source de connaissances capitale
- Le développement d'une telle réglementation dans le contexte historique et international de la sécurité maritime était une étape nécessaire de consolidation
- L'étude porte sur une identification de possibilités à partir de certains dysfonctionnements, de besoins et d'évolutions récentes, sans prendre en compte l'ensemble du contexte. On peut citer, par exemple, la problématique détaillée des questions économiques ou des questions de contrôle de l'application des normes.
- Une révolution réglementaire n'est pas perceptible dans le contexte actuel, un apprentissage/évolution – en cours – est plus souhaitable

Néanmoins, trois courants principaux se dessinent quant à l'utilisation réglementaire potentielle de l'évaluation du risque :

- Tout d'abord, dans le processus d'élaboration de la réglementation qui peut aboutir à des exigences prescriptives ou de performance

- Ensuite, afin d'évaluer la performance de systèmes non prescriptifs soit par rapport à des critères définis soit de manière comparative
- Et enfin, comme outils de vérification, d'information, en plus du cadre traditionnel

Ceci nous conduit naturellement à aborder la question de la gestion des risques. Une brève revue de l'état de l'art des « sciences du risque » et de l'appropriation de ces outils par les industries montre qu'il existe un fossé entre les techniques dites de l'ingénieur, qui introduisent à la périphérie le facteur humain, utilisées par le monde industriel, et des approches plus ambitieuses (organisationnelles, globales ou encore systémiques) développées par la communauté scientifique. La Partie 3 présentera deux initiatives en vigueur et deux cas d'étude, qui permettent en particulier de légitimer ces initiatives par le besoin et l'application. Une méthodologie d'analyse du risque est présentée pour chaque cas. Ces méthodologies reposent sur les techniques dites de l'ingénieur. Ce choix est notamment justifié par le constat précédent et le contexte industriel de ce travail (De plus, ces initiatives incitent à l'utilisation de ces techniques ; et notre but est non pas de proposer des avancées méthodologiques majeures à ces initiatives internationales nouvelles, mais de vérifier leur applicabilité et de favoriser un apprentissage interne à Bureau Veritas.) Mais, avant de présenter ces initiatives et leurs applications, une revue d'initiatives réglementaires « modernes » (non traditionnelles, récemment entrées en vigueur ou en cours de discussions) est présentée dans le Chapitre suivant.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 3

- [Aven, 2003] **Aven & Al.** *Risk assessment for offshore installations in operational phase.* **In** ESREL. Proceedings of the 14th European Conference on Safety and Reliability ESREL 2003, June 15-18, 2003, Maastricht, The Netherlands.
- [Beller, 2001] **BELLER, D., FOLIENSTE, G., and MEACHAM, B.** *Qualitative versus quantitative Aspects of Performance-based Regulations.* **In** Proceedings of CIB World Congress, 2001, New Zealand.
- [Bergeron, 2004] **BERGERON Denis, HAYSOM John C., DESSERUD Richard J.** *Canada's objective-based codes.* **In**: SFPE. Proceedings of 5th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, October 2004, Luxembourg.
- [Bieder, 2002] **BIEDER, C.** *Evolution des méthodes d'analyse de la fiabilité humaine.* **In** GEM Risques, St Etienne, France, 2002.
- [Boisson, 1998] **BOISSON Philippe.** *Politiques et droit de la sécurité maritime.* Paris: Bureau Veritas, 1998.
- [Bramwell, 2004] **BRAMWELL Jack.** *Performance-based building: Introduction and overview.* PeBBu Thematic Network, 2004.
- [CA-FSEA, 1999] **CA-FSEA.** *Deliverable D1 - Review of Current Methodologies in Formal Safety and Environmental Assessment.* European Concerted Action on Formal Safety and Environmental Assessment, 1999.
- [Chantelauve, 2000] **CHANTELAUVE Guillaume & Al.** *Deliverable 2.1 Probabilistic methods for fire risk analysis in passenger ships.* SAFETY FIRST European Research Project, 2000.
- [Chantelauve, 2004a] **CHANTELAUVE Guillaume, LONDICHE Henry.** *The maritime experience from prescriptive towards goal-based regulatory framework.* **In**: Society for Risk Analysis Europe. Proceedings of the 13th SRA Europe Annual Meeting 2004: Emergent Risks and Global Risk Management in Europe, 15th – 17th November 2004, Paris, France.

- [Chantelauve, 2004b] **CHANTELAUVE Guillaume.** *Generic Ship, Specific Ship? Towards Risk-based Approaches to Maritime Regulation.* **In:** ESREL04 PSAM7. Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability ESREL 2004 & Probabilistic Safety Assessment and Management 7, June 14-18, 2004, Berlin, Allemagne.
- [Hadjisophocleous, 1999] **HADJISOPHOCLEOUS G., BENICHOU, N.** *Performance criteria used in fire safety design.* **In** Automation in Construction 8. 1999.
- [Hattis, 1999] **HATTIS David B. Hattis, BECKET Rachel.** *Comparison of the systems approach and the Nordic model and their melded application in the development of performance based building codes and standards.* PeBBu Thematic Network, 1999.
- [IACS, 2000] **IACS.** *Summary Paper based on discussion within AHG/FSA on the terms Prescriptive Rules and Performance-Based Rules.* Prepared by IACS AHG FSA, 2000
- [IRCC, 1998] **IRCC.** *Guidelines for the introduction of performance-based building regulations (discussion paper).* Australia: The Inter-jurisdictional Regulatory Collaboration Committee, 1998.
- [Lagadec, 1981] **LAGADEC Patrick.** *Le risque technologique majeur.* Paris : Pergamon Press, 1981.
- [Lassagne, 2001] **Lassagne, Marc & Al.** *Prescriptive and Risk-Based Approaches to Regulation: The Case of FPSOs in Deepwater Gulf of Mexico.* **In** Offshore Technology Conference proceedings, 2001, Houston, Texas.
- [Lassagne, 2004] **LASSAGNE, M.** *Management des risques, stratégies d'entreprise et réglementation : le cas de l'industrie maritime.* Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2004.
- [Medonos, 2003] **MEDONOS, S.** *Application of Quantitative Risk Assessment in various industrial sectors.* **In** ESREL. Proceedings of the 14th European Conference on Safety and Reliability ESREL 2003, June 15-18, 2003, Maastricht, The Netherlands.
- [Nelson, 1997] **NELSON H.E.** *Performance based fire safety.* NISTIR 6030 - thirteenth meeting of the UJNR, panel on fire research and safety, Maryland, March 13-20 1996 Volume 1. 1997.

- [NKB, 1978] **The Nordic Committee on Building Regulations. Report No. 34: Structure for building regulations.** Stockholm: the Nordic Committee on Building Regulations, November 1978.
- [NORSOK, 2001] **NORSOK. Risk and emergency preparedness analysis.** NORSOK STANDARD Z-013 Rev. 2, 2001.
- [NPD, 2001a] **Norwegian Petroleum Directorate. Regulations relating to health, environment and Safety in the petroleum activities (the framework regulations).** Norway: Norwegian Petroleum Directorate, laid down by Royal Decree 31 August 2001.
- [NPD, 2001b] **Norwegian Petroleum Directorate. Regulations relating to management in the petroleum activities (the management regulations).** Norway: Norwegian Petroleum Directorate, 3 September 2001.
- [OMI, 1997] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee. Interim guidelines for the application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO rule making process.** MSC/Circ.829 - MEPC/Circ.335. Londres: OMI, 1997.
- [OMI, 2000] **OMI – Maritime Safety Committee. Provisional agenda for the seventy-second session of the Maritime Safety Committee.** MSC72/1. Londres: OMI, 2000.
- [OMI, 2001] **OMI – Maritime Safety Committee. Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety.** MSC/Circ.1002. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2002] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee. Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the imo rule-making process.** MSC/Circ.1023 - MEPC/Circ.392. Londres: OMI, 2002.
- [OMI, 2004] **OMI – Maritime Safety Committee. Provisional agenda for the seventy-eighth session of the Maritime Safety Committee.** MSC78/1. Londres: OMI, 2004.
- [Rigaud, 2004] **RIGAUD Eric &Al. Apport de la théorie des organisations et de la pensée complexe pour la conception d'une méthode d'analyse des risques. In Lambda Mu. Proceedings of Lambda Mu 14, 12-14 octobre 2004, Bourges, France.**

- [Thadani, 2004] **THADANI Ashik.** *Risk-Informed Regulation - Move Toward Realism.* **In:** ESREL PSAM. Proceedings of the 15th European Conference on Safety and Reliability ESREL 2004 and 7th Conference of Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM 7, June 14-18, 2004, Berlin, Germany.
- [Tixier, 2002] **TIXIER, J.** *Méthodologie d'évaluation du niveau de risque d'un site industriel de type Seveso, basée sur la gravité des accidents majeurs et la vulnérabilité de l'environnement.* Thèse de doctorat. Ecole des Mines d'Alès, 2002.
- [TNO, 2004] **TNO.** *Comparison of risk analyses methods and development of a template for risk characterisation.* R 2004/599. TNO, 2004.
- [UK DE, 1990] **UK Department of Energy.** *The Public Enquiry into the Piper Alpha Disaster (Cullen Report).* Londres: UK Department of Energy, 1990.
- [UK HSE, 1992] **UK Health and Safety Executive.** *The Offshore Installations (Safety Case) Regulations 1992.* Statutory Instrument 1992 No. 2885. London: UK Health and Safety Executive, 1998.
- [UK HSE, 1998] **UK Health and Safety Executive.** *A Guide to the Offshore Installations (Safety Case) Regulations 1992.* London: UK Health and Safety Executive, 1998.
- [UK HSE, 2001] **UK Health and Safety Executive.** *Reducing risks, protecting people.* London: UK Health and Safety Executive, 2001.
- [UK HSE, 2002] **UK Health and Safety Executive.** *Marine risk assessment* Offshore technology report 2001/063 Prepared by Det Norske Veritas for the Health and Safety Executive. London: UK Health and Safety Executive, 2002.
- [UK HSE, 2003] **UK Health and Safety Executive & Health and Safety Commission.** *Policy Statement - Our approach to permissioning regimes.* London: UK Health and Safety Executive & Health and Safety Commission, 2003.
- [UKOOA, 1999] **UK Offshore Operators Association.** *A Framework for Risk Related Decision Support.* London: UK Offshore Operators Association, 1999.

- [US NRC, 1995] **US National Regulatory Commission.** *Use of Probabilistic Methods in Nuclear Regulatory Activities; Final Policy Statement.* United States: US National Regulatory Commission, 1995.
- [US NRC, 2002] **US National Regulatory Commission.** *Regulatory Guide, An Approach for using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions On Plant-Specific Changes to the Licensing Basis.* United States : US National Regulatory Commission, 2002.
- [Villemeur, 1988] **VILLEMEUR, A.** *Sureté de fonctionnement des systèmes industriels.* Paris : Eyrolles, 1988.

Chapitre 4: LES INITIATIVES MARITIMES

Le premier Chapitre de cette Partie 3 s'est intéressé aux apports théoriques concernant les nouvelles approches réglementaires (par opposition aux approches déterministes et prescriptives). L'examen des initiatives dans divers secteurs industriels nous a conduits à préciser les contours de ce concept. Il importait d'aborder les éléments importants du cadre général de ces nouvelles approches, pour lesquelles l'évaluation du risque peut apporter une contribution majeure. Dans ce Chapitre, les approches réglementaires de construction - qui entrent dans le cadre des « nouvelles approches » - adoptées, ou en cours d'élaboration, de la sécurité maritime sont recensées et présentées. Au total cet état des lieux permet de balayer notre champ d'analyse afin de comprendre les enjeux de l'évolution de la réglementation de la sécurité maritime.

I. PRESCRIPTION ET DETERMINISME

La réglementation de la sécurité maritime est souvent décrite comme étant déterministe et prescriptive, cela représente un régime dit commande et contrôle. Cependant, ce n'est pas totalement exact. Trois exemples sont proposés ci-après. Tout d'abord, la réglementation permet dans une certaine mesure des déviations basées sur le principe d'équivalence. Ensuite, le cas de performance par élément est évoqué pour les sprinklers. Et enfin, des règles probabilistes existent, notamment dans le cadre de la stabilité après avarie.

I.1. Clause d'équivalence

Les Conventions SOLAS et MARPOL et les règles de classification permettent des déviations basées sur le principe d'équivalence.

Ainsi, ce concept est intégré dans la Convention SOLAS: Chapter I “General provisions”, Part A: “Application, definitions, etc”, Regulation 5: “Equivalents”: *“Where the present regulations require that a particular fitting, material, appliance or apparatus, or type thereof, shall be fitted or carried in a ship, or that any particular provision shall be made, the Administration may allow any other fitting, material, appliance or apparatus, or type thereof, to be fitted or carried, or any other provision to be made in that ship, if it is satisfied by trial thereof or otherwise that such fitting, material, appliance or apparatus, or type thereof, or provision, is at least as effective as that required by the present regulations.”*

L’introduction de nouveaux concepts est possible au titre de la clause d’exemption dans la Convention SOLAS: Chapter I: “General provisions”, Part A: “Application, definitions, etc”, Regulation 4: “Exemptions”: *“(b) The Administration may exempt any ship which embodies features of a novel kind from any of the provisions of chapters II-1, II-2, III and IV of these regulations the application of which might seriously impede research into the development of such features and their incorporation in ships engaged on international voyages. Any such ship shall, however, comply with safety requirements which, in the opinion of that Administration, are adequate for the service for which it is intended and are such as to ensure the overall safety of the ship and which are acceptable to the Governments of the States to be visited by the ship.”*

Ceci est réaffirmé pour les nouveaux concepts d’engins de sauvetage toujours dans le cadre de la Convention SOLAS: Chapter III: “Life-saving appliance and arrangements”, Part A “General”, Regulation 4 “Evaluation, testing and approval of life-saving appliances and arrangements”: *“3 Before giving approval to novel life-saving appliances or arrangements, the Administration shall ensure that such appliances or arrangements: .1 provide safety standards at least equivalent to the requirements of this chapter and the Code and have been evaluated and tested in accordance with the recommendations of the Organization ; or .2 have successfully undergone, to the satisfaction of the Administration, evaluation and tests which are substantially equivalent to those recommendations.”*

Les règles de classification incorporent aussi une clause d’équivalence, comme par exemple dans le règlement de Bureau Veritas: BV Rules for Classification of Steel Ships - May 2003 edition, Part A “Classification and surveys”, Chapter I “Principles of classification and class notations”, Section 1 “General Principles of Classification”, 2 “Rules”: *“The Society may consider the acceptance of alternatives to these Rules, provided that they are deemed to be equivalent to the Rules to the satisfaction to the Society.”*

I.2. Performance par élément: cas des sprinklers

Pour une exigence de performance par élément, l’exigence performancielle d’un sous-système ou d’un élément est formulée. Il n’est pas permis d’ajuster le niveau de performance d’un sous-système ou d’un élément en considérant la performance d’un autre.

Le Chapitre 8 du Code FSS (*Fire Safety Systems*) porte sur les sprinklers, la détection et les systèmes d'alarme incendie. Un premier niveau de performance est introduit dans la Règle 2.5.2 de ce Chapitre: "*Sprinklers shall be placed in an overhead position and spaced in a suitable pattern to maintain an average application rate of not less than 5 l/m²/min over the nominal area covered by the sprinklers*". Par ailleurs, des systèmes de sprinklers équivalents à ceux spécifiés dans ce Chapitre 8 sont autorisés par la Règle 2.1.2: "*Automatic sprinkler systems equivalent to those specified in paragraphs [of this Chapter] shall be approved by the Administration based on the guidelines developed by the Organization. This refers to the Revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS regulation II-2/12 as adopted by the Organization by resolution A.800(19)*". En particulier, l'appendice 2 de ces Directives mentionnées [OMI, 1995] propose des essais au feu pour évaluer l'efficacité de ces sprinklers équivalents pour les locaux d'habitation, les espaces publics et les espaces de service des navires à passagers. Cet appendice spécifie des critères d'acceptabilité et des sources incendie suivant l'espace concerné.

I.3. Approche probabiliste: stabilité après avarie

Le compartimentage et la stabilité sont traités dans le Chapitre II-1 "Construction - Structure, subdivision and stability, machinery and electrical installations" de la Convention SOLAS. Le compartimentage des navires en compartiments étanches à l'eau doit être tel qu'après une avarie hypothétique de la coque, le navire reste à flot dans une position stable. Deux types d'approches existent pour cette problématique : l'approche déterministe et l'approche probabiliste.

L'objet de la méthode déterministe est de faire en sorte que les navires puissent survivre sans chavirer à l'envahissement d'un nombre fixé de compartiments principaux après avarie. Une approche plus récente repose sur le concept de survie dit "probabiliste". L'élaboration repose sur une étude de données sur les abordages qui permet d'établir la probabilité d'avarie à n'importe quel endroit du navire. Cette étude fait apparaître un schéma des avaries pouvant être utilisé pour améliorer la conception des navires (par exemple, la partie avant des navires subit les avaries les plus importantes). Ceci permet d'évaluer une probabilité de survie : il n'est pas nécessaire que le navire reste à flot dans tous les cas, dès que la probabilité de survie calculée est acceptable. Ce concept probabiliste, qui repose sur des faits statistiques se rapportant aux circonstances des abordages, permet d'obtenir une image beaucoup plus réaliste que l'ancienne méthode "déterministe" dont les principes relatifs au compartimentage sont théoriques plutôt que pratiques dans leur conception.

II. PETROLIER DOUBLE COQUE ET NORME DE CONCEPTION EQUIVALENTE

II.1. Contexte

L'adoption de l'OPA de 1990, que nous avons évoquée précédemment, a poussé l'OMI à agir en vue de durcir les normes de construction définies par la Convention MARPOL 1973-1978. En 1992 a ainsi été adoptée la Règle 13F instaurant de nouvelles spécifications techniques en matière de double coque. La réglementation internationale est toutefois plus ouverte que la réglementation américaine édictée à la suite de l'OPA. En effet, la règle internationale admet d'autres méthodes de conception et de construction des pétroliers.

II.2. Normes de conception équivalente de la règle 13F de l'Annexe I de MARPOL 73/78

La Règle 13F de l'Annexe I de MARPOL 73/78 énonce les normes de construction applicables aux pétroliers neufs d'un port en lourd égal ou supérieur à 600 tonnes dont le contrat de construction est passé le 6 juillet 1993 ou après cette date. Le paragraphe 3) de cette Règle exige que les pétroliers d'un port en lourd égal ou supérieur à 5 000 tonnes soient équipés de doubles coques. Le paragraphe 5) de la Règle 13F indique que d'autres conceptions peuvent être acceptées comme solutions alternatives à la double coque, à condition, d'une part, qu'elles assurent le même degré de protection contre la pollution en cas d'abordage et d'échouement et, d'autre part, qu'elles soient approuvées par le Comité de la protection du milieu marin de l'OMI à partir des Directives développées par l'OMI.

II.3. Directives intérimaires révisées pour l'approbation d'autres méthodes de conception et de construction des pétroliers en vertu de la règle 13f 5) de l'Annexe I de MARPOL 73/78

Les Directives intérimaires révisées [OMI, 2003a] ont pour objet de fournir une norme internationale pour l'évaluation et l'approbation des autres méthodes de conception et de construction des pétroliers qui sont envisagées à la règle 13F 5) de l'Annexe I de MARPOL 73/78. Les Directives reposent sur la comparaison entre l'aptitude à prévenir les fuites d'hydrocarbures, en cas d'abordage ou d'échouement, d'une conception de pétrolier alternative et l'aptitude correspondante de conceptions à double coque de référence qui satisfont à la règle 13F 3), sur la base d'un indice calculé de prévention de la pollution.

L'aptitude d'une conception de pétrolier à prévenir la pollution par les hydrocarbures s'exprime par un indice de prévention de la pollution des hydrocarbures adimensionnel, lequel est fonction de trois paramètres de fuites d'hydrocarbures : "probabilité de fuite nulle", "fuite moyenne" et "fuite extrême". Ces paramètres de fuites d'hydrocarbures sont calculés pour tous les cas d'avarie possibles d'une part, pour les abordages et, d'autre part, pour les échouements, puis combinés. Les avaries hypothétiques retenues pour l'analyse probabiliste des fuites d'hydrocarbures sont exprimées sous la forme de fonctions de distribution stochastique de la densité des avaries. Cette méthode probabiliste pour calculer les fuites d'hydrocarbures se fonde sur les statistiques d'accidents disponibles.

II.4. Applications

Les constructeurs européens et japonais ont développé deux types de pétroliers à pont intermédiaire. Baptisé E3 (pour : écologique, économique et européen), le système élaboré par les chantiers navals européens présente des caractéristiques de sécurité qui seraient supérieures aux normes couramment admises aux Etats-Unis avec un pont intermédiaire à 6 mètres au-dessus de la quille : ainsi, la hauteur de pétrole dans la cale est, en quelque sorte, double puisqu'elle se répartit au-dessus du pont intermédiaire et au-dessous. Le système japonais procède globalement du même principe, la principale différence résidant dans le niveau de son pont intermédiaire, plus élevé car placé à mi-hauteur. Jusqu'à présent, ces normes alternatives n'ont connu qu'un succès d'estime: un seul pétrolier de type E3 a été construit. Plusieurs raisons sont à l'origine de cette situation, parmi lesquelles figure le surcoût non négligeable de ce type de navire. Plus que le prix de construction, c'est toutefois l'impossibilité d'opérer avec ce type de navire sur le marché américain qui est pénalisante, puisque seule la double coque a été acceptée dans les réglementations élaborées par les *Coast Guards*.

III. METHODE D'ANALYSE DES TYPES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS – ENGIN A GRANDE VITESSE

III.1. Contexte

Dans le cas des navires « traditionnels », il a été possible, au fil des ans, de définir de manière assez détaillée certains aspects de leur conception ou de leur construction en fonction du degré de risque qui, au fil des années, avait été accepté empiriquement sans avoir à être défini. Lorsque des engins à grande vitesse ont commencé à être conçus, il n'existait pas une telle expérience. Le Code HSC (*High Speed Craft*) a été élaboré en raison de la mise au point d'engins à grande vitesse de grandes dimensions et de types de plus en plus divers. Il propose notamment de procéder à une « Analyse des types de défaillance et de leurs effets » pour évaluer la sécurité de l'exploitation des engins à grande vitesse.

III.2. Analyse des types de défaillance et de leurs effets

L'expression « Analyse des types de défaillance et de leurs effets » désigne une étude des systèmes et de l'armement de l'engin, effectuée conformément à l'Annexe 4 du Code HSC, afin de déterminer si une panne ou une fausse manœuvre de caractère raisonnablement probable peut avoir des conséquences dangereuses ou catastrophiques. L'analyse qui doit être effectuée pour chaque engin à grande vitesse avant sa mise en service porte sur les systèmes suivants :

- Systèmes de conduite
- Machines et commandes
- Systèmes électriques
- Systèmes de stabilisation

L'Annexe 4 présente la démarche pour mener à bien cette analyse :

- Définition du système
- Analyse fonctionnelle
- Identification des types de défaillances
- Identification de leurs causes
- Identification de leurs effets
- Identification des méthodes de détection des défaillances
- Identification des mesures correctives

Les effets sont évalués et classés en fonction de leur gravité dans les catégories suivantes :

- Effets catastrophiques
- Effets dangereux
- Effets majeurs
- Effets mineurs

Les définitions exactes figurent dans le Code HSC. Si l'effet final est classé dans la catégorie des effets dangereux ou catastrophiques, du matériel de réserve est normalement requis pour prévenir ou réduire au minimum un tel effet. Pour des effets de défaillance dangereux, le recours à des procédures d'exploitation correctives peut être accepté.

Si aucune mesure corrective ou redondance n'est prévue, la probabilité que cette défaillance survienne doit satisfaire aux critères d'acceptation suivants :

- Un type de défaillance qui a un effet catastrophique devrait être évalué comme extrêmement improbable

- Un type de défaillance évalué comme étant extrêmement rare ne devrait avoir, au pire, que des effets dangereux
- Un type de défaillance évalué comme étant soit fréquent soit peu fréquent ne devrait avoir, au pire, que des effets mineurs.

Les valeurs numériques des divers degrés de probabilité sont indiquées dans le Code.

III.3. Philosophie du Code des engins à grande vitesse

Le préambule du Code rappelle la philosophie générale de celui-ci, qui est basée sur : « *Les critères de sécurité sur lesquels se fonde le présent recueil sont la gestion des risques et leur réduction ainsi que le principe traditionnel de protection passive en cas d'accident. Pour déterminer un degré de sécurité qui soit équivalent à celui qui est prévu par les conventions actuelles, il faudrait envisager une gestion des risques qui soit fondée sur l'agencement des locaux, des systèmes de sécurité actifs, des conditions d'exploitation réglementées, la gestion de la qualité et l'organisation des facteurs humains. Il faudrait recourir à l'analyse mathématique pour évaluer les risques et déterminer si les mesures de sécurité sont valables.* »

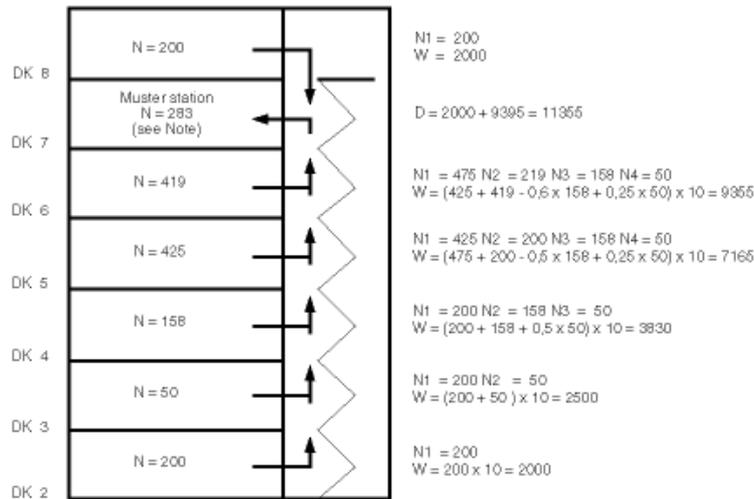
IV. DIRECTIVES INTERIMAIRES POUR UNE ANALYSE DE L'EVACUATION DES NAVIRES

IV.1. Contexte

Suite au naufrage du Herald of Free Enterprise en mars 1987 – au large de Zeebrugge, coûtant la vie à 193 personnes - et à celui de l'Estonia en septembre 1994 – en mer Baltique, plus de 900 victimes ont été déplorées – la sécurité des transbordeurs a été remise en question. Parmi l'ensemble des mesures réglementaires adoptées à la suite de ces deux catastrophes, la Conférence SOLAS de 1995 a adopté la Règle SOLAS II-2/28-1.3 qui exige de procéder à une analyse des échappées du point de vue de l'évacuation dès les premiers stades de la conception, dans le cas des navires rouliers à passagers construits le 1er juillet 1999 ou après cette date, afin d'assurer que les encombrements sont évités et que les dispositions prises en matière d'évacuation sont suffisamment flexibles. Des Directives ont été élaborées pour cette problématique, puis il a été jugé pertinent, pour la sécurité des navires à passagers en général, de s'intéresser aussi à une analyse de l'évacuation des engins à grande vitesse à passagers et des navires à passagers en général.

Ce type de règles s'ajoute aux dispositions réglementaires classiques relatives aux moyens d'échappée. La Règle 13 du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS contient les exigences en termes de moyens d'échappées. La philosophie générale est d'avoir deux moyens d'échappées –

aussi espacés que possible et disponibles – pour tout espace ou groupe d’espaces. Le Chapitre 13 du Code FSS (Fire Safety Systems) pose les exigences en termes de dispositions et de dimensionnement des moyens d’échappées. Le principe repose sur un dimensionnement des escaliers en fonction d’une certaine proportion du nombre de personnes à évacuer par cet escalier. Deux calculs sont réalisés, le premier correspond à une distribution des personnes en cas « jour », le second en cas « nuit ». La figure ci-après est un exemple de calcul.



Minimum stairway width (W) calculation example

- Z (pers.):** number of persons expected to evacuate through the stairway
- N (pers.):** number of persons directly entering the stairway flow from a given deck
- W (mm):** $(N1 + N2 + 0,5 \times N3 + 0,25 \times N4) \times 10 =$ calculated width of stairway
- D (mm):** width of exit doors
- N1>N2>N3>N4 where:**
- N1 (pers.):** the deck with the largest number of persons N entering directly the stairway
- N2 (pers.):** the deck with the next largest number of persons N entering directly the stairway, etc.

Figure 4-1 : Exemple de calcul de largeur d’escalier minimale

Par conséquent, en plus de satisfaire aux prescriptions qui leur sont applicables – qui peuvent être vues comme des exigences à un niveau microscopique - les échappées de certains types de navires à passagers doivent faire l’objet d’une analyse du point de vue de l’évacuation dès les premiers stades de la conception, ceci principalement afin de vérifier les chemins d’échappées d’un point de vue macroscopique. Les étapes classiques de cette analyse sont :

- Description du système : Identification des postes de rassemblement, des postes d'embarquement, des échappées, des engins de sauvetage, etc.
- Hypothèses : distribution des personnes, prise en compte de l’environnement, caractéristiques des personnes, disponibilité des moyens d’échappées, rôle de l’équipage, etc.
- Scénarios de référence : pour garantir une application uniforme, des scénarios de référence type à utiliser et les données pertinentes sont indiqués. En conséquence, le but de l’analyse est

d'évaluer le comportement du navire dans des scénarios de référence plutôt que de simuler des situations d'urgence réelles. Ces scénarios prennent tout d'abord en compte la distribution des personnes à bord : deux scénarios de base sont le cas jour et le cas nuit. Des scénarios prenant en compte l'indisponibilité de certains moyens d'échappées peuvent être proposés.

- Calcul du temps de trajet : deux approches sont aujourd'hui disponibles : l'approche simplifiée, et l'approche avancée.
 - L'approche simplifiée est une approche dite hydraulique : le réseau d'évacuation est modélisé sous la forme d'un réseau hydraulique: les tuyaux sont les coursives et escaliers, les valves sont les portes, les réservoirs sont les espaces publics. A partir de la densité initiale D (personnes/m²) de chaque espace des abaques donnent la vitesse (m/s) et l'écoulement spécifiques (personne/m/s). À chaque point de transition - les transitions sont les points du système d'évacuation où soit le type d'échappée change (par exemple d'une coursive à un escalier) soit la dimension de l'échappée change ou bien où les échappées convergent ou se ramifient - la somme des écoulements de sortie calculés est égale à la somme des écoulements d'arrivée calculés. Il est alors possible d'évaluer les temps de flux – le temps nécessaire au passage des personnes par une porte par exemple - au niveau des transitions et les temps de trajet dans les coursives et couloirs.
 - L'approche avancée est une simulation sur ordinateur qui représente chaque occupant individuellement, qui comporte une représentation détaillée de l'agencement du navire et qui représente l'interaction entre les occupants et l'agencement.
- Délai d'évacuation maximal admissible : les critères associés sont spécifiés afin d'évaluer la performance du temps d'évacuation calculé.

IV.2. Directives intérimaires pour une analyse simplifiée de l'évacuation des navires rouliers à passagers

La Conférence SOLAS de 1995 a adopté la Règle SOLAS II-2/28-1.3 qui exige de procéder à une analyse des échappées du point de vue de l'évacuation dès les premiers stades de la conception, dans le cas des navires rouliers à passagers construits le 1er juillet 1999 ou après cette date.

Les Directives OMI MSC/Circ.909 [OMI, 1999] ont pour objet de donner des indications sur la manière d'exécuter une analyse de l'évacuation en vertu de la Règle citée. Notant que les programmes informatisés de simulation en étaient encore au stade de la mise au point, le Comité de la sécurité maritime a décidé qu'une méthode intérimaire d'analyse simplifiée de l'évacuation était nécessaire.

Deux scénarios au minimum doivent être envisagés aux fins de l'analyse, à savoir de nuit et de jour. La répartition initiale des personnes à bord pour ces deux scénarios est donnée. Des scénarios supplémentaires appropriés peuvent être envisagés, le cas échéant.

IV.3. Directives intérimaires pour une analyse simplifiée de l'évacuation des engins à grande vitesse à passagers

En plus de satisfaire aux prescriptions pertinentes applicables aux moyens d'évacuation, les échappées des engins à grande vitesse doivent faire l'objet d'une analyse du point de vue de l'évacuation dès les premiers stades de la conception en vertu de la section 4.8.2 du Recueil international de règles de sécurité applicables aux engins à grande vitesse (Recueil HSC 2000).

Les Directives OMI MSC/Circ.1001 [OMI, 2001a] ont pour objet de donner des indications sur la manière d'exécuter une analyse simplifiée de l'évacuation (hydraulique) et d'en utiliser les résultats pour planifier la démonstration de l'évacuation prescrite à la section 4.8.5 du Recueil HSC 2000.

Le scénario envisagé dépend du type d'engins :

- Pour calculer le délai d'évacuation à bord des engins de la catégorie A, on doit supposer que la répartition des passagers est représentative de celle d'un voyage normal.
- Pour calculer le délai d'évacuation à bord des engins de la catégorie B, on doit supposer que les passagers et l'équipage sont répartis aux divers postes de rassemblement et sont prêts à embarquer.

Grossièrement, les engins à passagers sont classés en catégorie A si des moyens d'assistance sont disponibles rapidement et si le nombre total de passagers est limité. Dans les autres cas, l'engin est dit de catégorie B.

IV.4. Directives intérimaires pour les analyses de l'évacuation des navires à passagers neufs et existants

En 2002, le Comité de la sécurité maritime a approuvé les Directives intérimaires OMI MSC/Circ.1033 [OMI, 2002a] pour les analyses de l'évacuation des navires à passagers neufs et existants, y compris les navires rouliers à passagers. Ces Directives remplacent la Circulaire OMI MSC/Circ.909. Les Gouvernements Membres sont invités à porter les Directives intérimaires à l'attention de tous les intéressés et en particulier, à :

1 leur recommander d'utiliser les Directives intérimaires lorsqu'ils procéderont à des analyses de l'évacuation de navires rouliers à passagers neufs conformément à la règle II-2/13.7.4 de la Convention SOLAS (qui remplace à la règle II-2/28-1.3 à partir du 1er juillet 2002); et

.2 les encourager à effectuer, à titre volontaire, des analyses de l'évacuation des navires à passagers neufs et des navires à passagers existants autres que les navires rouliers à passagers, en utilisant les Directives intérimaires.

Les Directives intérimaires offrent la possibilité d'utiliser deux méthodes distinctes :

- Une analyse simplifiée de l'évacuation ; et/ou
- Une analyse avancée de l'évacuation.

Quatre scénarios au minimum (cas 1, 2, 3 et 4) doivent être envisagés aux fins de l'analyse, à savoir :

- Cas 1 (cas d'évacuation primaire, de nuit) et cas 2 (cas d'évacuation primaire, de jour)
- Cas 3 et 4 (cas d'évacuation secondaires de nuit et de jour). Dans ces cas, seule la tranche verticale principale qui entraîne le temps de parcours le plus long est étudiée. Il convient d'envisager l'une des deux variantes ci-après pour les cas 3 et 4 :
 - Variante 1 : Seulement 50 % de la capacité des escaliers utilisée précédemment dans la tranche verticale principale identifiée est considérée disponible pour l'analyse; ou
 - Variante 2 : 50 % des personnes se trouvant dans l'une des tranches verticales principales contiguës à la tranche verticale principale identifiée sont obligées d'aller dans cette tranche et de traverser cette tranche pour se rendre au poste de rassemblement.
- Des scénarios supplémentaires appropriés peuvent être envisagés, le cas échéant.

Si les cas en mode normal et dégradé sont communs à l'analyse simplifiée et l'analyse avancée, la répartition des personnes est différente afin d'être adaptée aux capacités d'analyse.

IV.5. Recommandations pour les analyses de l'évacuation des navires à passagers neufs et existants

En 2004, le Comité de la sécurité maritime (MSC79) a chargé le Sous-comité de la Protection Incendie (FP – *Fire Protection*) de mettre à jour la Circulaire MSC/Circ.1033 eu égard à la notion de "zone sûre", qui relevait des travaux sur la sécurité des navires à passagers (ces travaux sont rappelés ci-après). Afin d'achever l'examen des Directives intérimaires, le Sous-comité a décidé de constituer un groupe par correspondance qui a le mandat suivant :

- .1 examiner les Directives intérimaires sur les analyses de l'évacuation des navires à passagers neufs et existants (MSC/Circ.1033), compte tenu des renseignements et des résultats des travaux de recherche qui pourraient être utiles pour améliorer les Directives intérimaires actuelles,*
- .2 passer en revue les aspects relatifs aux délais d'évacuation utilisés dans les différents instruments et directives de l'OMI afin de s'assurer qu'il en est dûment tenu compte lors de l'examen de la Circulaire MSC/Circ.1033;*

*.3 examiner s'il serait nécessaire de mettre à jour la Circulaire MSC/Circ.1033 pour appuyer la notion de "zone sûre", les seuils de gravité des incendies et de durée d'habitabilité; et
.4 soumettre un rapport au FP 50.*

La réunion du Sous-comité Protection incendie FP50 aura lieu en janvier 2006.

IV.6. Applications

Les analyses dont Bureau Veritas a eu connaissance dans le cadre de son activité statutaire sont des analyses simplifiées de l'évacuation.

V. DIRECTIVES POUR L'EVALUATION FORMELLE DE LA SECURITE

V.1. Contexte

Les initiatives britanniques suite au chavirement de l'Herald of Free Enterprise en 1987 ont abouti à l'approbation, en 1997, des Directives intérimaires OMI MSC/Circ.829-MEPC/Circ.335 [OMI, 1997] pour l'évaluation formelle de la sécurité (FSA) à utiliser dans le cadre du processus d'élaboration de règles de l'OMI, par le Comité de la sécurité maritime (MSC68) et le Comité de la protection du milieu marin (MEPC40). Suite à des applications à titre expérimental et à des applications à la sécurité des vraquiers, le Comité de la sécurité maritime, en 2001 (MSC74), et le Comité de la protection du milieu marin, en 2002 (MEPC47), ont approuvé les Directives OMI MSC/Circ.1033-MEPC/Circ.392 [OMI, 2002b] pour l'évaluation formelle de la sécurité (FSA) à utiliser dans le cadre du processus d'élaboration de règles de l'OMI.

V.2. Directives

L'évaluation formelle de la sécurité (FSA) vise à améliorer la sécurité maritime, y compris à protéger la santé et la vie humaine et à préserver les biens et le milieu marin, en s'appuyant sur l'évaluation des risques et l'analyse coûts-avantages. Le FSA est un outil qui peut aider à évaluer de nouvelles règles visant à la sécurité des navires et à la protection du milieu marin ou à effectuer une comparaison entre les règles existantes et les règles telles qu'elles pourraient être améliorées, afin de réaliser un équilibre entre les diverses questions techniques et opérationnelles - y compris l'élément humain - et entre la sécurité des navires ou la protection du milieu marin et les coûts.

Le FSA n'est pas censée être d'application universelle, mais elle est particulièrement pertinente lorsqu'il s'agit de propositions qui risquent d'avoir des incidences importantes en termes de coûts (coût social ou coût pour le secteur maritime) ou de compliquer la tâche du législateur et de

l'Administration. Le FSA peut également être utile dans les cas où il est nécessaire de réduire les risques mais où les décisions à prendre quant à ce qu'il faut faire ne sont pas claires, quelle que soit la portée du projet. Dans ces cas là, le FSA aidera à se faire une idée exacte des avantages des propositions, permettant ainsi aux Gouvernements Membres de mieux mesurer la portée et de prendre leurs décisions en conséquence.

La FSA est une méthodologie structurée et systématique. Elle comprend les étapes suivantes, en plus d'une étape de définition du problème :

- .1 identification des dangers;
- .2 analyse des risques;
- .3 options de maîtrise des risques;
- .4 évaluation coûts-avantages; et
- .5 recommandations en vue de la prise de décision.

V.3. Applications

Les principales applications « à titre expérimental » ont concerné les catamarans rapides et la question de la mise en place d'aires d'atterrissage et d'évacuation par hélicoptère pour les navires à passagers. Les applications ont concerné la sécurité des vraciers.

Le FSA, son contexte, ses applications sont abordées dans le détail dans le Chapitre 5 de ce mémoire.

VI. CONCEPTIONS ET DISPOSITIFS ALTERNATIFS POUR LA SECURITE INCENDIE

VI.1. Contexte

Au cours des ans, les règles de la sécurité incendie se sont étoffées, notamment suite à des accidents. Ces règles, pour la majorité prescriptives sont incorporées dans le Chapitre II-2 « Construction - Protection Incendie, Détection Incendie et Extinction » de la Convention SOLAS. En 1998, le Sous-comité de la Protection incendie (FP42) a établi un groupe de travail par correspondance sur la révision approfondie du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS. Dans ce contexte, un projet de Directives en matière de conception alternative (non conforme aux règles prescriptives) a été proposé.

Le Chapitre II-2 révisé de la Convention SOLAS a été adopté en 2000, et est entré en vigueur le 1er juillet 2002. La nouvelle Règle II-2/17 est relative aux conceptions et dispositifs alternatifs. Selon cette Règle, la conception et les dispositifs de sécurité incendie peuvent dévier des exigences

prescriptives présentes dans les autres parties du Chapitre II-2, à condition que la conception et les dispositifs répondent aux objectifs de sécurité incendie et aux exigences fonctionnelles de ce Chapitre. Quand la conception ou les dispositifs de la sécurité incendie dévient des exigences prescriptives de ce Chapitre, l'analyse d'ingénierie, l'évaluation et l'approbation de la conception et des dispositions alternatifs doivent être effectuées selon cette Règle.

En 2001, le Comité de la sécurité maritime (MSC74) a approuvé les Directives OMI MSC/Circ.1002 [OMI, 2001b] sur les conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie. Ces Directives ont été élaborées pour donner des indications supplémentaires par rapport à la Règle II-2/17. Elles contiennent une description de la méthodologie à suivre pour effectuer l'analyse d'ingénierie incendie prescrite par la Règle II-2/17 lorsque l'approbation d'une conception ou d'un dispositif s'écartant des exigences prescriptives du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS est demandée.

VI.2. Directives

L'analyse destinée à démontrer qu'une conception ou dispositif alternatif proposé garantit un degré de sécurité équivalent à celui qui est assuré par les prescriptions normatives du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS suit une démarche en deux étapes : une étape préliminaire et une étape quantitative.

- *Une analyse préliminaire pour définir le concept en termes qualitatifs, c'est-à-dire définir clairement le champ d'application de la conception et du dispositif envisagés ainsi que des règles qui intéressent cette conception, bien comprendre les objectifs et les prescriptions fonctionnelles des règles, élaborer des scénarios d'incendie et d'autres conceptions d'essai [qui incorporent des mesures de contrôle du risque]. Cette partie du processus fait l'objet d'un rapport qui est examiné et approuvé par toutes les parties intéressées et est soumis à l'Administration avant que soit entamée la phase quantitative de l'analyse;*
- *Une analyse quantitative pour évaluer techniquement les conceptions alternatives d'essai possibles en termes quantitatifs, c'est-à-dire établir les spécifications des incendies de référence, mettre au point des critères de performance fondés sur la performance d'une conception prescriptive acceptable et évaluer les conceptions alternatives d'essai au regard des critères de performance retenus. C'est alors que la conception ou dispositif alternatif final est sélectionné et l'analyse quantitative complète fait l'objet d'un rapport.*

VI.3. Applications

Les principales applications concernent les navires à passagers.

Les conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie, son contexte, ses applications sont abordés dans le détail dans le Chapitre 6 de ce mémoire.

VII. SECURITE DES NAVIRES A PASSAGERS DE GRANDES DIMENSIONS

VII.1. Contexte

En 2000, lors de la 72ème session du Comité de la sécurité maritime (MSC72) le Secrétaire Général a suggéré au Comité de la sécurité maritime d'envisager une approche globale des questions liées à la sécurité des navires à passagers de grandes dimensions [OMI, 2000a]: « *Le Secrétaire général estime qu'il est temps que l'Organisation entreprenne un examen global des questions de sécurité relatives aux navires à passagers, en mettant particulièrement l'accent sur les grands navires de croisière.* » Le Comité a adopté un nouveau point à son ordre du jour pour le MSC73 : Sécurité des navires à passagers de grandes dimensions.

VII.2. Directions des travaux

Pour ce qui était des futurs navires à passagers de grandes dimensions, le Comité (MSC73), en 2000, a approuvé l'approche de principe selon laquelle ces navires devraient être conçus de manière à améliorer la capacité de survie du navire, en se fondant sur la philosophie "*un navire est la meilleure embarcation de sauvetage*". À cet égard, le Comité a noté qu'en vertu de cette approche, les passagers et l'équipage devraient normalement pouvoir être évacués vers un abri sûr à bord et pouvoir y rester. En vertu de cette approche aussi, un navire devrait toujours pouvoir rentrer au port à sa vitesse de sécurité minimale. Le mandat du Groupe de travail sur le renforcement de la sécurité des navires à passagers de grandes dimensions est le suivant [OMI, 2000b]:

.1 procéder à un examen d'ensemble de la situation actuelle concernant les navires à passagers de grandes dimensions à la lumière des pratiques actuelles, des réglementations existantes et des démarches/conceptions en matière de sécurité;

.2 identifier les domaines de préoccupation à l'aide d'une démarche holistique et, en particulier, en tenant compte de l'élément humain s'agissant :

.1 du navire, y compris, sans que cette liste soit exhaustive :

.1.1 la construction et l'équipement; .1.2 l'évacuation (à l'extérieur/à l'intérieur).1.3 l'exploitation et la gestion;

.2 des personnes, y compris, sans que cette liste soit exhaustive :

.2.1 l'équipage; .2.2 les passagers; .2.3 le personnel de sauvetage; .2.4 la formation; .2.5 la gestion des situations de crise et l'encadrement des passagers;

.3 de l'environnement, y compris, sans que cette liste soit exhaustive :

.3.1 les services de recherche et de sauvetage; .3.2 l'exploitation dans des zones éloignées;

.3.3 les conditions météorologiques;

.3 examiner les efforts déjà entrepris au sein de l'OMI, de l'industrie ou d'autres organisations, en vue d'identifier les domaines qui pourraient nécessiter un examen plus approfondi, et formuler des propositions le cas échéant;

.4 identifier, d'un point de vue proactif, les risques éventuels auxquels les futurs navires à passagers de grandes dimensions pourraient être confrontés au cours de la décennie à venir, et toutes considérations à long terme s'y rapportant; et

.5 définir les priorités des tâches à entreprendre, en donnant les justifications appropriées, et mettre au point un projet de plan de travail à l'intention du Comité et de ses organes subsidiaires."

VII.3. Principes directeurs, buts stratégiques et objectifs

Les principes directeurs, les buts stratégiques et objectifs suivants ont été énoncés lors du MSC74, en 2001. Les objectifs sont :

.1 Améliorer la capacité de survie du navire en cas d'échouement, d'abordage ou d'envahissement afin de minimiser la nécessité d'abandonner le navire.

.2 Examiner les mesures de prévention de l'incendie et de protection contre l'incendie propres à renforcer la capacité de survie du navire.

.3 Examiner les questions relatives aux échappées, au rassemblement et à l'évacuation en vue de garantir le mouvement ordonné et en sécurité des personnes dans une situation d'urgence.

.4 Passer en revue les prescriptions relatives aux engins et dispositifs de sauvetage en vue d'améliorer les mesures d'évacuation et de récupération.

.5 Évaluer les techniques et le matériel de récupération et de sauvetage et proposer des mesures utiles s'il y a lieu.

.6 Mettre au point des mesures permettant d'évaluer les autres conceptions et dispositifs de façon à ce que de nouvelles notions et technologies puissent être autorisées au lieu des prescriptions existantes, sous réserve qu'elles offrent au moins le même degré de sécurité.

.7 Passer en revue les questions liées à l'élément humain se rapportant aux opérations, à la gestion et à la formation en vue de renforcer la sécurité.

.8 Examiner les mesures propres à garantir que les navires puissent retourner au port en toute sécurité à la suite d'un incendie ou d'un envahissement.

.9 Examiner les mesures propres à améliorer la prévention des échouements et des abordages.

.10 Passer en revue les pratiques observées en matière de gestion sanitaire, y compris les installations, le matériel, les qualifications du personnel et les niveaux de dotation en effectifs.

.11 Évaluer les mesures liées à la sécurité des navires.

.12 Passer en revue les mesures liées à l'hygiène et à la sécurité à bord.

VII.4. Finalisation des travaux

Les travaux doivent être finalisés en 2006. En ce qui concerne le point 3 des objectifs, les recommandations pour les analyses de l'évacuation des navires à passagers neufs et existants ont été mentionnées. En ce qui concerne le point 6 des objectifs, les initiatives sont décrites ci-après dans la section « Conceptions et dispositifs alternatifs ».

VIII. NORMES DE CONSTRUCTION DES NAVIRES NEUFS EN FONCTION D'OBJECTIFS

VIII.1. Contexte

Lors de la réunion du Conseil de l'OMI en 2002, les Bahamas et la Grèce avaient proposé que l'OMI joue un plus grand rôle dans l'élaboration de normes relatives à la construction des navires neufs et avaient invité le Conseil à examiner cette proposition et, s'il en approuvait le principe, à la renvoyer au Comité en vue d'un examen plus approfondi. Le Conseil avait en conséquence renvoyé la proposition de ces deux pays au MSC 77, en 2003, en invitant celui-ci à rendre compte des résultats de ses travaux au Conseil suivant; il avait également invité les Bahamas, la Grèce et l'IACS à soumettre des documents au MSC 77 pour faciliter l'examen de la question.

Lors du MSC77 les Bahamas et la Grèce [OMI, 2003b] ont réaffirmé qu'il faudrait que l'OMI joue un rôle plus actif dans l'établissement de normes de base acceptées au niveau international pour la construction et l'équipement des navires neufs. L'IACS [OMI, 2003c] de son côté est d'avis que l'élaboration et le maintien des normes de construction applicables aux navires neufs doivent continuer à relever de la responsabilité des sociétés de classification satisfaisant aux critères de l'OMI applicables aux organismes reconnus, dont font partie les membres de l'IACS. Les arguments de l'IACS sont fondés sur les antécédents du secteur maritime dans le domaine de la sécurité et il est proposé d'intégrer formellement les objectifs de l'OMI en matière de sécurité et l'élaboration par l'IACS de normes applicables aux structures qui répondent à ces objectifs.

Lors du MSC 77, la vaste majorité des délégations qui sont intervenues ont toutefois appuyé la proposition des Bahamas et de la Grèce visant à ce que l'OMI entame un programme en vue d'élaborer des normes fondamentales en fonction d'objectifs en matière de conception et de construction des navires neufs en continuant à faire appel à l'expérience, aux compétences et aux connaissances techniques de l'IACS et d'autres organisations. Conformément le Comité a décidé d'inscrire à l'ordre du jour du MSC 78 un nouveau point intitulé "Normes de construction des navires neufs en fonction d'objectifs" pour approfondir l'examen de la question.

Le MSC 78, en 2004, a poursuivi l'examen de la question relative à l'élaboration de normes en fonction d'objectifs, entamé au MSC 77 et avait procédé à un débat approfondi sur la question. En particulier, les Bahamas, la Grèce et l'IACS (MSC 78/6/2) [OMI, 2004a] ont soumis un papier commun qui présente une proposition relative à l'élaboration de normes de construction des navires en fonction d'objectifs, l'accent étant placé pour l'instant sur les structures des navires.

VIII.2. Cadre d'un système à cinq niveaux

Le groupe de travail utilise comme document de base pour ses travaux le document MSC 78/6/2 [OMI, 2004a], soumis par les Bahamas, la Grèce et l'IACS, qui décrit un système à cinq niveaux pour les normes de construction en fonction d'objectifs. Les trois premiers niveaux sont le noyau du système et correspondent à :

➤ Niveau I - Objectifs en matière de sécurité

Au niveau I, il s'agit de définir une série d'objectifs à atteindre et à vérifier au cours de la conception et de la construction, de sorte à construire et à exploiter des navires sûrs et respectueux de l'environnement.

➤ Niveau II - Prescriptions fonctionnelles

Le deuxième niveau vise à définir une série de prescriptions se rapportant aux fonctions que doivent remplir les structures du navire et qui doivent être vérifiées au cours de la conception et de la construction, en vue de satisfaire aux objectifs susmentionnés en matière de sécurité.

➤ Niveau III - Vérification des critères relatifs au respect des normes

Le troisième niveau vise à fournir les instruments nécessaires pour démontrer le respect des normes fondées sur des objectifs au cours des processus de conception, de construction et d'exploitation.

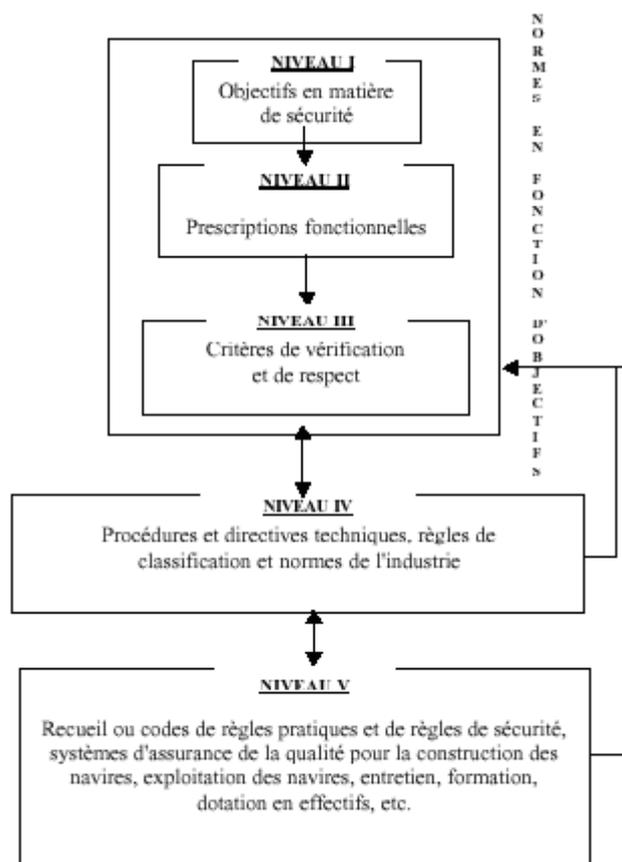


Figure 4-2 : Cadre réglementaire en fonction d'objectifs [OMI, 2004a]

VIII.3. Avancement des travaux

VIII.3.1. Principes de base

Le Comité de la sécurité maritime, en 2005, (MSC80) a noté que les principes de base des normes en fonction d'objectifs étaient achevés et a approuvé en principe le texte ci-après concernant les principes de base :

Les normes en fonction d'objectifs de l'OMI :

.1 sont des normes générales primordiales en matière de sécurité, d'environnement et/ou de sûreté auxquelles les navires doivent satisfaire tout au long de leur durée de vie;

.2 constituent le niveau requis devant être atteint par le biais des prescriptions appliquées par les sociétés de classification et autres organismes reconnus, les Administrations et l'OMI;

.3 sont claires, démontrables, vérifiables, bien établies et réalisables, quelles que soient la conception et la technologie du navire; et

.4 sont suffisamment précises pour éviter les divergences d'interprétation.

VIII.3.2. Niveau I - Objectifs en matière de sécurité

Le Comité a noté que les objectifs du niveau I étaient achevés et a approuvé, en principe, les objectifs du niveau I des normes de construction des navires neufs en fonction d'objectifs, comme suit :

(Applicables à tous les types de navires neufs) Les navires doivent être conçus et construits pour une durée de vie prévue spécifique de manière à être sûrs et écologiques, lorsqu'ils sont exploités et entretenus correctement dans les conditions d'exploitation et environnementales spécifiées, à l'état intact et dans des conditions d'avarie spécifiées, pendant toute leur durée de vie.

.1 Par sûr et écologique, on entend que le navire a une résistance, une intégrité et une stabilité suffisantes pour réduire au minimum le risque de perte du navire ou de pollution du milieu marin suite à une défaillance de la structure, y compris l'effondrement donnant lieu à l'envahissement ou la perte d'étanchéité.

.2 Par écologique, on entend aussi que le navire est construit avec des matériaux permettant son démantèlement et son recyclage dans des conditions acceptables pour l'environnement.

.3 La sécurité implique aussi que la structure du navire est conçue de manière à prévoir des moyens d'accès en toute sécurité et des échappées aux fins des inspections et de l'entretien.

.4 Les conditions d'exploitation et environnementales spécifiées sont déterminées par la zone d'exploitation du navire tout au long de sa durée de vie et couvrent les conditions, y compris intermédiaires, découlant des opérations liées à la cargaison et au ballastage dans les ports, dans les voies de navigation et en mer.

.5 La durée de vie prévue à la conception est la période pendant laquelle on suppose que le navire sera exposé aux conditions d'exploitation et/ou environnementales et/ou à un environnement

corrosif; elle sert à sélectionner des paramètres appropriés pour la conception du navire. Toutefois, la durée de vie effective du navire peut être plus longue ou plus courte en fonction des conditions d'exploitation réelles et de l'entretien du navire tout au long de sa durée de vie.

VIII.3.3. Niveau II - Prescriptions fonctionnelles

Les prescriptions fonctionnelles arrêtées par le Groupe à l'issue d'un débat prolongé figurent à l'annexe 3 du rapport du Groupe de travail. Elles concernent :

- Applicabilité
- Durée de vie prévue à la conception
- Conditions environnementales
- Durée de résistance à la fatigue
- Résistance de la structure
- Résistance résiduelle
- Procédures d'assurance de la qualité de la construction
- Entretien
- Transparence de la conception
- Visites
- Prévention de la corrosion
- Étanchéité à l'eau et aux intempéries

IX. PROJETS DE CONCEPTIONS ET DISPOSITIFS ALTERNATIFS

Lors de la quarante-huitième session, en 2005, du Sous-comité de la Conception et équipement du navire (DE48), le Groupe de travail sur la sécurité des navires à passagers a été mandaté du développement, entre autres, des Directives pour l'approbation de conceptions et dispositifs alternatifs. A l'issue du DE48 [OMI, 2005], le Groupe a élaboré un projet d'amendements à la Convention SOLAS, ainsi qu'un projet de Directives sur les autres conceptions et dispositifs, dans le cadre du Chapitre II-1 «Construction - Structure, subdivision and stability, machinery and electrical installations» et du Chapitre III «Life-saving appliances and arrangements». Une proposition de Directives figure à l'annexe 4 de [OMI, 2005], en vue d'un plus ample examen par le Groupe de travail par correspondance.

X. CONCLUSIONS

Ce Chapitre a proposé un état de l'art des initiatives de la réglementation de la sécurité maritime « non traditionnelles ». Le contexte de développement, le cœur des approches et les applications de celles-ci ont été précisés. Ces approches peuvent être classées en quatre catégories que nous allons expliciter en précisant l'utilisation de l'évaluation du risque (réelle ou potentielle) :

- « Performance par vérifications »,
- « Performance par substitution »,
- « Performance explicite », et
- « Elaboration de règles fondée sur les risques ».

X.1. Performance par vérification

On peut distinguer deux démarches correspondant respectivement à une évaluation explicite du risque (cas de l'analyse des types de défaillance et de leurs effets pour engins à grande vitesse) et à une évaluation prétraitée du risque (cas des analyses de l'évacuation des navires à passagers).

X.1.1. Evaluation du risque explicite

Pour cette première démarche, dans un contexte de systèmes novateurs, la performance est de type « environnemental » – elle porte sur les conditions engendrées par une défaillance – qui place l'évaluation du risque au cœur de l'approche.

	Analyse des types de défaillance et de leurs effets pour engins à grande vitesse
Finalité	Code HSC – Règles 5.2, 91.10, 12.1.1 et 16.2.6 ➤ Etude des systèmes et de l'armement de l'engin afin de déterminer si une panne ou une fausse manœuvre de caractère raisonnablement probable peut avoir des conséquences dangereuses ou catastrophiques
Texte	Annexe 4 du Code HSC
Outils	Analyse des types de défaillance et de leurs effets
Système étudié	➤ Systèmes de conduite ➤ Machines et commandes ➤ Systèmes électriques ➤ Systèmes de stabilisation
Utilisateurs	Designers, armateurs, chantiers, etc.
Critères de performance	➤ Effets catastrophiques ➤ Effets dangereux ➤ Effets majeurs ➤ Effets mineurs

Tableau 4-1 : Analyse des types de défaillance et de leurs effets pour engins à grande vitesse

X.1.2. Evaluation du risque prétraitée – Scénarios de référence

Pour cette seconde démarche, dans un contexte de vérification macroscopique d'exigences microscopiques, la performance est de type « danger » avec un nombre limité de scénarios de référence prétraités. Ces scénarios de référence sont, à l'heure actuelle, issus d'un consensus délibératif, sans réelle démarche structurée d'évaluation du risque.

Analyses de l'évacuation des navires à passagers	
Finalité	<ol style="list-style-type: none"> 1. SOLAS Règle II-2/13.7.4 (remplace la Règle II-2/28-1.3) 2. Section 4.8.2 du Code HSC <ul style="list-style-type: none"> ➤ Analyse des échappées du point de vue de l'évacuation dès les premiers stades de la conception
Texte	<ol style="list-style-type: none"> 1. MSC/Circ.1033 (Remplace la MSC/Circ.909) Interim guidelines for evacuation analyses For new and existing passenger ships 2. MSC/Circ.1001 Interim guidelines for a simplified evacuation analysis Of high-speed passenger craft
Outils	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Approches hydraulique ou avancée ➤ Approche hydraulique <p>Scénarios de référence</p>
Système étudié	<p>Echappées des :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Transbordeur à passagers (recommandé pour les navires à passagers) 2. Engins à grande vitesse à passagers
Utilisateurs	Designers, armateurs, chantiers, etc
Critères de performance	Délai d'évacuation maximal admissible

Tableau 4-2 : Analyses de l'évacuation des navires à passagers

X.2. Performance par substitution

La norme de conception équivalente des pétroliers doubles coques et les conceptions et dispositions alternatifs pour la sécurité incendie (ainsi que les projets de conceptions et dispositifs alternatifs dans le cadre des Chapitre II-1 et III de la SOLAS) sont des approches performance par substitution. On peut là encore distinguer les deux types de démarches évoqués précédemment correspondant à un risque prétraité et à un risque explicite.

X.2.1. Evaluation du risque prétraitée – Evènements initiateurs probabilistes

Pour la première démarche, dans un contexte avec des enjeux économiques et politiques, la performance est de type « risque » – niveau de risque de pollution – avec des avaries hypothétiques probabilistes prétraitées.

Norme de conception équivalente des pétroliers doubles coques	
Finalité	Règle 13F 5) de l'Annexe I de MARPOL 73/78 ➤ Approbation d'une conception « Alternative »
Texte	MEPC.110(49). Revised interim guidelines for the approval of alternative methods of design and construction of oil tankers under Regulation 13F(5) of Annex I of MARPOL 73/78.
Outils	➤ Indice calculé de prévention de la pollution ➤ Avaries hypothétiques probabilistes
Système étudié	Coque de pétrolier
Utilisateurs	Designers, armateurs, chantiers, etc
Critères de performance	Indice de prévention de la pollution calculé pour l'équivalent double coque

Tableau 4-3 : Norme de conception équivalente des pétroliers doubles coques

X.2.2. Evaluation du risque explicite

Pour la seconde démarche, dans un contexte de réglementation établie et révisée, la performance est de type « risque » ou « danger » – avec le développement de (un nombre limité) scénarios incendie - qui place l'évaluation du risque au cœur de l'approche.

Conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie	
Finalité	SOLAS Règle II-2/17 «Alternative design and arrangements for fire safety » ➤ Approbation d'une conception « Alternative »
Texte	MSC/Circ.1002 « Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety »
Outils	➤ Analyse de Risques ➤ Ingénierie Incendie
Système étudié	Conceptions et dispositifs spécifiques de la sécurité incendie
Utilisateurs	Designers, armateurs, chantiers, etc.
Critères de performance	Niveau de sécurité de l'équivalent prescriptif

Tableau 4-4 : Conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie

X.3. Performance explicite

Les initiatives sur la sécurité des navires à passagers de grandes dimensions et sur les normes de construction des navires neufs en fonction d'objectifs entrent sans doute dans cette catégorie bien que la question reste ouverte à l'heure actuelle. Il est possible d'envisager deux approches.

X.3.1. Performance pour la conception

L'origine cette première approche est une vision « politique » (celle du Secrétaire Général de l'OMI) pour des navires de plus en plus grands, transportant de plus en plus de personnes, et aux limites des Conventions existantes. Parmi les initiatives des Sous comités à ce sujet, on peut citer

l'exemple du Sous comité de la protection incendie (FP48) qui, en 2004, a décidé d'élaborer des prescriptions fonctionnelles, des scénarios d'incendie et des normes de performance qui tiennent compte de la définition de l'expression "havre sûr". Il semble que cette approche ait pour utilisateur le concepteur, le designer ou l'armateur.

X.3.2. Performance pour la réglementation

Pour cette seconde approche, il semble que l'utilisateur de l'approche soit les sociétés de classification afin de développer des règles de classification sous couvert de l'OMI : les prescriptions fonctionnelles des normes en fonction d'objectifs devraient être suffisantes pour que les sociétés de classification établissent des prescriptions normatives.

Lors du MSC78, en 2004, l'IACS a présenté un exposé [OMI, 2004b] sur les normes en fonction d'objectifs et les règles communes applicables aux structures de la coque des pétroliers et des vraquiers. La vision de l'IACS sur le rôle des acteurs est la suivante :

- Au sommet, l'OMI, en tant qu'organisme de réglementation, en charge de développer les normes de construction en fonction d'objectifs
- Au milieu, l'IACS, comme organisation technique, pour mettre à jour les règles de classe pour les structures, machines et équipement, afin de répondre aux normes en fonction d'objectifs, sur la base des études de recherches, les développements de technologie et l'information recueillie de l'industrie et des navires en service ;
- A la base, au premier plan, l'industrie (chantiers navals, fabricants et armateurs) dans une perspective d'auto-réglementation par la mise en application des politiques de gestion, des standards de qualité et des pratiques reconnues qui seront conformes aux nouveaux règlements.

Le premier projet de règles communes concerne les règles de structure des pétroliers doubles coques. Il est mené par LRS, ABS et DNV et connu sous le nom de JTP (*Joint Tanker Project*).

Le deuxième projet de règles communes concerne les règles de structure des vraquiers. Il est mené par BV, CCS, GL, KR, NK, RINA et RS et connu sous le nom de JBP (*Joint Bulker Project*).

X.4. Elaboration de règles fondée sur les risques

L'évaluation formelle de la sécurité (FSA) est le support pour une élaboration de règles fondée sur les risques. Elle a été développée dans une perspective évolutionnaire de la réglementation de la sécurité maritime en réponse à une demande de révolution - de changement radical en termes de mise en place de la philosophie *Safety Case* - formulée par la Commission d'enquête britannique sur la catastrophe du Herald of Free Enterprise.

	Evaluation formelle de la sécurité (FSA)
Finalité	Développement de la réglementation à l'OMI <ul style="list-style-type: none">➤ Nouveaux règlements➤ Amélioration des règlements existants
Texte	MSC/Circ.1023: «Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process »
Outils	<ul style="list-style-type: none">➤ Analyse de Risques➤ Analyse Coût Bénéfice
Système étudié	Navire générique
Utilisateurs	Gouvernements, Organisations, Comités de l'OMI
Critères de performance	Risque individuel et risque sociétal de type ALARP (non spécifiés numériquement)

Tableau 4-5 : Evaluation formelle de la sécurité

La Partie 3 de ce mémoire s'intéresse dans le détail à l'évaluation formelle de la sécurité et aux conceptions et dispositifs alternatifs de la sécurité incendie.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 4

- [OMI, 1995] **OMI – Assembly.** *Revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS Regulation II-2/12.* Resolution A.800(19). Londres: OMI, 1995.
- [OMI, 1997] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee.** *Interim guidelines for the application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO rule making process.* MSC/Circ.829 - MEPC/Circ.335. Londres: OMI, 1997.
- [OMI, 1999] **OMI - Maritime Safety Committee.** *Interim guidelines for a simplified evacuation analysis on Ro-Ro passenger ships.* MSC/Circ.909. Londres: OMI, 1999.
- [OMI, 2000a] **OMI - Maritime Safety Committee.** *PROGRAMME DE TRAVAIL Renforcement de la sécurité des navires à passagers de grandes dimensions - Note du Secrétaire général.* MSC72/21. Londres: OMI, 2000.
- [OMI, 2000b] **OMI - Maritime Safety Committee.** *SÉCURITÉ DES NAVIRES À PASSAGERS DE GRANDES DIMENSIONS Renforcement de la sécurité des navires à passagers de grandes dimensions Note du Secrétariat.* MSC73/4. Londres: OMI, 2000.
- [OMI, 2001a] **OMI – Maritime Safety Committee.** *Interim guidelines for a simplified evacuation analysis of high-speed passenger craft.* MSC/Circ.1001. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2001b] **OMI – Maritime Safety Committee.** *Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety.* MSC/Circ.1002. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2002a] **OMI - Maritime Safety Committee.** *Interim guidelines for evacuation analyses for new and existing passenger ships.* MSC/Circ.1033. Londres: OMI, 2002.
- [OMI, 2002b] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee.** *Guidelines for Formal Safety Assessment*

(FSA) for use in the imo rule-making process. MSC/Circ.1023 - MEPC/Circ.392. Londres: OMI, 2002.

- [OMI, 2003a] **OMI - Marine Environment Protection Committee.** *Revised interim guidelines for the approval of alternative methods of design and construction of oil tankers under Regulation 13F(5) of Annex I of MARPOL 73/78. MEPC.110(49) (replaced MEPC.66(37)). Londres: OMI, 2003.*
- [OMI, 2003b] **OMI - Maritime Safety Committee submitted by Bahamas and Greece.** *Consideration of the strategy and policy of the Organization including the report of the working group- IMO Strategic Plan - New build standards. MSC 77/2/5. Londres: OMI, 2003.*
- [OMI, 2003c] **OMI - Maritime Safety Committee submitted the IACS.** *IMO Strategic Plan. MSC 77/2/3. Londres: OMI, 2003.*
- [OMI, 2004a] **OMI - Maritime Safety Committee Submitted by The Bahamas, Greece and IACS.** *Goal-based new ship construction standards. MSC 78/6/2. Londres: OMI, 2004.*
- [OMI, 2004b] **OMI - Maritime Safety Committee: IACS Presentation to MSC 78.** *IMO goal-based standards and IACS common rules for building robust oil tankers and bulk carriers. Londres: OMI, 2004.*
- [OMI, 2005] **OMI – Design and equipment.** *PASSENGER SHIP SAFETY - Report of the working group. DE48/WP4. Londres: OMI, 2005.*

PARTIE 3

METHODES D'EVALUATION DU RISQUE ET APPLICATIONS

INTRODUCTION DE LA PARTIE 3

De nouvelles approches réglementaires de la sécurité maritime sont en vigueur ou en cours d'élaboration. La plupart d'entre elles sont des approches normatives fondées sur les techniques d'évaluation du risque. Leur succès dépend essentiellement de trois facteurs : les besoins de leurs utilisateurs, la maturité de la culture de sécurité de ceux-ci, et enfin, l'existence de techniques et méthodes appropriées. Concernant ce dernier point, la question de l'adaptabilité – au sens large : adaptabilité technique, scientifique, culturelle, etc. - des techniques d'analyse du risque à de nouvelles problématiques se pose. L'objectif de cette Partie 3 est de répondre à cette question de l'apport des techniques d'évaluation du risque par le développement méthodologique et l'application pratique. Cette introduction s'attache à présenter les raisons du choix de deux cas d'applications des techniques d'évaluation du risque : la perte d'intégrité structurelle des vraquiers par l'approche FSA, et la sécurité incendie d'un espace public typique des navires à passagers par l'approche de la conception alternative.

Le choix fondamental est de s'intéresser à l'apport des techniques d'analyse du risque pour deux approches en vigueur : tout d'abord, l'approche FSA qui introduit l'analyse de risques en amont de la réglementation afin de faciliter le processus de prise de décision réglementaire, ensuite, l'approche conception alternative qui introduit l'évaluation du risque en aval de la réglementation sous la responsabilité des chantiers ou armateurs. De ce choix principal découle presque naturellement les autres niveaux ou critères. Nous les avons groupés en deux classes : ceux du type « finalité de l'étude » et ceux du type « système étudié ».

➤ Finalité de l'étude

- En ce qui concerne l'objet de l'étude, pour la première c'est un navire générique, alors que pour la seconde, c'est un navire spécifique.
- En ce qui concerne le niveau de décision, il s'agit d'une part d'une aide à la décision pour la prise de décision réglementaire, et d'autre part d'une analyse du chantier ou de l'armateur qui doit être présentée pour approbation à une Administration nationale.
- En ce qui concerne les critères d'acceptabilité, la première repose sur les critères ALARP, alors que la seconde est une étude comparative.

➤ Système étudié

- En ce qui concerne le type de navires, l'étude vraquier s'intéresse à un type de navire dont la conception est « classique », avec une technologie relativement simple et standardisée. En revanche, pour la seconde étude, les navires à passagers sont un type de navire où l'innovation et le besoin de flexibilité requièrent des technologies avancées et spécifiques.
- En ce qui concerne les phénomènes étudiés, il s'agit d'une part de phénomène de structure, et d'autre part de l'incendie et de l'évacuation.
- En ce qui concerne l'étendue spatiale de l'étude, la première s'intéresse à un phénomène qui peut impacter l'ensemble du vraquier, alors que la seconde s'intéresse à une zone de navire, d'environ 45 mètres de longueur par 30 mètres de largeur par 7 mètres de hauteur.

Un dernier critère de choix important est la confidentialité de certaines études qui ne peuvent être communiquées dans le cadre de ce mémoire.

Plus explicitement, ces deux cas d'étude nous permettent d'entrevoir l'apport des techniques d'analyse du risque aux nouvelles approches réglementaires, et plus simplement comment les méthodes d'évaluation du risque permettent d'analyser des problématiques à plusieurs niveaux.

En ce qui concerne le contexte des deux études, la première est partie intégrante d'une étude FSA internationale complète des vraciers. Cette étude internationale était la première application réelle de l'approche FSA et s'est déroulée sur trois ans. La justification d'une telle étude réside dans

l'accidentologie élevée des vraquiers et dans la prise de conscience internationale sur ce sujet. La seconde est une étude exploratoire proposée et réalisée en interne au Bureau Veritas. Elle s'intéresse à une conception non prescriptive, qui était néanmoins typique des navires à passagers et admise par certaines Administrations sous réserve de la mise en place de certaines mesures de contrôle du risque additionnelles. La justification d'une telle étude réside dans le besoin que les chantiers ou armateurs pourraient exprimer si dorénavant (depuis 2002) les Administrations demandaient une analyse d'ingénierie incendie sur ce type de conception.

STRUCTURE ET PRESENTATION DE LA PARTIE 3

La Partie 1 a introduit la problématique générale de l'évolution de la configuration réglementaire de la sécurité maritime. Le premier Chapitre de la Partie 2 a tout d'abord apporté des concepts théoriques concernant de nouvelles approches réglementaires, ainsi que des considérations pratiques sur l'utilisation des techniques d'évaluation du risque. Le deuxième Chapitre de la Partie 2 a identifié et présenté les nouvelles tendances de la réglementation de la sécurité maritime. Cette Partie s'intéresse à deux approches en particulier, à l'apport des techniques d'évaluation du risque et à leurs applications. Elle comporte deux Chapitres. Le premier Chapitre est consacré à l'évaluation formelle de la sécurité. Tout d'abord, la méthode est présentée, ainsi que les principales applications. Ensuite, un cas d'application concernant la partie de l'évaluation du risque de perte d'intégrité structurelle des vraquiers est traité. Le deuxième Chapitre s'intéresse à la conception alternative pour la sécurité incendie. Le nouveau cadre réglementaire de la sécurité incendie est décrit, ainsi que les applications de conceptions alternatives de référence. Une méthodologie d'évaluation du risque est élaborée. Enfin, un cas d'étude exploratoire permet de mettre en oeuvre cette méthodologie au cours d'une analyse d'ingénierie incendie d'un espace public non prescriptif typique des navires à passagers. Cette Partie concerne l'apport méthodologique au travers de deux approches en vigueur, et fait également office d'expérimentation et de validation des méthodologies d'analyse du risque développées.

Chapitre 5: EVALUATION FORMELLE DE LA SECURITE

L'évaluation formelle de la sécurité, plus connue sous son sigle anglais FSA (*Formal Safety Assessment*), introduit l'analyse du risque en amont de la réglementation, dans sa phase d'élaboration. Le cas d'application présenté dans ce Chapitre se réfère à l'Etape 2 de la méthodologie FSA (Evaluation du risque) appliquée à la problématique de la perte d'intégrité structurelle des vraquiers. Cette Etape 2 repose sur les techniques des arbres des causes et des arbres des conséquences (l'ensemble étant appelé Arbre de Contribution au Risque, *Risk Contribution Tree*, dans l'industrie maritime). Elle fait partie d'une étude FSA internationale complète. Avant de présenter cette application, la méthode FSA est détaillée, et les principales applications sont brièvement présentées. Rappelons l'intention du FSA afin d'en avoir une vision globale tout au long de ce Chapitre : *“FSA is a structured and systematic methodology, aimed at enhancing maritime safety, including protection of life, health, the marine environment and property, by using risk and cost benefit assessment. FSA can be used as a tool to help in the evaluation of new regulations ... or for making a comparison between existing and possibly improved regulations, with a view to achieving a balance between various technical and operational issues, including the human element, and between maritime safety and protection of the marine environment and costs.”*

I. EVALUATION FORMELLE DE LA SECURITE

I.1. Origine et développement

L'initiative FSA est née d'une réaction en chaîne: de la réponse de l'OMI aux propositions britanniques en mars 1993 ; de la réponse du gouvernement britannique au rapport Carver ; et de la réaction du comité supervisé par Carver au tragique chavirement du Herald of Free Enterprise le 6 mars 1987.

Suite au désastre du Herald of Free Enterprise et à la disparition de 188 passagers et 5 membres d'équipage, Lord Carver a supervisé le *House of Lords Select Committee on Science and Technology* qui a rendu ses conclusions en 1992. Le rapport Carver [Carver, 1992] cherchait, entre autre, un changement radical. Une de ses recommandations était “*For the long term, we recommend a safety case regime for ship owners, based on preliminary safety goals agreed through IMO, administered by flag states. If necessary, the EC should be prepared to impose a safety case regime unilaterally on ships of any flag carrying passengers, oil or hazardous cargoes in EC waters*”.

La réponse du gouvernement britannique au rapport Carver fut claire à deux égards: premièrement, l'impraticabilité à court terme d'une approche *safety case* pour chaque navire, et deuxièmement, la nécessité d'explorer le potentiel de cette approche d'une façon déterminée et vigoureuse. Les principales raisons du rejet de la recommandation *safety case* étaient liées à la nature internationale de l'activité maritime et à l'existence d'une culture forte de certification prescriptive.

Quelques mois plus tard, le Royaume Uni soumettait une proposition au Comité de la Sécurité Maritime (MSC) de l'OMI [OMI, 1993]. L'innovation de ce papier était de combiner les bénéfices de l'approche *safety case*, tout en surmontant les problèmes associés à son introduction pour chaque navire : l'idée a été d'appliquer l'évaluation du risque non pas à un navire, mais au travail de l'OMI, et d'employer les résultats - de ce qui a été dénommé FSA - comme recommandations à la prise de décision de l'OMI. Selon la vision du gouvernement britannique, l'adoption du FSA permettrait de cibler les questions de sécurité à l'OMI, et d'établir des règlements rentables (*cost effective*) et proportionnels au risque. L'évaluation du risque devrait être explicite, structurée et auditable. C'était une approche globale de la sécurité qui prend en compte la totalité des dangers qu'un navire peut rencontrer.

L'accueil favorable du MSC aux propositions britanniques a encouragé l'Agence Maritime et des Garde-côte à établir un programme complet de recherche afin d'explorer, de développer et de démontrer une méthodologie détaillée de FSA pour l'OMI. Un défi majeur était l'adaptation d'outils normalement utilisés dans un contexte spécifique (un projet, une installation, un système particulier) afin qu'ils puissent être employés par le régulateur dans un contexte générique (un type de navire).

En 1996, le Royaume-Uni proposait une méthodologie détaillée à l'OMI [OMI, 1996a] [OMI, 1996b]. En 1997, les Directives provisoires (OMI MSC/Circ.829 - MEPC/Circ.335) [OMI, 1997] sur la méthodologie de l'évaluation formelle de la sécurité ont été adoptées afin de permettre de premières applications à titre expérimental. En 2001, suite à un certain nombre d'applications, ces Directives provisoires sont devenues les Directives FSA « *Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process* » (OMI MSC/Circ.1032 - MEPC/Circ.392) [OMI, 2002a].

I.2. Directives pour l'évaluation formelle de la sécurité (FSA) à utiliser dans le cadre du processus d'élaboration de règles de l'OMI

La méthodologie comprend, outre une étape de définition du problème, les 5 étapes suivantes (Figure 1):

- Etape 1 : Identification des dangers ;
- Etape 2 : Analyse des risques ;
- Etape 3 : Options de Maîtrise des risques ;
- Etape 4 : Analyse Coûts – Avantages ;
- Etape 5 : Recommandations en vue de la prise de décision.

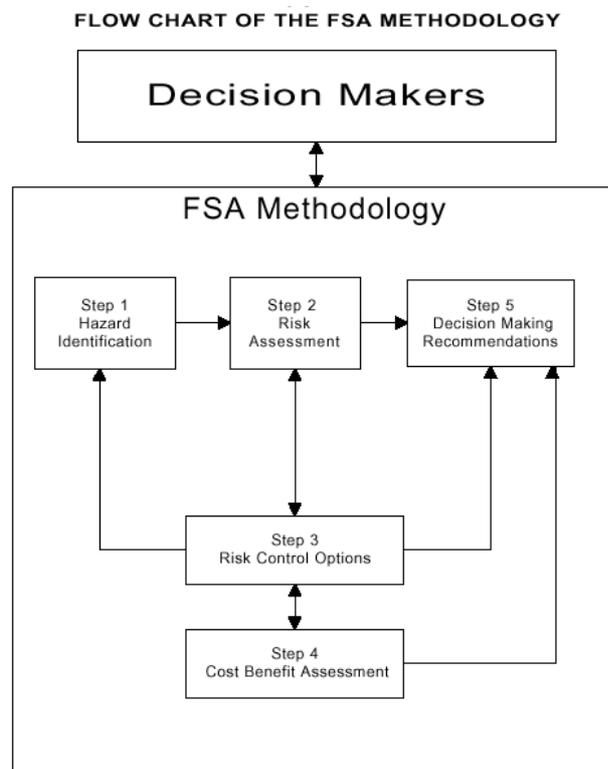


Figure 5-1 : Organigramme de la méthodologie FSA

I.2.1. Définition du problème

L'étude FSA, avant toutes choses, doit être précédée par un travail préparatoire pour définir et délimiter le type de navire à étudier, les dangers à étudier spécifiquement, l'étendue de l'étude elle-même, etc. Ce travail devra également permettre de réunir les informations disponibles sur les accidents, incidents et données de fiabilité pour l'étude en objet. Puisque l'étude FSA devra évaluer les risques étudiés du point de vue de leur acceptabilité, il y a lieu de spécifier des critères d'acceptabilité des risques. Or, il n'existe pas aujourd'hui de critères reconnus internationalement.

Dans ce contexte, les critères retenus et documentés dans l'étude FSA pourront servir à suivre l'efficacité des décisions prises. Pour appliquer la méthodologie FSA en vue d'une décision de type réglementaire, un modèle générique est défini. Il ne sera pas considéré comme un navire particulier, mais plutôt comme un ensemble de systèmes – organisation, gestion, exploitation, élément humain, électronique et matériel – qui remplissent les fonctions définies.

I.2.2. Etape 1 - Identification des dangers

L'objet de cette première étape de l'étude FSA est d'identifier tous les dangers pertinents pour le problème considéré et de filtrer les plus importants. Elle utilise principalement des outils propices à la créativité et comprend deux phases : une phase d'identification et une phase de classement.

➤ Identification

Ce processus consiste généralement à procéder en groupe à des examens structurés destinés à identifier les dangers. Ce groupe comprend des experts dans les divers domaines appropriés, tels que la conception, l'exploitation et la gestion du navire, ainsi que des spécialistes pouvant aider à identifier les dangers et à incorporer l'élément humain. Sa composition dépend du problème étudié. Il pourra comprendre par exemple un architecte naval, un ingénieur machine, un inspecteur, un officier de marine, un spécialiste du facteur humain, un analyste de risques, un modérateur et un rapporteur. Plusieurs techniques normalisées peuvent être utilisées, en fonction du problème étudié: par exemple l'analyse des modes de défaillances et de leurs effets (AMDEC, FMEA en anglais) ou l'HAZOP (*Hazard and Operability study*).

➤ Classement

Cette évaluation utilise des termes qualitatifs à ce stade de l'analyse. Les dangers identifiés sont classés à l'aide d'indice de fréquence, de sévérité et généralement représentés sous la forme d'une matrice de risque qualitative. Cette étape permet de filtrer les dangers qui vont être étudiés dans le détail par la suite.

I.2.3. Etape 2 - Analyse de risques

L'objet de cette étape est de détailler les dangers sélectionnés notamment en identifiant, et quantifiant, leurs causes et leurs conséquences. Ceci doit permettre de quantifier les risques, de mettre en évidence les risques élevés et d'identifier les facteurs qui influencent ce niveau de risque. Le modèle proposé par les Directives FSA est le *Risk Contribution Tree*, qui combine arbres des défauts et arbres des événements. La technique des arbres des causes permet de modéliser sous forme graphique et logique les événements qui conduisent à un événement indésirable. La technique des arbres des événements permet de représenter les séquences possibles d'événements découlant d'un événement initiateur. La quantification nécessite des données accidentelles, de fiabilité, et de toute autre source d'information appropriée. En particulier, le rôle du jugement d'expert est reconnu.

Les Directives FSA préconisent deux types de mesure du risque: le risque individuel et le risque sociétal. Dans ce dernier cas, il prend généralement la forme d'une courbe FN, qui représente la fréquence F en fonction d'un nombre N, ou plus, de victimes. Les Directives mentionnent le principe ALARP, que nous avons déjà mentionné, pour les critères d'acceptabilité.

1.2.4. Etape 3 - Options de Maîtrise des risques

L'objet de cette étape est de se concentrer sur les parties du modèle de risque qui ont une forte contribution au risque afin de maîtriser les risques en application du principe ALARP. Elle consiste à identifier des mesures possibles de maîtrise des risques (RCM : *Risk Control Measure*), et à regrouper les RCMs pour établir des options pratiques de réglementation (Option de maîtrise des risques, *Risk Control Option* - RCO). Les Directives suggèrent de se concentrer sur les aspects suivants :

- Le niveau de risque ; les accidents pour lesquels le niveau de risque est inacceptable sont la principale priorité ;
- La probabilité, pour les parties du RCT qui présentent une forte probabilité d'occurrence. Ces parties devront être évaluées quelle que soit la gravité des conséquences ;
- La gravité, en identifiant les domaines du RCT qui contribuent à des conséquences très graves. Ces domaines doivent être évalués quelle que soit leur probabilité ;
- La fiabilité, en identifiant les domaines pour lesquels le RCT indique une grande incertitude aussi bien en ce qui concerne le risque, la gravité ou la probabilité.

Les RCOs sont identifiées lors d'un examen structuré en groupe. Une fois identifiées, les RCOs sont prises en compte dans le modèle de risque utilisé dans l'étape 2, ce qui permet d'évaluer la réduction de risque ainsi obtenue.

1.2.5. Etape 4 - Analyse Coûts – Avantages

L'objet de l'étape 4 est d'évaluer les bénéfices et les coûts associés à la mise en place des RCO identifiées dans l'étape précédente.

Il existe plusieurs indices qui expriment le rapport coûts-efficacité eu égard à la sauvegarde de la vie humaine, tels que le "coût brut de la prévention d'une mort" (CAF brut) et le "coût net de la prévention d'une mort" (CAF net). D'autres indices basés sur les dommages et les incidences pour les biens et l'environnement peuvent être utilisés pour l'analyse des coûts/avantages concernant de telles questions. Le rapport coût/efficacité des RCO peut être calculé sur la base de tels indices.

Les estimations données se rapportent au coût brut de la prévention d'une mort (CAF brut) et au coût net de la prévention d'une mort (CAF net). On les définit par les formules suivantes :

- $CAF\text{ brut} = \Delta C / \Delta R$, et
- $CAF\text{ net} = (\Delta C - \Delta B) / \Delta R$
dans lesquelles :

- ΔC est le coût par navire de l'option de maîtrise des risques.
- ΔB est l'avantage économique par navire découlant de l'application de l'option de maîtrise des risques (cela peut inclure également la prévention d'une pollution).
- ΔR est la réduction du risque par navire, en terme de nombre de morts évitées, découlant de l'option de maîtrise des risques.

1.2.6. Etape 5 - Recommandations en vue de la prise de décision

Les Directives de l'OMI donnent en annexe un modèle formalisé de rapport d'une étude FSA. Ce dernier doit :

- Présenter clairement les recommandations finales ;
- Dresser la liste des principaux dangers, risques, coûts et avantages identifiés lors de l'évaluation ;
- Expliquer la base des hypothèses importantes, les limites, les modèles et les techniques utilisées pour les évaluations et les recommandations,
- Décrire les sources, l'étendue et l'importance des principales incertitudes associées à l'évaluation ou aux recommandations,
- Décrire la composition et les compétences du groupe qui a appliqué la méthodologie FSA.

1.3. Critères d'acceptabilité du risque

L'élaboration d'une méthodologie basée sur le risque devrait certainement, pour être complète, considérer les critères d'acceptabilité du risque. Cependant, l'établissement de tels critères n'a pas été inclus dans le programme de recherche initial britannique pour deux raisons. Premièrement, la communauté de l'OMI n'a pas été jugée assez mature pour penser en termes de niveau de sécurité défini. Deuxièmement, le rapport Carver avait spécifiquement recommandé que les objectifs de sécurité soient convenus à l'OMI. La méthodologie a été ainsi conçue comme un outil pour hiérarchiser les questions de sécurité et pour permettre d'allouer les ressources de manière efficace laissant la décision sur les critères d'acceptabilité aux membres de l'OMI. Ainsi, il a été considéré que l'adoption des Directives provisoires permettrait d'engager les discussions à partir des applications, et que par conséquent, le sujet des critères d'acceptabilité du risque ne devait pas être inclus dans les Directives provisoires. La discussion dans les groupes de travail de l'OMI s'est poursuivie pour exprimer le besoin de critères quantifiés afin de faciliter les prises de décisions à partir des recommandations du FSA, et pour confirmer que la décision sur l'acceptabilité devait être de la responsabilité de l'OMI et non du groupe de travail FSA.

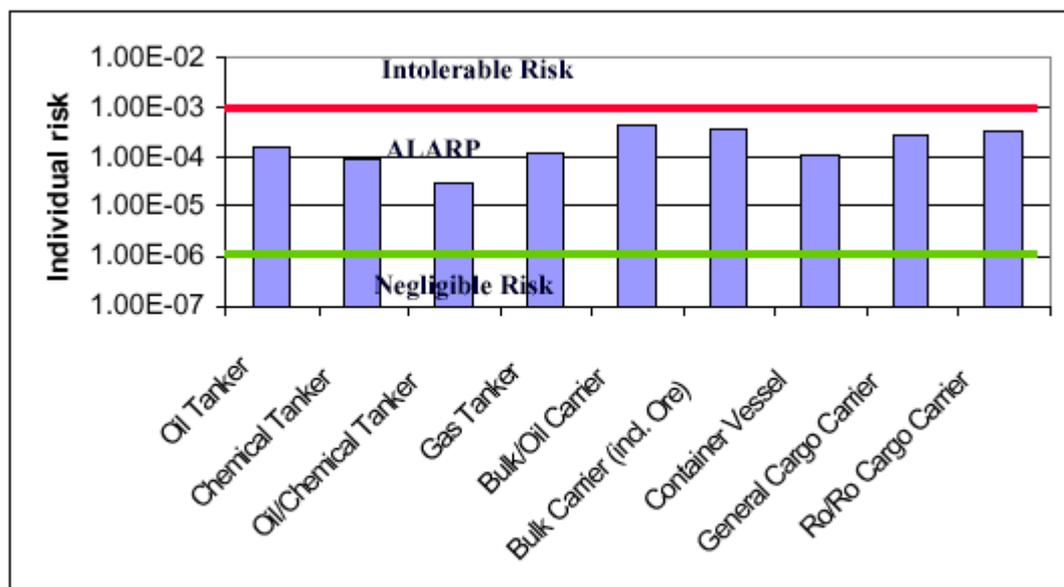
Une proposition a été soumise par la Norvège [OMI, 2000] et, bien que celle-ci n'ait pas été incorporée aux Directives finales, elle constitue la référence de la majorité des études FSA. A ce titre, les critères proposés méritent d'être rappelés.

En ce qui concerne les critères d'acceptabilité du risque individuel, la proposition est basée sur ceux publiés par le Health & Safety Executive britannique dans la version provisoire du document *Reducing Risk Protecting People* [UK HSE, 1999] que nous avons déjà mentionnée.

Criteria	Value
Maximum tolerable risk for crew members	10 ⁻³ annually
Maximum tolerable risk for passengers	10 ⁻⁴ annually
Maximum tolerable risk for public ashore	10 ⁻⁴ annually
Negligible risk	10 ⁻⁶ annually

Tableau 5-1 : Risque individuel [OMI, 2000]

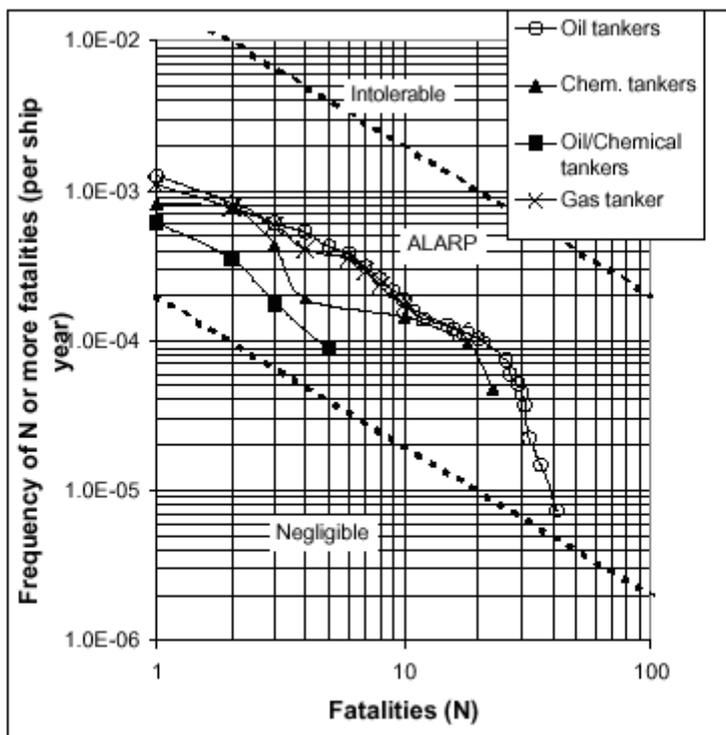
La figure suivante montre les critères d'acceptabilité et le risque individuel réel (estimé à partir de la base de données LMIS) pour les membres d'équipages de différents types de navires. La figure indique que les risques individuels dans l'industrie maritime sont dans la région ALARP - selon les critères proposés - : des options de contrôle de risque doivent être introduites si elles sont « *cost effective* ».



: Individual fatality risk (annual) for crew of different ship types, shown together with the proposed Individual Risk acceptance criterion (data from 1978 to 1998, data source: LMIS).

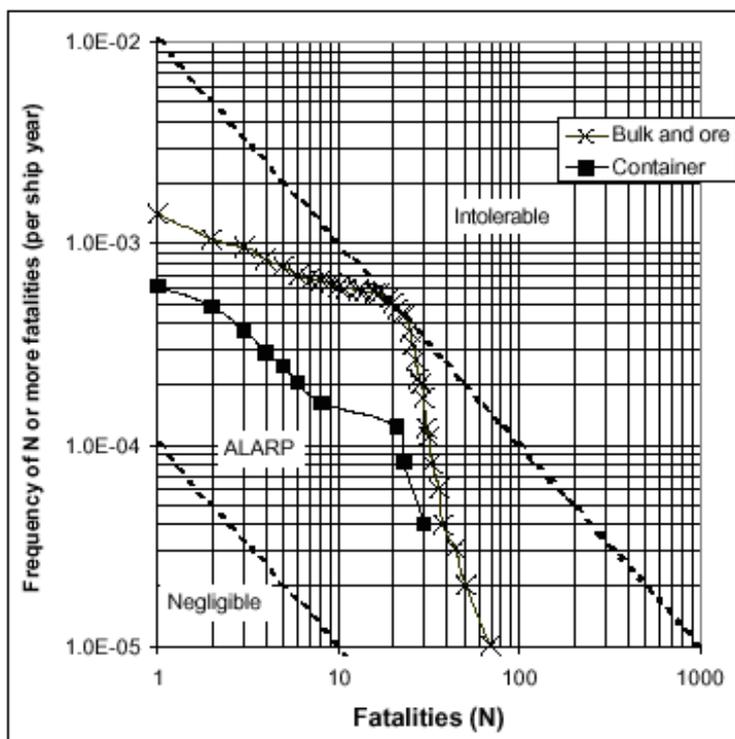
Figure 5-2 : Risque individuel : membres d'équipage [OMI, 2000]

Les critères d'acceptabilité du risque sociétal ont été élaborés en prenant en compte l'importance économique de l'activité pour la société. Les figures suivantes montrent les critères d'acceptabilité et les courbes FN réelles pour les tankers, vraquiers, porte conteneurs, et navires rouliers à passagers. Les données historiques donnent des courbes FN à l'intérieur de la région ALARP dans la majorité des cas. On peut remarquer que la courbe des vraquiers touche apparemment la limite entre la zone ALARP et la région intolérable. Ceci peut-être corrélé avec l'attention particulière donnée à la sécurité des vraquiers à partir des années 90.



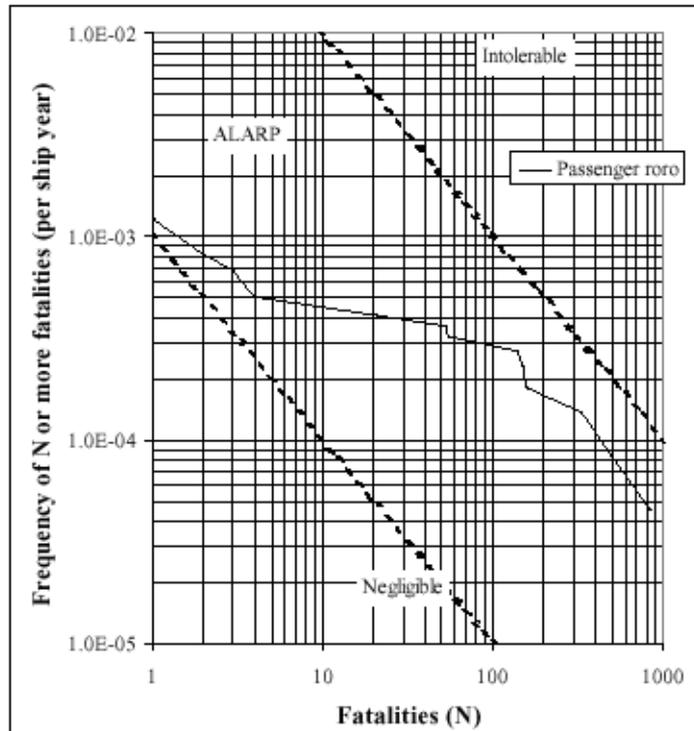
FN curves for different tankers, shown together with established risk acceptance curves. Data from 1978-1998. (Data source: LMIS)

Figure 5-3 : Risque collectif : différents navires-citernes [OMI, 2000]



FN curves for bulk and ore carriers, and container vessels, shown together with risk acceptance criteria established by the above outlined method. Data from 1978-1998. (Data source: LMIS)

Figure 5-4 : Risque collectif : vraquiers et porte-conteneurs [OMI, 2000]



FN curve for passenger ro/ro ships, shown together with risk acceptance criteria established by the above outlined method. Data from 1989-1998. (Data source: LMIS)

Figure 5-5 : Risque collectif : navires rouliers à passagers [OMI, 2000]

La position de la communauté maritime à l’OMI est néanmoins divisée quant aux critères d’acceptabilité du risque. Pour certains il est nécessaire que ces critères soient fixés avant l’utilisation extensive du FSA, afin que leurs valeurs ne dépendent pas des résultats des études. A l’opposé, certains soutiennent que lorsque des critères quantifiés sont fixés avant une étude FSA, toute latitude est laissée pour l’ajustement des analyses afin que le niveau de risque soit acceptable. Pour conclure ce paragraphe, mentionnons que les critères d’acceptabilité environnementaux sont dorénavant inclus dans le mandat des groupes de correspondance FSA de l’OMI (les discussions sont encore trop peu avancées pour être présentées ici).

1.4. Facteur humain

L’élément humain a été un sujet de discussions majeur à l’OMI, et ce dès la genèse du FSA. La section 4.3 des Directives provisoires stipule: *“The human element is one of the most important contributory aspects to the causation and avoidance of accidents. Human element issues...should be systematically treated within the FSA framework, associating them directly with the occurrence of accidents, underlying causes or influences. Appropriate techniques for incorporating human factors should be used.”* De plus, les groupes de travail de l’OMI sur l’élément humain et sur le FSA, qui à l’origine se réunissaient en parallèle, se sont par la suite réunis collégalement. Cette interaction a été bénéfique pour le groupe FSA, profitant ainsi de l’expérience des praticiens du facteur humain. L’IACS, en particulier, a donné une attention particulière à l’élément humain et à

son incorporation structurée dans les Directives FSA. L'IACS a ainsi développé une "Draft guidance on human reliability analysis (HRA) within formal safety assessment (FSA)" [OMI, 1999] pour incorporation dans les Directives FSA. Cette proposition a finalement été intégrée aux Directives FSA [Annexe 1 de OMI, 2002].

L'annexe 1 propose l'incorporation de l'élément humain dans les études FSA par l'utilisation des techniques d'analyse de fiabilité humaine (*Human Reliability Analysis – HRA*), développées originellement par le secteur nucléaire. Ces techniques fournissent un support aux trois premières étapes de la méthodologie de FSA (figure suivante). Le processus de HRA comprend habituellement les étapes suivantes : 1. l'identification des tâches clefs ; 2 l'analyse des tâches clefs ; 3. l'identification des erreurs humaines ; 4. l'analyse des erreurs humaines ; et, 5. la quantification de la fiabilité humaine. L'annexe mentionne que des bénéfices substantiels peuvent être tirés de l'utilisation qualitative des techniques HRA, durant l'étape d'identification des dangers. Elle reconnaît aussi que les données disponibles pour une quantification de la fiabilité humaine sont rares, et que le jugement d'expert peut-être le moyen le plus approprié pour la quantification. Des techniques issues du secteur nucléaires sont aussi mentionnées (*Technique for Human Error Rate Prediction - THERP – et Human Error Assessment and Reduction Technique - HEART*)

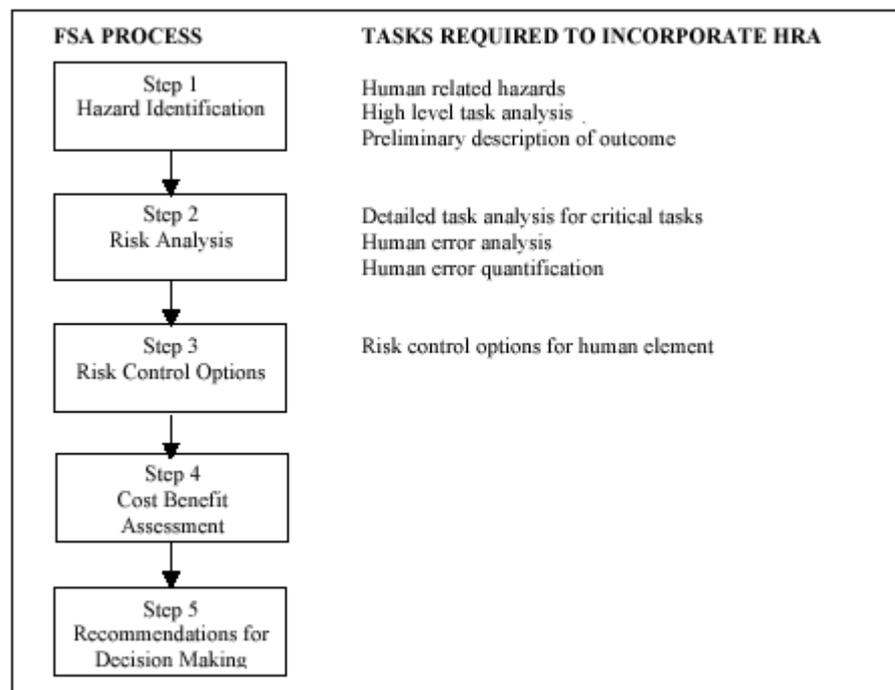


Figure 5-6 : L'analyse de la fiabilité humaine dans le processus FSA [OMI, 2002]

II. PRINCIPALES APPLICATIONS

A la suite de l'introduction des Directives provisoires, une première série d'applications – appelées application à titre expérimental – a été menée. Les deux plus importantes ont été l'étude britannique sur les catamarans rapides et l'étude de la Norvège et d'ICCL (*International Council of Cruise Lines*) sur les aires d'atterrissage des hélicoptères, qui s'est traduite par des amendements de la SOLAS en 1998. Les premières études FSA « complètes » ont concerné les vraquiers, dont la sécurité était activement considérée au niveau de l'OMI. Cette section rappelle ces principales études, et considère brièvement les aspects principaux relatifs aux approches d'évaluation du risque utilisées.

II.1. Applications à titre expérimental

II.1.1. Royaume-Uni – Catamarans rapides

Les résultats de cette étude ont été soumis pour information au comité MSC [OMI, 1998a] et au sous-comité DE (Design and Equipment), alors en charge de la révision du Code sur les navires rapides (High Speed Craft – HSC - Code). Cette étude a eu lieu parallèlement au développement des Directives provisoires du FSA, mais en applique néanmoins la méthodologie. La finalité principale de cette étude était principalement d'être une étude de démonstration avec un champ limité. Le groupe de correspondance FSA a été chargé de passer en revue cette étude. Celui-ci a conclu : *“The Group appreciated [...] studies by the United Kingdom [...], which were found to provide a great deal of insight into high-speed craft safety issues, although concerns were raised about the degree to which they should be used for decision making. Given the complexities of the FSA and the system under consideration, the analysis needs to be extremely open and clear in order for the utility of the study for decision making to be assessed.”*

Néanmoins, cette application à titre expérimental a été positive au moins à deux égards : premièrement, en fournissant un exemple complet et pratique de l'application de la méthodologie FSA; deuxièmement en fournissant une base de discussion pour l'amélioration des Directives.

II.1.2. Norvège - Aires d'atterrissage et d'évacuation par hélicoptère

La première étude FSA qui a aboutie à une décision réglementaire a été l'étude sur les aires d'atterrissage et d'évacuation par hélicoptères (*Helicopter Landing Area – HLA*) [OMI, 1998b] avec l'abandon de cette mesure pour les navires à passagers non-rouliers. La règle sur les HLA a été à l'origine présentée pour l'amélioration de la sécurité des navires rouliers à passagers, suite au naufrage de l'Estonia en 1994, mais a été étendue à l'ensemble des navires à passagers par la suite. Les représentants de l'industrie ont remis en cause la justification d'une telle règle pour tous les

navires à passagers. L'analyse FSA a montré que le CAF brut de cette mesure était de l'ordre de \$70m, une valeur bien trop élevée par rapport aux critères classiques.

Deux modèles de risques différents ont été développés dans cette étude. Le premier repose sur une revue des accidents et l'estimation de l'impact d'un HLA sur ces accidents. Le deuxième est plus théorique avec l'estimation des temps de réponse de l'hélicoptère, de son temps de trajet, etc., comparé au temps disponible pour une opération de sauvetage réussie.

II.2. Applications à la sécurité des vraquiers

La sécurité des vraquiers a été remise en question dans les années 90 suite à une succession d'accidents relative à ce mode de transport. En 1997, La Conférence SOLAS sur les vraquiers a adopté un certain nombre de mesures de sécurité. Suite à l'enquête sur le naufrage du vraquier britannique Derbyshire – qui a fait 44 victimes en 1980 au large de la baie de Tokyo - une des recommandations faites à l'OMI, en 1998, a été de conduire une étude FSA sur les vraquiers. À la soixante-dixième session du MSC, en 1998, le Royaume-Uni a proposé de conduire une étude internationale [OMI, 1998c]. À cette session, le Japon a annoncé qu'il lançait également une étude sur la sécurité des vraquiers. L'IACS et la Norvège se sont aussi intéressés à ce problème.

L'IACS a soumis un rapport final sur l'intégrité de l'étanchéité de la partie avant des vraquiers au MSC74 [OMI, 2001a] un an après son lancement. En 2001, la Norvège a soumis une étude sur les engins de sauvetage des vraquiers [OMI, 2001b]. En 2002, le Japon a soumis les résultats de son étude sur l'envahissement des cales et les défaillances structurelles [OMI, 2002b]. Enfin, après trois années, les résultats de l'étude collaborative internationale ont été présentés à l'OMI [OMI, 2002c] (l'étape 2 est présentée ci-après). Le tableau suivant synthétise les approches d'évaluation du risque utilisées par chaque étude.

Study	Submitted by	Risk approaches
Fore end watertight integrity	IACS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hazard identification <ul style="list-style-type: none"> ○ Hazard List from Literature ➤ Risk Model <ul style="list-style-type: none"> ○ Fault tree, Event tree ○ Extensive analysis of data ○ Structural reliability methods
Life Saving Appliances	Norway/ICTFU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hazard identification <ul style="list-style-type: none"> ○ SWIFT technique ○ Ranking: frequency and severity indexes ➤ Risk model: generic Event tree + Fault tree <ul style="list-style-type: none"> ○ Accident data ○ Human reliability data from other industries ○ Expert judgement
Water ingress to cargo holds and/or structural failures	Japan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hazard identification <ul style="list-style-type: none"> ○ Worksheet ○ Ranking: frequency & severity indexes ➤ Risk model

Chapitre 5 : Evaluation formelle de la sécurité

Study	Submitted by	Risk approaches
		<ul style="list-style-type: none"> ○ Event tree + Fault tree ○ historical data analysis & creative activities ○ Human element not included
Loss Of Hull Integrity	International by UK	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hazard identification <ul style="list-style-type: none"> ○ HAZOP ○ Human Task Analysis ➤ Risk Model <ul style="list-style-type: none"> ○ Event tree & Fault tree ○ Without expert judgement

Tableau 5-2 : FSA des vraquiers et techniques d'évaluation du risque

III. METHODE ET CAS D'APPLICATION

III.1. Contexte général

III.1.1. Etude collaborative FSA

L'analyse présentée se rapporte à l'étape 2 du FSA (Evaluation des risques) dans le cadre du Projet international de collaboration sur le FSA des vraquiers. Il représente un exemple de l'application de l'approche FSA, basé sur les Directives provisoires. Ainsi, la démarche est conforme aux Directives et plus précisément aux exigences de développement des *Risk Contribution Tree*.

III.1.2. Accidentologie

La figure suivante illustre la courbe FN (fréquence de N, ou plus, victimes par navire-année) pour les vraquiers en comparaison avec d'autres types de navires (Source des données : *Lloyd's Register casualty database*). Cette figure permet de montrer que les fréquences de N – ou plus - victimes des vraquiers sont globalement élevées, notamment dans la région de 10 à 30 victimes. Ceci s'explique par les conditions opérationnelles des vraquiers dont l'équipage est généralement composé d'une vingtaine de personnes : en cas d'incident sérieux la perte de la totalité de l'équipage est malheureusement une réalité.

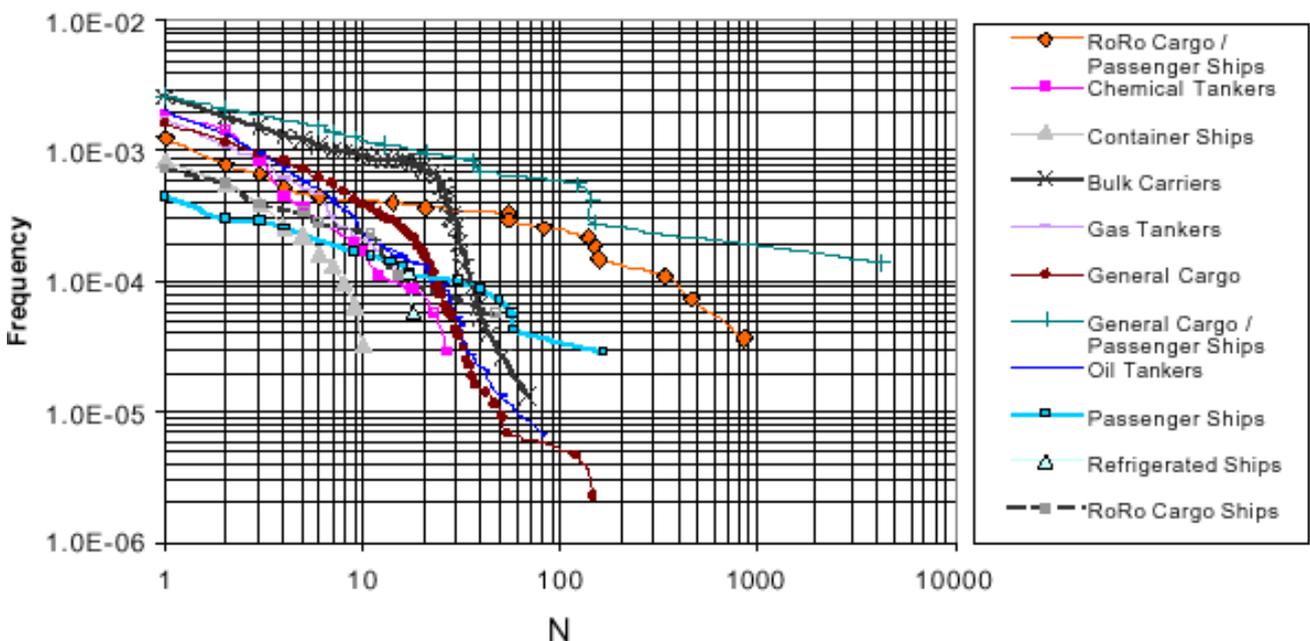


Figure 5-7 : Risque collectif : courbe FN pour différents types de navire

III.1.3. Définition du navire

Un vraquier est défini comme étant: “any ship designed, constructed, and/ or used for the carriage of solid bulk cargo”, et une cargaison en vrac solide: “means any material, other than liquid or gas, consisting of a combination of particles or larger pieces of material, generally uniform in composition, which is loaded into the cargo spaces of a ship, generally without any intermediate form of containment.”

L’approche est basée sur la définition d’un vraquier générique qui décrit, autant que possible, les fonctions, les dispositifs, les caractéristiques et les attributs qui sont communs aux navires inclus dans l’étude.

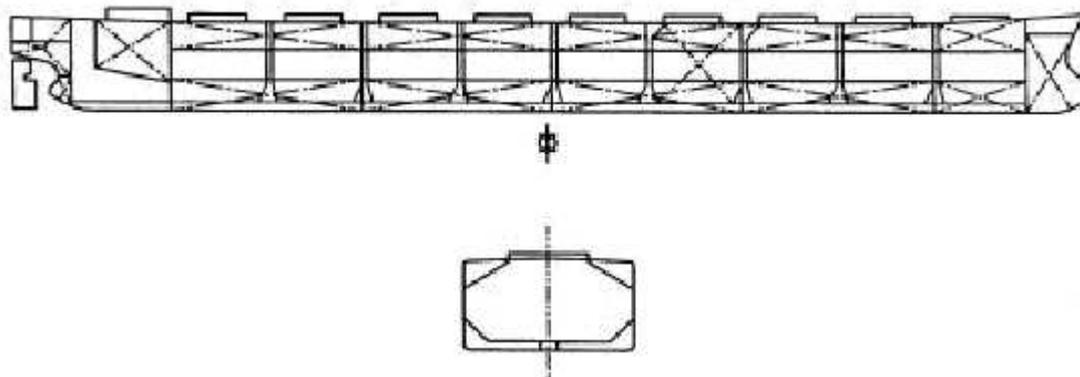


Figure 5-8 : Plan général de la structure d’un vraquier (simple coque)

La classification suivante, fonction de la taille du navire, est retenue (DWT – deadweight tonnes : tonnes de port en lourd).

Bulkcarrier	DWT (ton)
Mini	Less than 9,999
Handysize	10,000 – 34,999
Handymax	35,000 – 49,999
Panamax	50,000 – 79,999
Capesize	More than 80,000

Tableau 5-3 : Définition des vraciers en fonction du tonnage

III.1.4. Etape 1 – Identification des dangers

L’identification des dangers a été menée en deux étapes:

- Une HAZOP afin d’identifier les dangers associés avec les différentes phases opérationnelles ;
- Une analyse de tâche du facteur humain

La principale conclusion de cet exercice a été l’identification de la perte d’intégrité de la structure (*Loss of Hull Integrity* – LOHI) comme l’événement redouté principal.

III.1.5. Etape 2 – Analyse de risques

Cette étape 2 comprend deux axes :

- Le développement et la quantification des RCTs, objet de cette section ; et,
- L'identification des facteurs influençant la fiabilité humaine.

La mesure de risque sélectionné est la perte potentielle en vies humaines (*Potential of Loss of Life per ship year - PLL*) (morts par année-navire). Le PLL est une mesure pratique du risque : elle est unidimensionnelle. Elle est définie comme le nombre de victimes par navire et par an. Ainsi, le PLL pour les vraquiers peut être calculé en divisant le nombre de victimes sur une année pour l'ensemble de la flotte par le nombre de navires en service durant cette année. Le risque individuel peut être déterminé à partir du PLL si les degrés d'exposition (temps passé à bord) pour chaque individu sont connus. Pour les catégories d'accidents étudiés, le risque est considéré comme étant le même pour tout membre d'équipage. Dans ce contexte, le PLL a été considéré comme une mesure suffisante du risque individuel : le PLL correspond au risque individuel pour chaque membre d'équipage multiplié par le nombre de membres d'équipage.

III.2. Méthode

III.2.1. Contraintes

L'étude FSA internationale a été menée d'une manière fragmentée, le processus en cinq étapes du FSA a été divisé en un nombre important de groupes de travail impliquant différents organismes. Cette approche, si elle a l'avantage d'une participation large et diverse, souffre inévitablement de deux inconvénients: la difficulté de transfert de l'information entre les groupes de travail et le manque de vision de chaque participant.

En ce qui concerne l'étape 2, le développement des RCT se place donc dans un contexte plus général qui crée certaines contraintes sur ce travail. Elles sont de trois ordres : les données d'entrées disponibles, les données de sortie attendues, et les décisions d'ordre managérial.

En ce qui concerne les données d'entrée fournies, ce sont principalement les résultats de l'étape d'identification des dangers et les résultats du traitement statistique des données historiques.

En ce qui concerne les résultats attendus, ils doivent être adaptés aux étapes suivantes d'identification – et d'évaluation de l'efficacité - des options de contrôle de risques et d'analyse coût bénéfice. Pour atteindre ces objectifs, le modèle doit être suffisamment détaillé pour permettre la prise en compte de l'effet des règles, doit être suffisamment large pour prendre en compte différentes catégories de contributeurs au risque (conception, maintenance, etc.), et doit être

quantifié. L'idée directrice est donc de débiter par un niveau global d'analyse qui est détaillé si nécessaire.

En ce qui concerne les décisions d'ordre managérial, il a été décidé que la quantification serait réalisée à partir de données historiques, et donc de ne pas utiliser le jugement d'expert pour cette quantification. La raison d'une telle décision est la perte de crédibilité qui aurait pu être accordée à l'étude si elle avait fait appel à l'expertise pour la quantification (des applications à titre expérimental avaient été critiquées pour leur recours « abusif » au jugement d'expert). Une des conséquences de cette ligne de conduite est l'attribution de fréquence nulle à certains événements identifiés par brainstorming, mais dont la réalisation historique n'a pas eu lieu.

III.2.2. Méthode

III.2.2.1. Risk Contribution Tree

Cette étape 2 repose sur le développement de RCTs. Ce modèle de risque permet une représentation schématique de la distribution du risque parmi différentes catégories et sous-catégories d'accidents : il combine les arbres des causes et les arbres d'événement. Des arbres des causes sont développés pour identifier des événements, qui, une fois combinés, causent un accident – le *top event*. Les arbres d'événement permettent l'analyse et la représentation des conséquences à partir d'un événement initiateur (*initiating event*).

III.2.2.2. Arbre des causes ou arbre des fautes (Fault Tree)

L'arbre des causes est un diagramme logique qui représente les combinaisons d'événements menant, seuls ou en combinaison, à un événement indésirable. Il est formé de niveaux successifs tels que chaque événement intermédiaire soit généré par des événements du niveau inférieur. L'événement de plus haut niveau est appelé *Top Event*. L'arbre des causes est une technique descendante et déductive : il s'agit à partir d'un événement jugé indésirable d'en comprendre ses causes. L'analyse se structure généralement en deux temps : une phase de construction et une phase d'exploitation. Au préalable, d'une part, le système étudié aura dû être défini, et d'autre part, les événements indésirables auront dû être identifiés (grâce à des techniques d'identification des dangers). La phase de construction identifie et ordonne logiquement les causes menant à l'événement principal. La représentation de l'arbre utilise un formalisme précis. Les portes « ou » et « et » sont présentées dans le tableau suivant.

Symbole de la porte	Nom de la porte	Relation
	Porte OU	L'événement supérieur se produit si un des événements inférieurs se produit
	Porte ET	L'événement supérieur se produit si tous les événements inférieurs se produisent

Tableau 5-4 : Arbre des cause : portes logiques

La phase d'exploitation peut être qualitative ou quantitative. Dans ce dernier cas, l'arbre permet de calculer la probabilité, ou la fréquence, de l'événement principal, *Top Event*, à partir des probabilités des événements élémentaires.

III.2.2.3. Arbre d'événements ou arbre des conséquences (Event tree)

L'arbre des événements est un diagramme logique qui représente une séquence d'événements à partir d'un événement initiateur (*initiating event*). Il est formé de branches successives représentant généralement le succès ou l'échec d'une action ou d'un événement. L'arbre des événements est une technique inductive: il s'agit à partir d'un événement jugé indésirable d'en comprendre ses conséquences. L'analyse se structure généralement en deux temps : une phase de construction et une phase d'exploitation. Au préalable, d'une part, le système étudié aura dû être défini, et d'autre part, les événements indésirables auront dû être identifiés (grâce à des techniques d'identification des dangers). A partir de l'événement initiateur, la phase de construction identifie et ordonne, de manière séquentielle, les événements intermédiaires menant à des événements finaux (conséquences). A chaque nœud de l'arbre, il est généralement admis que la branche supérieure est la branche de succès, et la branche inférieure, la branche de l'échec (voir figure suivante).

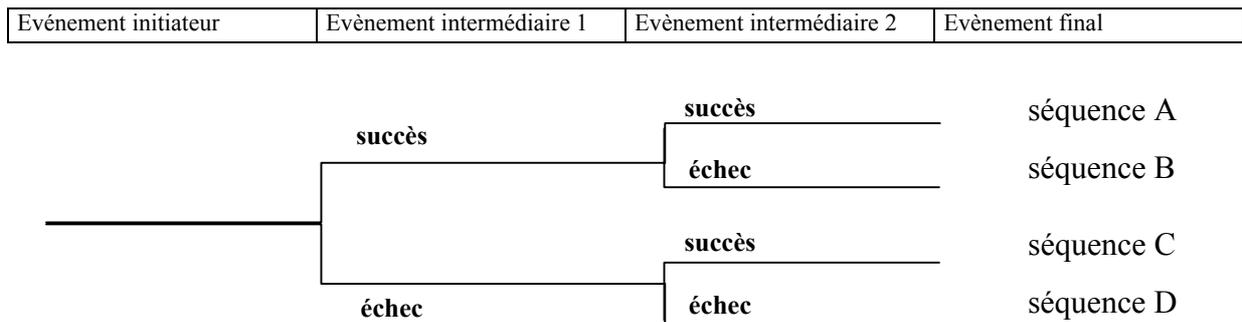


Figure 5-9 : Arbre d'événements : structure générale

L'analyse quantitative consiste à établir la fréquence de l'événement initiateur, les probabilités de succès ou d'échec des événements intermédiaires, afin de calculer les fréquences des événements finaux. Couplé à une évaluation des conséquences de chaque séquence, le risque peut-être évalué.

III.2.2.4. Synthèse

La méthode adoptée comprend les étapes suivantes:

1. Arbres des causes
 - a. Création de la structure
 - b. Quantification
 - c. Analyse
2. Arbres des événements
 - a. Création de la structure
 - b. Quantification
 - c. Analyse

Il est important de rappeler quelques points avant de présenter l'application de cette méthode:

- L'étude porte sur l'ensemble des systèmes et des phases opérationnelles à partir de la définition d'un vraquier générique.
- L'étape 1 « Identification des dangers » a identifié la perte d'intégrité de la structure comme l'événement indésirable principal
- L'étape 1 « Identification des dangers » a fournit une liste de dangers que les arbres doivent intégrer
- Les arbres doivent prendre en compte des catégories d'accident présentes dans les bases de données accidentelles
- Les arbres sont particularisés en fonction du type de vraquier considéré (e.g. capsized, etc.)
- La quantification résulte uniquement du traitement des données historiques.
- Les arbres des causes et les arbres d'événements sont modélisés grâce au logiciel STARS Studio, développé par le *European Community Joint Research Centre*.

III.3. Analyse et résultats

III.3.1. Arbres des causes

III.3.1.1. Création de la structure

Les arbres ont été organisés en trois branches principales identifiant des cas d'invasion pouvant mener à une perte d'intégrité de la coque (LOIH).

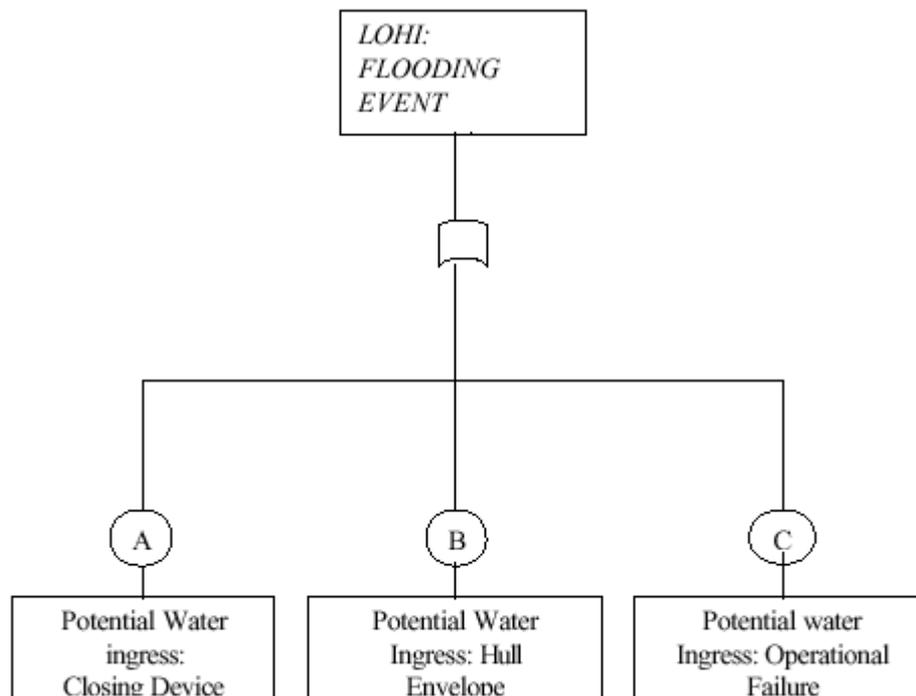


Figure 5-10 : Arbre des causes : LOIH – Branches principales

III.3.1.2. Quantification

La catégorie d'événement la plus fréquente est *Side Shell Failure* (146 cas). Viennent ensuite, *Pipes and Valves* (47 cas) et *Hatch Cover Failure* (40 cas). Ces résultats sont ensuite analysés par type de navires.

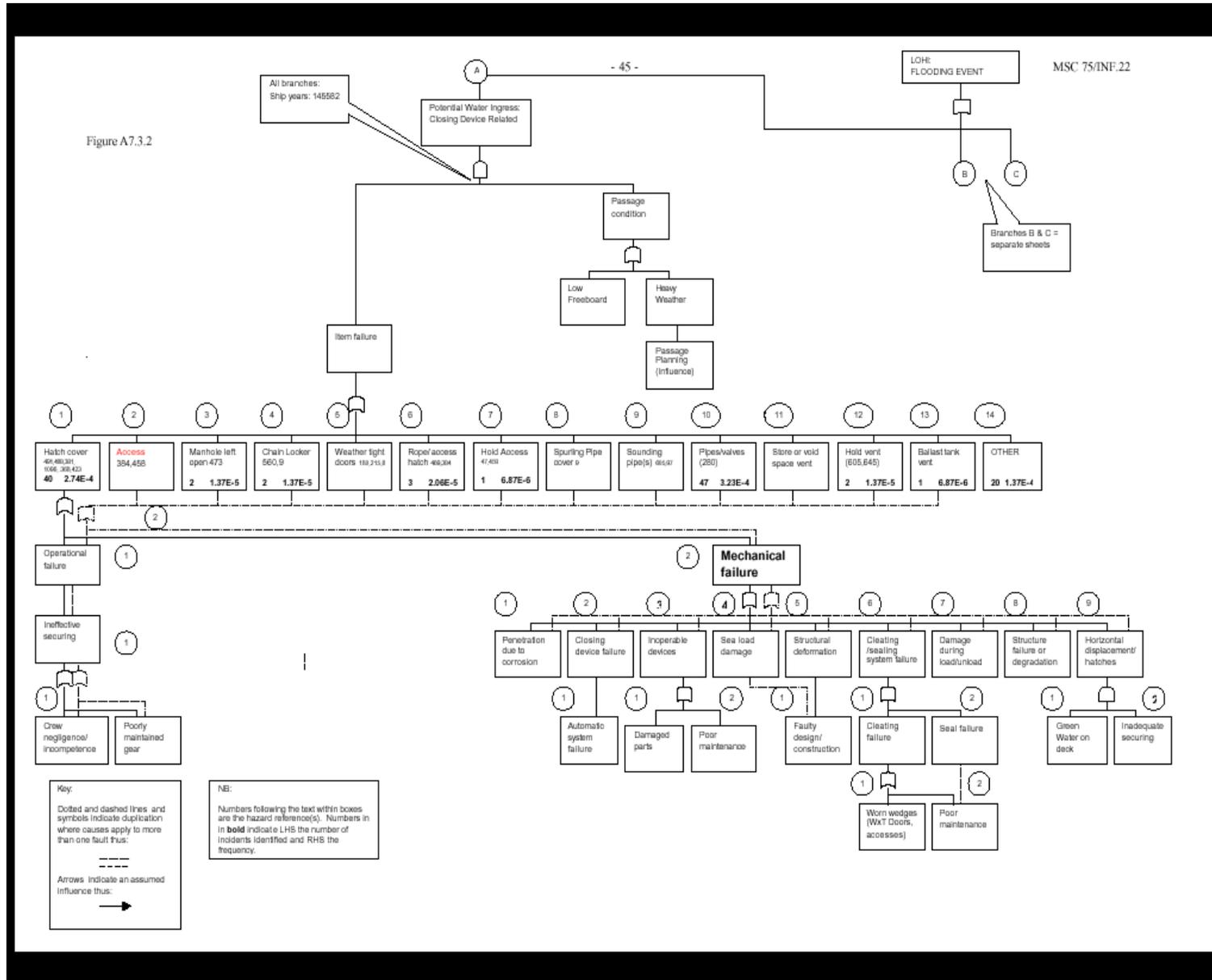


Figure 5-11 : Arbre des causes : LOHI – Branche « Closing devices »

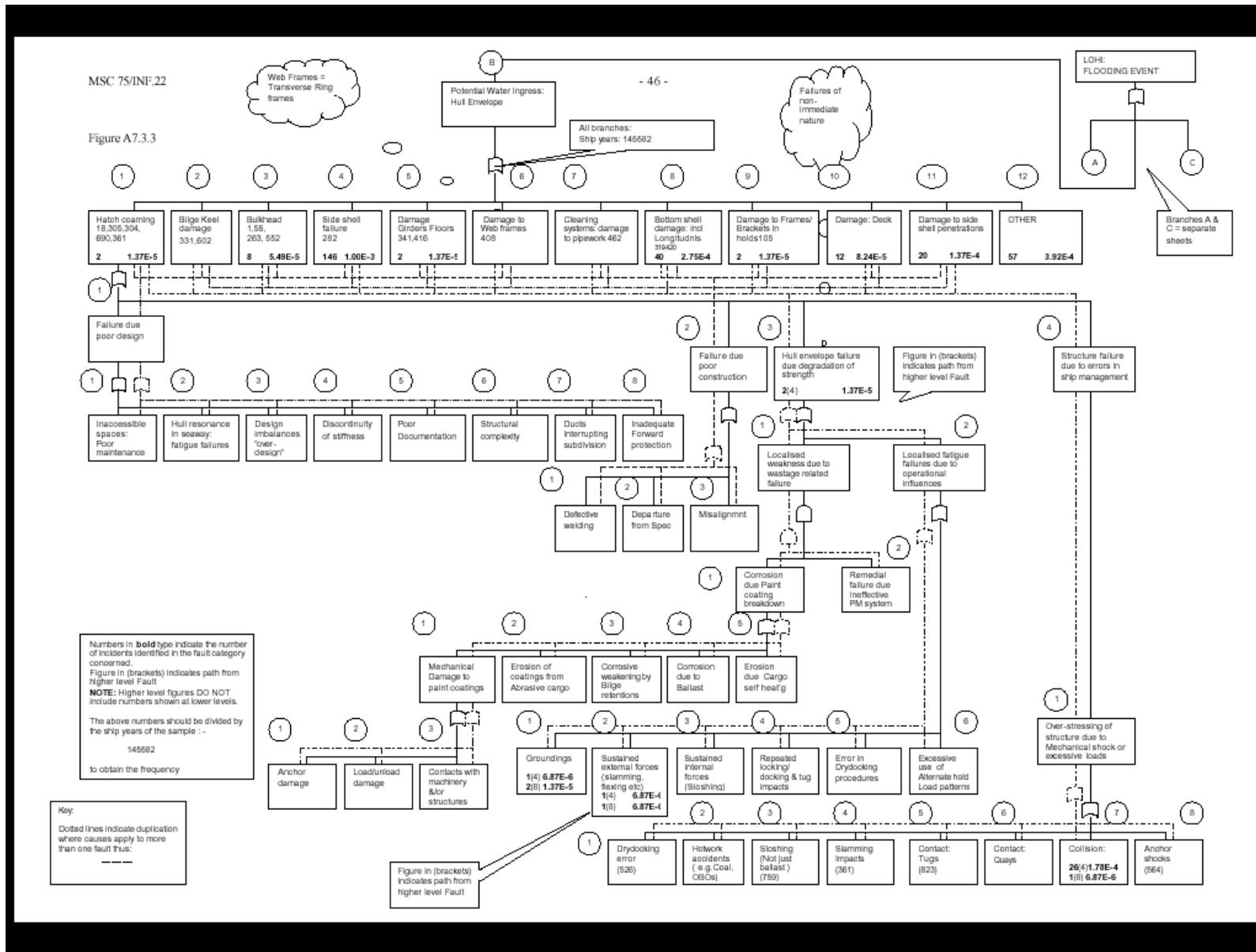


Figure 5-12 : Arbre des causes : LOHI – Branche « Hull envelope »

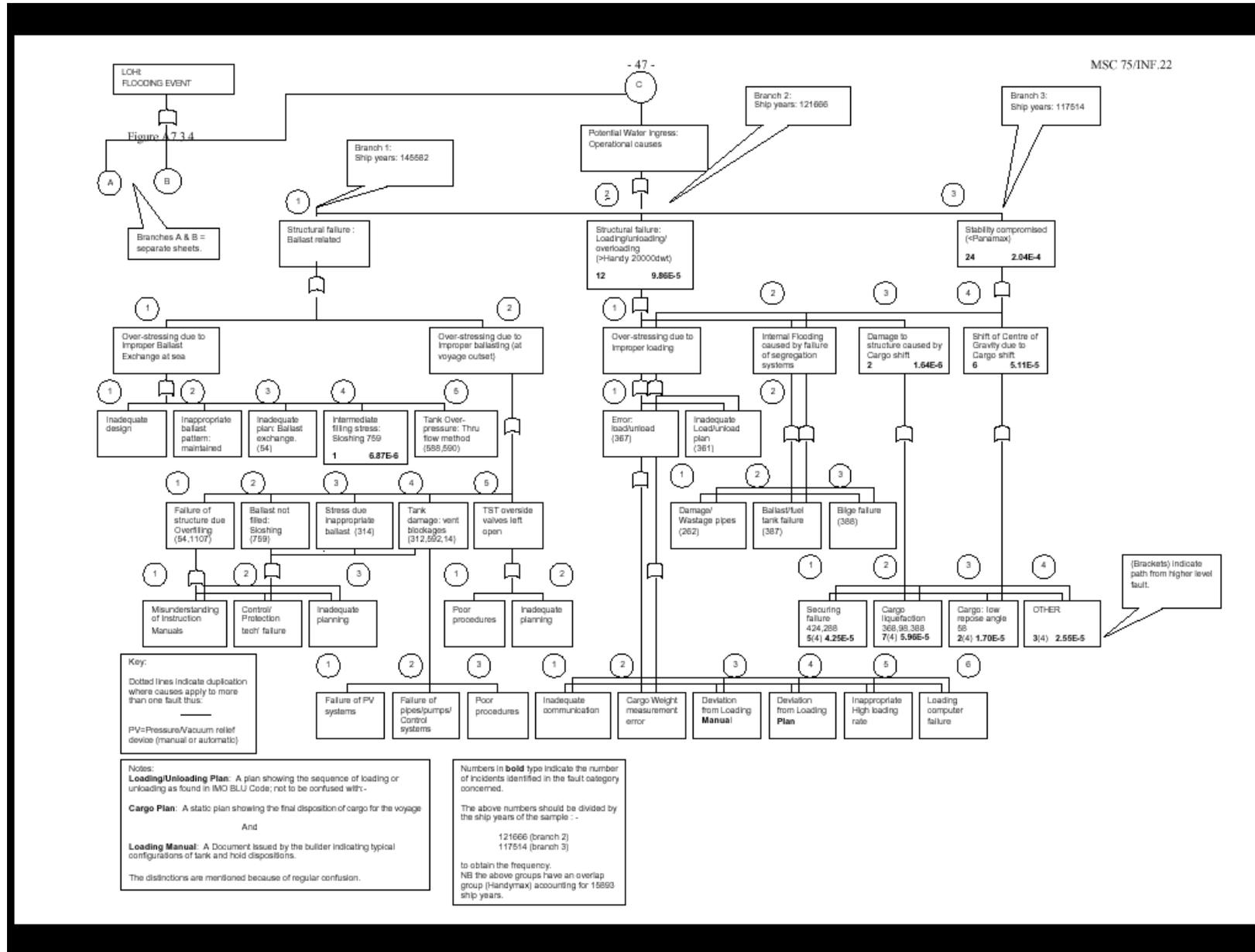


Figure 5-13 : Arbre des causes : LOHI – Branche « Operational failure»

III.3.1.3. Résultats

La figure suivante montre que le principal contributeur au LOIH est la branche B, relative à la coque.

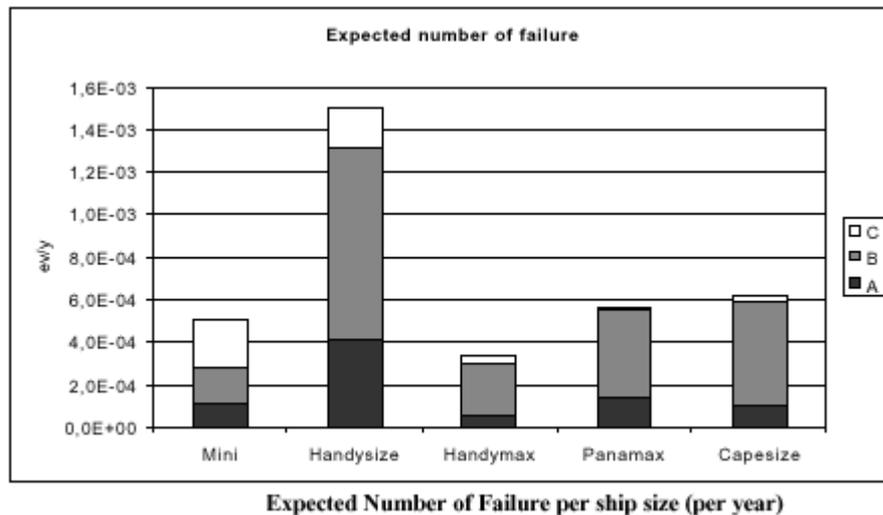


Figure 5-14 : Nombre d'incidents par type de navires (par année)

Pour conclure, les événements les plus critiques par rapport au LOIH sont :

- *Side shell failure (Handysize, Handymax, Panamax, Capesize ships)*
- *Stability compromised (Mini-size ships)*
- *Other, (Handysize and Capesize ships)*
- *Bottom shell damage (Handymax ships)*
- *Pipes/valves (Panamax ships)*

III.3.2. Arbres d'événements

III.3.2.1. Création de la structure

La construction des arbres d'événements a été confrontée au problème des séquences des événements. Dans la majorité des cas, ceux-ci ne pouvaient pas être ordonnés temporellement avec certitude. Il a été décidé d'adopter une approche générique qui puisse prendre en compte, et être adaptée à, de possibles variations. L'hypothèse faite considère que la sévérité des conséquences dépend de la dynamique de l'événement d'invasion. Les événements ainsi considérés sont : invasion – 1 compartiment ; invasion lente – 2 compartiments ; et, invasion rapide – plusieurs compartiments.

III.3.2.2. Quantification

La quantification des événements initiateurs découle de l'analyse par les arbres des causes. La quantification des autres événements est réalisée sur la base d'un traitement statistique des accidents, et dépend de l'hypothèse précédente. Ainsi, une perte de navire associée à de nombreuses

victimes est le révélateur d'un événement rapide ; ou encore une évacuation est possible seulement si le phénomène est lent (une autre indication est l'envoi d'un message de détresse ou non).

III.3.2.3. Résultats

Deux exemples d'arbres d'événements sont présentés ci-après avec une quantification en termes de fréquence.

Chapitre 5 : Evaluation formelle de la sécurité

IE	FE	FL1	FL2	FL3	LS	Fatalities	OUTCOME	PROBABILITY		NC
BC suffers flooding event	Flooding event due failure of closing device	Primary flooding event	Secondary event: slow progressive flooding OR Adjacent Hold, ballast, store or void space floods: 2 COMPARTMENT S	Secondary event: RAPID Progressive flooding OR Adjacent Hold, Ballast/ Store or Void Space floods: MULTIPLE COMPARTMENT S	Loss of ship	Fatalities	Consequence after flooding event	Frequency per ship year	Fatalities per ship year	Average ship age
		Served space floods: 1 COMPARTMENT								
						Yes	Hatchcover failure-holds + other space(s) flooded-total loss- Fatalities	2.75E-05	3.64E-04	21
					Yes	4 2.75E-05	space(s) flooded-total loss-No fatalities	4.12E-05		17
					No	6 4.12E-05	Hatchcover failure-hold(s) flood-ship survives*- Fatalities	6.87E-06	1.37E-05	3
					No	14 9.62E-05	Hatchcover failure-hold(s) flood-ship survives*-No fatalities	8.93E-05		15
					No	13 8.93E-05	Hold & other space(s) flooded-total loss- Fatalities	1.03E-04	3.20E-03	14
					Yes	15 1.03E-04	Hold & other space(s) flooded-total loss-No fatalities	0.00E+00		
					No	0 0.00E+00	Hold & other space(s) flooded-ship survives- Fatalities	0.00E+00	0.00E+00	
					No	0 0.00E+00	Hold & other space(s) flooded-ship survives-No fatalities	0.00E+00		
					No	0 0.00E+00	Hold alone flooded-total loss- Fatalities:**	0.00E+00	0.00E+00	
					No	0 0.00E+00	Hold alone flooded-total loss-No fatalities:**	0.00E+00		
					No	0 0.00E+00	Hold alone flooded-ship survives- Fatalities	0.00E+00	0.00E+00	
					No	0 0.00E+00	Hold alone flooded-ship survives-No fatalities	0.00E+00		
					No	0 0.00E+00	No flooding-Ship survives-No fatalities	0.00E+00		
							SUB-TOTALS>	2.68E-04	3.58E-03	
							cover failure: Events separately assessed	3.24E-03	8.50E-03	
							TOTALS>	3.50E-03	1.21E-02	1.21E-02

Notes: *: Exceeds survival criteria. Unlikely unless ship beached, survivable.

Figure 5-15 : Arbre d'événements : Hatchcover failure

IE	FE	FL1	FL2	FL3	LS	Fatalities	OUTCOME	PROBABILITY		NOTE							
BC suffers flooding event	Flooding event due failure of hull envelope	Primary flooding event Served space floods: 1 COMPARTMENT	Secondary event: slow progressive flooding Adjacent Hold, ballast, store or void space floods: 2 COMPARTMENTS	OR Secondary event: RAPID Progressive flooding Adjacent Hold, Ballast/ Store or Void Space floods: MULTIPLE COMPARTMENTS	Loss of ship	Fatalities	Consequence after flooding event	Frequency per ship year	Fatalities per ship year	Average ship age	Total number of fatalities						
No. 510 Ship yrs 145582 Freq. 3,50E-03	Side shell fails 3.2.2.B4.4.1.7)	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Side shell failure-holds + other space(s) flooded-total loss- Fatalities	3,43E-05	1,10E-04	15	16						
						No	space(s) flooded-total loss-No fatalities	2,61E-04		17							
						Yes	Side shell failure-hold(s) flood-ship survives*- Fatalities	1,37E-05	2,75E-05	18	4						
						No	Side shell failure-hold(s) flood-ship survives*-No fatalities	7,97E-04		17							
						Yes	Hold & other space(s) flooded-total loss- Fatalities	9,62E-05	2,34E-03	20	341						
						No	Hold & other space(s) flooded-total loss-No fatalities	0,00E+00									
						Yes	Hold & other space(s) flooded-ship survives- Fatalities	0,00E+00	0,00E+00		0						
						No	Hold & other space(s) flooded-ship survives-No fatalities	0,00E+00									
						Yes	Served space alone flooded-total loss- Fatalities:**	0,00E+00	0,00E+00		0						
						No	Served space alone flooded-total loss-No fatalities:**	0,00E+00									
						Yes	Served space alone flooded-ship survives- Fatalities	0,00E+00	0,00E+00		0						
						No	Served space alone flooded-ship survives-No fatalities	0,00E+00									
						No	No flooding-Ship survives-No fatalities	0,00E+00									
						SUB-TOTALS>								1,20E-03	2,48E-03		361
						Other Scenarios							Flooding scenarios other than side shell failure: Events separately assessed	2,30E-03	9,60E-03		1397
TOTALS>								3,50E-03	1,21E-02	1,21E-02	1758						

Notes: * : Exceeds survival criteria. Unlikely unless ship beached.
 ** : Suggests unrecorded complications. Condition should be

Figure 5-16 : Arbre d'événements : Hull envelope failure

III.3.3. Potential Loss of Life

La figure suivante présente le PLL par catégorie d'accident et par type de navire.

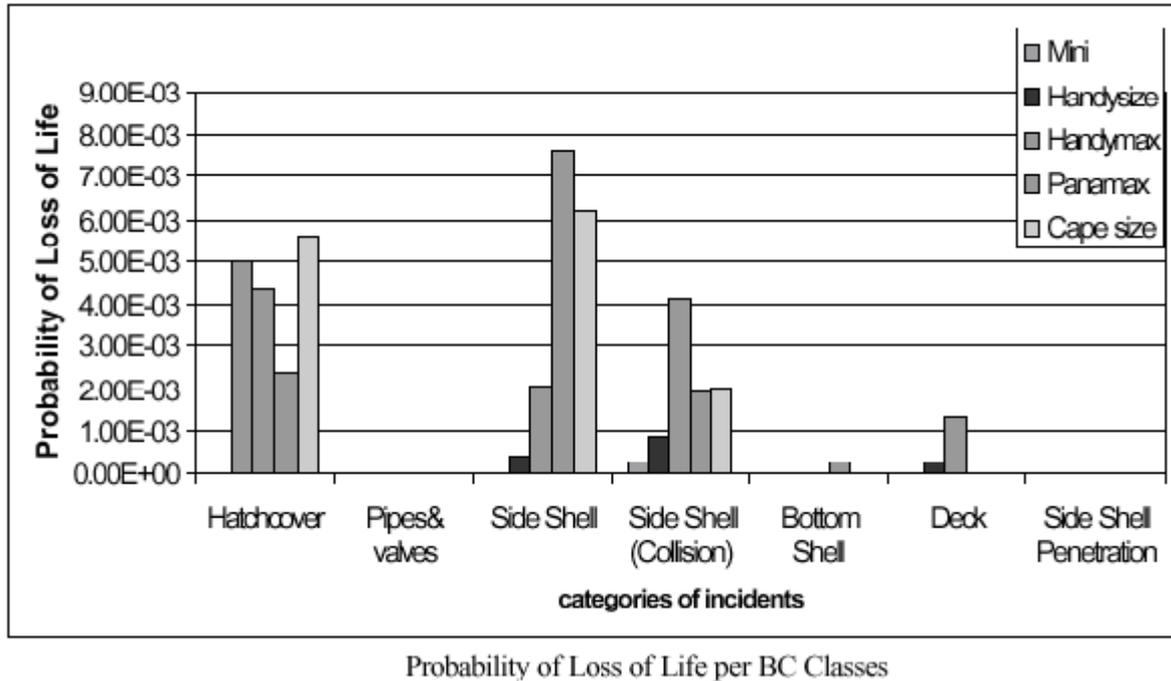


Figure 5-17 : Potential Loss of Life, par incident et type de navires

L'analyse montre clairement que la défaillance de la muraille et la défaillance du panneau de cale sont des facteurs importants.

Cette étude est développée plus en détail dans [OMI, 2002d] et [OMI, 2002e].

IV. CONCLUSIONS

Dans ce Chapitre, l'utilisation de l'analyse de risques en amont de la réglementation a été présentée à travers l'approche d'évaluation formelle de la sécurité (FSA). Ce Chapitre fait également office d'expérimentation et de validation de la méthodologie d'analyse de risques développée à partir de la méthodologie générale proposée par la Circulaire OMI MSC/Circ.829-MEPC/Circ.335 de 1997.

Parmi l'ensemble des mesures réglementaires suite à la catastrophe du Herald of Free Enterprise en 1987, les Directives provisoires FSA ont été adoptées en 1997 par l'OMI. Ces Directives provisoires ont été améliorées suite à un certain nombre d'applications à titre exploratoire et à des études sur la sécurité des vraquiers pour donner le jour aux Directives FSA en 2002. La méthodologie FSA s'articule autour de cinq étapes en plus de la définition du problème : Etape 1 : Identification des dangers ; Etape 2 : Analyse des risques ; Etape 3 : Options de Maîtrise des risques ; Etape 4 : Analyse Coûts – Avantages ; Etape 5 : Recommandations en vue de la prise de décision.

Au cours de la soixante-dixième session du Comité de la Sécurité Maritime, en 1998, une étude FSA internationale sur la sécurité des vraquiers a été initiée sous la coordination du Royaume Uni. Dans cette étude, la France (Bureau Veritas) a dirigé le groupe de travail en charge de développer les arbres de contribution au risque (Etape 2 du FSA), en liaison avec les groupes de travail en charge de l'identification des dangers et de l'analyse statistique des données historiques. La méthode appliquée est celle préconisée par la Circulaire OMI MSC/Circ.829-MEPC/Circ.335.

Un travail a été effectué pour construire le modèle de risque d'accident et de pertes de vies humaines au moyen des arbres de contributions au risque en prenant en compte certaines contraintes relatives à un projet important comme celui-ci. En particulier, il fallait impérativement que les scénarios retenus soient en concordance avec les données d'accidents connues afin d'éviter le recours au jugement d'experts qui risquait d'introduire une certaine subjectivité. Il a aussi été décidé de porter l'effort sur l'analyse de la perte d'intégrité de la coque « *Loss of Hull Integrity (LOHI)* », catégorie d'accident considérée comme la plus significative pour les vraquiers. A partir de la base statistique - fournie par le groupe de travail en charge de son développement, qui a analysé plus de 500 cas d'accidents de vraquiers résultant dans la perte d'intégrité de la coque, sur la période de 1978 à 2000 - les arbres de défaillances et les arbres d'événements ont été développés.

L'étude a permis de distinguer, pour différentes classes de vraquiers (Mini, Handysize, Handy max, Panamax, Capesize), différentes catégories d'événements initiateurs: panneaux de cale, tuyauteries et vannes, détachement de bordé, bordé(collision), fond, pont, pénétrations de bordé. En qui concerne les arbres d'événements, après l'événement primaire (envahissement d'un compartiment), chaque séquence progresse vers l'alternative d'un événement secondaire lent (envahissement de 2 compartiments) ou rapide (envahissement de plusieurs compartiments), ceci

afin de représenter les naufrages suffisamment lents pour permettre l'évacuation et faisant peu de victimes, et les naufrages rapides, empêchant l'évacuation et faisant de nombreuses victimes. Cela a permis d'établir, pour chaque catégorie d'incidents et chaque classe de vauquiers, les fréquences d'incidents et de perte de vie par année-navire, ou Perte de Vie Potentielle, « *Potential Loss of Life (PLL)* ». Ces travaux ont été présentée au cours de la soixante quinzième réunion du Comité de la Sécurité Maritime en 2002.

L'étude à permis de montrer qu'une collaboration internationale en matière de sécurité maritime était possible, et que la méthodologie d'évaluation du risque qui repose sur le modèle « *Risk Contribution Tree* » proposé par les Directives était applicable (voir figure ci-après).

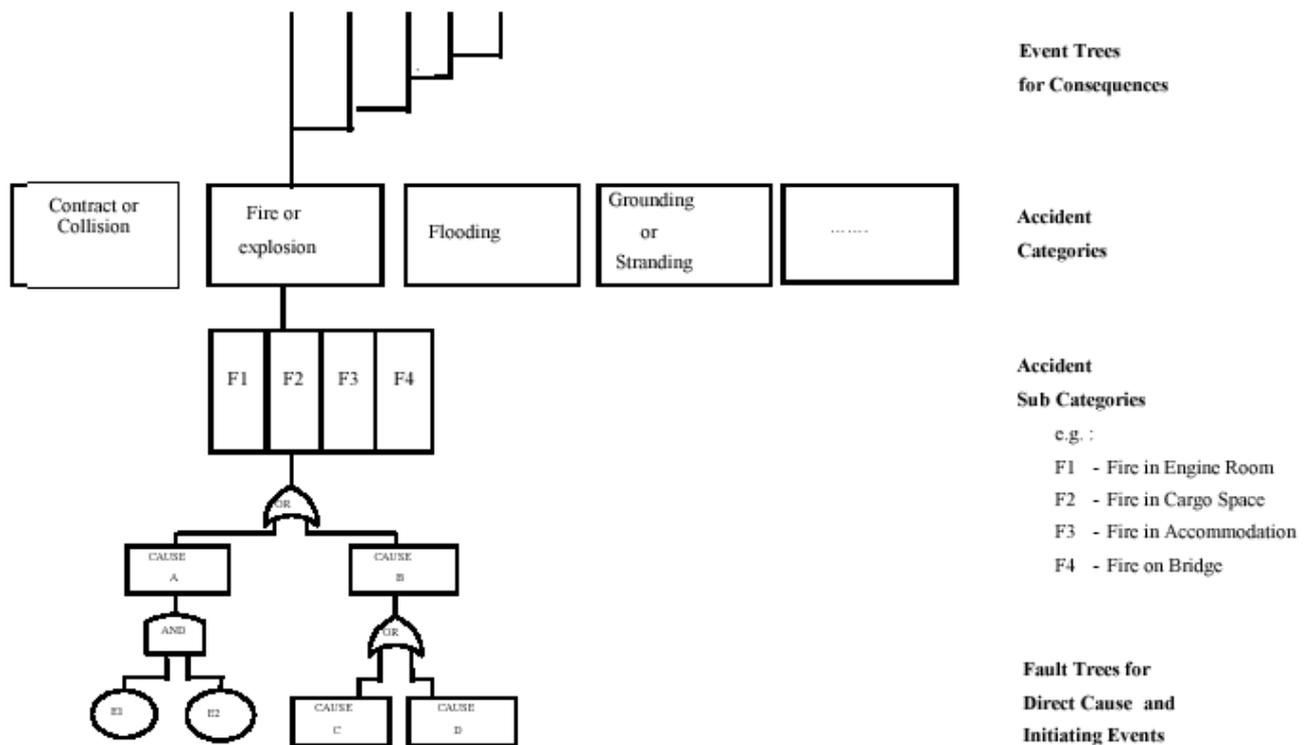


Figure 5-18 : Exemple d'arbre de contribution au risque générique

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 5

- [Carver, 1992] **House of Lords Select Committee on Science and Technology.** *Safety Aspects of Ship Design and Technology.* London: HMSO, February 1992.
- [OMI, 1993] **OMI - UK Submission to the Maritime Safety Committee.** *Formal Safety Assessment.* MSC 62/24/3, Londres, OMI, 1993.
- [OMI, 1996a] **OMI - UK Submission to the Maritime Safety Committee.** *Formal Safety Assessment,* MSC 66/14, Londres, IMO, 1996.
- [OMI, 1996b] **OMI - UK Submission to the Maritime Safety Committee.** *A Methodology for Formal Safety Assessment of Shipping,* MSC66/INF.8, Londres, OMI, 1996.
- [OMI, 1997] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee.** *Interim guidelines for the application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO rule making process.* MSC/Circ.829 - MEPC/Circ.335. Londres: OMI, 1997.
- [OMI, 1998a] **OMI - UK Submissions to the Maritime Safety Committee.** *Trial Application of the FSA methodology.* MSC 69/14/4. Londres: OMI, 1998.
- [OMI, 1998b] **OMI - Submission by Norway and ICCL to the Maritime Safety Committee.** *Formal Safety Assessment of Helicopter Landing Area on Passenger Ships.* MSC 69/14/6. Londres: OMI, 1998.
- [OMI, 1998c] **OMI - UK Submissions to the Maritime Safety Committee.** *Proposal for a Formal Safety Assessment of Bulk Carriers.* MSC 70/4/Add.1 and MSC 70/INF.14. Londres: OMI, 1998.
- [OMI, 1999] **OMI - IACS Submission to the Maritime Safety Committee.** *Formal Safety Assessment,* MSC 71/14/1, Londres, OMI, 1999.
- [OMI, 2000] **OMI - Submission by Norway to the Maritime Safety Committee.** *Formal Safety Assessment, Decision Parameters Including Risk Acceptance Criteria.* MSC 72/16, Londres, OMI, 2000.

- [OMI, 2001a] **OMI - Submission by IACS.** *Bulk carrier safety. Formal Safety Assessment - Fore-end watertight integrity.* MSC 74/5/4. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2001b] **OMI - Submission by Norway and ICFTU.** *Bulk carrier safety. Formal Safety Assessment of Life Saving Appliances for Bulk Carriers.* MSC 74/5/5. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2002a] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee.** *Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process.* MSC/Circ.1023 - MEPC/Circ.392. Londres: OMI, 2002.
- [OMI, 2002b] **OMI - Submission by the Japan.** *Bulk carrier safety. Report on FSA Study on Bulk Carrier Safety.* MSC 75/5/5. Londres: OMI, 2002.
- [OMI, 2002c] **OMI - Submission by United Kingdom.** *Bulk carrier safety. International Collaborative FSA Study - Final Report.* MSC 76/5/5. Londres: OMI, 2002.
- [OMI, 2002d] **OMI - Submission by France.** *Bulk carrier safety. International Collaborative FSA study Step 2 of FSA (Risk Analysis).* MSC 75/5/5. Londres: OMI, 2002.
- [OMI, 2002e] **OMI - Submission by France.** *Bulk carrier safety. International Collaborative FSA study Step 2 of FSA (Risk Analysis) WP 11 Develop risk contribution tree components.* MSC 75/Inf.22. Londres: OMI, 2002.
- [UK HSE, 1999] **UK Health and Safety Executive.** *Reducing risks, protecting people – Discussion document.* London: HSE Books, 1999.

Chapitre 6: CONCEPTIONS ALTERNATIVES POUR LA SECURITE INCENDIE

Depuis 2002, selon la nouvelle Règle 17 « Conception et dispositif alternatifs » du Chapitre II-2 « Construction - Protection Incendie, Détection Incendie et Extinction » de la Convention SOLAS, il est possible pour les chantiers et les concepteurs de développer une conception alternative (non conforme aux règles prescriptives) qui pourra être acceptée en lieu et place d'une conception traditionnelle pour la problématique incendie. Cette possibilité repose sur une évaluation comparative, performantielle de la sécurité incendie, entre la conception dite alternative et la conception prescriptive. Cette évaluation est basée sur l'analyse de risques et les sciences de l'incendie. La méthodologie est décrite dans la Circulaire OMI MSC/Circ.1002 [OMI, 2001].

Ce Chapitre considère dans un premier temps le nouveau cadre réglementaire de la sécurité incendie entré en vigueur en 2002 : les objectifs de sécurité, la nouvelle structure, les exigences fonctionnelles, et la Règle 17 sur les conceptions et dispositifs alternatifs. Ceci nous conduit logiquement à décrire la méthodologie proposée par la Circulaire MSC/Circ.1002, pour l'analyse d'ingénierie incendie d'une conception alternative telle que requise par la Règle 17, qui est structurée en deux temps avec une analyse préliminaire (qualitative) et une analyse quantitative.

Dans un second temps, l'état de l'art des applications de référence – toutes relatives aux navires à passagers - est effectué avec, tout d'abord, les résultats du projet de recherche Européen Safety First « Design for **Safety** - Ship **Fire** Engineering Analysis Toolkit », et ensuite, les premières soumissions à l'OMI de trois conceptions alternatives acceptées par des Administrations nationales.

Bien que la Circulaire OMI MSC/Circ.1002 définit le cadre méthodologique général de l'analyse d'ingénierie incendie, il a été nécessaire de détailler cette méthodologie. La partie de cette méthodologie détaillée concernant l'analyse de risque est abordée dans un troisième temps.

Enfin, ce Chapitre se termine avec la présentation d'un cas exploratoire portant sur un espace public sur deux ponts – avec un casino au pont supérieur et un music hall au pont inférieur - typique des navires à passagers : l'aire de l'ouverture de communication entre les deux ponts est inférieure à l'aire d'ouverture minimale réglementaire. Pour cette étude, un seul scénario principal a été retenu

pour la phase quantitative parmi l'ensemble des scénarios identifiés lors de la phase préliminaire. Néanmoins, l'application permet de détailler les étapes méthodologiques et de valider l'applicabilité de la méthode.

Avant de débiter rappelons le cadre général tel que mentionné dans la Règle 17: *“Fire safety design and arrangements may deviate from the prescriptive requirements [...] provided that the design and arrangements meet the fire safety objectives and the functional requirements. When fire safety design or arrangements deviate from the prescriptive requirements of this Chapter [Chapter II-2], engineering analysis, evaluation and approval of the alternative design and arrangements shall be carried out in accordance with this regulation”*.

I. CONCEPTION ALTERNATIVE POUR LA SECURITE INCENDIE

I.1. Sécurité Incendie : un nouveau cadre réglementaire

Les normes relatives à la sécurité incendie étaient, jusqu'à récemment, traditionnellement prescriptives. Or, depuis 2002 et le nouveau Chapitre II-2 « Construction – protection incendie, détection incendie et extinction » de la Convention SOLAS, il est possible pour le concepteur de soumettre une conception qui ne réponde pas aux exigences prescriptives. La Règle II-2/17 et la Circulaire OMI MSC/Circ.1002 « *Guidelines on alternative design for fire safety* » posent les exigences réglementaires et méthodologiques de cette nouvelle approche performantielle. Les principaux changements introduits dans le Chapitre II-2, et discutés ci-après concernent :

- La définition d'objectifs explicites de sécurité incendie et d'exigences fonctionnelles
- Une réorganisation logico-temporelle des règles prescriptives
- L'introduction d'une règle de substitution : Partie F – Règle 17 : « Conception et dispositifs alternatifs ».

I.2. Nouveau Chapitre II-2 de la Convention SOLAS

I.2.1. Les objectifs globaux de sécurité incendie

Les objectifs explicites du Chapitre II-2 sont désormais:

- Prévenir l'occurrence de l'incendie et de l'explosion ;
- Réduire le risque concernant la vie humaine provoqué par l'incendie ;
- Réduire le risque de dommages provoqué par l'incendie au navire, à sa cargaison et à l'environnement ;
- Contenir, contrôler et supprimer l'incendie et l'explosion dans le compartiment d'origine ; et,
- Fournir des moyens d'évacuation adéquats et aisément accessibles pour les passagers et l'équipage.

De plus, le Chapitre II-2 a été restructuré de la façon suivante: Partie A : Général, Partie B : Prévention de l'incendie et de l'explosion, Partie C : Suppression de l'incendie, Partie D : Evacuation, Partie E : Exigences opérationnelles et Partie G : Exigences spécifiques

Il est possible de représenter visuellement ces objectifs ainsi que les différentes parties du nouveau Chapitre grâce au *Fire Safety Tree Concept* suivant :

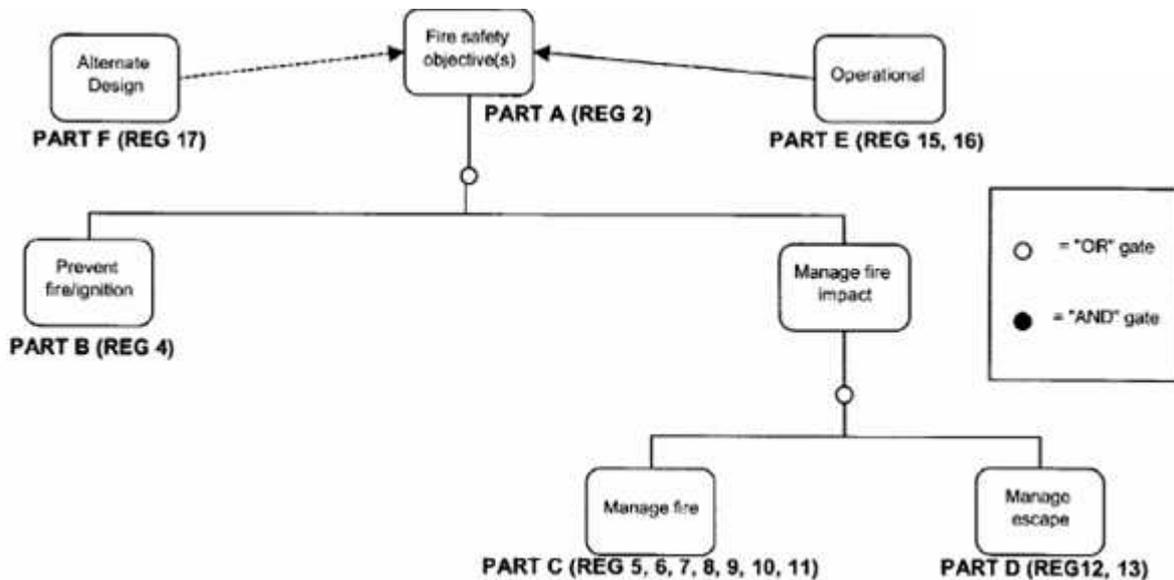


Figure 6-1 : Fire Safety Concept Tree : Chapitre II-2 de la Convention SOLAS

1.2.2. Exigences fonctionnelles

Afin d'atteindre ces objectifs, des exigences fonctionnelles sont incorporées dans le Chapitre II-2:

- Division du navire en zones verticales et horizontales principales par des frontières thermiques et structurales ;
- Séparation des locaux d'habitation du reste du navire par des frontières thermiques et structurales ;
- Utilisation restreinte des matériaux combustibles ;
- Détection de tout incendie dans la zone d'origine ;
- Confinement et extinction de tout incendie dans l'espace d'origine ;
- Protection des moyens d'évacuation et d'accès pour la lutte contre l'incendie ;
- Disponibilité des appareils extincteurs ; et,
- Minimisation de la possibilité d'inflammation de vapeurs de cargaison inflammable.

I.2.3. Conformité

Une conception de navire peut atteindre les objectifs et répondre aux exigences fonctionnelles si:

- La conception et les dispositifs du navire, dans l'ensemble, sont conformes aux conditions prescriptives appropriées des Parties B, C, D, E ou G ;
- La conception et les dispositifs du navire, dans l'ensemble, ont été revus et approuvés selon la Partie F - Règle 17 « Conception et dispositifs alternatifs » ;
- Une partie de la conception du navire et des dispositifs a été revue et approuvée selon la Partie F – Règle 17, et les parties restantes du navire sont conformes aux conditions prescriptives appropriées.

I.2.4. Règle II-2/17 « Conceptions et dispositifs alternatifs »

Les conceptions et dispositifs alternatifs doivent être développés et vérifiés grâce à une analyse d'ingénierie dont le but est de démontrer un niveau de sécurité incendie au moins aussi bon que celui d'une conception traditionnelle prescriptive. Les principaux éléments de cette analyse sont:

“The engineering analysis shall be prepared and submitted to the Administration, based on the guidelines developed by the Organization, and shall include, as a minimum, the following elements:

- 1 determination of the ship type and space(s) concerned;*
- 2 identification of prescriptive requirement(s) with which the ship or the space(s) will not comply;*
- 3 identification of the fire and explosion hazards of the ship or the space(s) concerned, including:*
 - identification of the possible ignition sources;*
 - identification of the fire growth potential of each space concerned;*
 - identification of the smoke and toxic effluent generation potential for each space concerned;*
 - identification of the potential for the spread of fire, of smoke or of toxic effluents from the space(s) concerned to other spaces;*
- 4 determination of the required fire safety performance criteria for the ships or the space(s) concerned addressed by the prescriptive requirement(s), in particular:*
 - performance criteria shall be based on the fire safety objectives and on the functional requirements of this chapter;*
 - performance criteria shall provide a degree of safety not less than that achieved by using the prescriptive requirements; and*
 - performance criteria shall be quantifiable and measurable;*
- 5 detailed description of the alternative design and arrangements, including a list of the assumptions used in the design and any proposed operational restrictions or conditions; and*
- 6 technical justification demonstrating that the alternative design and arrangements meet the required fire safety performance criteria.*

La Circulaire MSC/Circ.1002 « *Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety* » décrit la méthodologie pour l'analyse exigée par la Règle 17.

I.3. Directives sur les conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie

La méthodologie décrite dans la Circulaire MSC/Circ.1002 comprend deux étapes: une analyse préliminaire (qualitative) suivie d'une analyse quantitative. Cette analyse repose sur les sciences du risque et de l'incendie. La figure suivante présente la démarche de l'analyse.

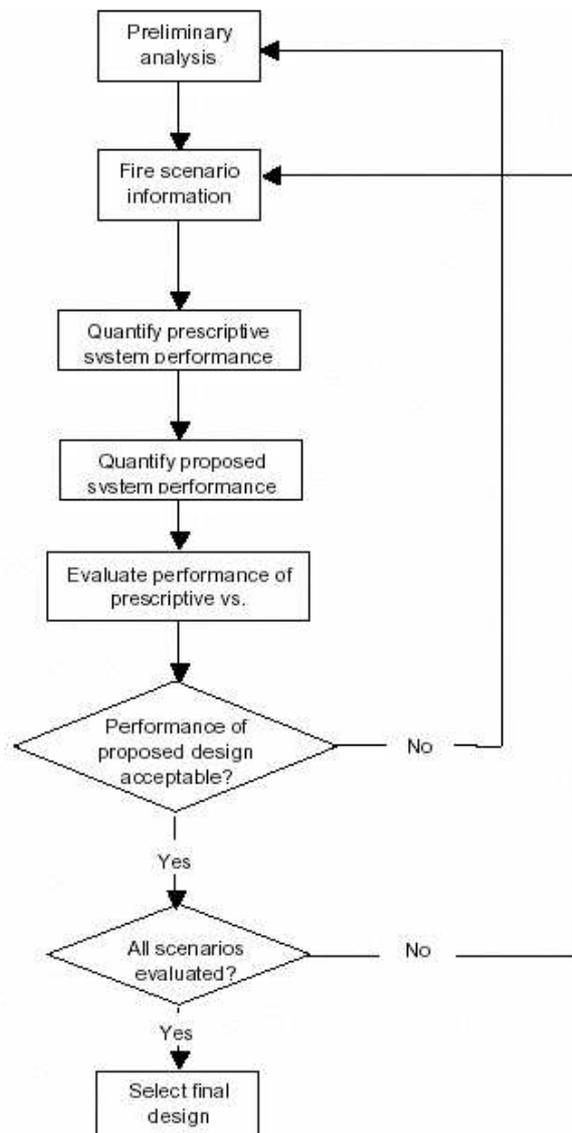


Figure 6-2 : Diagramme du processus de sélection d'une conception ou dispositif alternatif [OMI, 2001a]

I.3.1. Analyse préliminaire

L'analyse préliminaire permet la définition de l'étendue de l'étude, le développement de scénarios et le développement de conceptions alternatives dites d'essai (qui incorporent des mesures de réduction du risque ou options de contrôle de risque – *Risk Control Option RCO* - appropriées).

➤ Définition du problème

Ce travail préparatoire définit la conception alternative et la conception prescriptive équivalente. Ceci inclut une description technique précise des conceptions, l'identification des règles qui affectent la conception, et finalement une compréhension claire des objectifs de sécurité et des exigences fonctionnelles. Les déviations de la conception alternative par rapport aux règles prescriptives doivent être parfaitement identifiées pour cette analyse comparative.

➤ Développement de scénarios incendie

Cette étape classique de toute analyse de risques comprend les phases suivantes :

- Identification des dangers : liés aux systèmes sources de danger (sources d'allumage, combustibles primaires), au flux de danger (combustibles secondaires, moyens de prévention), aux systèmes cibles et au champ environnemental ;
- Enumération des dangers. Les dangers identifiés sont groupés en classes d'incidents (localisé, majeur ou catastrophique) ;
- Sélection des dangers. En fonction de la complexité de l'analyse, il est important de réduire le nombre de scénarios pour l'analyse quantitative ; et,
- Spécification des scénarios incendie.

➤ Développement des conceptions alternatives d'essai

A partir de la conception alternative originale et de l'analyse précédente, des conceptions alternatives d'essai doivent être proposées pouvant incorporer des mesures de réduction de risques et des stratégies spécifiques.

➤ Rapport d'analyse préliminaire

L'analyse préliminaire est documentée sous la forme d'un rapport qui est passé en revue et approuvé par tous les ayants droit puis soumis à l'Administration avant que la partie quantitative de l'analyse ne débute.

1.3.2. Analyse quantitative

Cette analyse a pour but d'évaluer des conceptions alternatives d'essai possibles en utilisant une analyse d'ingénierie quantitative. Ceci comprend les spécifications des modèles de développement de l'incendie (« design fire »), le développement des critères de performance, et l'évaluation des conceptions alternatives d'essai. La conception et les dispositifs alternatifs finaux sont alors sélectionnés, et l'analyse quantitative est documentée.

➤ Quantification des scénarios d'incendie de référence (*design fire*)

Les caractéristiques de l'incendie pour chaque scénario sont spécifiées (courbes de puissance calorifique, caractéristique de la flamme, flux radiatif, convectif, conduction, taux de production de

fumée, etc.). Cette quantification doit prendre en compte l'ensemble des facteurs importants (ventilation, facteur humain, etc.). La chronologie doit être décrite (incendie, détection, alarme, suppression, intervention de l'équipage, évacuation des passagers, etc.). La donnée primordiale pour les modèles de simulation incendie est la courbe de puissance calorifique en fonction du temps.

➤ Développement des critères de performance

Les critères de performance sont des expressions quantitatives permettant d'évaluer la conception alternative. Ils peuvent être déterminés à partir du règlement proprement dit (les règles prescriptives du Chapitre II-2) ou évalués à partir d'une conception prescriptive équivalente.

➤ Evaluation des conceptions alternatives d'essai

Cette évaluation est généralement réalisée à l'aide de différents modèles de simulation (incendie, fumée, évacuation, structure, etc.).

➤ Documentation

Un dossier doit être constitué et soumis à l'Administration pour approbation. En cas d'approbation, le certificat d'approbation et un certain nombre d'autres informations doivent être présents à bord du navire. De plus, l'Administration doit soumettre des informations techniques à l'OMI pour distribution aux Etats membres. Enfin, une indication de la conception alternative approuvée doit être incluse dans les certificats SOLAS appropriés.

1.3.3. Sciences du risque

L'analyse du risque est un élément important de l'analyse de conception alternative tant lors de l'analyse préliminaire pour l'identification des scénarios, que lors de l'analyse quantitative. L'objectif n'est pas de construire une conception de risque zéro, mais de spécifier une conception qui aura un niveau de sécurité au moins aussi bon qu'une conception classique.

➤ Identification des scénarios

Diverses techniques éprouvées peuvent être utilisées : HAZOP, Analyse Préliminaire de Danger, AMDEC, etc. Les données historiques, statistiques et de fiabilité sont aussi d'une grande utilité. Dans tous les cas, un groupe d'experts est formé pour mettre en œuvre ces techniques de manière structurée et créative. Un exercice important est la sélection / filtrage des dangers qui doit permettre de limiter l'ampleur de l'analyse quantitative tout en respectant une certaine exhaustivité.

➤ Analyse du risque

L'objet de cette étape qui, généralement, suit l'identification des dangers est de faire une analyse plus détaillée pour obtenir une meilleure appréciation du risque. Les arbres des causes permettent de structurer la chaîne d'événements qui conduisent à un événement initiateur et d'en évaluer les fréquences ou probabilités d'occurrence. Les arbres d'événements permettent de

représenter les séquences possibles à partir d'un événement initiateur L'association d'arbres des causes et d'arbres d'événements est connue sous le nom *d'arbre de contribution au risque*. Dans les programmes européens concernant les risques technologiques majeurs on parle d'approche "en nœud papillon" (Bow Tie approach)

I.3.4. Sciences du feu

Les sciences du feu permettent d'appréhender le phénomène physique, déterministe, de l'incendie. Leurs apports concernent les modélisations de divers types de phénomènes.

➤ Modélisation des conséquences de l'incendie

En fonction du degré de complexité de l'étude et du niveau de détail requis, on utilisera :

- Des modèles simples, empiriques directement exploitables ou pouvant être implémentés facilement ;
- Des modèles dits « de zones », basés sur une division du local en quelques volumes (généralement deux, le premier correspondant à la zone haute et chaude des fumées, le second à la zone froide et basse), et qui utilisent des équations différentielles intégrales et des corrélations empiriques ; ou,
- Des modèles de champs, basés sur les équations de Navier Stockes et un découpage fin des volumes.

➤ Modélisation de l'évacuation

Les modèles sont essentiellement de deux types. Tout d'abord, les modèles simples de type hydraulique où l'évacuation est modélisée par un ensemble de flux. Ensuite, les modèles dits avancés où chaque occupant est représenté individuellement. Ils permettent d'évaluer le temps d'évacuation et d'évaluer la vulnérabilité des individus aux risques incendie.

➤ Modélisation de la réponse structurelle

Des modèles permettent d'évaluer la vulnérabilité des structures au risque incendie et/ou explosion.

I.3.5. Principales caractéristiques

Pour conclure, les principaux éléments à retenir sont :

- Une analyse comparative, quantitative, basée sur des critères de performance ;
- Une méthodologie en deux étapes : une analyse préliminaire et une analyse quantitative ;
- L'utilisation de techniques et outils d'analyse de risques ; et enfin,
- L'utilisation de l'ingénierie incendie.

II. PRINCIPALES APPLICATIONS

II.1. Projet de Recherche Européen « Safety First »

Afin d'explorer l'applicabilité pratique d'approche de conception alternative aux navires à passagers, le projet de recherche « SAFETY FIRST » a été établi par un groupe de compagnies européennes (chantier naval, sociétés de classification, experts incendie, universités et laboratoires). SAFETY FIRST, acronyme de « Design for **Safety**- Ship **Fire** Engineering Analysis Toolkit » a été financé dans le cadre du 5^{ème} Plan Cadre de la Commission Européenne. Commencé le 1^{er} mars 2000, SAFETY FIRST a permis d'obtenir des résultats prometteurs après une période de 36 mois [Maccari, 2003] [Chantelauve, 2003] [Ramsdale, 2003]. Dans ce projet, une boîte à outils pour l'analyse d'ingénierie du risque incendie a été développée et testée, permettant à des concepteurs de navires de se conformer à la Directive de conception alternative (MSC/Circ.1002). Ceci a été accompli par l'analyse de trois études de cas pilotes d'importance technologique pratique, à savoir les cabines passagers (comprenant des essais de comportement au feu grandeur nature), un pont garage d'un navire roulier à passagers et un atrium. La première partie du projet était basée sur la recherche scientifique : les techniques d'évaluation des risques, les modèles des conséquences de l'incendie, la collecte de données et les modèles de développement de l'incendie. La deuxième partie a été consacrée à l'analyse proprement dite des trois cas d'étude, toujours concentrés sur des conceptions alternatives réalistes et réelles.

II.1.1. Cabine

La Circulaire OMI MSC/Circ.1003 [OMI, 2001b] suggère des valeurs maximales pour la masse surfacique de matériaux combustibles dans différents secteurs d'un navire. Pour les locaux d'habitation avec un risque d'incendie modéré, tels que les cabines, la limite suggérée est 35 kg/m². Parallèlement, les concepteurs essaient de concevoir des cabines toujours plus luxueuses pour satisfaire la demande de leurs clients. Si cette Circulaire devenait obligatoire, l'impact sur la conception serait coûteux, et les concepteurs pourraient souhaiter employer la Règle 17 pour justifier une conception alternative. L'étude de cas a eu pour objectifs de comprendre et d'évaluer l'effet de la masse surfacique des matériaux combustibles dans les cabines, en particulier :

- L'identification du niveau de sécurité incendie des cabines conformes aux règles prescriptives ;
- L'évaluation des effets d'une déviation par rapport aux règlements prescriptifs, c.-à-d. présentant une masse totale de matériaux combustibles au-dessus des limites indiquées dans la Circulaire MSC/Circ.1003 ;
- La détermination de la contribution, et de la sensibilité, de tous les paramètres impliqués dans l'inflammation, la croissance, l'extinction et la propagation de l'incendie; et,
- L'identification des paramètres qui ont une influence maximale sur l'incendie.

Des spécifications détaillées d'une cabine standard prescriptive ont été produites. La déviation de la conception alternative aux règles prescriptives était une augmentation de la quantité de

matériau combustible dans la cabine, de 35 kg/m² à 40 kg/m². L'objectif final de sécurité incendie est de maintenir l'incendie confiné dans l'espace pendant le temps prescrit par la classe incendie des cloisons.

La performance des conceptions alternatives d'essai suivantes a été étudiée :

- Une cabine avec une plus grande quantité de matériaux combustibles sans mesure de sécurité additionnelle ; et,
- Une cabine avec une plus grande quantité de matériaux combustibles et une protection passive améliorée.

À l'appui de cette étude, les propriétés (conductivité thermique, chaleur spécifique, diffusivité thermique.) de certains matériaux et composants ont été déterminées par des essais incendie. Enfin, un essai incendie à échelle réelle de deux cabines a été mené.

II.1.2. Pont garage

Les règlements prescriptifs pour les ponts garages des ferries à passagers sont donnés dans la Règle 20 du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS. Un incendie majeur dans un espace de cette taille peut provoquer des dommages importants aux structures et aux systèmes. Le but de l'étude était de fournir des procédures pour aider le concepteur :

- A évaluer la réponse des structures adjacentes ;
- Développer des dispositifs plus efficaces que ceux préconisés par les règles prescriptives pour contenir l'incendie, minimiser sa propagation et son impact sur les structures et les systèmes essentiels.

II.1.3. Atrium

De nombreux navires de croisière possèdent un atrium contenant des centres commerciaux, des cafés et d'autres espaces publics. Selon la SOLAS, un atrium est défini comme étant « *public space within a single main vertical zone spanning three or more open decks* ». Cette étude avait pour objectif de fournir un ensemble de procédures pour le concepteur, afin de :

- Optimiser les exigences de protection incendie passive de l'atrium ; et,
- Evaluer un niveau de sécurité « équivalent » pour les atriums non conformes à certaines exigences prescriptives.

II.2. Soumissions à l'Organisation Maritime Internationale

A notre connaissance trois rapports de conceptions alternatives ont été soumis à l'OMI à ce jour. Un rapport, soumis par la Finlande, concerne des ascenseurs sans local machine séparé pour un navire à passagers (Birka Paradise) [OMI, 2004a]. Les deux autres rapports ont été soumis par la Norvège sur la même problématique des ascenseurs sans local machine séparé, et sur le sujet de

cloisons incendie déplaçables dans des tranches principales incendie pour un navire roulier à passagers (Color Fantasy) [OMI, 2004b] [OMI, 2004c].

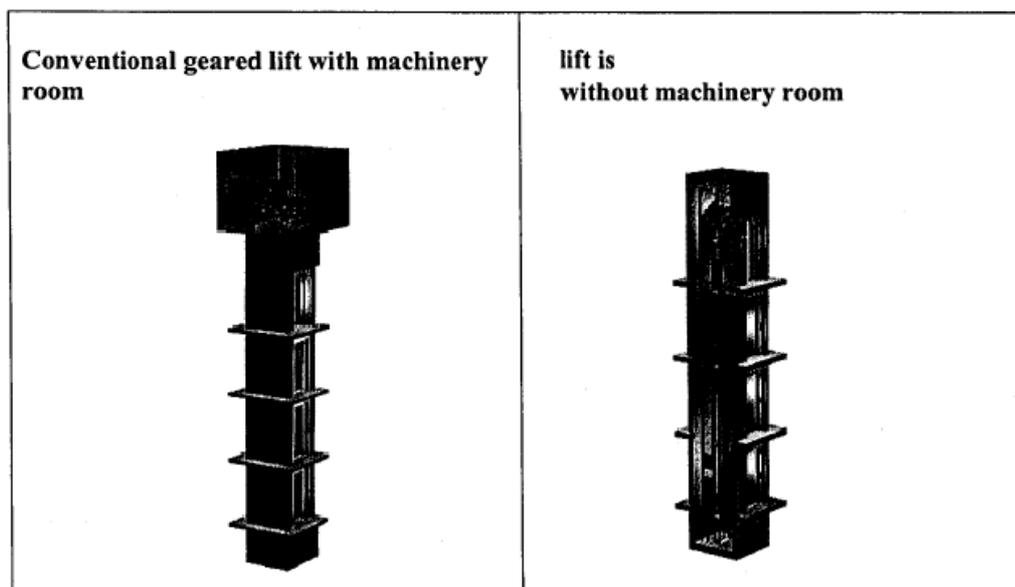
II.2.1. Ascenseur sans local machine séparé

La Règle SOLAS Chapitre II-2/9.2.2.5 « Protection of stairways and lifts in accomodation area » exige un local machine séparé pour les ascenseurs localisés dans les limites des cages d'escaliers : « [*.. .] Machinery for lifts located within stairway enclosures shall be arranged in a separate room, surrounded by steel boundaries, except that small passages for lift cables are permitted [...]* ».

La performance du cas alternatif a été comparée à celle d'une conception prescriptive équivalente, où le local machine est situé au dessus ou en dessous de la cage ascenseur.

L'objectif identifié est celui de la protection de la vie humaine. L'évaluation a porté sur la température, la fumée, la toxicité, la visibilité et le temps d'évacuation. Cette analyse a été réalisée à partir d'arbres des causes pour identifier les sources incendie, de calcul de la charge combustible et de l'évaluation d'incendies de référence, de simulations de propagation de l'incendie, de la fumée et des produits toxiques, et enfin à partir d'une justification technique de la performance de l'ascenseur alternatif.

L'évaluation comparative montre que la conception alternative est meilleure qu'une conception prescriptive avec un local machine en partie haute, et nettement meilleure qu'une conception prescriptive avec un local machine en partie basse. Le gain d'espace apparaît dans la figure suivante.



Typical arrangements of the lifts with a separate lift machinery room and the lifts without machinery room.

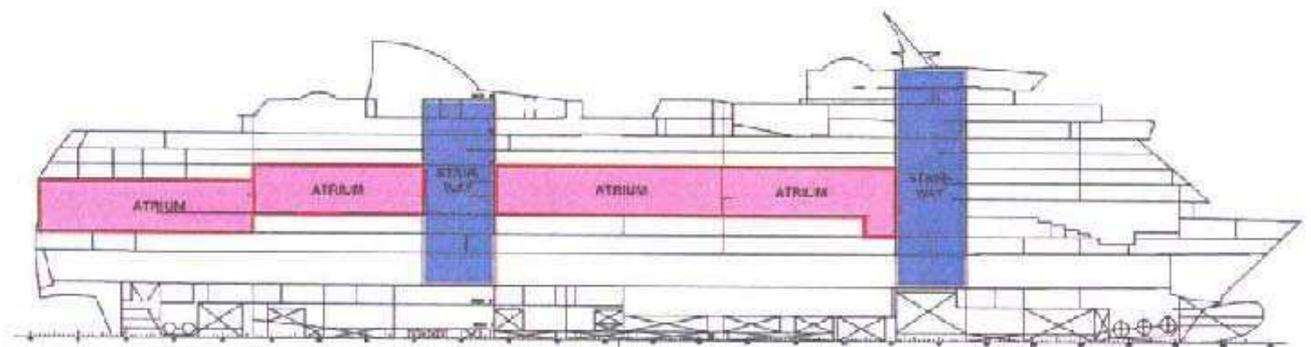
Figure 6-3 : Ascenseurs avec et sans local machine séparé

II.2.2. Cloisons incendie déplaçables dans les tranches principales incendie

Selon la SOLAS, un cloisonnement de type A60 (la définition d'un cloisonnement de type A est rappelée ci-après) est exigé tous les 48 mètres, afin de satisfaire l'exigence fonctionnelle de la division du navire en tranches principales incendie. En position fermée, les cloisons incendie mobiles répondent à cette exigence. Cependant, la possibilité d'ouverture dans un cloisonnement incendie principal est aussi réglementée par la SOLAS. En particulier, deux exigences ne peuvent pas être satisfaites par les cloisons mobiles : premièrement, pour des raisons techniques, l'exigence de dix ouvertures/fermetures après la perte d'alimentation principale n'est pas faisable ; deuxièmement, pour des raisons de taille, il n'est pas possible de réaliser les tests incendie exigés de la cloison dans son ensemble.

L'objectif identifié est celui de la protection de la vie humaine. L'évaluation a porté sur la température, la fumée, la toxicité, la visibilité et le temps d'évacuation. Cette analyse a été réalisée à partir d'arbres des causes pour identifier le risque de non fermeture, de calcul de la charge combustible et de l'évaluation d'incendies de conception, de simulation de propagation de l'incendie, de la fumée et des produits toxiques.

La comparaison des performances, à partir d'une analyse d'ingénierie, montre que la conception alternative est identique à une conception traditionnelle. Il est alors possible d'avoir une promenade agréable sur toute la longueur du navire.



Picture 1. The Atrium Area boundary, CL-section

Figure 6-4 : Cloisons incendie déplaçables dans les tranches principales incendie

Selon la Convention SOLAS :

"A" class divisions are those divisions formed by bulkheads and decks which comply with the following criteria:

- .1 they are constructed of steel or other equivalent material;*
- .2 they are suitably stiffened;*
- .3 they are insulated with approved non-combustible materials such that the average temperature of the unexposed side will not rise more than 140 °C above the original temperature,*

nor will the temperature, at any one point, including any joint, rise more than 180 °C above the original temperature, within the time listed below:

- class " A-60 ": 60 min*
- class " A-30 ": 30 min*
- class " A-15 ": 15 min*
- class " A-0 ": 0 min*

.4 they are so constructed as to be capable of preventing the passage of smoke and flame to the end of the one-hour standard fire test; and

.5 the Administration required a test of a prototype bulkhead or deck in accordance with the Fire Test Procedures Code to ensure that it meets the above requirements for integrity and temperature rise

III. METHODE DE DEVELOPPEMENT DES SCENARIOS INCENDIE

III.1. Contexte

Cette section aborde le développement de la méthode d'analyse du risque dans le cadre de la Circulaire OMI MSC/Circ.1002. Il est mentionné dans la Circulaire que « *Risk assessment may play an important role in this process* ». Les techniques d'analyse du risque doivent, tout d'abord, permettre le développement des scénarios incendie lors de l'analyse préliminaire, puis de détailler ces scénarios lors de l'analyse quantitative. La Circulaire propose la démarche méthodologique à suivre sans la détailler (c'est valable pour la partie analyse du risque, mais aussi pour l'ensemble du processus). C'est pourquoi une méthode plus détaillée a été développée [Chantelauve, 2005]. Nous reprenons ici les éléments importants de la partie analyse du risque de ce document. Avant de présenter l'approche générale de cette méthode, il est important de revenir sur le contexte dans lequel celle-ci est utilisée.

➤ Motivations

Les motivations de l'utilisation de la Règle 17 sont essentiellement de nature industrielle : il s'agit pour un armateur de développer de nouvelles technologies, de proposer de nouveaux services. Le secteur demandeur de telles approches est actuellement le secteur des navires à passagers. La finalité est de proposer une nouvelle offre de services aux passagers (plus d'espace, plus de confort, etc.). Pour le chantier, la motivation est de répondre aux besoins de ses clients, les armateurs.

➤ Le type de résultats attendus

Lors de l'étude préliminaire, des dangers doivent être identifiés, et des scénarios développés afin de servir de données d'entrée pour la phase quantitative. L'objectif de l'étude, une étude comparative, est un élément essentiel ; selon la Circulaire : « *For each of the identified fire hazards, a range of fire scenarios should be developed. Because the alternative design approach is based on a comparison against the regulatory prescribed design, the quantification can often be simplified. In many cases, it may only be necessary to analyse one or two scenarios if this provides enough information to evaluate the level of safety of the alternative design and arrangements against the required prescriptive design* ».

➤ Le type d'information

Les informations nécessaires sont les plans du navire, la description des équipements, les procédures opérationnelles et de maintenance, les conditions d'opération du navire, les procédures d'évacuation, etc. Cependant, une telle étude se déroule durant (ou même avant) la phase de design du navire : l'information est incomplète et se développe tout au long de la phase de design.

➤ Caractéristiques du problème

La complexité du problème est variable. Les soumissions de la Norvège sont révélatrices : d'un problème limité à une cage d'ascenseur à un sujet qui couvre tout le navire sur plusieurs ponts. La nature des dangers implique de prendre en compte la phénoménologie de l'incendie, la réponse structurelle et aussi la réponse humaine.

➤ Les risques perçus et l'expérience

L'incendie est reconnu comme étant un enjeu majeur de la sécurité des navires. L'expérience gagnée a permis de développer une réglementation incendie importante. Par l'introduction de conception alternative de nouveaux enjeux émergent.

➤ Ressources

Les ressources disponibles dépendent du donneur d'ordre. Cette démarche étant une démarche volontaire, les ressources seront certainement disponibles de manière suffisante. Par contre les exigences en termes de délais dépendent de la phase de design qui est de plus en plus courte.

➤ Méthode élaborée

La méthode élaborée s'articule autour de trois étapes qui s'inscrivent dans le cadre de la Circulaire:

1. Identification et énumération des dangers ;
2. Sélection des dangers et spécification des scénarios ; et,
3. Développement des scénarios.

Cette méthodologie repose sur des identifications et filtrages successifs qui permettent de développer et de sélectionner les scénarios qui confrontent la conception alternative, ses déviations et ses objectifs, comme illustré dans la figure suivante.

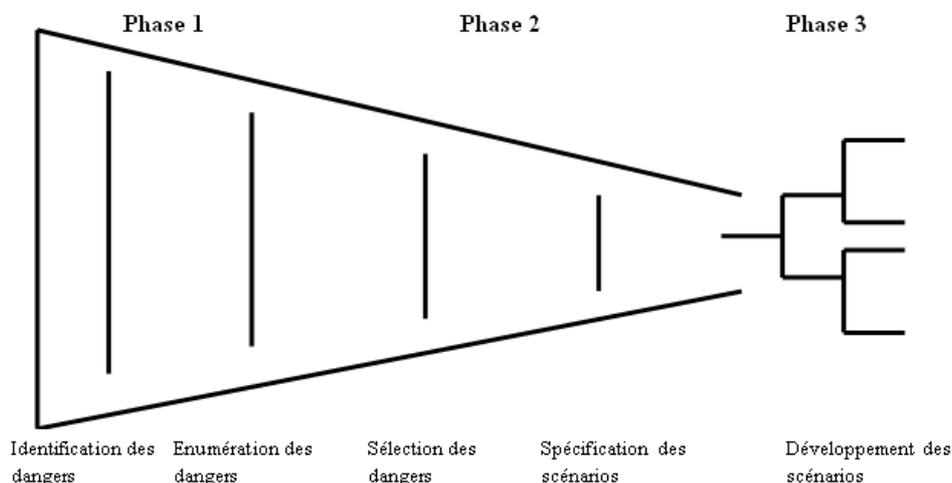


Figure 6-5 : Développement des scénarios incendie

III.2. Identification et énumération des dangers

➤ Identification des dangers

Il existe de nombreuses techniques d'identification des dangers. Pour les espaces machines, l'AMDEC ou l'HAZOP sont recommandées. Pour des situations où le degré d'intervention humaine est important la technique What-if est recommandée. Enfin pour des problèmes autres, ou plus globaux, l'analyse de zones est recommandée.

<i>Deck</i>	<i>Space</i>	<i>SOLAS Cat.</i>	<i>Fire hazards</i>	<i>Incident class</i>

Tableau 6-1 : Table d'identification et d'énumération des dangers

<i>Worksheet column</i>	<i>Description</i>
Deck	Deck number as per drawing
Space	Room of fire origin
SOLAS Cat.	Spaces are classified according to SOLAS Chapter II-2 Regulation 9-2.2.3 in categories (1) to (14) (see table below). This gives insight to the fire protection systems in place
Fire hazards	Description of fire hazards
Incident class	An incident class is assigned to each space under consideration

Tableau 6-2 : Colonnes de la table d'identification et d'énumération des dangers

➤ Enumération des dangers

Cette énumération permet un classement qualitatif des dangers. Elle fait appel à une matrice de quatre classes adaptée de celle en trois classes proposée par la Circulaire.

<i>Class</i>	<i>Description</i>	<i>Fire impact</i>
Mild incident	Consists of a fire contained in the space of origin	Space of origin
Localised incident	Consists of a fire with a localised affect zone, limited to a specific area.	MFZ of origin
Major incident	Consists of a fire with a medium affect zone, limited to the boundaries of the ship.	Ship
Catastrophic incident	Consists of a fire with a large affect zone, beyond the ship and affecting surrounding ships or communities	Ship and surroundings

Tableau 6-3 : Classes d'incidents

Suivant le degré de complexité de l'étude, les dangers sont sélectionnés en fonction de leurs classes d'incident pour la suite de l'étude.

III.3. Sélection des dangers et spécification des scénarios incendie

L'objectif de cette phase est de détailler l'analyse à partir du premier jeu de dangers sélectionné : les scénarios sont décrits à partir d'une modélisation *système source – flux – système cible*, ils sont quantifiés qualitativement à partir d'indices de fréquence et de sévérité, et enfin sélectionnés.

III.3.1. Représentation systémique

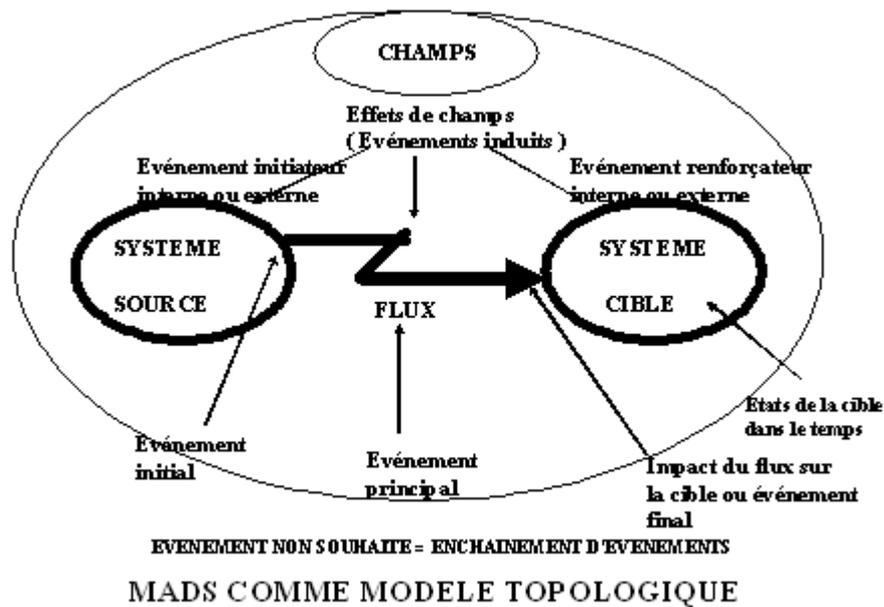


Figure 6-6 : Modèle système source – flux – système cible (MADS)

Les dangers sélectionnés sont détaillés en utilisant une modélisation système source – flux – système cible basée sur le modèle MADS [Perilhon, 1999]. Le modèle nommé MADS (Modèle d'Analyse des Dysfonctionnements des Systèmes) définit l'accident comme un événement non souhaité résultat de l'atteinte d'une ou plusieurs cibles du danger par un flux de danger lui-même issu d'une source de danger. Des événements internes ou non au système étudié peuvent aggraver la situation.

Le choix de cette approche réside dans le fait que ce modèle est particulièrement bien adapté à la phénoménologie de l'incendie, et est ainsi facilement assimilable par les experts.

Space:		Location:	Date:
GENERAL DESCRIPTION			
<i>Subject</i>	<i>Description</i>	<i>Regulation</i>	<i>Fire engineering</i>
Category			
Furnishing & Contents			Fire initiation & development
Bulkhead			Fire spread

Chapitre 6 : Conceptions alternatives pour la sécurité incendie

Automatic smoke detection			Detection
Manual detection			Detection
Automatic suppression			Detection & Suppression
Manual suppression			Suppression
HVAC			Fire and smoke development
Smoke extract system			Fire & smoke development
Openings			Fire & smoke development
Warning			Evacuation
Exit			Evacuation
HAZARD IDENTIFICATION: Source – Flow - Target			
Fire initiation and development	SOURCE		
Smoke development and spread	FLOW		
Fire spread and impact	FLOW		
People target	TARGET		
Structure target	TARGET		
SYNTHESIS			
Impact of the deviation from prescriptive requirements			
Fire scenarios			

Tableau 6-4 : Table de sélection des dangers

III.3.2. Evaluation qualitative du risque

Cette étape est une étape de qualification qualitative des risques à partir d'une matrice de risque. De nombreuses matrices qualitatives existent. Il a été décidé de choisir la matrice et les indices de risques proposés par les Directives FSA [OMI, 2002a] pour deux raisons. La première justification est d'ordre scientifique : si de nombreuses matrices de risques sont développées, peu ont été élaborées sérieusement à partir de leurs équivalents quantitatifs, alors que la matrice de risque FSA est développée à partir des informations quantitatives. Deuxièmement, bien que les communautés « FSA » et « Conception alternative » soient différentes, il apparaît évident de favoriser l'utilisation d'outils communs lorsque c'est possible. Les tables suivantes présentent les indices de fréquence, de sévérité et la matrice de risque. Le niveau de risque est la somme de l'indice de fréquence et de l'indice de sévérité.

<i>FI</i>	<i>FREQUENCY</i>	<i>DEFINITION</i>	<i>F (per ship year)</i>
7	Frequent	Likely to occur once per month on one ship	10
5	Reasonably probable	Likely to occur once per year in a fleet of 10 ships, i.e. likely to occur a few times during the ship's life	0.1
3	Remote	Likely to occur once per year in a fleet of 1000 ships, i.e. likely to occur in the total life of several similar ships	10 ⁻³
1	Extremely remote	Likely to occur once in the lifetime (20 years) of a world fleet of 5000 ships.	10 ⁻⁵

Tableau 6-5 : Table des indices de fréquence

Severity Index				
SI	SEVERITY	EFFECTS ON HUMAN SAFETY	EFFECTS ON SHIP	S (Equivalent fatalities)
1	Minor	Single or minor injuries	Local equipment damage	0.01
2	Significant	Multiple or severe injuries	Non-severe ship damage	0.1
3	Severe	Single fatality or multiple severe injuries	Severe damage	1
4	Catastrophic	Multiple fatalities	Total loss	10

Tableau 6-6 : Table des indices de sévérité

FI	FREQUENCY	SEVERITY (SI)			
		1	2	3	4
		Minor	Significant	Severe	Catastrophic
7	Frequent	8	9	10	11
6		7	8	9	10
5	Reasonably probable	6	7	8	9
4		5	6	7	8
3	Remote	4	5	6	7
2		3	4	5	6
1	Extremely remote	2	3	4	5

Tableau 6-7 : Matrice de risque

III.3.3. Classification

Dans une approche absolue, les scénarios présentant les risques les plus élevés auraient été sélectionnés pour la phase quantitative. Dans une approche comparative, comme celle préconisée par la Circulaire, les scénarios à sélectionner sont ceux présentant un intérêt par rapport à la déviation et aux objectifs de sécurité. Afin, de faciliter le processus de sélection, deux tables sont proposées afin de qualifier les divers scénarios. La première [Barry, 2003] permet d’appréhender un scénario de manière assez classique: *design basis, high challenge, worst case*. La deuxième apporte une réflexion sur le défi introduit par la conception alternative.

<i>Fire event classification</i>	<i>General description</i>
Design-basis fire events	Represents fire-initiating events that can be reasonably expected to occur based on historical perspective and future likelihood
High-challenge fire events	Represents failure and ignition cases considered possible but usually requires unusual or unique situations to be realized
Worst-case fire events	Represents failure cases with a very remote likelihood but with potential for high severity and consequences

Tableau 6-8 : Table de classification n.1

<i>Fire event classification</i>	<i>General description</i>
Objective-based event	Represents events that challenge design team objectives
Deviation-based event	Represents events where risk “creation” is challenging

Tableau 6-9 : Table de classification n.2

A partir de ce support descriptif, le choix des scénarios est laissé aux membres en charge de l'étude.

III.4. Représentations arborescentes génériques

Selon la Circulaire1002, « A time-line should be developed for each of the fire scenarios beginning with fire initiation ». Ces lignes temporelles ont été développées notamment par l'intermédiaire d'arbres d'événements. Trois représentations sont présentées ci-après : la procédure d'alerte, l'évacuation et le développement de l'incendie.

III.4.1. Procédure d'alerte

Une analyse détaillée de la réglementation relative à la procédure d'alerte, à ses systèmes et à ses actions a permis d'élaborer l'arbre suivant. Les méthodes d'évaluation des différents temps sont identifiées (en vert sur la figure). Les actions requises par la réglementation sont identifiées en rouge.

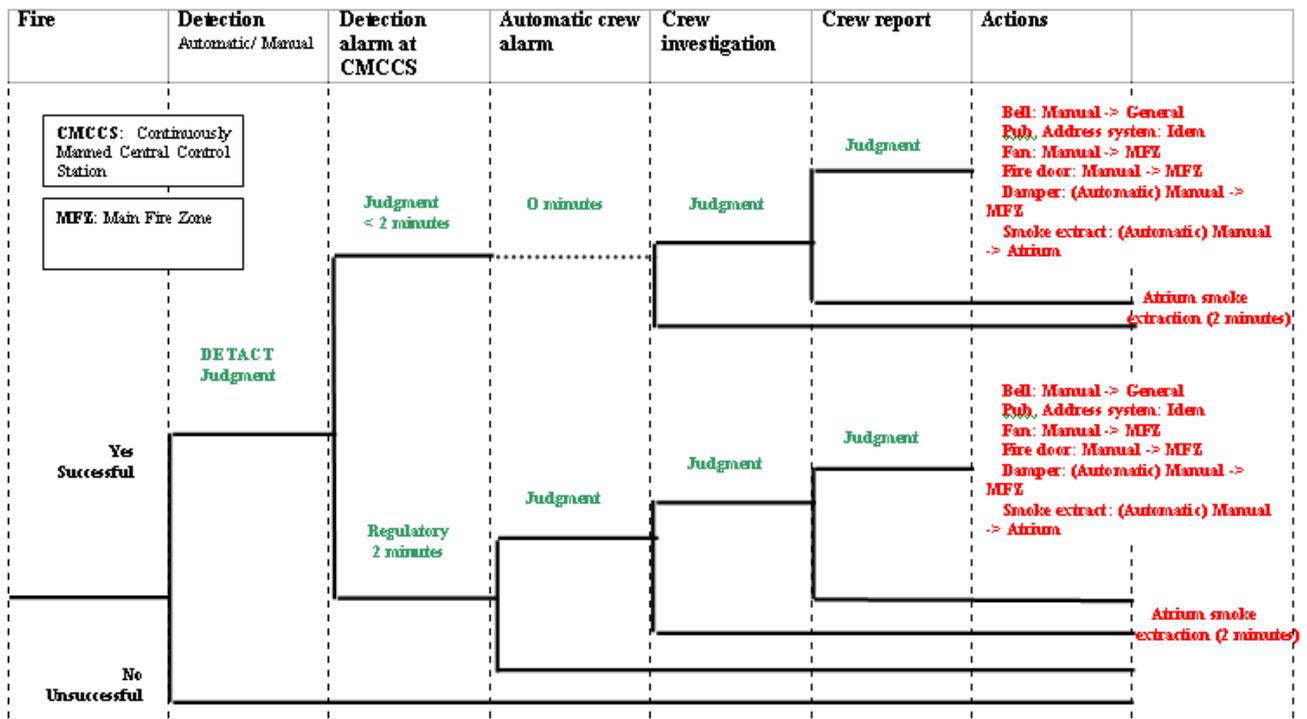


Figure 6-7 : Arbre d'événements : procédure d'alerte

III.4.2. Procédure d'évacuation

Le *RSET* est défini comme étant le *Required Safe Egress Time*, le temps total d'échappée. Ce temps peut-être divisé en sous-parties qui sont présentées dans la figure suivante.

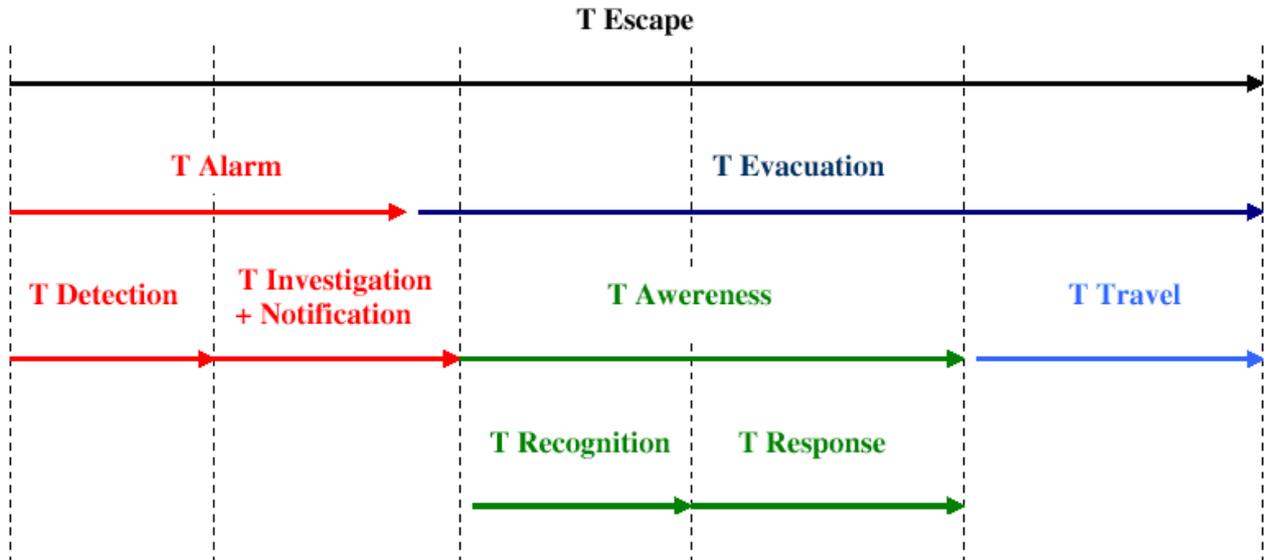


Figure 6-8 : Lignes temporelles de l'évacuation

Voici brièvement les définitions des principaux temps indiqués :

- *Detection time* : délai entre le début de l'incendie et la détection automatique
- *Investigation & notification time* : délai de vérification par les membres d'équipage, et de notification au centre de contrôle incendie, à partir de la détection jusqu'à l'alarme par le centre
- *Recognition time* : temps de reconnaissance d'une alarme par les passagers
- *Response time* : temps de préparation avant l'évacuation effective (collecte de vêtements, de médicament, prise en charge des enfants, etc.)

III.4.3. Développement de l'incendie

Le *ASET* est défini comme le *Available Safe Egress Time* : c'est le développement de l'incendie jusqu'à ce que des conditions critiques soient atteintes. La comparaison entre l'ASET et le RSET permet d'évaluer le niveau de sécurité d'une conception. Afin d'évaluer l'ASET, notamment grâce à des simulations incendie, le scénario de l'incendie doit être précis. L'arbre suivant permet de définir des scénarios en prenant en compte divers systèmes de protection.

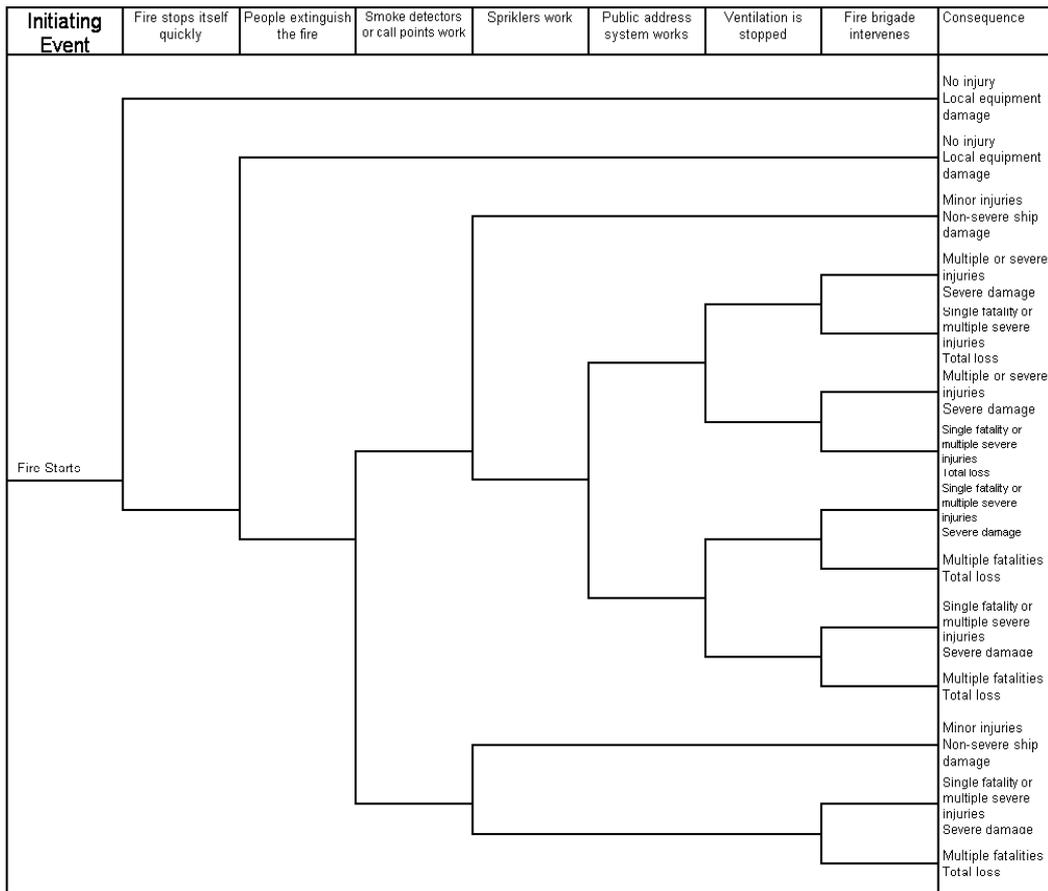


Figure 6-9 : Arbre d'événements : développement de l'incendie

IV. CAS D'APPLICATION

IV.1. Introduction

Ce cas d'application d'un espace public alternatif satisfait aux exigences d'analyse d'ingénierie incendie, requises au titre de la Règle 17 du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS. Le design alternatif est un espace public de navire à passagers sur deux ponts, contenant un casino au pont supérieur et un music hall au pont inférieur. Les deux sous espaces sont en communication par une ouverture de taille réduite. Les dimensions de cette ouverture sont en deçà des dimensions prescrites par la Convention SOLAS qui requiert que la surface des ouvertures entre deux sous espaces soit d'au moins 30% de la surface commune pour que l'ensemble soit considéré comme un seul espace. Afin d'être approuvé dans le cadre des exigences prescriptives, il faudrait par conséquent, soit que la surface de l'ouverture représente 30% de la surface commune, soit que les espaces casino et music hall soient traités comme deux espaces séparés (et qu'il n'y ait plus d'ouverture). Néanmoins, cette conception alternative peut-être approuvée par l'Administration selon la Règle 17 du Chapitre II-2 de SOLAS.

L'analyse d'ingénierie en deux phases (analyse préliminaire et analyse quantitative) est basée sur la Circulaire OMI MSC/Circ.1002. L'analyse préliminaire inclut une définition précise du champ d'application de la conception alternative et des règles qui sont affectées par cette conception ; une identification des objectifs et des exigences fonctionnelles pertinents à cette étude ; le développement des scénarios, et de conceptions alternatives d'essai (la conception alternative avec des mesures de contrôle de risques appropriées). L'analyse quantitative inclut le développement de critères de performance, la spécification de incendie de référence, et l'évaluation de la conception alternative.

Il faut noter que de nombreux navires de croisière possèdent de larges espaces publics contenant des sous espaces : centres commerciaux, cafés, restaurants, etc. Afin d'être considéré comme un espace unique, les règles prescriptives de la SOLAS exigent que l'aire des ouvertures de communication (horizontales ou verticales) entre sous espaces soit supérieure à 30% de l'aire de la surface commune totale. La justification d'une telle règle réside dans le temps de prise de conscience et la capacité des occupants à évacuer l'espace dans le cas d'un incendie. Si l'ouverture est plus petite, des barrières doivent être mises en place pour maintenir la protection passive, de ce fait détruisant l'effet architectural. Cependant, en ce qui concerne les ouvertures horizontales reliant deux ponts, certaines Administrations admettent une dérogation à la règle si un rideau d'eau est installé autour de l'ouverture. La finalité de cette étude était de formaliser et de justifier de telles dérogations basées sur le jugement de l'Administration au moyen d'une analyse d'ingénierie incendie, telle que requise par la nouvelle Règle 17.

L'équipe d'étude était composée d'ingénieurs spécialistes du Bureau Veritas. Elle n'était pas complète au sens de la Circulaire (*a representative of the owner, builder or designer, and expert(s)*)

having the necessary knowledge and experience in fire safety, design, and/or operation) pour cette étude exploratoire.

IV.2. Analyse Préliminaire

IV.2.1. Description de la conception alternative

La conception alternative est un espace public sur deux ponts, contenant un casino au pont supérieur et un music hall au pont inférieur reliés par une ouverture avec escaliers, d'une capacité totale de 650 personnes. Les dimensions du casino sont de 45m x 20m x 4 m, et celles du music hall de 45m x 32m x 3,6m. La surface de l'ouverture représente 5% de l'aire de la surface commune.

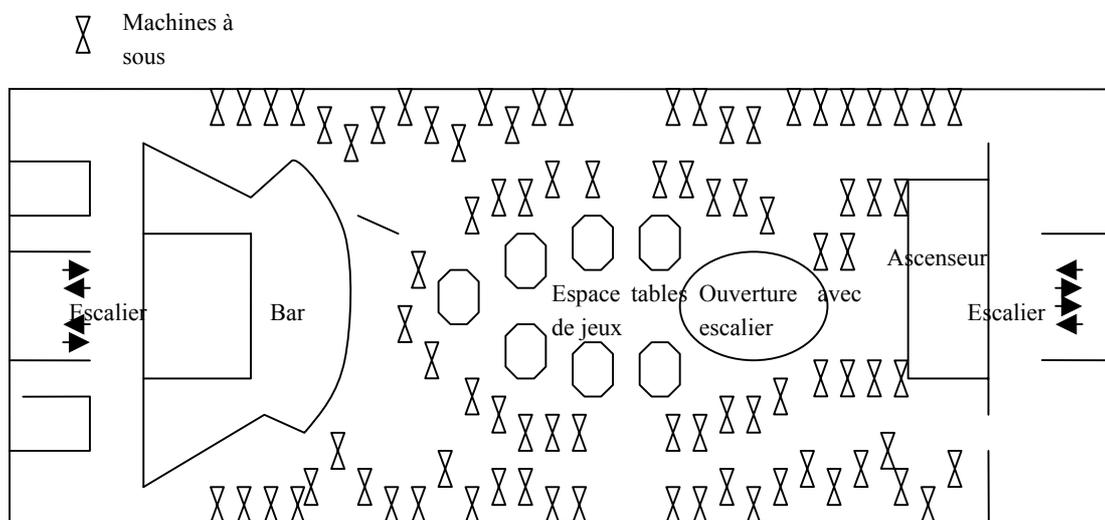


Figure 6-10 : Espace public : Pont supérieur, casino

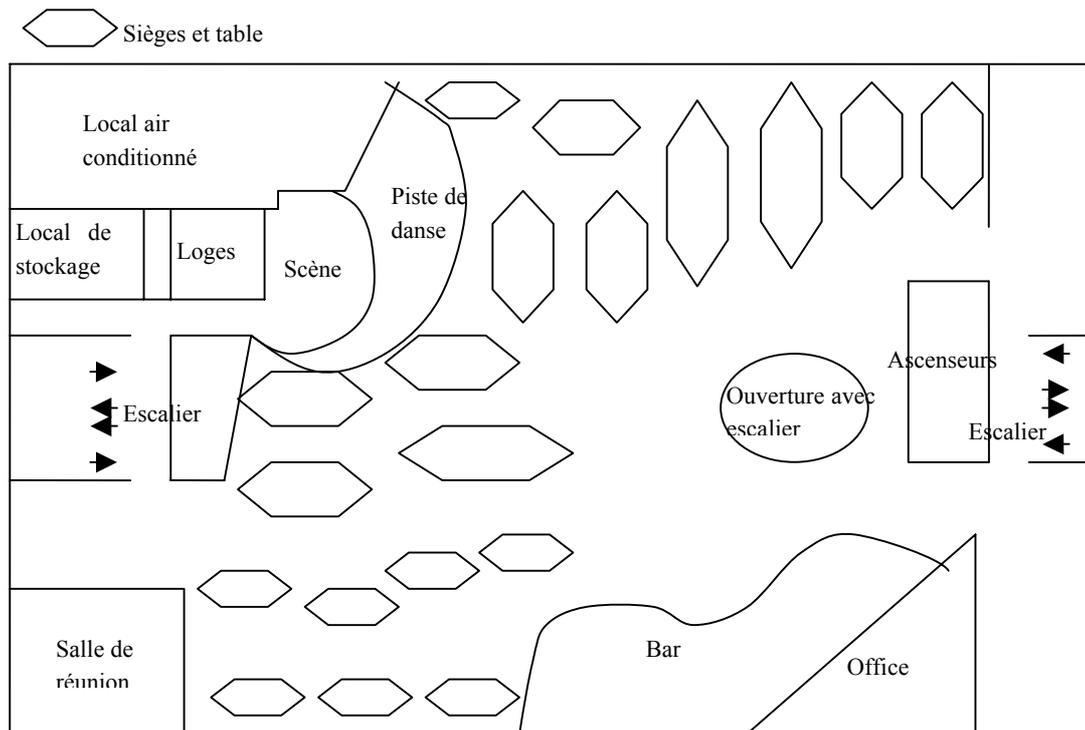


Figure 6-11 : Espace public : Pont inférieur, music hall

IV.2.2. Déviations et Objectifs de sécurité

➤ Déviation

Selon la Règle 9 (2.2.3.2) du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS, “*smaller, enclosed rooms within a space that have less than 30 % communicating openings to that space are considered separate spaces*”. Ainsi, la conception proposée ne devrait pas être considérée comme un seul espace étant donné la surface de l’ouverture (qui représente moins de 30 % de la surface de séparation).

Afin de satisfaire aux exigences de la SOLAS, l’ouverture devrait être agrandie, ou supprimée. Une option serait d’entourer verticalement l’ouverture par du verre ayant les propriétés réglementaires. La perte d’espace ou de confort visuel associée à de telles options justifient le recours à une conception alternative du point de vue du designer ou du propriétaire du navire.

En dehors de ce point, le reste de la conception alternative est conforme aux exigences prescriptives classiques. En particulier, des détecteurs de fumées sont installés tous les 11 m, avec une distance maximale par rapport aux murs de 5.5 m, et un sprinkler est installé par zone de 3.75 m x 3.75 m (14 m²), avec une distance maximale par rapport aux murs de 1.9 m et une température d’activation de 69°C.

➤ Conception équivalente

La conception prescriptive équivalente a pour objectif de servir de niveau de sécurité de référence. Cette conception équivalente présente une surface d'ouverture de 30% de la surface d'interface entre l'espace casino et l'espace music-hall.

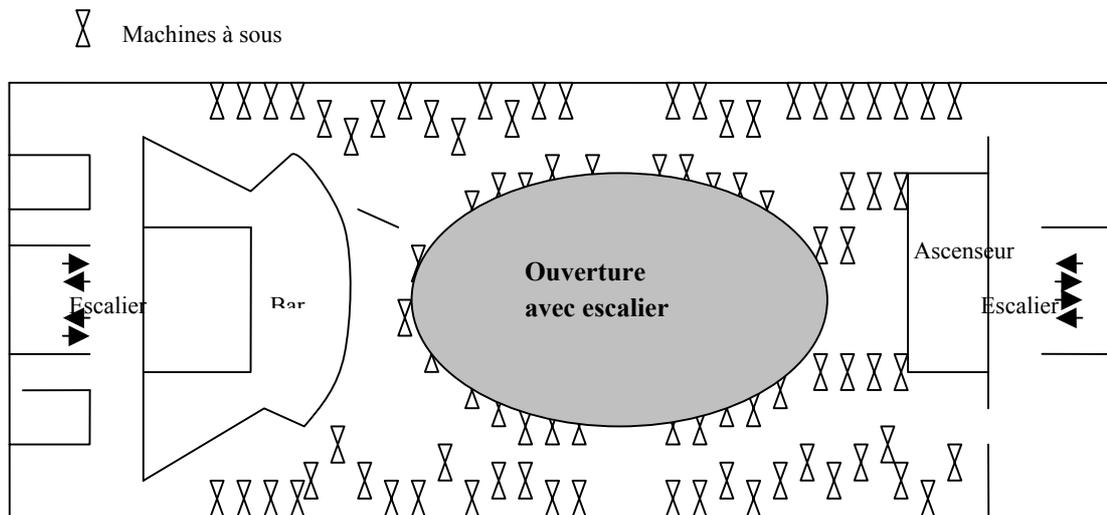


Figure 6-12 : Espace public prescriptif: Pont supérieur, casino

➤ Objectifs de la réglementation

L'identification des objectifs de sécurité est une étape importante. Il apparaît que cette règle des 30% a été adoptée afin de permettre une détection visuelle rapide entre deux espaces qui communiquent. Ainsi, dans notre cas, si un incendie se déclenche au pont inférieur, la détection visuelle et l'évacuation seront plus tardives au pont supérieur. L'objectif de sécurité principal est celui de la protection de la vie humaine, qui peut se traduire de la façon suivante : *permettre aux occupants d'évacuer avant que les conditions ne soient intenable*s.

IV.2.3. Développement des scénarios

➤ Méthodologie

Le développement des scénarios, en prenant en compte cette conception, repose sur une analyse préliminaire des dangers de type analyse de zones et sur une classification des dangers en fonction d'un indice de fréquence et d'un indice de sévérité. Les scénarios ont été développés et classés pour la conception alternative et pour la conception prescriptive équivalente.

➤ Résultats

La matrice suivante représente les scénarios identifiés pour chaque zone en fonction des indices de fréquence et de sévérité.

Frequency Index						
7						
6	5	6P	6A	2A		
5		1 3	2P 4P	4A		
4	7	8P	8A			
3	9	11	10			
2						
1			12			
	1	2	3	4	5	Severity Index

Legend; A: Alternative design P: Prescriptive design 1. Casino 2. Music Hall 3. Upper Level Bar 4. Lower Level Bar 5. Upper Level Pantry 6. Lower Level Pantry 7. Upper Level Toilets 8. Lower Level Toilets 9. Store 10. AC Room 11. Electric Room 12. Lifts	RI	Colour in the Risk Matrix
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	

Figure 6-13 : Matrice de risque et scénarios incendie

➤ Sélection

Cette étude étant une étude exploratoire, il a été décidé de ne garder qu'un scénario. Il a été considéré que le scénario le plus intéressant était le scénario correspondant à un incendie de la scène du music hall : le niveau de risque est à la fois élevé (*high challenge fire event*), et différent pour les cas alternatif et prescriptif (*deviation based event*).

IV.2.4. Conceptions alternatives d'essai

Différentes options de contrôle de risques ont été identifiées à ce point de l'analyse. Elles portent sur le temps d'alarme au pont supérieur et sur le confinement des fumées au pont inférieur :

- Le temps d'alarme au pont supérieur :
 - alarme sonore ou diffusion d'un message préenregistré automatiquement au pont supérieur dès que 2 détecteurs sont enclenchés au pont inférieur
 - alarme sonore ou diffusion d'un message préenregistré automatiquement 60 secondes après qu'un détecteur se soit enclenché au pont inférieur
- Le confinement des fumées au pont inférieur
 - Rideau d'eau autour de l'ouverture
 - Jupe autour de l'ouverture

Il a été décidé d'évaluer les RCOs (*Risk Control Option*) suivantes lors de l'analyse quantitative :

- RCO1: diffusion d'un message préenregistré automatiquement au pont supérieur dès que 2 détecteurs sont enclenchés au pont inférieur;
- RCO2: activation du rideau d'eau autour de l'ouverture dès que 2 détecteurs sont enclenchés au pont inférieur.

IV.3. Analyse quantitative

IV.3.1. Critères de performance

Afin de comparer le niveau de sécurité, des critères doivent être spécifiés. Deux temps sont définis :

- *RSET* : *Required Safe Egress Time*, représente le temps d'échappée, à partir du début de l'incendie jusqu'à ce que les occupants aient quitté les lieux ;
- *ASET* : *Available Safe Egress Time*, représente le développement de l'incendie jusqu'à ce que des conditions critiques soient atteintes.

La différence $ASET - RSET$ est la marge de sécurité (*Safety Margin*). La conception alternative sera jugée équivalente du point de vue de la sécurité à la conception prescriptive équivalente si le $ASET-RSET$ alternatif est plus grand que le $ASET-RSET$ prescriptif.

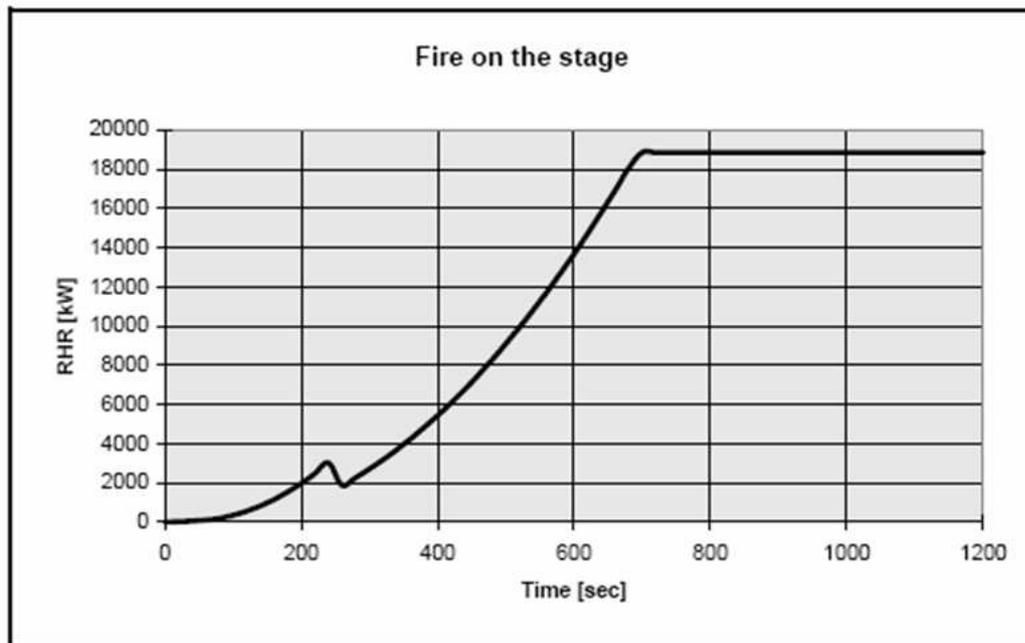
Il est nécessaire de définir des critères de tenabilité. Les critères suivants ont été choisis à partir de [SAFETY FIRST, 2000] :

- Température maximale T de 80°C
- Visibilité minimum de 10 m
- Radiation maximum de 2.5 kW/m^2
- $X(\text{CO}_2) < 20 \%$
- $X(\text{O}_2) > 10 \%$
- $X(\text{CO}) < 0.64 \%$

IV.3.2. Incendie de référence et simulation incendie

➤ Incendie de référence

La même source incendie a été utilisée pour les simulations de la géométrie prescriptive et la géométrie alternative.



RHR for the fire on the stage

Figure 6-14 : Incendie de référence

➤ Simulation

Le logiciel choisi est le logiciel de champ FDS – *Fire Dynamic Simulator* - développé par NIST (*National Institute of Standards and Technology*). FDS est un modèle CFD (*Computational Fluid Dynamics*) qui permet de simuler le développement d'un incendie (température, flux de chaleur, dégagement de fumée...) selon la géométrie de l'espace, de la ventilation, des sprinklers, etc. Il découpe l'espace selon un maillage cubique pour résoudre numériquement les équations de Navier-Stokes adaptées aux incendies. Le modèle calcule les conditions physiques de chaque cellule en fonction du temps. Ce choix a été fait en prenant en compte trois aspects : l'adaptabilité de FDS à la problématique, la reconnaissance de FDS par la communauté de l'ingénierie incendie internationale, et la gratuité de ce logiciel pour cette étude exploratoire.

IV.3.3. Evacuation

➤ RSET

Afin de calculer le RSET, différents temps doivent être calculés : le Temps d'alarme, le Temps de réaction et le Temps de trajet. Les temps de détection sont calculés grâce à FDS (détecteur de fumée ou sprinkler), les temps de réaction sont évalués grâce à des données de la littérature, et enfin le temps de trajet grâce à une approche hydraulique.

➤ Simulation de l'évacuation

Il existe principalement deux approches pour simuler l'évacuation : les approches simples, dites hydrauliques, ou les approches avancées. Pour les approches de type hydraulique les coursives et les escaliers sont représentés comme des tuyaux, les espaces publics et les espaces cabines comme des réservoirs, les portes comme des valves. L'évacuation est modélisée comme un flux, les vitesses dépendent de la densité des personnes. Pour les approches dites avancées, chaque individu est modélisé avec ses propres caractéristiques (âges, vitesse, temps de prise de conscience, etc.), et les interactions entre individus et entre l'individu et son environnement sont prises en compte.

Il a été décidé d'utiliser une modélisation de type hydraulique dynamique pour trois raisons : tout d'abord le caractère assez simple du système étudié qui reste dans les conditions d'utilisation des approches hydrauliques, la disponibilité des données de base (vitesse en fonction de la densité) à partir de la Circulaire OMI MSC/Circ.1033 [OMI, 2002b], et enfin le caractère payant des logiciels d'évacuation dits avancés.

IV.3.4. Scénarios

A partir du scénario « incendie de scène » et de l'utilisation d'arbres d'événements un certains nombres de scénarios ont été développés et simulés.

Conception prescriptive	Conception alternative
Cas 1 - Défaillance des systèmes de protection active - Défaillance de l'alarme	Cas A0-1 - Défaillance des systèmes de protection active - Défaillance de l'alarme
Cas 2 - Défaillance des systèmes de protection active	Cas A0-2 - Défaillance des systèmes de protection active
Cas 3 - Défaillance de l'alarme	Cas A0-3 - Défaillance des systèmes de protection active - Défaillance de l'alarme
Cas 4 Pas de défaillance des systèmes	Cas A0-4 - Pas de défaillance
	Cas A1-1 - Défaillance des systèmes de protection active - RCO1
	Cas A1-2 - Pas de défaillance des systèmes - RCO1
	Cas A2-1 - Défaillance des systèmes de protection active - RCO2
	Cas A2-2 - Pas de défaillance - RCO2

Figure 6-15 : Liste des scénarios étudiés

IV.3.5. Résultats

En tenant compte des diverses hypothèses, les résultats montrent que :

- Sans RCO, la conception alternative est effectivement moins sûre que la conception prescriptive dans le worst case (rien ne fonctionne) ;
- Prescriptif et alternatif dans le best case sont du même niveau de sécurité ;
- Avec les RCO envisagés, la conception alternative peut être rendue plus sûre au pont supérieur que la conception prescriptive.

De plus, bien qu'il ait été identifié que la problématique historique liée à la règle des 30% concernait le sous espace adjacent au sous espace où l'incendie débutait, il apparaît que la conception alternative est moins sûre au pont inférieur. Concernant ce dernier point, la diffusion d'un message préenregistré automatiquement au pont inférieur dès que 2 détecteurs sont enclenchés au pont inférieur permet d'assurer une sécurité équivalente.

V. CONCLUSIONS

Dans ce Chapitre, l'utilisation de l'analyse de risques en aval de la réglementation a été présentée à travers la nouvelle Règle 17 du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS « Conception et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie ». Ce Chapitre fait également office d'expérimentation et de validation de la méthodologie d'analyse de risques développée à partir de la méthodologie générale proposée par la Circulaire OMI MSC/Circ.1002.

Lors de la révision des règles prescriptives - de sécurité incendie, entrée en vigueur en 2002, l'identification d'objectifs de sécurité explicites et d'exigences fonctionnelles a permis l'introduction d'une règle de substitution (la Règle 17): des conceptions alternatives peuvent être acceptées par les Administrations nationales au terme d'une analyse d'ingénierie incendie réalisée par le propriétaire du navire ou le chantier naval. La méthodologie générale de l'analyse d'ingénierie incendie, dont la finalité est l'évaluation du niveau de sécurité de la conception alternative, est décrite dans la Circulaire OMI MSC/Circ.1002. Cette méthodologie en deux étapes (analyse préliminaire et analyse quantitative) repose sur les techniques d'analyse de risques et les modélisations de l'incendie, de l'évacuation et de la réponse structurelle. Le champ d'application de cette approche concerne, actuellement, les navires à passagers pour qui l'innovation, la demande architecturale et la flexibilité sont des paramètres importants.

Suite à une participation active au projet de recherche Européen SAFETY FIRST (2000-2002) dont l'objectif était de développer une base de connaissance relative à l'approche conception alternative et de la tester au travers de cas d'étude pilotes, une méthodologie détaillée a été développée [Chantelauve, 2005]. Cette méthodologie détaillée s'inscrit dans le cadre général de la Circulaire OMI MSC/Circ.1002. La partie analyse de risques de cette méthodologie a été présentée. Elle repose sur des identifications et filtrages successifs de dangers et de scénarios, grâce à des techniques d'analyse du risque (Analyse Préliminaire des dangers, modèle système source – flux – système cible, matrice de risque, arbres d'événements, etc.), qui doivent permettre de mener à bien cette analyse comparative tout en respectant les contraintes, notamment temporelles de la phase de conception des navires. Bien que ces techniques d'analyse de risques soient des techniques « classiques », leur formalisation et surtout leur utilisation sont un apport substantiel dans le cadre de cette problématique que nous allons justifier.

La sécurité incendie est un domaine des codes de construction où les approches par performance sont nettement avancées. En témoigne le nombre de conférences sur ce sujet, dont la plus importante est sans doute l' «*International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*», organisée par la *Society of Fire protection Engineers* (SFPE).

Lors de l'édition 2004 au Luxembourg, un cas d'étude a été proposé (une gare ferroviaire et routière). Cinq pays (Etats-Unis, Royaume-Uni, France, Australie et Japon) ont conduits cinq analyses d'ingénierie de la sécurité incendie de ce complexe. Sans entrer dans le détail des diverses

approches - stratégiques ou scientifiques - adoptées, il est néanmoins intéressant de rappeler les approches d'analyse de risques adoptées lors de ces études qui représentent l'état de la connaissance actuel. Si les guides [SFPE, 2000] [ISO, 1999] mentionnent explicitement les approches d'évaluation des risques, qu'en est-il de leurs applications ? A titre d'illustration, le nouveau Guide « *International Fire Engineering Guidelines IFEG* » [Tubbs, 2004], en cours d'élaboration par, et pour, l'Australie, le Canada, les Etats-Unis et la Nouvelle Zélande mentionne dans la Partie 2 – Méthodologie : identification et définitions des scénarios incendie avec notamment le recours aux arbres d'événements ; utilisation d'approches déterministes et probabilistes.

Pour revenir aux cas d'études, si l'ensemble des pays adoptent des démarches rigoureuses et détaillées pour les modélisations phénoménologiques (incendie, évacuation, structure), la démarche d'analyse du risque est moins formelle : pour l'ensemble des études, aucun scénario n'a été développé avec une utilisation méthodologique des techniques classiques d'analyse de risques. Le développement des scénarios reposent sur un jugement d'expert direct ou, dans le meilleur des cas, sur une liste de scénarios types. L'évaluation des scénarios, quant à elle va, du simple commentaire « le scénario *n* est plus dangereux que le scénario *m* » à une utilisation limitée de matrice de risques qualitative. Ce constat démontre la lenteur du processus d'appropriation des techniques d'analyse du risque par des communautés expérimentées dans le domaine de la phénoménologie déterministe.

La méthode développée est ensuite testée et illustrée avec un exemple. Les étapes d'analyse du risque s'intègrent dans ce cas d'étude exploratoire. Cette étude s'intéresse à un espace public alternatif sur deux ponts (casino au pont supérieur communiquant par une ouverture et un escalier avec un music hall au pont inférieur) dont la déviation par rapport aux exigences réglementaires est la suivante : l'aire de l'ouverture de communication entre les deux ponts est inférieure au 30% réglementaire de l'aire de la surface commune totale.

Le développement des scénarios incendie s'est déroulé en deux étapes de brainstorming: analyse préliminaire des dangers par une analyse de zones et classification des dangers grâce à une matrice de risque qualitative. Suite à cette étape, il a été décidé de ne retenir qu'un scénario principal pour l'analyse quantitative de cette étude exploratoire : un incendie sur la scène du music hall.

Au vue de l'intention historique de la règle des 30% qui doit permettre une détection visuelle rapide d'un incendie, les options de contrôle de risque choisies sont une procédure d'alarme automatique (message préenregistré) au pont supérieur dès que deux détecteurs sont activés au pont inférieur, et le déclenchement d'un rideau d'eau autour de l'ouverture dès que deux détecteurs sont activés au pont inférieur (Ces deux mesures étaient les mesures demandées par les Administrations afin d'approuver une telle conception avant l'entrée en vigueur de la règle 17 au titre d'une règle d'équivalence générale).

Divers scénarios ont ensuite été envisagés à partir de l'élaboration d'un arbre d'événements du développement incendie. La conception prescriptive équivalente (avec une ouverture de 30%) et les conceptions alternatives ont finalement été évaluées sur la base de ces scénarios par l'utilisation de modélisations de l'évacuation et de l'incendie. Au final, et étant donné les hypothèses de l'étude, la conception alternative possède un niveau de sécurité équivalent à une conception prescriptive équivalente avec l'introduction des options de contrôle de risques envisagées (la procédure d'alarme automatique doit néanmoins concerner le pont supérieur mais aussi le pont inférieur). Cette étude

Chapitre 6 : Conceptions alternatives pour la sécurité incendie

est un cas d'application concret de la démarche d'analyse de risques développée, présentée dans la figure ci-après.

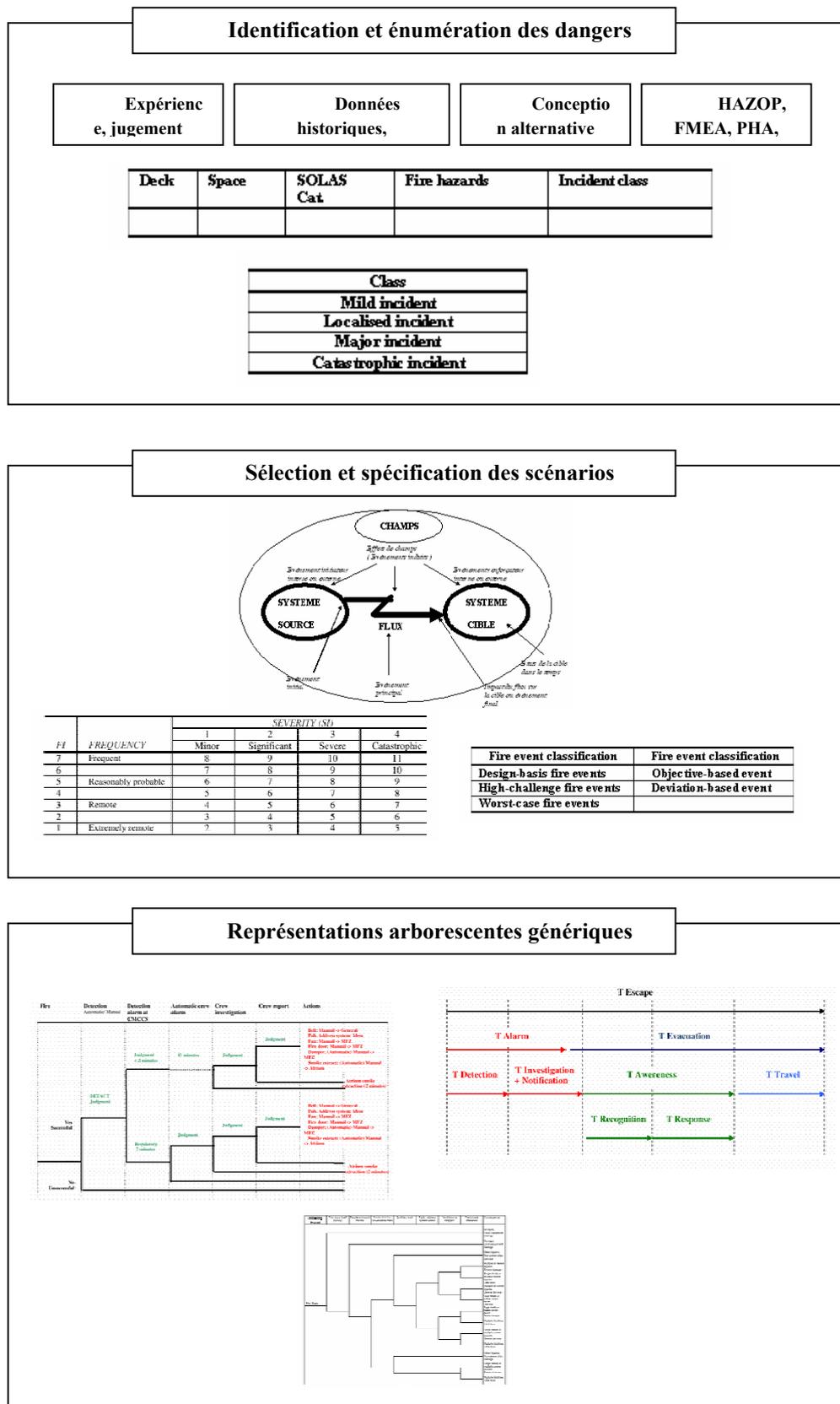


Figure 6-16 : Approche générale pour l'évaluation du risque incendie

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE 6

- [Barry, 2003] **BARRY, T.F.** *Risk-Informed, Performance-Based Industrial Fire Protection. An Alternative to Prescriptive Codes.* Knoxville, USA: Fire Risk Forum, 2003.
- [Chantelauve, 2003] **CHANTELAUVE, G. et Al.** *Probabilistic Models and Data for the Safety First Project.* In Passenger Ship Safety RINA Conference, London-UK, 25-26 March 2003.
- [Chantelauve, 2005] **CHANTELAUVE, G.** *Draft guidelines on alternative design – Information note.* Bureau Veritas, 2005.
- [ISO, 1999] **ISO.** *Fire safety engineering.* ISO/TR 13387-1 through 13387-8 International Standards Organization, 1999.
- [Maccari, 2003] **MACCARI A., VERGINE A.** *Safety First Project: A step forward in passenger ship safety design.* In Passenger Ship Safety RINA Conference, London-UK, 25-26 March 2003.
- [OMI, 2001a] **OMI - Maritime Safety Committee.** *Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety.* MSC/Circ.1002. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2001b] **OMI - Maritime Safety Committee.** *Guidelines on a simplified calculation for the total amount of combustible materials per unit area in accommodation and service spaces.* MSC/Circ.1003. Londres: OMI, 2001.
- [OMI, 2002a] **OMI - Maritime Safety Committee and Marine Environment Protection Committee.** *Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process.* MSC/Circ.1023 - MEPC/Circ.392. Londres: OMI, 2002.
- [OMI, 2002b] **OMI - Maritime Safety Committee.** *Interim guidelines for evacuation analyses for new and existing passenger ships.* MSC/Circ.1033. Londres: OMI, 2002.

- [OMI, 2004a] **OMI - Statement by the Government of Finland. INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA, 1974 - Alternative design and arrangements under regulation II-2/17 - Lift with no separate machinery room.** SLS.14/Circ.226. Londres: OMI, 2004.
- [OMI, 2004b] **OMI - Statement by the Government of Norway. INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA, 1974 - Alternative design and arrangements under regulation II-2/17 - Movable fire walls in main vertical zones.** SLS.14/Circ.232. Londres: OMI, 2004.
- [OMI, 2004b] **OMI - Statement by the Government of Finland. INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA, 1974 - Alternative design and arrangements under regulation II-2/17 - Lift with no separate machinery room.** SLS.14/Circ.235. Londres : OMI, 2004.
- [Perilhon, 1999] **PERILHON, P.** *Réflexions sur les modèles de la science du danger.* **In** Ecole d'été " Gestion Scientifique du Risque : sciences du danger, concepts, enseignements et applications " Albi, France, 6-10 septembre 1999.
- [Ramsdale, 2003] **RAMSDALE S., MAWHINNEY N.R.** *Fire Consequence Modelling for the Safety First Project.* **In** Passenger Ship Safety RINA Conference, London-UK, 25-26 March 2003.
- [SAFETY FIRST, 2000] **SAFETY FIRST.** *Deliverable 4.1b Vulnerability of Humans to Fire and Smoke.* SAFETY FIRST European Research Project, 2000.
- [SFPE, 2000] **SFPE.** *The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings.* Bethesda, USA: Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, 2000.
- [Tubbs, 2004] **TUBBS, B. & al.** *International collaboration - Development of the International Fire Engineering Guidelines.* **In** 5th International conference on Performance-based codes and fire safety design methods. 6-8 octobre 2004. Luxembourg.

CONCLUSION GENERALE

I. RECAPITULATIF DES CHAPITRES

Dans la première Partie de ce mémoire, nous avons défini le contexte de ce travail de thèse. Le système de la « *sécurité maritime* » et le système de la « *réglementation de la sécurité maritime* » ont été présentés avec leurs acteurs. La notion de *sécurité maritime* a été spécifiée par trois aspects : sécurité des transports maritimes, sécurité par rapport aux risques accidentels, et sécurité de la sauvegarde de la vie humaine, de la protection de l'environnement et du navire. Malgré une hausse des trafics et une baisse de l'accidentologie, la récurrence des grandes catastrophes maritimes est inacceptable pour les sociétés modernes. Ces grandes catastrophes et la prise de conscience de l'opinion publique ont d'ailleurs été le moteur de l'avancée réglementaire. Cette réglementation apparaît comme l'un des déterminants principaux de la sécurité : au format prescriptif de la réglementation est associé une culture de sécurité dite de conformité de l'industrie. Néanmoins de nouvelles valeurs émergent : l'importance d'un facteur humain positif, le principe de précaution, de développement durable, de culture de sécurité positive. Deux acteurs de la réglementation, l'Organisation Maritime Internationale et les sociétés de classification, ont été mis

en avant avec deux activités : la réglementation internationale de la sécurité maritime et les règles de classification.

Les acteurs de la sécurité maritime ont ensuite été analysés au travers du prisme de la décision et de groupes de décision : politique, managérial, analytique, gestion de crise et opérations routinières. Cette analyse a permis de mettre en évidence l'importance de la réglementation pour la sécurité maritime. Parallèlement, certains dysfonctionnements de l'activité réglementaire ont été constatés : sur-réglementation, fragmentation de la réglementation, réglementation par les désastres, culture de conformité. En particulier, il apparaît que *“uncertainty and risk assessment should have an important place in informing public policy (decision) makers”*. Ces constatations et l'opportunité de travailler en collaboration avec Bureau Veritas ont permis d'introduire la problématique de la thèse. Le cœur de la thèse a été avancé : *les approches normatives fondées sur les risques sont une solution et une tendance d'évolution majeure de la sécurité maritime*. Les travaux de recherche menés dans le cadre de cette thèse ont pour but d'étayer cette hypothèse avec pour objectifs (i) de montrer l'intérêt d'avoir recours à l'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité et (ii) de développer une base de connaissance pour l'apport des sciences du risque à la réglementation de la sécurité.

Dans la deuxième Partie du mémoire, nous avons mené une double réflexion de production et d'organisation de la connaissance des approches normatives non traditionnelles (traditionnel au sens maritime du terme, c'est à dire une élaboration déterministe de la réglementation et un format prescriptif des règles). Nous avons tout d'abord examiné les initiatives non traditionnelles de divers secteurs industriels : approches *Safety case* du domaine pétrolier offshore, approches *performance based code* de la construction terrestre, approches *risk-informed* du secteur nucléaire, et enfin les approches *Seveso* de divers pays européens. Il a ensuite été nécessaire de préciser le concept de ces approches non traditionnelles par la définition de la configuration de la réglementation. Cette configuration repose sur deux dimensions : la dimension de l'élaboration de la réglementation et la dimension du format de la réglementation. A la dimension du format prescriptif traditionnel est mis en opposition le format par performance. Cette notion de performance a été approfondie. En particulier, à la notion de performance macroscopique (qui permet d'ajuster le niveau de performance d'un sous-système en considérant la performance d'un autre sous-système) sont associées plusieurs aspects de cette performance concernant l'environnement (la performance porte sur les systèmes sources de danger et sur le flux de danger), le danger (la performance porte sur les systèmes cibles de danger avec un nombre limité de scénarios) et les risques (la performance porte sur les systèmes cibles de danger avec un niveau spécifié de risque). L'évolution d'un code prescriptif vers un code par performance a été formalisée comme étant un changement de point de vue, chaque approche ayant ses avantages et ses inconvénients. Les aspects pouvant influencer une évolution ou le choix de l'une ou l'autre des approches ont été identifiés du point de vue de l'ingénieur, du manager, et du régulateur. Nous nous sommes ensuite intéressés à la dimension de l'élaboration de la réglementation qui peut être déterministe, probabiliste, ou fondée sur les risques. L'importance de l'évaluation du risque pour ces approches normatives non traditionnelles nous a amenés à nous intéresser aux techniques de l'analyse du risque, avec un intérêt particulier concernant l'utilisation qui est faite de ces techniques par l'industrie. Suite à cette revue, il apparaît que seules les techniques d'évaluation du risque dites de l'ingénieur se sont imposées durablement dans l'industrie. Dans notre contexte industriel, ces techniques de l'ingénieur seront notre boîte à

outils pour le développement de nos méthodes et de nos applications. Six critères sont finalement proposés pour le choix de techniques et l'élaboration d'une méthode d'évaluation du risque:

- La motivation de l'étude ;
- Le type de résultats attendus ;
- Le type d'information disponible ;
- Les caractéristiques du problème ;
- Les risques perçus et l'expérience ;
- La disponibilité des ressources.

Après ce Chapitre sur les apports théoriques, le deuxième Chapitre de la Partie 2 présente un état de l'art critique des initiatives réglementaires maritimes non traditionnelles récemment entrées en vigueur, ou en cours de discussions. Ces nouvelles initiatives se sont développées dès le début des années 90 et ont connu un essor important depuis le début de ce travail de recherche. Pour chaque approche l'identification du contexte et des contraintes de développement, l'identification de la méthodologie et de l'utilisation faite de l'évaluation du risque, et enfin l'identification des applications permettent de justifier l'intérêt de l'apport des sciences du risque pour la réglementation de la sécurité. Ces approches ont été classées en quatre catégories :

- Performance par vérifications ;
- Performance par substitution ;
- Performance explicite ; et,
- Elaboration de règles fondée sur les risques.

Dans la troisième Partie, nous proposons deux méthodes d'évaluation du risque répondant à des objectifs différents, ainsi que leur mise en œuvre pratique.

La première méthode s'inscrit dans le contexte de l'évaluation formelle de la sécurité (FSA), entrée en vigueur en 1997, à utiliser dans le cadre du processus d'élaboration de règles de l'OMI. Le FSA, en plus de l'étape d'identification du problème, comporte cinq étapes :

- Etape 1 : Identification des dangers ;
- Etape 2 : Analyse des risques ;
- Etape 3 : Options de Maîtrise des risques ;
- Etape 4 : Analyse Coûts – Avantages ; et,
- Etape 5 : Recommandations en vue de la prise de décision.

Notre contribution porte sur l'étape 2 du FSA « Analyse des risques ». La méthode d'évaluation des risques que nous proposons, relative à cette étape, a été mise en œuvre dans le cadre d'un projet de collaboration internationale sur une étude FSA de la sécurité des vraquiers.

La deuxième méthode que nous proposons s'inscrit dans le contexte de la Règle II-2/17 de la Convention SOLAS « Conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie », entrée en vigueur en 2002. Si des Directives existent, la méthodologie reste très générale :

- Analyse préliminaire
 - Définition du champ de l'étude ;
 - Développement de scénarios incendie ;
 - Développement des mesures de réduction du risque ;
- Analyse quantitative
 - Quantification des scénarios d'incendie de référence
 - Mise au point de critères de performance
 - Evaluation des conceptions

La méthode d'évaluation du risque que nous présentons a été développée pour l'élaboration des scénarios incendie et l'analyse quantitative. Cette méthode a été mise en œuvre dans le cadre d'un cas d'étude exploratoire interne à Bureau Veritas sur un espace public alternatif de navires à passagers.

Cette troisième Partie de notre étude fait aussi office d'expérimentation et de validation des méthodes développées. En effet, l'approche FSA introduit l'analyse de risques en amont de la réglementation afin de faciliter le processus de prise de décision réglementaire, alors que l'approche conception alternative pour la sécurité incendie introduit l'évaluation du risque en aval de la réglementation sous la responsabilité des chantiers ou des armateurs. Le choix des cas d'étude a été effectué afin de montrer que les méthodes d'évaluation du risque permettent de résoudre des problèmes différents à plusieurs niveaux :

- Finalité de l'étude
 - L'objet de l'étude, un navire générique vs. navire spécifique.
 - Le niveau de décision, aide à la décision pour la prise de décision réglementaire vs. une analyse du chantier ou de l'armateur qui doit être présentée pour approbation à une Administration nationale.
 - Critères d'acceptabilité, critères ALARP vs. étude comparative.
- Système étudié
 - Type de navires, « classique » vs. « technologique ».
 - Phénomènes étudiés, structure vs. incendie et évacuation.
 - Etendue spatiale de l'étude, le navire dans son ensemble vs. une zone du navire.

Si les approches FSA et conceptions alternatives n'ont pas la même finalité, et par conséquent, si les méthodes d'évaluation du risque sont différentes, il est néanmoins possible de dégager quelques grandes lignes structurant ces approches (modèle du processus de danger, méthodes pour identifier ou analyser les risques, études dynamiques pour évaluer les conséquences):

- Modèle *Système source – Flux – Système cible* ou modèle *Risk Contribution Tree*.
- Identification des dangers par les méthodes d'identification (AMDEC, HAZOP, What if etc.).
- Analyse des risques par les méthodes d'analyse arborescentes (arbres de défaillances et d'événements).
- Etude des conséquences (simulation incendie et évacuation, simulation d'envahissement).

II. RAPPEL DES OBJECTIFS

Dans la première Partie, les origines de la problématique ont été rappelées. L'importance de la réglementation pour la sécurité maritime a été soulignée. Les limites de la configuration traditionnelle de la réglementation de la sécurité maritime ont été identifiées. Ceci nous a conduits à poser les questions de l'évolution de cette configuration et de l'apport des sciences du risque pour la réglementation. Ce choix est aussi défini par l'opportunité de travailler en collaboration avec Bureau Veritas. Ainsi, l'objectif est double : d'une part, développer des connaissances sur l'apport de l'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité maritime, et, d'autre part, développer des connaissances pour l'apport de l'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité maritime. En d'autres termes, l'objectif scientifique était de montrer l'intérêt d'avoir recours aux techniques d'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité, et l'objectif pratique était de développer une base de connaissance, des méthodes et des applications des techniques d'évaluation du risque. Il est dorénavant nécessaire de se poser la question : dans quelle mesure les résultats répondent-ils aux objectifs ? L'apport et les résultats de ce travail sont développés pour les deux objectifs respectivement.

III. FORMALISATION DE L'APPORT DES SCIENCES DU RISQUE POUR LA REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME

Les travaux de recherche menés dans le cadre de cette thèse avaient pour objectif de montrer l'intérêt d'avoir recours aux techniques d'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité maritime. La formalisation de l'apport des sciences du risque pour cette réglementation renvoie à un modèle cognitif (de représentation). Ce modèle peut s'analyser à deux niveaux. Le premier niveau est l'intérêt de cet apport pour chaque initiative identifiée dans le Chapitre 4 consacré aux nouvelles approches maritimes. Le deuxième niveau est l'intérêt de cet apport au regard des dysfonctionnements identifiés dans la Partie 1 qui précise le cadre dans lequel s'inscrit la réglementation maritime, ses limites et son évolution récente.

III.1. Intérêt de l'apport au regard des initiatives

La justification de l'intérêt de l'apport pour chaque initiative identifiée dans le Chapitre 4 a été formalisée à trois stades:

- Le contexte ; quelle est l'origine de l'initiative, du développement de la règle ?
- L'obligation réglementaire ; quelles sont les exigences réglementaires concernant l'utilisation des techniques d'évaluation du risque, quels en sont les objectifs, existe-t-il des Directives méthodologiques ?
- Le besoin et l'utilisation ; quelles sont les applications, à partir d'exigences soient obligatoires, soient possibles ?

Même si la vocation de ce travail est de fournir une représentation plus ou moins conforme du système existant, il n'en est pas moins largement explicatif. Si l'objectif premier n'est pas de développer un modèle prévisionnel ou normatif de l'évolution réglementaire, ce travail établit néanmoins les bases d'un modèle décisionnel qui aurait pour fonction de fournir à un décideur des informations lui permettant d'éclairer un choix visant à modifier le système. Le modèle propose dans ce cas quatre alternatives identifiées qui peuvent être prises en compte pour éclairer la démarche réglementaire.

III.1.1. Performance par vérification

La performance par vérification correspond à une évaluation du risque en plus du cadre réglementaire traditionnel. Nous avons identifié deux problématiques relatives à cette approche.

Tout d'abord, celle de systèmes novateurs et de gestion d'interface entre systèmes (Analyse des types de défaillance et de leurs effets pour des engins à grande vitesse), dans ce cas nous proposons une évaluation explicite pour une performance de type « environnement ».

Ensuite, celle des effets d'échelle avec une analyse macroscopique d'un système répondant à des exigences microscopiques (analyse de l'évacuation des navires à passagers), dans ce cas il s'agit d'une évaluation prétraitée pour une performance de type « danger » qui formalise des scénarios de référence : des scénarios en mode normal et des scénarios en mode dégradé.

La dénomination « par vérification » ne doit pas prêter à confusion, il ne s'agit pas d'un simple exercice de vérification mais d'un réel questionnement qui doit aboutir à de nouvelles mesures, de nouveaux résultats. L'exemple de l'analyse de l'évacuation est révélateur : le délai d'évacuation calculé est grossièrement la somme du temps de réponse, du temps de trajet, du temps d'embarcation et de mise à l'eau des embarcations. Si le noyau de l'analyse est le calcul du temps de trajet – qui doit permettre d'améliorer les chemins d'échappées – ce temps de trajet ne représente généralement pas plus de 15% du délai d'évacuation maximum autorisé. Il sera certainement nécessaire de recadrer la finalité de l'analyse dans le futur.

III.1.2. Performance par substitution

La mise en place d'une approche de type performance par substitution est pertinente lorsqu'il existe un cadre prescriptif bien établi et lorsque le cycle d'amendement est relativement long par rapport aux cycles d'innovation. Le développement d'une telle approche s'inscrit aussi dans une perspective d'évolution : généralement des objectifs et des exigences fonctionnelles sont identifiés, et le socle prescriptif est maintenu et harmonisé. Les clefs du succès d'une telle approche résident dans l'existence d'un besoin de la part des industriels en termes de flexibilité et d'innovation. Le

cas des alternatives aux doubles coques est une illustration de l'échec de telles approches lorsque la composante politique domine les composantes industrielle, technique et scientifique. Néanmoins si de telles approches laissent une marge de manœuvre importante aux industriels, le besoin d'un cadre structurant est identifié. En ce qui concerne la problématique incendie, les Directives proposent les grandes lignes de la méthodologie. Nous avons vu qu'il a été nécessaire de développer, de détailler ces Directives (Chapitre 6), notamment pour la partie concernant le développement des scénarios incendie.

III.1.3. Performance explicite

Nous avons identifié deux tendances conduisant à une approche de type performance explicite. La première tendance, relative aux navires à passagers de grande dimension, dans un contexte de système novateur, aux limites des Conventions actuelles, où la criticité est perçue élevée, fournirait des critères de performance explicites afin de développer des conceptions nouvelles. La deuxième tendance, relative aux normes de construction en fonction d'objectifs, dans un contexte de règles multiples et changeantes, fournirait des critères de performance explicite pour développer des règles afin d'assurer leur harmonisation. La première relève d'un besoin de responsabilisation de l'opérateur, la seconde d'un besoin de coordination des sociétés de classification.

III.1.4. Elaboration de règles fondée sur les risques

L'élaboration de règles fondée sur les risques se matérialise par les Directives pour l'évaluation formelle de la sécurité (FSA) à utiliser dans le cadre du processus d'élaboration de règles de l'OMI. La finalité d'une telle démarche est d'aider à la prise de décision. Deux aspects importants doivent être spécifiés. Tout d'abord, le FSA n'est pas censé être d'application universelle. La question se pose de savoir si les sujets de préoccupation corrects sont adressés. Si les premières études ont concerné la sécurité des vraquiers, de nouveaux sujets de discussion à l'OMI « *risquent d'avoir des incidences importantes en termes de coûts (coût social ou coût pour le secteur maritime)* ». Or, le lancement d'une étude FSA n'est pas formalisé et dépend des initiatives des Etats. Le second aspect concerne les recommandations proposées suite à une étude FSA. Actuellement, ces recommandations concernent essentiellement des règles de type prescriptif. La question se pose de la possibilité de la recommandation de règles par performance à la suite d'une étude FSA.

III.2. Intérêt de l'apport au regard des dysfonctionnements

Si l'intérêt de l'apport des techniques d'évaluation du risque pour différentes initiatives est justifié, il est nécessaire de prendre du recul pour avoir une vision de la réglementation en général et de son évolution. Si la configuration traditionnelle de la réglementation de la sécurité maritime (déterministe et prescriptive) est une source de connaissances majeures pour la sécurité maritime, certaines limites ont été identifiées dans la Partie 1 de ce mémoire dont les plus importantes sont la sur-réglementation et fragmentation, et une conformité exigée limitant l'innovation. Le Chapitre 4 démontre que des initiatives sont développées qui peuvent répondre à ces limites avec deux tendances majeures : le besoin de variété et un changement évolutionnaire.

III.2.1. Besoin de variété

Face à la conformité découlant des règles prescriptives, la demande industrielle en matière d'innovation attend une réponse réglementaire en termes de flexibilité. Les normes sur les conceptions et dispositions alternatives permettent, d'une part cette flexibilité (vs. Conformité) et, d'autre part un choix sur l'ajustement des mesures de protection (vs. Sur-réglementation). Par ailleurs, l'introduction de ce type de normes s'accompagne généralement d'une révision approfondie des règles traditionnelles associées, avec l'introduction d'objectifs et d'exigences fonctionnelles (vs. Fragmentation). Un besoin antagoniste au besoin de variété est le besoin de coordination. Ceci se reflète dans le maintien des règles traditionnelles et dans le développement de Directives. Le besoin de coordination se retrouve à un autre niveau avec l'initiative sur les normes de construction en fonction d'objectifs qui fait appel à la coordination par l'OMI du développement des règles de classification.

III.2.2. Changement évolutif ou "évolutionnaire"

A maintes reprises décriées, la sécurité maritime et sa réglementation n'ont pas été révolutionnées, avec au contraire des réponses évolutives au besoin de changement. L'exemple le plus visible est l'adoption de l'évaluation formelle de la sécurité en lieu et place de l'approche *Safety Case* préconisée par la Commission d'enquête britannique. Les approches de performance par substitution sont aussi révélatrices de cette évolution : l'innovation est possible, avec par ailleurs la conservation des règles traditionnelles. Ses règles prescriptives restent l'élément fort de la réglementation pour les conceptions traditionnelles, tout en représentant le niveau de sécurité implicite pour les conceptions alternatives. Le tableau suivant récapitule l'émergence de la réglementation de la sécurité maritime.

Période	Age
19 ^{ème} siècle	Règles de classification ➤ Protection du navire et de sa cargaison
Deuxième moitié du 20 ^{ème} siècle	Internationalisation – Règles déterministes et prescriptives ➤ Protection de la vie humaine et Protection de l'environnement
Début des années 90	Performance par vérification
Fin des années 90	Elaboration des règles fondée sur les risques
2000	Vers la performance ➤ Performance prescriptive pour la conception alternative (Performance de substitution) ➤ ...Performance explicite pour la conception ➤ ...Performance explicite pour la réglementation prescriptive

Tableau 0-1 : Les âges de l'émergence de la réglementation de la sécurité maritime

IV. BASE DE CONNAISSANCE POUR L'APPORT DES SCIENCES DU RISQUE POUR LA REGLEMENTATION DE LA SECURITE MARITIME

L'objectif pratique de ce mémoire était le développement d'une base de connaissance concernant l'apport de l'évaluation du risque pour la réglementation. Au-delà du développement de deux méthodes d'évaluation du risque et de leur mise en oeuvre (Partie 3), d'autres initiatives ont contribué au développement de cette base de connaissance au sens large du terme (expertise, données, modèles, méthodes, outils, applications, note guide, etc.). Ces initiatives sont rappelées dans cette section ainsi que leurs perspectives, puisque le succès de ce travail dépend en partie de la mise en pratique, au sein de Bureau Veritas, des connaissances développées et acquises. A ce titre, les initiatives relatives aux conceptions et dispositifs alternatifs font l'objet d'une attention particulière avec la mise en avant du processus d'apprentissage qui nous permet d'affirmer le succès de celles-ci.

IV.1. Développement d'une base de connaissance

IV.1.1. Directives intérimaires pour une analyse de l'évacuation des navires

Les actions relatives à ces Directives concernent trois points : leurs développements, leurs utilisations, et la vérification – statutaire - d'analyses.

En ce qui concerne le développement des Directives, nous participons au groupe de travail AFNOR X65M, le groupe miroir français du sous-comité Protection Incendie de l'OMI, qui a mis en place un groupe d'experts sur l'analyse d'évacuation des navires à passagers neufs et existants. Il est prévu d'avoir une participation plus active et directe dans le groupe de travail du sous-comité de l'OMI.

En ce qui concerne l'utilisation – les analyses pratiques – des Directives, deux actions ont été menées. Tout d'abord, un outil informatique a été développé pour l'analyse simplifiée. Ensuite, une revue critique des programmes de simulation pour l'évacuation avancée a été réalisée. Cette revue a permis d'aboutir au choix du logiciel MaritimeEXODUS, à son apprentissage et à son utilisation pratique pour un certains nombres d'études. Les bons contacts avec les développeurs du logiciel, nous ont permis de faire part d'un certains nombre d'améliorations souhaitables, dont certaines devraient être implantées dans la prochaine version du logiciel. La suite immédiate de ces travaux est le développement d'une formation interne sur les Directives et sur le logiciel dédiée aux ingénieurs en charge de la protection incendie.

En ce qui concerne la vérification des analyses d'évacuation, suite à une revue critique d'analyses simplifiées soumises au Bureau Veritas dans le cadre de son activité statutaire, une note guide intérimaire sur la vérification des analyses simplifiées a été écrite. Un point important est le choix des scénarios de référence en mode dégradé.

IV.1.2. Directives pour l'évaluation formelle de la sécurité

Les actions concernent l'application des Directives et leurs développements.

En ce qui concerne l'application des Directives, notre participation à l'étude internationale sur la sécurité des vraquiers dans le cadre du groupe de travail en charge de la partie "analyse du risque" a déjà été mentionnée.

En ce qui concerne le développement des Directives, notre action se fait à deux niveaux. Tout d'abord, dans le cadre de l'OMI, l'action se concrétise par une participation au groupe de travail FSA au titre de représentant de la France. Ensuite, dans le cadre de l'IACS où nous participons au groupe de travail de l'IACS sur le FSA (IACS AHG/FSA). A ce titre Bureau Veritas a accueilli la première session du cours développé par l'IACS « FSA – Train the trainer » en 2001.

IV.1.3. Directives sur les conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie

Les actions sont précisées dans la section suivante.

IV.1.4. Normes de construction des navires neufs en fonction d'objectifs

Pour cette initiative en développement, notre action se réalise par la participation au groupe de travail du Comité de la sécurité maritime de l'OMI sur le sujet.

IV.1.5. Projet de Directives sur les conceptions et dispositifs alternatifs des engins de sauvetage

Notre action est une action de recherche avec la participation au projet de recherche Européen SAFECRAFTS « Safe abandoning of passenger ships ». Lancé en 2004 pour une période de 4 ans, ce projet étudie de nouveaux concepts pour l'évacuation des passagers. Ce projet cible le processus de sauvetage en quantifiant la performance des engins de sauvetage et en améliorant l'interaction entre l'engin de sauvetage et le navire de sauvetage. Le défi est d'exploiter des approches par premiers principes pour la conception des systèmes de sauvetage prenant en compte des aspects techniques et humains. Les approches par premiers principes se rapportent à l'hydromécanique, la mécanique, la pyrotechnie, le comportement humain, l'évaluation quantitative des risques. À cet égard des essais de modèles physiques et les essais grandeur nature joueront un rôle décisif. Ce projet est organisé en dix groupes de travail :

- 1 Definition of a rescue system performance parameter;
- 2 Methodology for description of evacuation systems behaviour and hardware mechanics;
- 3 Quantify human factors related to rescue system performance;
- 4 Assessment of rescue systems;
- 5 Develop new rescue concepts;
- 6 Design, engineering & building of test models;
- 7 Experiments;
- 8 Consolidation ;
- 9 Dissemination and co-operation ;
- 10 Project coordination.

Bureau Veritas participe au WP4 sur l'évaluation de la performance des engins de sauvetage et dirige le WP8 qui a pour finalité une soumission à l'OMI pour l'approbation de nouveaux concepts d'engins de sauvetage. Ce travail, sous la direction du Département Recherche, associe étroitement l'équipe technique en charge de l'approbation des engins de sauvetage et la direction commerciale des navires à passagers.

IV.2. Apprentissage : conceptions alternatives pour la sécurité incendie

La Règle 17 « Conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie » du Chapitre II-2 de la Convention SOLAS est entrée en vigueur en 2002. Les Directives ont été adoptées en 2001. Autour de cette problématique, une action de recherche importante a été menée depuis le projet de Règle jusqu'à aujourd'hui. Cette action a permis un apprentissage au sein de Bureau Veritas que nous présentons en trois étapes : le développement du savoir, du savoir faire et de l'expérience.

IV.2.1. Développement du savoir

Nous avons déjà mentionné le projet de recherche Européen SAFETY FIRST, acronyme de « Design for **Safety**- Ship **Fire** Engineering Analysis Toolkit », commencé le 1^{er} mars 2000 pour une période de trois ans. L'objectif du projet était de développer des connaissances afin de pouvoir exploiter la Règle 17 dès son entrée en vigueur. Le projet s'articulait autour de huit groupes de travail :

- 1: User requirements and verification of results of case studies;
- 2: Probabilistic models and data;
- 3: Fire development models;
- 4: Consequence Modelling;
- 5: Case studies;
- 6: Fine tuning of models;
- 7: Synthesis for design;
- 8: Project management, dissemination and exploitation.

Nous étions en charge des groupes de travail 2 sur les modèles et données probabilistes et 6 sur l'amélioration des modèles suite aux cas d'étude.

Parallèlement, nous étions aussi partenaire, avec les Chantiers de l'Atlantique notamment, de la partie « évacuation » d'un projet de recherche français SPECS (2000-2002). Le but de ce projet était de développer un prototype de logiciel démontrant la capacité d'utiliser des outils de simulation pour modéliser le phénomène d'évacuation. Bureau Veritas était en charge des apports et de la veille réglementaire sur cette problématique.

Au travers de ces deux projets, il a été possible d'acquérir des connaissances sur la partie analyse du risque de l'ingénierie de la sécurité incendie et une vision sur les modèles de simulation (incendie, évacuation, etc.). Si la participation des ingénieurs des départements techniques a été plutôt limitée, ces projets ont permis d'engager les discussions, de cibler les compétences et les besoins. Avec l'entrée en vigueur de la Règle en 2002, ces attentes se sont accrues et notre réponse a été formalisée sous la forme d'une formation interne, sur la problématique des conceptions et dispositifs alternatifs pour la sécurité incendie, dispensée aux ingénieurs des départements techniques en 2003.

IV.2.2. Développement du savoir faire

Suite à cette formation et aux attentes des départements techniques, un cas d'étude exploratoire a été développé en 2004. L'objectif de ce cas d'étude était triple : il devait tout d'abord impliquer les ingénieurs du département technique ; il devait ensuite permettre l'utilisation des connaissances en analyse du risque et le développement des compétences sur les divers outils de modélisation ; et enfin, il devait permettre de jeter les bases d'une approbation d'une conception alternative, qui était néanmoins admise par certaines Administrations - sous réserve de la mise en place de certaines mesures additionnelles de contrôle du risque - avant l'entrée en vigueur de la Règle 17.

Cette étude interne a été positive pour les trois objectifs : des résultats et des mesures concrètes ont été identifiés ; l'évacuation simplifiée et un logiciel de simulation incendie (FDS - *Fire Dynamic Simulator* développé par le *National Institute of Sciences and Technology*) ont été maîtrisés ; et enfin les ingénieurs des départements techniques ont été impliqués de manière active tout au long de l'étude.

IV.2.3. Développement de l'expérience

Suite au succès de l'étude exploratoire, et à la communication de notre savoir-faire, une étude collaborative a été mise en place avec un chantier européen sur une problématique d'envergure en 2005. Si cette étude a permis au chantier d'acquérir des connaissances pratiques sur la problématique des conceptions alternatives, elle a permis au Bureau Veritas de conforter son expérience dans ce domaine.

Parallèlement, il a été décidé d'améliorer nos compétences dans le domaine de la simulation. A ce titre, l'utilisation des logiciels de simulation d'évacuation avancée MaritimeEXODUS et de simulation incendie SMARTFIRE, développés par l'Université de Greenwich à Londres, a été maîtrisée.

Pour finir, une note guide intérimaire sur les conceptions et dispositifs alternatifs de la sécurité incendie est en cours de rédaction.

IV.2.4.Perspectives

Les suites immédiates de ces travaux concernent :

- La formation des ingénieurs des départements techniques aux outils de simulations
- Un effort de recherche sur un point faible qui est la réponse de la structure à l'incendie en partenariat avec les experts structure du Département Recherche
- La diffusion dans l'ensemble du Bureau Veritas – notamment BV industrie, BV Consulting et BV Offshore - de cette nouvelle expertise
- La finalisation d'une offre commerciale en partenariat avec la Direction commerciale des navires à passagers

V. CONTRIBUTIONS DE LA RECHERCHE ET PERSPECTIVES

Nous allons pour finir reprendre l'intérêt et les limites de notre recherche, à partir desquels il sera possible de préciser des aspects qui mériteraient d'être approfondis.

La problématique de cette thèse concerne l'apport de l'évaluation du risque à la réglementation de la sécurité maritime. Alors que les techniques d'analyse du risque sont des outils classiques d'ingénierie, nous avons essayé d'apporter notre contribution à la démonstration de leur adaptabilité au contexte de la réglementation de la sécurité maritime.

Il s'agit tout d'abord de replacer ce travail dans le contexte maritime et de sa culture de maîtrise des risques. Traditionnellement, des actions ont été prises suite à l'expérience opérationnelle, aux développements technologiques et aux accidents. Ainsi, jusqu'à récemment, il n'existait pas de formalisation de l'évaluation du niveau de sécurité. Si l'analyse des types de défaillance et de leurs effets a été introduite dans le Code des engins à grande vitesse en 1994, d'une part les initiatives fondées sur l'évaluation du risque ont pris leur essor depuis le début de ces travaux de recherche, et d'autre part, nos contacts avec les industriels nous montrent leurs attentes et leurs besoins en termes de connaissance et de potentialité de l'évaluation du risque. Ainsi, le sujet de l'apport des sciences du risque à la réglementation méritait d'être abordé.

Par ailleurs, si l'évaluation du risque et la sécurité maritime font dorénavant l'objet de nombreux développements et projets de recherche, auxquels nous avons montré une participation active dès les premiers instants, il apparaît que ces initiatives sont relativement cloisonnées et que les communautés impliquées sont différentes. Ce cloisonnement provient de l'origine même des initiatives. A titre d'exemple, rappelons que l'origine de l'évaluation formelle de la sécurité provient d'un transfert de connaissance de l'industrie pétrolière offshore, alors que l'origine de l'initiative des conceptions alternatives pour la sécurité incendie provient de la communauté de l'ingénierie incendie de la construction terrestre. Notre perspective permet d'apporter une transversalité à ces diverses approches.

En ce qui concerne la place de l'évaluation du risque par rapport au cycle de vie du système – au sens large du terme : de la réglementation à l'opération du système en passant par sa conception et sa construction –, il apparaît que si les systèmes existants (que ce soient une organisation, une PME, un site SEVESO, un territoire, etc.) font l'objet de nombreux travaux, notamment dans le cadre du GEM Risques, les systèmes en développement font l'objet de peu de travaux. Notre démarche se démarque au sens où elle adresse les phases de réglementation / conception de systèmes. Des enjeux existent à deux égards : tout d'abord, lors de la phase d'élaboration du règlement le système étudié est un système dit « générique », ensuite, lors de la phase de conception du système, si celui-ci est spécifique et « presque » existant, des contraintes existent sur les délais des études et le niveau d'information disponible.

La mise en œuvre de méthodes d'évaluation du risque a montré leur applicabilité pour des problématiques à différents niveaux - d'une part pour l'élaboration de règles, d'autre part pour la conception de navire – mais aussi pour des phénomènes (en termes de système source et flux de

danger) différents. Il convient de replacer la nouveauté de ces études dans leurs contextes. En ce qui concerne la problématique de la structure, l'approche traditionnelle est l'identification d'éléments critiques et de leur mode de défaillance notamment par l'expérience. L'aspect novateur de l'évaluation du risque est qu'elle permet d'analyser non seulement la défaillance structurelle mais aussi d'en évaluer les conséquences ultimes permettant ainsi une meilleure identification des contributeurs au risque. En ce qui concerne l'ingénierie de la sécurité incendie, nous avons déjà mentionné que l'évaluation du risque était le parent pauvre de cette ingénierie. Notre approche se démarque par la formalisation d'une approche structurée d'évaluation du risque.

Après avoir rappelé l'intérêt de notre travail, il importe de présenter les difficultés pratiques rencontrées et d'en préciser les limites.

Si l'introduction de l'évaluation du risque doit permettre une réglementation plus équilibrée et une flexibilité dans la conception des navires, nous avons constaté une certaine réticence lors de l'utilisation pratique de celle-ci. La première réticence est due au fait que l'évaluation du risque requiert un effort structuré et coûteux notamment dans la phase d'identification des dangers, qui est perçue comme compliquée, alors que l'expert – en général – considère qu'il connaît à priori les dangers importants. La deuxième réticence concerne le recours au jugement d'expert pour évaluer le risque de manière semi quantitative ou quantitative. Dans le premier cas, l'utilisation d'indices de fréquence et de sévérité se révèle problématique. Dans le deuxième cas, le recours au jugement d'expert est anticipé comme pouvant être un point de critique de l'étude. Néanmoins, l'approche d'évaluation du risque reste attractive pour les raisons évoquées au début de ce paragraphe. Fort heureusement, après une phase d'apprentissage, les craintes s'estompent.

Ce nécessaire apprentissage justifie le choix d'avoir eu recours à des techniques dites de l'ingénieur de part le contexte industriel et réglementaire. Ces techniques ont, bien sûr, certaines limites. La limite principale est l'incorporation de l'élément humain « à la périphérie ». Nous avons également identifié des approches organisationnelles ou systémiques qu'il aurait été possible d'explorer, ce qui n'a malheureusement pas été possible compte tenu du niveau de maturité de la recherche en sécurité maritime, des attentes opérationnelles et des contraintes réglementaires. En ce qui concerne la bonne utilisation de l'évaluation du risque, nos études ont été menées dans un esprit d'objectivité et de rigueur avec des partenaires volontaires et motivés. Nous n'avons pas été confrontés à des études de « justification ». Le succès de l'apport de l'évaluation du risque à la réglementation dépend, en cette période d'apprentissage, de l'honnêteté des analyses menées. En ce qui concerne le positionnement de nos travaux de recherche, ils sont principalement un support analytique à la réglementation de la construction et de la conception des navires dont les acteurs principaux sont l'OMI, les sociétés de classification et les chantiers navals. Nous ne nous sommes pas intéressés à la réglementation des opérations. Plusieurs pistes mériteraient d'être explorées. Est-ce que la conception et la construction d'un navire non prescriptif influence la culture de sécurité opérationnelle, directement, ou par le choix managérial et économique de ce type de navire? Quel est l'apport de l'évaluation du risque pour la réglementation des opérations? Si Lassagne s'est intéressé aux déterminants de la régulation de la sécurité des armateurs, quels sont ces déterminants pour les chantiers navals?

Si ces dernières perspectives ouvrent sans doute des voies importantes de recherche, nous terminerons par des perspectives plus pratiques.

Un premier point est l'instauration pérenne d'une veille réglementaire et industrielle pro-active des approches fondées sur le risque au sein de la Division Marine de Bureau Veritas. Dans le cadre de cette activité, il s'agirait aussi de formaliser un processus d'apprentissage et de dissémination des connaissances. Nous avons pu voir le succès de l'apprentissage avec l'exemple de l'initiative conceptions et dispositifs alternatifs. Néanmoins, cet apprentissage a été essentiellement social (en termes de rencontres, d'affinités personnelles), et bien que cette composante fasse partie de la recherche, il semble nécessaire de formaliser un apprentissage organisationnel.

Un deuxième point est l'apport de l'évaluation du risque pour la conception des navires en dehors de toute exigence réglementaire, dans une démarche volontaire des chantiers ou des armateurs. Ce genre d'approche résulte de l'évolution de la maturité de l'industrie maritime vis-à-vis de l'évaluation du risque et des attentes sociétales en matière de sécurité. Cette approche dite « *design for safety* » a été initiée au sein de la section Ingénierie du risque du Département Recherche au travers du projet de recherche européen *Safety At Speed* sur les engins à grande vitesse à passagers.

RESUME

RESUME

La réglementation de la sécurité est un des déterminants principaux de la sécurité du transport maritime. Depuis la fin du 20^{ème} siècle, de nouvelles approches normatives fondées sur les risques viennent compléter la configuration traditionnelle - déterministe et prescriptive - de la réglementation de la sécurité. Nos travaux de recherche traitent de l'intérêt des techniques d'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité. Le travail méthodologique de production et d'organisation des concepts théoriques et des apports de terrain relatifs aux configurations réglementaires « non traditionnelles » permet de formaliser l'utilisation des techniques d'évaluation du risque et de proposer des aspects influençant le choix des techniques. Deux méthodes d'évaluation du risque sont améliorées - relatives à (i) *l'évaluation formelle de la sécurité* à utiliser dans le cadre du processus d'élaboration de règles, et aux (ii) *conceptions alternatives pour la sécurité incendie* à utiliser dans le cadre de conceptions de navire ne répondant pas aux exigences réglementaires classiques – et mises en œuvre, respectivement, pour la sécurité des vraquiers et pour un espace public de navires à passagers. A travers ce travail, nous avons pu mettre en évidence l'utilisation potentielle de l'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité, et dégager les grandes lignes structurant ces approches.

MOTS CLEFS

Evaluation du risque – Réglementation de la sécurité – Transport maritime – Evaluation formelle de la sécurité – Conceptions alternatives pour la sécurité incendie – Ingénierie de la sécurité incendie.

ABSTRACT

Safety regulation is one of the most important aspects of maritime transport safety. Since the end of the 20th century, new risk-based normative approaches are developed in addition to the traditional - determinist and prescriptive - safety regulatory configuration. This work focuses on the potential benefits of risk assessment techniques to safety regulations. The methodological work of production and organization of theoretical concepts and industrial state-of-the-art related to the "non traditional" regulatory configuration makes it possible to formalize the use of risk assessment techniques and to propose aspects influencing technique choice. Two risk assessment methods were improved – related to (i) Formal Safety Assessment (FSA) for use in rule-making process, and to (ii) alternative designs for fire safety to be used when ship design does not complied with prescriptive requirements – and applied, respectively to bulkcarrier safety and to a passenger vessel large public space. Through this work, we emphasised the potential use of the risk assessment within the regulatory framework, and highlighted the general outlines structuring these approaches.

FOLIO ADMINISTRATIF

THESE SOUTENUE DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON

NOM : CHANTELAUVE
(avec précision du nom de jeune fille, le cas échéant)

DATE de SOUTENANCE : 11 janvier 2006

Prénoms : Guillaume, Cédric

TITRE : Evaluation des risques et réglementation de la sécurité : Cas du secteur maritime – Tendances et applications

NATURE : Doctorat

Numéro d'ordre : 2006-ISAL-0007

Ecole doctorale : Chimie de Lyon (Chimie, Procédés, Environnement)

Spécialité : Sciences et techniques du déchet

Cote B.I.U. - Lyon : T 50/210/19 / et bis

CLASSE :

RESUME :

La réglementation de la sécurité est un des déterminants principaux de la sécurité du transport maritime. Depuis la fin du 20^{ème} siècle, de nouvelles approches normatives fondées sur les risques viennent compléter la configuration traditionnelle - déterministe et prescriptive - de la réglementation de la sécurité.

Nos travaux de recherche traitent de l'intérêt des techniques d'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité. Le travail méthodologique de production et d'organisation des concepts théoriques et des apports de terrain relatifs aux configurations réglementaires « non traditionnelles » permet de formaliser l'utilisation des techniques d'évaluation du risque et de proposer des aspects influençant le choix des techniques.

Deux méthodes d'évaluation du risque sont améliorées - relatives à (i) *l'évaluation formelle de la sécurité* à utiliser dans le cadre du processus d'élaboration de règles, et aux (ii) *conceptions alternatives pour la sécurité incendie* à utiliser dans le cadre de conceptions de navire ne répondant pas aux exigences réglementaires classiques – et mises en oeuvre, respectivement, pour la sécurité des vraquiers et pour un espace public de navires à passagers.

A travers ce travail, nous avons pu mettre en évidence l'utilisation potentielle de l'évaluation du risque pour la réglementation de la sécurité, et dégager les grandes lignes structurant ces approches.

MOTS-CLES : Evaluation du risque – Réglementation de la sécurité – Transport maritime – Evaluation formelle de la sécurité – Conceptions alternatives pour la sécurité incendie – Ingénierie de la sécurité incendie

Laboratoire (s) de recherche : Centre SITE (Sciences, Information et Technologies pour l'Environnement) de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne – Département Recherche de Bureau Veritas Division Marine.

Directeur de thèse: Henry LONDICHE

Président de jury :

Composition du jury :

- Rapporteurs :

BOISSON Philippe - Docteur d'Etat en Droit, Bureau Veritas

DUSSERRE Gilles - Chargé de recherche, Ecole des Mines d'Alès

- Examineurs

BESSE Pierre (*Co-Directeur de thèse*) – Ingénieur, Bureau Veritas

LONDICHE Henry (*Directeur de thèse*) - Maître de recherche, Ecole des Mines de Saint Etienne

MOSZKOWICZ Pierre - Professeur des universités, INSA de Lyon

MUNIER Bertrand - Professeur des universités, GRID Cachan

