

**LES CAHIERS**  
2011-08 **DE LA**  
**SÉCURITÉ INDUSTRIELLE**

**LA RÉSILIENCE**

**ANALYSE  
ÉTYMOLOGIQUE**

**ÉRIC RIGAUD**



**L**A *Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle* (FonCSI) est une Fondation de Recherche reconnue d'utilité publique par décret en date du 18 avril 2005. Elle a pour ambitions de :

- ▷ contribuer à l'amélioration de la sécurité dans les entreprises industrielles de toutes tailles, de tous secteurs d'activité ;
- ▷ rechercher, pour une meilleure compréhension mutuelle et en vue de l'élaboration d'un compromis durable entre les entreprises à risques et la société civile, les conditions et la pratique d'un débat ouvert prenant en compte les différentes dimensions du risque ;
- ▷ favoriser l'acculturation de l'ensemble des acteurs de la société aux problèmes des risques et de la sécurité.

Pour atteindre ces objectifs, la Fondation favorise le rapprochement entre les chercheurs de toutes disciplines et les différents partenaires autour de la question de la sécurité industrielle : entreprises, collectivités, organisations syndicales, associations. Elle incite également à dépasser les clivages disciplinaires habituels et à favoriser, pour l'ensemble des questions, les croisements entre les sciences de l'ingénieur et les sciences humaines et sociales.

Les travaux présentés dans ce rapport sont issus d'un projet de recherche financé par la FonCSI. Les propos tenus ici n'engagent cependant que leurs auteurs.

## **Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle**

Fondation de recherche, reconnue d'utilité publique

<https://www.FonCSI.org/>

6 allée Émile Monso — BP 34038  
31029 Toulouse cedex 4  
France

Téléphone: +33 534 32 32 00  
Twitter: @LaFonCSI  
Courriel: [contact@FonCSI.org](mailto:contact@FonCSI.org)



**Title** Resilience and safety management : ideas for innovating in industrial safety  
**Keywords** resilience, vulnerability, adaptation, safety management  
**Author** Éric Rigaud, Mines ParisTech  
**Publication date** November 2011

The *resilience* notion is used in different scientific contexts, covering different perspectives such as the ability to cope with an unexpected situation, the ability to stay within operating limits which protect from irreversible structural changes to the system, the capacity to adopt novel behaviours and strategies when confronted with exceptional environmental conditions, *etc.* Since several years, this notion has underpinned the development of theoretical and methodological thinking in safety science and risk management.

This document proposes a **bibliographic and etymological summary** of the different usages of the resilience concept within various scientific disciplines. It also presents a number of viewpoints on the use of the concept for safety management.



### À propos des auteurs

Holding a PhD in computer science, Éric Rigaud is a researcher at the *Risk and crisis research center* of Mines ParisTech, in Sophia Antipolis (France). He works for the Chair in industrial safety at Mines ParisTech, which is directed by Erik Hollnagel. His research work primarily concerns resilience engineering.

Contact : [eric.rigaud@mines-paristech.fr](mailto:eric.rigaud@mines-paristech.fr)



### Pour citer ce document

Rigaud, É. (2011). *Resilience and safety management : ideas for innovating in industrial safety*. Number 2011-08 of the *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, Foundation for an Industrial Safety Culture, Toulouse, France (ISSN 2100-3874). Available at <https://www.FonCSI.org/en/>.

**Titre** Résilience et management de la sécurité : pistes pour l'innovation en sécurité industrielle

**Mots-clefs** résilience, adaptation, vulnérabilités, gestion de la sécurité

**Auteur** Éric Rigaud

**Date de publication** novembre 2011

La notion de *résilience* est utilisée dans différents contextes scientifiques, recouvrant différentes perspectives comme la faculté à faire face et à surmonter une situation, à rester en dessous de seuils dont le franchissement provoquerait des changements structurels irréversibles au sein des systèmes, à adopter des comportements originaux au regard de situations exceptionnelles, *etc.* Depuis quelques années, cette notion sert de support au développement de réflexions théoriques et méthodologiques dans le domaine du management de la sécurité.

Ce document propose une **synthèse bibliographique et étymologique** des modes d'utilisation de la résilience au sein de différentes disciplines et de différents points de vue relatifs à son utilisation dans le cadre du management de la sécurité.



### À propos des auteurs

Docteur en informatique, Éric Rigaud est chargé de recherches au *Centre de recherche sur les Risques et les Crises* de Mines ParisTech, à Sophia Antipolis. Il participe à la Chaire d'excellence en sécurité industrielle de Mines ParisTech, dirigée par Erik Hollnagel. Ses recherches portent principalement sur l'ingénierie de la résilience.

Contact : [eric.rigaud@mines-paristech.fr](mailto:eric.rigaud@mines-paristech.fr)



### Pour citer ce document

Rigaud, É (2011). *Résilience et management de la sécurité. Pistes pour l'innovation en sécurité industrielle*. Numéro 2011-08 des *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle, Toulouse, France (ISSN 2100-3874). Disponible à l'adresse <https://www.FonCSI.org/fr/>.

# Avant-propos

Le concept de *résilience* a connu au cours des dix dernières années un succès grandissant chez les chercheurs et experts intéressés par la sécurité industrielle. Ce terme a été utilisé en premier dans la physique des matériaux, où il mesure la capacité d'un objet à retrouver son état initial après un choc. Il a ensuite inspiré des travaux en psychologie (concernant en particulier le passage de l'enfance à l'adolescence), en écologie (capacité d'un écosystème à absorber les effets d'une perturbation), en économie et gestion (capacité d'une entreprise à maintenir sa production face à la perturbation d'une chaîne fournisseur). S'agissant de la sécurité, la littérature suggère qu'un système résilient a des capacités d'anticipation des menaces, d'adaptation aux changements de contexte et de mesure continue de sa propre performance. Ce concept permet donc d'intégrer des courants de recherche ayant travaillé depuis de nombreuses années sur les vulnérabilités, la gestion de crise et l'adaptation.

Au-delà d'avoir encouragé un échange entre différentes disciplines scientifiques, les chercheurs à l'origine de la réflexion sur la résilience et la sécurité portent aussi des idées qui vont à l'encontre de la manière traditionnelle de gérer les activités à risques. Cette approche traditionnelle, issue de la sûreté de fonctionnement, vise à anticiper toutes les perturbations possibles puis à mettre en place des barrières (techniques, humaines, organisationnelles) pour empêcher la propagation de la perturbation. Ces approches supposent que les concepteurs puissent avoir une vision exhaustive du fonctionnement du système et de tous les enchaînements possibles en cas de dysfonctionnement d'un élément, qu'ils puissent mettre en place des plans infaillibles, puis que les exploitants se les approprient et les suivent scrupuleusement.

La complexité croissante des grands systèmes socio-techniques ainsi que les différentes pressions qui pèsent sur eux (intégration de modifications aux plans d'origine, pressions productives, dérives organisationnelles) imposent des limites à cette gestion proactive de la sécurité. Les chercheurs travaillant sur la résilience des organisations suggèrent qu'il est nécessaire de « lâcher prise », d'accepter que la sécurité a autant pour origine ces activités normatives de contrôle, que les « rattrapages », adaptations, improvisations quotidiens des exploitants, qui détectent des écarts ou anomalies et les corrigent intelligemment. Fermer les yeux à cette composante de la fabrication quotidienne de la sécurité, c'est enfermer le système dans un fonctionnement rigide qui un jour, réflexes d'adaptation rouillés, le conduira à la catastrophe.

L'un des thèmes de recherche proposés par la FonCSI dans son Appel à Propositions Scientifiques de 2006 concernait les *Vulnérabilités techniques, humaines, organisationnelles et recherche de sécurité*. C'est dans ce cadre qu'un projet de recherche porté par Erik Hollnagel, l'un des chercheurs fondateurs de la réflexion sur la résilience, la performance humaine et la gestion de la sécurité, a été retenu pour financement. Dans le présent document, Éric Rigaud, un collègue d'Erik Hollnagel auprès de la Chaire d'excellence « Sécurité industrielle » de Mines ParisTech, propose une **analyse historique de l'utilisation du terme résilience** dans différents domaines scientifiques. Il fournit aussi quelques éléments de réflexion sur l'utilisation de ce concept pour le management de la sécurité.

Éric Marsden, FonCSI  
le 13 septembre 2011

Votre avis nous intéresse ! Pour tout commentaire ou remarque permettant d'améliorer ce document, merci d'envoyer un courriel à [cahiers@FonCSI.org](mailto:cahiers@FonCSI.org).





# Table des matières

<b>Avant-propos</b>	<b>vii</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Les théories de la résilience</b>	<b>3</b>
1.1 La résilience des matériaux . . . . .	4
1.2 L'individu résilient . . . . .	5
1.3 L'organisation résiliente . . . . .	9
1.4 La résilience des systèmes socio-écologiques . . . . .	11
<b>2 La gestion de la sécurité : de la gestion des risques à l'ingénierie de la résilience</b>	<b>13</b>
2.1 La gestion des risques . . . . .	13
2.2 L'ingénierie de la résilience . . . . .	18
<b>3 Conclusion</b>	<b>25</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>27</b>



# Introduction

## Contexte

La résilience est un terme usité dans différents contextes théoriques qui vise à servir de support à la description des phénomènes survenant lorsqu'un système (technique, humain, organisationnel) est soumis à un déséquilibre et vise à retrouver une situation équilibrée. Ce concept et les théories existantes peuvent servir de fondement à l'énoncé d'un cadre théorique et méthodologique visant à structurer un ensemble de vecteurs d'innovation pour le management de la sécurité.

Ce courant de recherche s'appuie sur l'énoncé d'un ensemble de déséquilibres entre trois dynamiques fondamentales : la dynamique de la société industrielle, les pratiques de management de la sécurité et l'évolution des théories scientifiques.

La société évolue selon un ensemble de vecteurs issus des interactions entre les quatre dimensions qui la structurent depuis l'émergence de la société industrielle : le système industriel responsable de la production de la richesse, de la transformation de l'environnement et la production de l'environnement artificiel ; le système économique support à la gestion du capital ; le système militaire support à l'industrialisation de la guerre et au contrôle des moyens de violence et le système politique porteur de la surveillance et du contrôle social, de la production de normes et garant de la sécurité publique. Les interactions entre ces quatre systèmes structurent la dynamique de la société industrielle vers un système mondialisé avec des systèmes de plus en plus couplés et des temps de réponses de plus en plus rapides.

Les pratiques du management de la sécurité se sont progressivement structurées autour de la conception de **barrières de prévention et de protection** et des pratiques de l'**analyse des risques** et de l'investigation accidentelle. Les barrières de prévention et de protection ont évolué selon l'évolution des systèmes sociotechniques : dispositifs techniques, humains et enfin organisationnels avec l'émergence des systèmes de management de la sécurité. Les pratiques de l'analyse des risques et de l'investigation accidentelle sont fondées sur l'évolution de la statistique, de l'analyse probabiliste et des méthodes et outils développés pour accomplir ces fonctions. L'évolution de ces méthodes et outils suit l'évolution des modèles d'accidents en trois étapes : prise en compte des défaillances techniques, du facteur humain et des facteurs organisationnels.

Les progrès scientifiques sont divers et nombreux. Les progrès dans les sciences du vivant et de l'ingénieur sont support au développement de nouvelles technologies améliorant les précédents mais à l'origine de nouvelles menaces. Les progrès dans les sciences humaines et sociales offrent de nouvelles grilles conceptuelles pour aborder l'observation de la société et les évolutions de l'épistémologie des sciences offrent de nouveaux supports pour aborder l'énoncé et la conduite de projets scientifiques.

La survenue d'accidents illustre le déséquilibre entre ces trois dimensions, les pratiques de management de la sécurité ne parvenant pas à contrôler la complexité des systèmes industriels. Ce constat incite à considérer deux facteurs d'innovation pour le management de la sécurité industrielle : la prise en considération des événements imprévisibles et la prise en considération de la complexité des comportements humains et collectifs dans les pratiques de management de la sécurité.

## Structure du document

Ce document comporte deux chapitres :

- ▷ Le premier est consacré à une présentation de l'utilisation de la résilience dans différents contextes scientifiques.
- ▷ Le deuxième chapitre propose un état de l'art de l'utilisation de cette notion dans le domaine du management de la sécurité.

## Les théories de la résilience

La notion de résilience est utilisée pour formaliser une propriété des matériaux, une aptitude physiologique ou psychologique humaine, des qualités de leadership, des mécanismes sociaux ou bien une propriété systémique. La lecture ou la relecture de l'œuvre de Jean Giono — et en particulier de l'ouvrage « L'homme qui plantait des arbres » [Giono 2002] — offre un premier aperçu de la complexité de cette notion.

L'homme qui plantait des arbres est une nouvelle parue en 1953 qui narre une partie de la vie d'un berger « Elzéard Bouffier » qui va consacrer une partie de son existence à planter des arbres. Cette nouvelle contient plusieurs dimensions pouvant être associées à la résilience :

- ▷ L'action même de planter des arbres pour se construire une identité, un but dans la vie. En effet, au début du récit l'auteur nous indique que c'est à la suite de la disparition de son fils et de son épouse que le berger va décider de se retirer dans une région désertique et de consacrer le reste de son existence à planter des arbres.
- ▷ L'émergence de phénomènes naturels dès lors que certains seuils sont franchis. Le fait de planter des arbres dans un secteur désertique va provoquer la réapparition de ruisseau autrefois disparus et le développement d'une végétation par la propagation des graines par le vent et les insectes.
- ▷ La faculté d'adaptation du berger à la modification de son environnement d'une part et d'autre part à la diminution de ses facultés physiques. En effet, après avoir planté une forêt de près de 11 km de long il va décider d'abandonner sa bergerie située trop loin des secteurs de plantation au profit d'une cabane située sur place.
- ▷ La notion de tuteur de résilience, un intervenant extérieur qui va soutenir l'activité du système. Il s'agit, dans ce cas, de l'intervention d'un garde forestier qui va prendre les dispositions pour protéger l'activité du berger et préserver les résultats de son action des mauvaises interprétations des autorités locales et des tentatives de braconnages des forestiers locaux.
- ▷ La différence entre invisibilité et résilience, puisque si les dimensions de résilience ont fait d'Elzéard Bouffier un homme heureux, il est décédé à l'âge de 89 ans.

Cette notion de résilience couvre un ensemble d'approches et peut revêtir différentes significations. Elle s'est étymologiquement construite à partir des racines latines « re » et « salire » qui signifient respectivement « en arrière » et « sauter ». Le mot résilience est utilisé au XVII<sup>ème</sup> siècle en Angleterre pour désigner la capacité de réaction après un choc. Son utilisation est étendue aux États-Unis d'Amérique pour désigner un ensemble de qualités d'élasticité, de ressort, de ressource et de bonne humeur. Il est dans un premier temps importé en France avec d'une part le mot résistance désignant la capacité à se tenir droit et d'autre part le mot résilience désignant la capacité à mobiliser instantanément des défenses efficaces en cas de stress. Actuellement, l'idée de résilience vise à signifier la conjonction de ses deux idées, c'est-à-dire à la fois la capacité à résister à un traumatisme et la capacité à se reconstruire après lui [Tisseron 2009].

La suite de cette section est consacrée à la présentation de différents modes d'utilisation de la notion de résilience. Les dimensions du génie des matériaux, de la physiologie et de la psychologie du stress, de la psychologie sociale, du leadership, de la sociologie et de l'écologie seront parcourues.

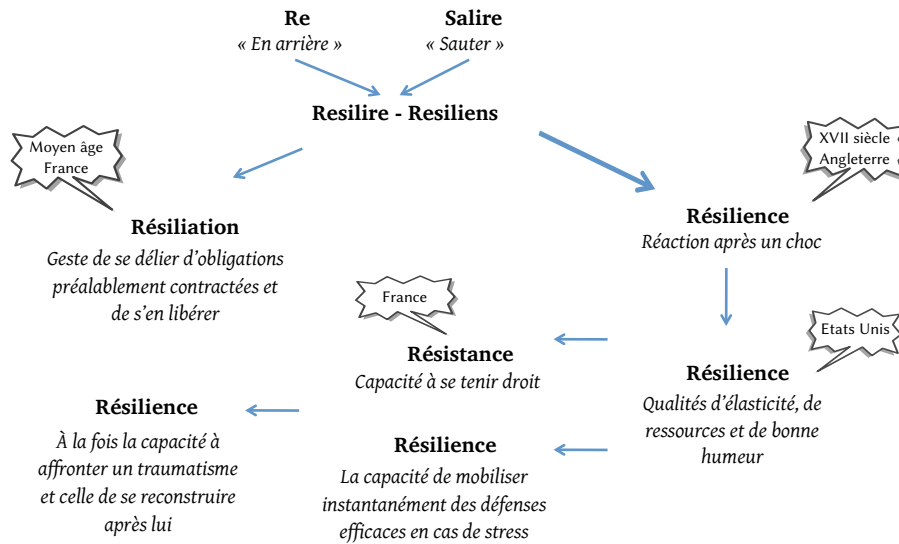


FIG. 1.1 – Étymologie du terme résilience, d'après [Tisseron 2009]

### 1.1 La résilience des matériaux

La première utilisation du concept de résilience dans un domaine scientifique relève du contexte de la résistance des matériaux et vise à désigner une propriété intrinsèque d'un métal.

La résilience d'un acier correspond à sa faculté de résister à un choc ou à retrouver son intégrité après les dits assauts. La mesure de cette capacité est réalisée à l'aide de l'essai Charpy, du nom de son concepteur. Celui-ci a développé, en 1901, un système visant à mesurer l'énergie nécessaire pour rompre en une seule fois une éprouvette préalablement entaillée. Son objectif était de classer les matériaux en fonction de leur résilience. Suite au naufrage du Titanic le 15 avril 1912 après avoir percuté un iceberg, l'essai Charpy est utilisé pour évaluer la ductilité et la fragilité d'un matériau.

L'essai Charpy repose sur un *mouton pendule* (terme technique consacré) muni à son extrémité d'un couteau qui permet de développer une énergie donnée au moment du choc. Cette énergie est normalisée à 300 Joules en Europe. L'énergie absorbée est obtenue en comparant la différence d'énergie potentielle entre le départ du pendule et la fin de l'essai. À cette fin, la machine est munie d'index permettant de connaître la hauteur du pendule au départ ainsi que la position la plus haute que la pendule atteindra après la rupture de l'éprouvette. L'énergie consommée pour rompre le matériau est mesurée par la différence entre la hauteur de chute du mouton et celle à laquelle il remonte après avoir rompu l'éprouvette. Si l'éprouvette était complètement fragile, le mouton remonterait à la même hauteur que celle d'où il a chuté ; si elle était au contraire extrêmement tenace, elle ne serait pas rompue et le pendule ne remonterait pas du tout.

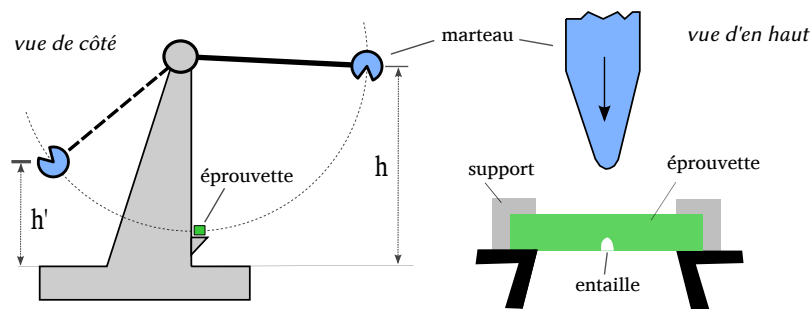


FIG. 1.2 – Représentation du mouton-pendule utilisé pour l'essai de résilience Charpy

La résilience de l'acier noté K s'obtient donc à l'aide de la formule suivante :

$$K = m \cdot g \cdot (h - h')$$

- ▷  $m$  : masse du mouton pendule
- ▷  $g$  : accélération de la pesanteur ( $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ )
- ▷  $h$  : hauteur du mouton-pendule à sa position de départ
- ▷  $h'$  : hauteur du mouton-pendule à sa position d'arrivée

Dans le domaine du génie des matériaux, la résilience correspond donc à la faculté d'un métal à surmonter la survenue d'un choc. L'utilisation de cette propriété dans le domaine des sciences humaines et sociales ouvre à d'autres dimensions.

## 1.2 L'individu résilient

La résilience d'un individu se révèle lorsque celui-ci doit faire face à une épreuve, un traumatisme, une adversité. La littérature relative aux phénomènes issus de l'interaction entre un individu et une situation perçue comme potentiellement sources de dangers est multiples. Quels sont les déterminants des comportements des individus face aux épreuves ? Quels sont les facteurs qui font que deux individus réagiront différemment face à une même situation ?

La présente section vise à introduire un cadre théorique permettant de caractériser la **résilience individuelle**. Pour cela, une démarche en trois temps est proposée. Dans un premier temps, l'origine des travaux sur la résilience individuelle est décrite. Dans un deuxième temps, un ensemble d'acquis des théories de la physiologie et de la psychologie de l'action face à l'adversité sont décrits. Dans un troisième temps, la notion de résilience individuelle est discutée.

### 1.2.1 Émergence de la résilience individuelle

L'émergence de la notion de résilience individuelle peut être associée aux travaux relatifs à l'étude des déterminants de l'aptitude des individus en général et des enfants en particulier de survivre et avoir une existence normale après la survenue d'un événement traumatisant. Cette émergence est issue de la remise en cause dans les années cinquante du déterminisme du « destin tragique » qui énonce qu'un enfant victime de traumatismes a une grande probabilité de reproduire, une fois adulte, ses traumatismes.

La première étude de ce domaine peut être associée aux travaux de la psychologue Emmy Werner, menés à partir de 1954 pour étudier le comportement d'un groupe de près de 700 enfants sur une île de l'archipel de Hawaï. Au sein de ce groupe, elle a identifié et plus particulièrement suivi le développement physique, intellectuel et psychosocial d'un groupe de 200 enfants ayant subi dans leur enfance un ou plusieurs traumatismes. Sur ces 200 enfants, elle a démontré qu'un tiers d'entre eux ont évolué favorablement et sont devenus des adultes épanouis. Le concept de résilience est utilisé ici pour la première fois pour les désigner.

Par la suite, des travaux vont être menés pour à la fois formaliser les facteurs de risques pouvant affecter les enfants et les facteurs de protection pouvant les contrebalancer. La théorie de la résilience voit ainsi le jour avec pour finalité d'identifier les facteurs pouvant permettre à des individus de rebondir après la survenue d'un traumatisme et de se développer harmonieusement.

Le psychologue britannique Michael Rutter a énoncé un ensemble de facteurs de risques familiaux et a proposé un ensemble de caractéristiques essentielles d'un facteur de protection. Les risques familiaux proposés sont la discorde conjugale, la classe sociale défavorisée, la famille nombreuse, la criminalité paternelle, les désordres psychiatriques maternels et le placement des enfants. Les caractéristiques d'un facteur de protection décrites sont la diminution de l'impact du risque, la réduction de la probabilité de réactions négatives en chaîne, le renforcement de l'estime de soi et le sentiment de sa propre compétence et l'entraînement des opportunités négatives.

Norman Garnezy, au regard de ces travaux sur le devenir des enfants de couples schizophrènes, va proposer de structurer les facteurs de protection en trois niveaux : le niveau individuel, le niveau de la famille et le niveau de l'environnement social. Le niveau individuel est constitué du tempérament, de la réflexion et des aptitudes cognitives. Le niveau familial comprend la chaleur humaine, la cohésion et l'intérêt de la part des parents. Les facteurs de l'environnement social correspondent aux enseignants, aux tuteurs, entraîneurs sportifs, *etc.*

Jeanne et Jack Block vont relier à l'aide la notion « d'Ego Resiliency » les facteurs de résilience aux traits de personnalités d'un individu. Cette notion vise à désigner [Block et Block 1980] :

“ *la capacité d'adaptation aux circonstances variables et aux contingences environnementales, l'analyse du niveau de correspondance entre les exigences situationnelles et les possibilités comportementales, et l'utilisation souple du répertoire disponible de stratégies de résolution de problèmes.* ”

Les travaux se structurent progressivement, en reliant trois dimensions :

1. la définition des facteurs de risque pouvant affecter un individu ;
2. la définition des facteurs de vulnérabilité d'un individu face à ces risques ;
3. les facteurs de résilience ou de protection visant à contrebalancer les effets négatifs des facteurs de risque [Anaut 2003].

La *vulnérabilité* peut se définir comme l'état de moindre résistance aux nuisances et agressions. Deux dimensions peuvent être prises en considération : la vulnérabilité personnelle inhérente au sujet du fait de ses prédispositions génétiques, de sa personnalité et de son développement et la vulnérabilité liée à l'environnement, relative à la faiblesse du milieu et des interactions relationnelles inadéquates (structure familiale inadéquate, pauvreté, isolement social, *etc.*).

Le risque désigne, dans ce contexte, la probabilité de subir un dommage ou une perte, la possibilité d'être soumis à un danger, d'être exposé à une blessure. Les facteurs de risque correspondent aux « conditions existentielles chez l'enfant ou dans son environnement qui entraînent un risque de morbidité supérieur à celui qu'on observe dans la population générale à travers les enquêtes épidémiologiques » [Marcelli 1996]. Trois classes de facteurs de risque sont pris en considération, les facteurs centrés sur l'enfant (prématurité, pathologie somatique précoce, déficits cognitifs, séparation maternelle précoce, *etc.*), les facteurs liés à la configuration familiale (séparation parentale, mésentente chronique, violence, alcoolisme, *etc.*) et les facteurs sociaux-environnementaux (pauvreté, faiblesse socio-économique, absence d'emploi, logement surpeuplé, isolement relationnel, *etc.*).

La notion de résilience se développe par conséquent au croisement des notions de vulnérabilité et de risque autour des idées de développement normal en dépit de risques et de rebond après la survenue de traumatismes. Elle peut se définir [Anaut 2003] comme

“ *l'art de s'adapter aux situations adverses (conditions biologiques et socio-psychologiques) en développant des capacités en lien avec des ressources internes (intrapsychiques) et externes (environnement social et affectif), permettant d'allier une construction psychique adéquate et l'insertion sociale.* ”

### 1.2.2 L'individu face à l'adversité

Les théories scientifiques en physiologie et en psychologie convergent vers le principe que face à une adversité un individu peut adopter trois types de comportements : le combat, la soumission ou bien la fuite.

- ▷ L'individu combattant va se fixer des objectifs, élaborer une stratégie et mobiliser des ressources. Ces mécanismes requièrent de l'individu une activité psychologique de réflexivité relative à l'identification et à la remise en question de ses buts, de ses qualités, de ses faiblesses et des ressources pouvant être mobilisées pour surmonter la situation d'adversité.
- ▷ Les comportements de soumission se présentent sous la forme de l'acceptation des situations, à la résignation face à un environnement hostile mais perçu comme immuable. Ces comportements s'accompagnent généralement par une baisse de l'activité et le développement d'états de stress résultat de la perception de l'incapacité à agir, à changer les choses.
- ▷ Les comportements de fuite — le départ, la démission, l'exil, l'arrêt d'une activité — peuvent s'avérer dans certaines conditions salutaires. Bien que généralement associés à lâcheté ou à l'échec, il peut être quelquefois sain d'abandonner une situation inconfortable.

La compréhension des déterminants à l'origine de ces comportements peut s'aborder en considérant les acquis de la physiologie et la psychologie du stress.



## Physiologie et psychologie du stress

Un état de stress survient lorsque les mécanismes visant à assurer l'équilibre biologique d'un organisme sont activés par un agent interne ou externe. Celui-ci réagit en déclenchant des phénomènes visant à rétablir l'équilibre. Les agents sources de stress sont différents et leurs intensités diffèrent selon les personnes, les exemples les plus courants sont la survenue d'un deuil, la confrontation à une catastrophe naturelle ou industrielle, la perspective d'une hospitalisation ou d'une opération chirurgicale, l'incertitude au regard du futur, *etc.*

La compréhension des phénomènes physiologiques et psychologiques de l'homéostasie font l'objet de plusieurs champs d'investigation : la théorie du syndrome général d'adaptation, les facteurs de protection et la théorie du *coping*.

### La théorie du syndrome général d'adaptation

La théorie du syndrome général d'adaptation vise à formaliser les différentes phases biologiques structurant le comportement des individus face à des situations stressantes. Quatre phases sont distinguées : la phase d'alarme, la phase de résistance, la phase de retour au calme et la phase d'épuisement.

- ▷ La phase d'alarme survient au moment de l'agression. La surprise liée à l'agression engendre une baisse momentanée de la résistance de l'organisme qui se trouve en état de choc. Progressivement des moyens de défense active se mettent en place tel que l'accélération du rythme cardiaque, l'augmentation du débit sanguin, la stimulation de la vitesse et du volume respiratoire, la mise en tension des muscles et l'inhibition de l'activité digestive.
- ▷ La phase de résistance survient si l'événement stressant se prolonge plus de 48 heures. Durant cette phase, les glandes surrénales vont être activées afin de faciliter la synthèse de glucose pour alimenter les muscles et ainsi offrir des performances de résistance accrues. À l'issue de la phase de résistance, si l'événement stressant disparaît, démarre la phase de retour au calme ; sinon c'est la phase d'épuisement qui se déclenche.
- ▷ La phase de retour au calme est marquée par la production d'acétylcholine, ce qui a pour conséquence entre autre de diminuer le rythme cardiaque et le débit sanguin et ainsi permettre au corps de revenir à sa situation initiale.
- ▷ La phase d'épuisement se déclenche si le stress est chronique, elle est induite par la présence en surabondance de Cortisol due à la dégradation du processus d'équilibre de sa production. Les conséquences sont un affaiblissement du système immunitaire, des changements hormonaux et des maladies psychosomatiques.

La théorie du syndrome général d'adaptation prend en considération les facteurs biologiques du stress. Les facteurs psychologiques sont pris en considération par les mécanismes de défense et la théorie du *coping*.

### Les facteurs de protection

La confrontation d'un individu face à une situation stressante déclenche des mécanismes psychologiques, qui peuvent être inconscients ou relever de la volonté de l'individu. Les facteurs de protection visent à appréhender les facteurs inconscients du comportement des individus face à une situation stressante.

Ces facteurs de protection (ou de défense) peuvent se structurer en sept groupes :

- ▷ Ceux permettant de réguler la perception de la situation traumatisante. Il regroupe les mécanismes de l'humour, de la sublimation, de l'anticipation, de l'altruisme.
- ▷ Ceux permettant de détourner la perception de la situation traumatisante en l'effaçant ou en projetant sur les autres ses propres faiblesses. Il regroupe les mécanismes de refoulement, de déplacement, d'annulation, d'isolation, *etc.*
- ▷ Ceux permettant de modifier la perception de soi et des autres. Il regroupe les mécanismes d'idéalisation, de dépréciation, d'omnipotence, *etc.*
- ▷ Ceux engendrant une action. Il regroupe les mécanismes de passage à l'acte impulsif, de plainte, de demande d'aide, de rejet, d'agression, *etc.*

- ▷ Ceux engendrant des troubles du comportement. Il regroupe les psychoses aiguës et chroniques, la projection délirante, le déni psychotique et la distorsion psychotique.

Les mécanismes de défense agissent sur la perception de l'individu. Ils peuvent être accompagnés de stratégies délibérées issues d'un processus cognitif. Ces stratégies font l'objet de la théorie du *coping*.

### La théorie du coping

Le *coping* se définit comme l'ensemble des processus qu'un individu interpose entre lui et l'événement perçu comme menaçant pour maîtriser, tolérer ou diminuer l'impact de celui-ci sur son bien être physique et psychologique [Lazarus et Folkman 1984]. Les facteurs de *coping* peuvent être abordés selon quatre logiques d'adaptation qui sont l'évitement, la vigilance, le déni et la mise en place de comportements actifs [Paulhan et Bourgeois 1995].

- ▷ Les actions d'**évitement** visent à faire varier l'attention en la détournant de la source de stress. Il peut s'agir d'accomplir des activités de substitution à expression comportementale ou cognitive (activité sportive, relaxation, jeux, ...) permettant à l'individu de liquider sa tension émotionnelle et ainsi se sentir mieux. Mais également d'actions de fuite en pensant que l'événement stressant disparaîtra avec l'utilisation de substances telles que le tabac, l'alcool ou bien les médicaments.
- ▷ Les actions de **vigilance** visent à focaliser l'action sur l'événement stressant pour mieux le prévenir ou le contrôler. La vigilance repose sur deux logiques d'action. La première est relative à un processus de recherche d'information sur la situation et la seconde sur la mise en place de plans de résolution de problème.
- ▷ Les actions de **déni** visent à altérer la signification subjective de l'événement en ayant recours à des activités telles que la prise de distance par la distraction, l'exagération des aspects positifs de la situation, l'humour, la sous-estimation des aspects négatifs et la réévaluation positive.
- ▷ Les **efforts comportementaux actifs** consistent à modifier directement les termes de la relation personne-environnement par la mise en place de logiques d'actions consistant à affronter le problème pour le résoudre.

#### 1.2.3 La résilience individuelle

Décrire, évaluer, gérer la résilience requiert un effort de formalisation. Le contexte théorique discuté montre la complexité des phénomènes sous-jacents au concept de résilience. La finalité de cette section est de décrire un cadre conceptuel permettant d'aborder la résilience individuelle.

La résilience se matérialise comme un potentiel résultat des interactions entre un individu, un environnement d'action et une situation d'adversité.

- ▷ L'individu est caractérisé par des facteurs de vulnérabilité, des facteurs de résilience et un ensemble de déterminants structurant son comportement.
- ▷ L'environnement est constitué d'un ensemble de ressources présentant des caractéristiques de vulnérabilité et pouvant servir de support à l'action de l'individu.
- ▷ La situation d'adversité est caractérisée par un événement déclencheur, une durée et un ensemble de potentiels dommages sur l'individu et son environnement.

La résilience vise à désigner un ensemble de comportements de l'individu face à la situation d'adversité dont les conséquences sont perçues comme une réussite. Ainsi, elle sanctionne un processus de perception et d'adoption d'un comportement adéquat au regard de la situation.

- ▷ La **phase de perception** est caractérisée par la représentation par l'individu de la nature et de la gravité de la situation durant la durée de la situation d'adversité.
- ▷ La **phase d'action** est caractérisée par la nature et les conséquences du comportement de l'individu face à la situation d'adversité.

La résilience est une interprétation des résultats du comportement de l'individu face à la situation d'adversité. Cette interprétation comprend :

- ▷ L'évaluation des conséquences de la survenue de la situation d'adversité sur l'individu et son environnement à court, moyen et long terme.
- ▷ L'évaluation des comportements de l'individu face à la situation d'adversité.

Au regard de ce cadre conceptuel, la résilience est considérée comme l'évaluation positive *a posteriori* du comportement d'un individu face à une situation d'adversité.

### 1.3 L'organisation résiliente

Une organisation peut s'aborder comme l'agencement de relations entre composants ou individus qui produisent une unité complexe ou système, dotée de qualités inconnues au niveau des composants ou individus [Morin 1977]. Cette définition recouvre différentes échelles d'organisations : les collectifs, les entreprises, les états ou bien les systèmes écologiques.

La résilience organisationnelle peut s'aborder selon l'aptitude de ces individus et composants en interaction de faire face à des situations potentiellement porteuses de dommages.

L'objet de cette section est d'aborder la littérature relative à l'identification d'un ensemble d'approches permettant de décrire cette résilience organisationnelle.

#### 1.3.1 Résilience et leadership

La résilience collective peut être abordée comme l'aptitude d'un collectif à faire face à une situation d'adversité. L'étude de la littérature relative au leadership permet d'identifier un ensemble de caractéristiques relatives à ce type de résilience.

Le leadership, abordé comme la capacité à exercer une fonction de leader et guider un collectif vers le succès – qu'il soit politique, militaire ou industriel – relève des enjeux de résilience perçu comme la faculté de faire face à une situation anormale et d'adopter et faire adopter un comportement adéquat pour la surmonter. Le leadership concerne les personnes qui ont une fonction d'autorité ; qui exercent une fonction associée à une expertise, une compétence ou bien de l'expérience ; qui sont pionnières dans un mouvement ou bien qui font l'objet de respect.

Les approches de formalisation du leadership visent à identifier les comportements clés permettant à des individus de faire face à des situations incertaines. Afin de présenter un ensemble de propriétés relatives au leadership et pouvant être associées aux enjeux de la résilience, trois approches vont être discutés : la théorie du commandement militaire de Sun Tse, la théorie des cinq roues et les caractéristiques du leadership de Winston Churchill.

##### L'art de la guerre de Sun Tse

La première idée est relative au partage par l'ensemble des individus constituant le groupe d'une doctrine ou d'une culture commune permettant une unité des modes de pensée en général et en particulier sur la manière de vivre et de mourir.

La deuxième idée clé est relative à la connaissance de l'environnement dans laquelle la bataille va se dérouler. L'environnement comprend la dimension climatique et les potentielles variations des conditions météorologiques, la dimension topologique avec la nature des terrains et les éléments ou les phénomènes qui surviennent de manière ponctuelle.

La troisième idée repose sur la personnalité du Général, du leader de la bataille. Il doit être reconnu par les hommes dont il assure le commandement comme juste et équitable au regard de la doctrine. Il doit en outre inspirer des valeurs morales exemplaires.

La quatrième idée est relative à la connaissance du Général de l'ensemble des détails de l'organisation de son armée et sa façon d'assurer l'application stricte des règles régissant le comportement de celle-ci. En outre, il doit veiller à ce que les différents acteurs de son armée aient les moyens nécessaires à l'accomplissement des tâches qui leur incombent.

## Le traité des cinq roues

Le traité des cinq roues [Miyamoto 1983] est une théorie du combat rédigé, peu avant sa mort, par un samouraï invaincu : Miyamoto Musachi. Il a pour objectif d'énoncer les règles visant à assurer le succès lors des combats. Ce traité repose sur l'idée que la simple connaissance des techniques de combat ne suffit pas à s'assurer de la victoire sur le champ de bataille. Celle-ci requiert une connaissance et une maîtrise des éléments, des plus importants au plus insignifiants. L'application de cette approche repose sur le suivi de neuf règles :

- ▷ Éviter toutes pensées perverses
- ▷ Se forger dans la Voie en pratiquant soi-même, et non pas par le jeu des idées
- ▷ Embrasser tous les arts, et non se borner à un seul
- ▷ Connaître la Voie de chaque métier et non se borner à celui que l'on exerce soi-même
- ▷ Savoir distinguer les avantages et les inconvénients de chaque chose
- ▷ En toute chose s'habituer au jugement intuitif
- ▷ Connaître d'instinct ce que l'on ne voit pas
- ▷ Prêter attention aux moindres détails
- ▷ Ne rien faire d'inutile

## Le leadership de Winston Churchill

L'étude des caractéristiques du comportement de Winston Churchill durant l'entre deux guerres et la seconde guerre mondiale permet d'isoler un ensemble de traits de personnalité pouvant être associés à la réflexion visant à alimenter les caractéristiques des facteurs individuels pouvant favoriser la résilience d'une organisation, en l'occurrence dans ce cas une nation.

Le modèle de leadership spécifique à Winston Churchill peut être abordé selon quatre aspects qui sont la sincérité et le parler vrai, la détermination, la capacité à prêter attention aux détails tout en ayant une vue globale de la situation et l'imagination historique [Hayward 2004].

Un des traits de caractère de Winston Churchill est sa sincérité et son parler vrai. À l'inverse de la grande majorité des politiques qui sont en permanence à la recherche de compromis, il a souvent pris des positions fortes sans tenir compte de l'opinion publique. Ce trait de caractère, dans le contexte de l'entre deux guerres s'est avéré dommageable pour sa carrière politique, en particulier sa position au regard du comportement à adopter face à la montée du régime nazi. Mais dans le contexte de la guerre il s'est avéré décisif car pour la population sa sincérité attestait de sa confiance en lui.

La détermination de Winston Churchill s'oppose à la temporisation et l'hésitation de nombreux politiques face à un problème majeur. Prendre des décisions, agir et assumer la responsabilité des conséquences font partie des traits de caractères qui le caractérisent. Si une décision est perçue par lui comme essentielle, il ne va pas hésiter à déclencher des conflits et des oppositions pour satisfaire ses objectifs. Pour lui l'action est préférable à l'inaction.

Le management stratégique de Winston Churchill est caractérisé par une volonté de prendre en considération la dimension globale du théâtre des opérations, tout en prêtant une attention méticuleuse aux moindres détails. Ainsi, durant la seconde guerre mondiale, il participait aux prises de décisions stratégiques avec les autres dirigeants alliés tout en veillant personnellement au choix des noms des missions, à la qualité des rations des soldats ou bien au traitement des animaux du zoo de Londres.

L'aptitude de Winston Churchill à appréhender, à anticiper une situation et à concevoir une stratégie adaptée repose sur une grande connaissance historique et son aptitude à utiliser et adapter cette connaissance aux caractéristiques de la situation. Ainsi il a pu faire le parallèle entre la stratégie mise en œuvre par son ancêtre lors de la guerre contre la France au 18<sup>ème</sup> siècle et la stratégie à développer durant la seconde guerre mondiale.

Ces quatre facteurs illustrent les caractéristiques qui ont contribué à ce que la stratégie mise en œuvre par Winston Churchill pendant la seconde guerre mondiale soit couronnée de succès. Il est essentiel de souligner que ces facteurs ont été déterminants dans un contexte de conflit mondial, mais ont été un frein lors de l'entre deux guerres. Le contexte a par conséquent une importance quant à la portée des traits de caractère.

### 1.3.2 Le management organisationnel de l'incertitude

La résilience d'une organisation est liée aux mécanismes organisationnels permettant à une organisation de faire face à l'incertitude. L'action dans l'incertitude est une caractéristique des civilisations hyper-modernes [Morin 2000]. Les civilisations traditionnelles vivaient dans la certitude d'un temps cyclique dont il fallait assurer le bon fonctionnement par des sacrifices parfois humains. La civilisation moderne a vécu dans la certitude du progrès historique. La civilisation hyper-moderne a conscience de l'incertitude historique dans l'effondrement du mythe du progrès.

Le principe d'écologie de l'action [Morin 1977] énonce que « dès qu'un individu entreprend une action quelle qu'elle soit, celle-ci commence à échapper à ses intentions ». Cette action entre dans un univers d'interactions et c'est l'environnement qui s'en saisit dans un sens qui peut devenir contraire à l'intention initiale. Ce principe induit une imprévisibilité des conséquences d'une action à long terme.

Une approche permettant d'aborder l'incertitude des conséquences d'une action consiste à aborder l'action non plus comme un programme mais comme une stratégie [Morin 2000]. Le programme établit une séquence d'actions qui doivent être exécutées sans variation dans un environnement stable. Le programme se trouve bloqué dès qu'il y a modification des conditions extérieures. La stratégie élabore un scénario d'action en examinant les certitudes et les incertitudes de la situation, les probabilités et les improbabilités. Le scénario peut et doit être modifié selon les informations recueillis, les hasards, contretemps ou bonnes fortunes rencontrés en cours de route.

Une autre approche consiste à développer la fonction d'anticipation. Cette fonction vise à permettre d'identifier les changements mêmes insignifiants à première vue, à identifier les différents scénarios pouvant en résulter et à stopper le développement de scénarios catastrophiques et encourager les scénarios porteurs d'opportunités. L'anticipation peut s'aborder selon trois fonctions : le management des défaillances, la résistance à la simplification des interprétations et la compréhension de la réalité des conditions de travail [Weick et Sutcliffe 2007].

Le développement de la faculté d'anticipation peut s'aborder par le développement de six facteurs :

- ▷ La vigilance des acteurs du système à propos de la potentialité de survenue d'événements inattendus ou bien au fait qu'une décision ou une action puisse être sujet à de fausses hypothèses ou à des erreurs d'analyse.
- ▷ Au développement d'un climat de confiance permettant aux acteurs de mettre en doute les hypothèses et à reporter les problèmes et les défaillances.
- ▷ À l'augmentation du nombre de situations considérées comme des menaces et nécessitant des actions de prévention par les acteurs du système.
- ▷ À la création d'un climat où les acteurs sont prudents vis-à-vis des succès, des périodes de calme et au fait que la stabilité, la routine, le manque de challenge et de variété peuvent engendrer une baisse de la vigilance de l'organisation.
- ▷ À la prudence vis-à-vis de la simplification des hypothèses et des attentes et à la mise en place de processus permettant d'avoir des points de vue différents sur les situations.
- ▷ À la vigilance aux imperfections des opérations, des procédures et de leurs applications.

## 1.4 La résilience des systèmes socio-écologiques

Le domaine de l'écologie s'est approprié l'idée de résilience afin d'aborder les enjeux de management de la dynamique d'un système socio-écologique au regard des objectifs du développement durable. Cette approche est structurée autour de trois dimensions. La première dimension est relative à la nécessité d'adopter une approche système pour la définition des problématiques. La deuxième est relative au lien entre la résilience d'un système et ses seuils de fonctionnement. La troisième est relative à la notion de cycle d'adaptation [Walker et Salt 2006].

### 1.4.1 Les systèmes socio-écologiques

La prise en considération de la résilience des systèmes socio-écologiques requiert d'intégrer un ensemble de propriétés :

- ▷ Nous agissons au sein d'un système structuré en deux sous-systèmes : le sous-système social et le sous-système écologique. Un changement dans un des sous-systèmes impacte le second, et par conséquent il n'est pas possible de comprendre la dynamique d'un des sous-systèmes sans prendre en considération le second.
- ▷ Les systèmes socio-écologiques sont des systèmes complexes et adaptatifs. Leurs dynamiques sont non-linéaires, incrémentales et ne sont donc pas prévisibles, Ils ont la possibilité de fonctionner selon différents états de stabilité dans lesquels leurs fonctions, structures et boucles de rétroactions sont différentes. Des perturbations peuvent provoquer le passage d'un état à un autre par franchissement de seuils.
- ▷ La résilience réfère à l'aptitude d'un système à absorber une perturbation, de subir le changement en maintenant les fonctions, structures et boucles de rétroaction. La résilience est donc l'aptitude du système à subir les perturbations tout en restant en deçà des seuils de passage d'un état stable à un autre. La résilience est par conséquent une dimension essentielle du développement durable puisqu'un système capable de rester stable au regard de perturbations connues et inconnues est plus disposé à maintenir son aptitude à fournir les besoins essentiels d'une bonne qualité de vie.

### 1.4.2 Les seuils de stabilité

La structure et la dynamique d'un système sont considérées selon un ensemble d'états et de seuils. Chaque état correspond à un équilibre entre les sous systèmes sociaux et écologiques. Le passage d'un état à un autre se fait par le dépassement d'un ensemble de seuils clés de stabilité.

Le changement d'état est généralement irréversible et engendre des transformations de la structure et de la dynamique des systèmes. Ces changements pouvant avoir des conséquences inattendues et indésirables.

Dans ce contexte, la résilience du système correspond à sa faculté à rester dans un état de stabilité en maintenant les variables clés au-dessous des seuils de stabilité. Les enjeux de gestion de la résilience résident par conséquent sur l'identification des variables et des seuils de stabilité clés pour le système et à s'assurer de le maintenir en dessous de ces seuils.

### 1.4.3 Le cycle d'adaptation

Au regard de cette approche, la dynamique adaptative d'un système socio-écologique peut s'aborder selon un cycle de quatre phases :

- ▷ La **phase de croissance**. Les acteurs du système exploitent de nouvelles ressources et opportunités de croissance et de développement.
- ▷ La **phase de conservation**. Un ensemble d'équilibres s'établit entre les acteurs et les ressources. L'énergie est stockée et les matériaux sont accumulés.
- ▷ La **phase de libération**. La survenue d'une perturbation dépassant l'aptitude de résilience du système, engendre des ruptures fonctionnelles et interactionnelles tout en libérant des perspectives nouvelles de développement et de croissance.
- ▷ La **phase de réorganisation**. Émergence de nouvelles interactions et démarches de développement à partir des opportunités offertes.

Cette approche positionne la résilience comme la faculté de maintenir le système dans un état de stabilité. L'absence de résilience d'un système au regard d'une perturbation engendrant des conséquences irréversibles mais également l'émergence de nouvelles opportunités et d'un nouvel état de stabilité.

# La gestion de la sécurité : de la gestion des risques à l'ingénierie de la résilience

La survenue d'événements tel que les accidents industriels (explosion d'usine nucléaire ou chimique, naufrage de navire, crash aérien, *etc.*), les catastrophes naturelles (tsunami, avalanche, inondation, tempête, *etc.*), les pandémies ainsi que les accidents du travail, les accidents de la circulation et les maladies professionnelles sont à l'origine de dommages humains, environnementaux et économiques.

Afin de prévenir et protéger les personnes, les biens et l'environnement contre ces événements, des mesures sont mise en œuvre pour réguler les comportements individuels, collectifs et organisationnels. La gestion de la sécurité vise à désigner ces mesures.

L'évolution des enjeux et des pratiques du management de la sécurité peut s'aborder en deux temps. Le premier est relatif au développement de la gestion des risques. Le second est relatif à l'émergence du courant de l'Ingénierie de la Résilience.

## 2.1 La gestion des risques

L'émergence de pratiques de gestion des risques peut être associée à deux facteurs. Le premier est l'essor de la philosophie des lumières et des sciences modernes porteuses de l'idée que le développement des sciences et des techniques va permettre aux humains d'avoir le contrôle de leur environnement. Le second facteur est l'évolution de la société industrielle, au regard des différentes révolutions technologiques qui vont se succéder et qui va engendrer l'apparition de systèmes technologiques de plus en plus complexes et potentiellement à l'origine de menaces de plus en plus sévères [Perrow 1984].

L'évolution des pratiques de gestion des risques est généralement abordée selon trois temps : le temps de la maîtrise des défaillances technologiques, le temps de la maîtrise des erreurs humaines, le temps de la fiabilisation des organisations [Hale et Hovden 1998].

### 2.1.1 Le temps de la maîtrise des défaillances techniques

À partir de la seconde guerre mondiale des concepts, des méthodes et des outils vont être progressivement développés avec pour finalité l'amélioration des performances des systèmes techniques. En France, le courant de la Sûreté de Fonctionnement [Villemeur 1988 ; Lannoy 2008] va structurer ces démarches d'ingénierie. Ces développements vont s'organiser autour de quatre propriétés :

- ▷ La **fiabilité**, définie comme l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données et pendant une durée donnée.
- ▷ La **disponibilité**, définie comme l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné.
- ▷ La **maintenabilité**, définie comme l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise.
- ▷ La **sécurité**, définie comme l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

Autour de la gestion de ces propriétés, un cadre théorique de gestion des risques va se structurer. Celui-ci se décompose de quatre étapes [Lassagne 2004] :

- ▷ L'**analyse du système**. Cette première étape consiste en la description des fonctions ou composants du système, leurs finalités et leurs interactions. Les résultats de cette étape servent de point de départ aux autres étapes.
- ▷ L'**identification des risques**. La deuxième étape consiste en l'identification des risques, c'est-à-dire des événements pouvant être à l'origine de dommages. Il s'agit d'inventorier les potentielles sources de défaillance des fonctions et des composants du système ou bien des déviations de leur fonctionnement au regard de leurs spécifications. À l'issue de cette phase, les risques identifiés sont hiérarchisés à l'aide d'une matrice structurée avec l'estimation de la gravité de la défaillance et de sa probabilité d'occurrence. Différentes méthodes telles que l'Analyse Préliminaire des Risques, l'Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticité ou bien l'HAZOP ont été développées pour servir de support aux démarches d'identification des risques.
- ▷ La **modélisation qualitative des risques**. La troisième étape consiste à définir les scénarios pouvant conduire aux risques identifiés. Elle consiste en la définition d'un modèle causal du risque. Les méthodes de modélisation des arbres des causes et des défaillances ont été développées pour permettre la formalisation des modèles causaux des défaillances et de leurs conséquences.
- ▷ La **quantification des risques**. La quatrième étape consiste à calculer la probabilité d'occurrence de chaque scénario. Pour cela, une approche statique vise à établir la probabilité d'occurrence par la somme de la probabilité d'occurrences des événements appartenant à la chaîne causale et une approche dynamique fondée sur les processus de Markov, les réseaux de Petri ou bien la simulation de Monte-Carlo permettent d'obtenir des informations quantifiées sur la fiabilité<sup>1</sup>.

Le management des risques repose sur une représentation des accidents linéaires où la survenue d'une défaillance d'un des maillons d'une chaîne technologique entraîne une cascade de défaillances et, au final, un ensemble de conséquences négatives. Le modèle des dominos [Heinrich 1931], présenté dans la figure 2.1, illustre cette approche.

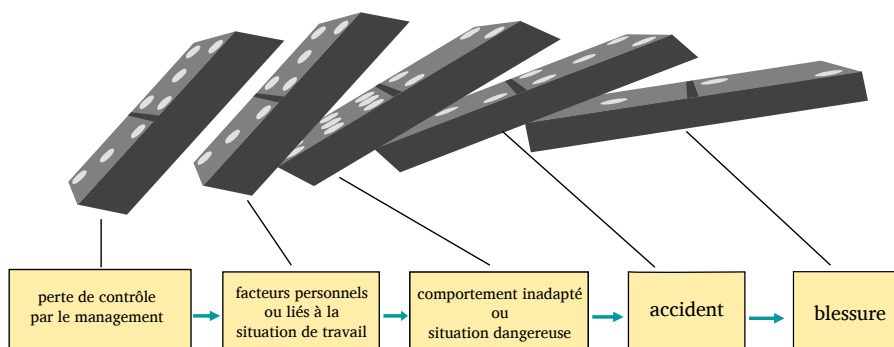


FIG. 2.1 – Le modèle d'accident des « dominos »

Le développement des sciences humaines et sociales à partir des années 1950 et 1960 va engendrer une évolution des approches de management des risques par la prise en considération du rôle de l'opérateur humain et en particulier de l'erreur humaine.

<sup>1</sup> Mesures telles que le MTTF (Mean Time To Failure) ou le MTBF (Mean Time Between Failure).



### 2.1.2 Le temps de la maîtrise des erreurs humaines

L'intégration de la dimension humaine dans les pratiques de gestion des risques va se faire, dans un premier temps, par la transposition des approches d'analyse de la fiabilité des systèmes techniques à l'analyse de la fiabilité humaine.

fiabilité humaine

L'analyse de la fiabilité humaine consiste en l'étude des tâches et des systèmes de tâches constituant une activité et en la détermination des probabilités de survenue d'erreurs humaines. L'erreur humaine se construit par analogie avec la défaillance technique, comme un écart au regard d'une norme, d'une procédure ou d'un cadre prescrit de référence [Abramovici 1999].

L'analyse des tâches se présente comme une adaptation de l'AMDEC à l'étude de l'activité humaine. L'ensemble des actions et des processus cognitifs devant être accomplis par les opérateurs d'un système sont identifiés et décrits par observations ou entretiens et sont représentés sous forme tabulaire, hiérarchique ou temporelle. Ces résultats sont ensuite exploités pour calculer les probabilités d'erreur humaine à l'aide de référentiels spécifiques. THERP [Swain et Guttmann 1983] est la première méthode développée, dans les années 1960, selon cette approche et vise à formaliser des arbres de défaillances humaines selon un ensemble de facteurs déterminants de l'action humaine.

Progressivement, le modèle de l'erreur humaine centré sur le non-respect d'un cadre procédural est étendu. Le modèle SRK [Rasmussen et Jensen 1974] considère trois niveaux de comportement et de type d'erreur. Le premier niveau est fondé sur les habitudes et les compétences et où les risques sont associés aux erreurs d'inattention liées à des phénomènes de routines. Le deuxième niveau est fondé sur l'application de règles décrivant le comportement à suivre face à une situation précise et le risque associé est relatif à la mise en œuvre d'une règle non adaptée. Le troisième niveau est fondé sur les connaissances, pour les situations où aucune règle ou procédure n'est définie pour la situation donnée le risque associé est relatif à l'incapacité d'adopter un comportement adéquat.

Différents types d'erreurs sont proposés [Reason 1993] :

- ▷ Les *fautes* sont des défauts dans les processus de jugement et/ou d'inférence qui sont impliqués dans la sélection d'un objectif ou dans la spécification des moyens pour l'atteindre, indépendamment du fait que les actions se déroulent conformément au plan ou non.
- ▷ Les *ratés* sont des échecs d'exécution et/ou de stockage, indépendamment du plan.
- ▷ Les *erreurs par omission*, intentionnelle ou non (une étape ou une tâche).
- ▷ Les *erreurs de sélection*, choix d'un mauvais dispositif, mauvaises instructions ou informations, etc.
- ▷ Les *erreurs de séquence* dans l'exécution des différentes tâches d'un plan ou d'une procédure.
- ▷ Les *erreurs temporelles* (trop tôt, trop tard) et les *erreurs de qualité* (pas assez ou trop).

Les modèles de l'erreur humaine centrés sur l'activité de l'opérateur sont étendus avec la prise en considération des modes d'interactions avec leur environnement. Le modèle COCOM [Woods et Hollnagel 2006] vise à considérer les modes d'ajustements des acteurs au regard de leur environnement en prenant en considération les caractéristiques de leur environnement (interface homme système, ressources, temps, nombre de tâches à accomplir, etc.).

La survenue des accidents de Tenerife, Three Mile Island, Bhopal et Challenger va engendrer la nécessité de considérer les caractéristiques des organisations impliquées dans les accidents.

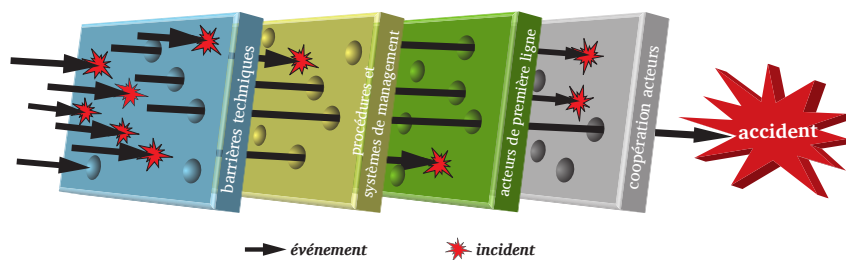


FIG. 2.2 – Le modèle d'accident « swiss cheese », d'après [Reason 1993]

### 2.1.3 Le temps de la maîtrise de la fiabilité organisationnelle

Les accidents majeurs des années 1980 remettent en cause l'hypothèse que les accidents sont la directe conséquence de défaillances techniques ou bien d'erreurs humaines. Les enjeux du management des risques visent à considérer non plus uniquement les opérateurs de première ligne mais également l'ensemble de la ligne hiérarchique.

Les modèles de l'agent pathogène et du « fromage suisse » [Reason 1993] permettent d'aborder les accidents selon la composition de deux dimensions (cf. figure 2.2). La première est relative à des conditions latentes au sein des différents niveaux de l'organisation et la seconde est relative à la survenue des défaillances techniques ou humaines à l'origine directe de l'accident (défaillances actives). Les tranches de fromage représentent les niveaux organisationnels. Les « trous » symbolisent les failles au sein de ces niveaux. L'accident est le produit d'une conjonction de défaillances actives favorisées par les conditions latentes à l'origine de l'échec de la prévention et de la protection du système.

Les travaux relatifs à la catastrophe de Challenger [Vaughan 1996] présentent la notion de « normalisation de la déviance » au sein de la NASA. Cette notion introduit un ensemble de conditions latentes, à l'origine de la non prise en considération des informations relatives au risque élevé de défaillances techniques des joints dues aux basses températures :

- ▷ Le contexte d'interprétation de l'information : les pièces constituant la navette étant fabriquées par des entreprises externes et assemblées par la NASA et la navette devant être réutilisée, les signaux relatifs à l'usure des composants étaient considérés comme des signaux routiniers, voire faibles.
- ▷ Le secret structurel : l'ultra spécialisation des départements et la masse importante d'informations manipulées rendent difficile la communication entre les différents départements et niveaux hiérarchiques.
- ▷ Les compromis devant être effectués entre d'une part les exigences de vérification rigoureuse permettant d'assurer la sécurité des lancements et de l'autre les exigences de respect des calendriers de lancement afin de conserver les financements du Congrès États-unien.

culture de sécurité

La notion de *culture de sécurité* émerge à l'issue de la catastrophe de Tchernobyl pour désigner l'ensemble des caractéristiques et des attitudes qui, dans les organismes et chez les individus, font que les questions relatives à la sécurité<sup>2</sup> bénéficient, en priorité, de l'attention qu'elles méritent en raison de leur importance [INSAG 1991].

La prise en considération de l'organisation dans les pratiques du management des risques entraîne la définition des enjeux de management de la sécurité et la formalisation des systèmes de management de la sécurité. Il s'agit du sous système de management global de l'organisation qui comprend l'organisation, les activités de planification, les responsabilités, les pratiques, les procédures, les processus et les moyens nécessaires pour développer, mettre en œuvre, réaliser, revoir et tenir à jour la politique de l'organisme en matière de gestion des accidents [OHSAS 1999].

Un modèle de système de management de la sécurité fondé sur les théories du contrôle est proposé par [Woods et Hollnagel 2006].

<sup>2</sup> On parle plutôt de *sûreté* dans le secteur nucléaire, où le terme *sécurité* désigne la sécurité des opérations et au poste de travail.

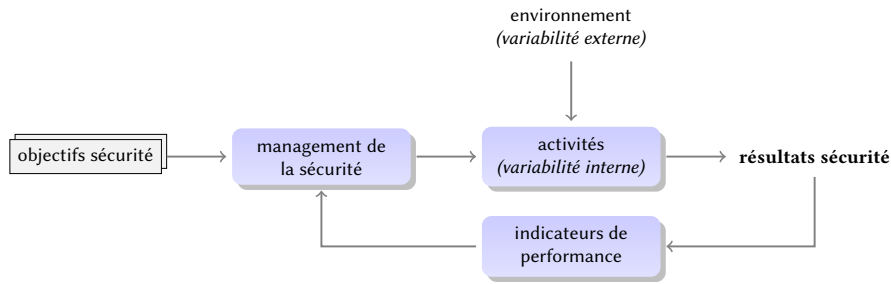


FIG. 2.3 – Le management de la sécurité selon [Woods et Hollnagel 2006]

Ce modèle est structuré en quatre temps :

- ▷ L'énoncé d'objectifs ou cibles à atteindre en matière de sécurité. Les actions et les mesures de management de la sécurité sont définies au regard de ces exigences.
- ▷ La mise en œuvre concrète des actions de management de la sécurité.
- ▷ L'évaluation des résultats de l'application des mesures à l'aide d'un ensemble d'indicateurs.
- ▷ La remise en question des objectifs de management de la sécurité au regard de l'identification d'écart entre les objectifs et les résultats de l'évaluation.

Le courant de recherche sur les organisations hautement fiables a conduit à la formalisation de principes caractérisant ce type d'organisation [Libuser et Roberts 1995] :

- ▷ Audit du processus de production (*reporting*, retour d'expérience, formations et exercices réguliers) ;
- ▷ Mise en place de systèmes de récompense au regard des comportements favorables à la sécurité ;
- ▷ Surveillance de la dégradation des performances de qualité ;
- ▷ Mise en place de démarche d'identification et de gestion des risques ;
- ▷ Mise en place d'un système d'autorité et de décision (migration du pouvoir de décision à plusieurs niveaux, existence de redondances, simplicité et efficacité des procédures et insistance sur leur application, formation constante et délégation du pouvoir aux managers).

#### 2.1.4 Synthèse et discussion

Au regard de cette évolution et afin de dégager un ensemble d'hypothèses visant à servir de fondements à l'énoncé des limites des approches de management des risques, un modèle visant à synthétiser les enjeux du management des risques est proposé. Ce modèle est structuré selon quatre dimensions :

- ▷ **La conception de barrières de prévention et de protection.** Le management de la sécurité repose sur la définition et la conception de barrières (systèmes techniques, procédures, formations, système de management, *etc.*) visant à prévenir l'occurrence des risques identifiés et à minimiser leurs conséquences.
- ▷ **La remise en question des barrières au regard de l'apprentissage des situations du passé et de l'anticipation des conséquences du changement.** Les résultats des investigations réalisées lors de la survenue de situations anormales (incidents, accidents, *etc.*) et des études d'anticipation des conséquences d'un changement (technique, organisationnel, réglementaire, *etc.*) engendrent une remise en question des barrières développées avec soit leur modification soit la conception de nouvelles barrières.
- ▷ **L'action en situations anormales.** Lorsque le système doit faire face à une situation anormale, soit les barrières de prévention et de protection fonctionnent et les dommages sont minimisés, soit les barrières dysfonctionnent et les dommages surviennent.
- ▷ **L'investigation accidentelle.** La survenue de dommages engendre un ensemble d'investigation dont les finalités sont d'une part d'imputer la responsabilité des dommages

à un individu ou à un collectif et d'autre part de permettre la mise en œuvre du retour d'expérience sur les barrières du système.

L'efficacité d'un tel système, c'est-à-dire la non-survenue de dommages, repose sur les hypothèses suivantes :

- ▷ L'ensemble des scénarios pouvant conduire à des dommages est pris en considération par l'analyse des risques ;
- ▷ Les barrières techniques sont correctement conçues et scrupuleusement maintenues ;
- ▷ Les procédures sont complètes, précises et correctes ;
- ▷ Les opérateurs appliquent scrupuleusement les procédures et les bonnes pratiques ;
- ▷ Les ressources humaines, matérielles et temporelles sont disponibles et suffisantes.

La survenue de dommages, c'est-à-dire la défaillance des barrières de prévention et de protection, est par conséquence explicitée de la manière suivante :

- ▷ Les technologies et le matériel sont imparfaits et des pannes sont inévitables ;
- ▷ Les opérateurs humains ne sont pas fiables et commettent des erreurs ;
- ▷ La complexité des organisations, la distribution peu claire de l'autorité, la divergence des finalités entre les différents niveaux hiérarchiques sont à l'origine de conditions de défaillances latentes.

Ce système d'hypothèses d'efficacité et de défaillances d'un système de management de la sécurité repose sur la validité de l'hypothèse déterministe énoncée par Laplace et décrite par Popper selon les termes suivant : « *la structure du monde est telle que tout événement peut être rationnellement prédit, au degré de précision voulu, à condition qu'une description suffisamment précise des événements passés, ainsi que des lois de la nature, nous soit donnée* ». Cette hypothèse énonce que si les retours d'expérience et les analyses de risque sont correctement réalisées, l'ensemble de la connaissance nécessaire pour prévenir et protéger l'organisation est disponible.

Un ensemble de travaux vise à remettre en question ces hypothèses et ce modèle. En premier lieu, l'hypothèse déterministe est remise en question par les avancées du courant de pensée constructiviste qui énonce, notamment par l'intermédiaire de la notion de *l'écologie de l'action*, qu'il est impossible de prévoir l'ensemble des conséquences de décisions et d'actions de par la complexité des organisations au sein duquel interagissent les systèmes associés à ces décisions et actions. En outre, même si une situation est modélisable, le modèle réalisé doit être utilisable pour les enjeux de management de la sécurité. Pour cela, les principes de fonctionnement du système doivent être connus, la description ne doit pas contenir trop de détail et peut être réalisée rapidement et surtout le système étudié ne doit pas changer pendant la réalisation et l'exploitation du modèle.

## 2.2 L'ingénierie de la résilience

L'ingénierie de la résilience est un courant de recherche qui vise à permettre au management de la sécurité de faire face à la fois aux risques identifiés et aux situations imprévues. Pour cela, un ensemble de travaux visent à produire de nouveaux fondements théoriques et à proposer des solutions méthodologiques et technologiques permettant de développer

“ *l'aptitude intrinsèque d'un système à ajuster son fonctionnement avant, pendant ou après la survenue de changements ou de perturbations et ce afin qu'il puisse poursuivre son activité dans des conditions attendues ou inattendues* [Hollnagel et al. 2011].

Les enjeux de l'ingénierie de la résilience visent à considérer différents types de menaces et de développer un système d'actions permettant de faire face à chacune de ces types de situations.

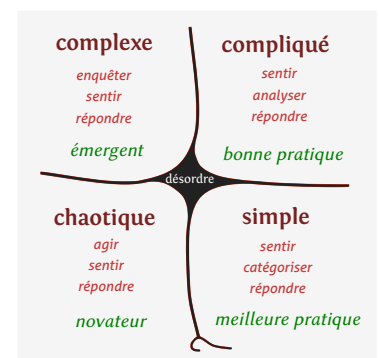
### 2.2.1 Typologies de situations

Une typologie de menaces est proposée par [Westrum 2006] en considérant le taux de prédictibilité de la menace, son potentiel de perturbation et son origine. Trois types de situations sont proposés :

- ▷ **Les situations régulières** dont la nature et la fréquence de survenue permettent d'élaborer des représentations et des stratégies de prévention et de management adaptées.
- ▷ **Les situations irrégulières** dont la nature mais surtout la fréquence d'occurrence ne permettent pas, pour des raisons scientifiques, technologiques ou bien économiques de mettre en place des réponses standards adaptées. La gestion de ces menaces repose sur les facultés d'adaptation et d'auto-organisation du système.
- ▷ **Les situations exceptionnelles** sont relatives aux événements inattendus ou bien originaux. La gestion de ces menaces repose sur l'aptitude du système à concevoir des stratégies originales et efficaces.

Le modèle Cynefin [Snowden et Boone 2007] considère quatre types de situations :

- ▷ **Situation simple.** La relation entre les causes et les effets est évidente pour tous. Le comportement repose sur les phases de détection, de classification et de réponse en appliquant les bonnes pratiques.
- ▷ **Situation compliquée.** La relation entre les causes et les effets nécessite une analyse, une enquête complémentaire et/ou le recours à des experts. Le comportement repose sur les phases de détection, d'analyse et de réponse en utilisant des bonnes pratiques.
- ▷ **Situation complexe.** La relation entre les causes et les effets est perçue de manière rétrospective mais ne peut être anticipée. Le comportement repose sur les phases d'enquête, de construction de sens et de réponse fondée sur des pratiques émergentes.
- ▷ **Situation chaotique.** Il n'existe aucune relation de cause à effet au niveau des systèmes. Le comportement repose sur les phases d'action, de construction de sens et de réponse en potentiellement inventant de nouvelles pratiques.



Catégorisation des types de situation ou de système, d'après [Snowden et Boone 2007]

L'imprévu peut se définir comme un « événement fortuit qui déclenche une rupture de trajectoire et qui ouvre un espace d'opportunité ». Quatre types de situations imprévues peuvent être distinguées [Grossetti 2004]. Le premier type est relatif aux situations où le moment et les conséquences sont prévisibles (événements sportifs, carrefour scolaire, etc.). Le deuxième type est relatif aux situations où le moment est connu mais pas les conséquences (transitions de cycle, innovations technologiques, etc.). Le troisième est relatif aux situations où les conséquences sont prévisibles mais pas leur moment d'occurrence (risques anticipés). Le quatrième est relatif aux situations où ni le moment ni les conséquences ne sont prévus (crises et catastrophes sans précédent).

Une décision, une action, un changement peuvent être à l'origine de conséquences inattendues [Merton 1936]. Des effets positifs tels que des découvertes inattendues, faites grâce au hasard et à l'intelligence (sérendipité) où la survenue d'avantages inespérés (aubaine) peuvent survenir. Des effets négatifs peuvent survenir en plus des conséquences attendues de la décision, de l'action ou du changement. Des effets pervers où les conséquences sont contraires aux objectifs initiaux peuvent survenir.

#### L'écologie de l'action

##### DEFINITION

L'écologie de l'action [Morin 2006] énonce que du fait des multiples interactions et rétroactions au sein du milieu où elle se déroule, l'action, une fois déclenchée, échappe souvent au contrôle de l'acteur, provoque des effets inattendus et parfois même contraires à ceux qu'il escomptait. Par conséquent, les résultats d'une action dépendent non seulement des intentions initiales, mais aussi des conditions propres au milieu où elle se déroule et ses effets à long terme sont imprédictibles.

La notion d'*épisode cosmologique* [Weick 1993] correspond aux situations où les acteurs ressentent soudainement et profondément que leur environnement n'est plus un système rationnel

et ordonné. Ils perdent les repères pour comprendre la situation, les aptitudes intellectuelles pour retrouver les repères et des structures hiérarchiques ou d'expertises :

“ Je n'ai jamais été là avant, je n'ai aucune idée d'où je me trouve et je n'ai aucune idée de qui pourrait m'aider.

black swan Le terme *cygne noir* [Taleb 2007] vise à désigner les situations aberrantes, situées en dehors du cadre de nos attentes ordinaires, pour laquelle aucun signe avant-coureur du passé n'indique une probabilité d'occurrence, qui ont un impact extrêmement fort et qui sont expliquées et rendues prévisibles rétrospectivement.

La prise en considération de ce type de situation nécessite de repenser le cadre de management de la sécurité fondé sur l'identification des risques et la conception de barrières pour y faire face.

### 2.2.2 Un nouveau cadre théorique

Dans une perspective d'ingénierie de la résilience, les enjeux du management de la sécurité sont de développer l'aptitude des individus, des collectifs et des organisations à conserver la maîtrise de situations anormales prévues ou imprévues. Les enjeux du management de la sécurité peuvent s'aborder selon un système constitué de deux boucles d'amélioration continue. La première correspond aux enjeux de l'amélioration continue des barrières de prévention et de protection reposant sur les pratiques d'analyse des risques et d'évaluation de la performance de sécurité. La seconde correspond aux enjeux d'amélioration continue des facultés d'adaptation et d'auto-organisation individuelles et collectives de l'organisation face à des situations imprévues [McDonald 2006].

La première boucle d'amélioration continue repose sur la mise en œuvre d'un déterminisme visant à s'assurer que le fonctionnement du système n'engendre pas les scénarios porteurs de dommages identifiés lors de l'analyse des risques. La mise en œuvre de ce déterminisme d'action repose sur les facteurs suivants :

- ▷ Une coordination plus forte des processus par une routinisation des procédures des systèmes opérationnels et organisationnels ;
- ▷ Une augmentation de la fiabilité des systèmes par l'élimination de la variabilité relative aux qualifications humaines en assurant la substituabilité des différentes personnes par l'intermédiaire de la standardisation du recrutement et de la formation ;
- ▷ L'assurance, par des processus de supervision, d'inspection, d'audit que la standardisation des processus de travail permet de contrôler le flux de travail ;
- ▷ Une meilleure standardisation des sorties des processus est rendue possible en les surveillant et en les enregistrant mieux ;
- ▷ L'automatisation des routines des fonctions complexes.

La seconde boucle d'amélioration continue repose sur le développement de degrés de liberté individuels, collectifs et organisationnels destinés à faire face aux situations anormales. Pour cela un ensemble d'aptitudes doivent être développées afin de favoriser l'identification des situations anormales, la conception d'une réponse adaptée et la mobilisation des ressources nécessaires. Ces logiques d'actions reposent sur :

- ▷ Des pratiques de travail informelles, qui sont souvent officieuses ;
- ▷ Des systèmes de décision distribués avec de l'autonomie locale ;
- ▷ Des systèmes de fabrication flexibles et agiles qui peuvent s'ajuster à la variation de la demande ;
- ▷ Des systèmes organisationnels qui permettent la gestion des boucles de rétroactions, d'apprentissages et d'amélioration continue.

Les deux boucles d'amélioration continue sont complémentaires mais reposent sur des fondements : d'un côté, une diminution des degrés de liberté afin de mettre en place un déterminisme d'action et de l'autre, une augmentation des degrés de liberté pour donner une autonomie de décision et d'action dans une situation imprévue. Cet antagonisme est fondé sur :

- ▷ Procédures formelles versus autonomie locale des actions ;
- ▷ Centralisation versus décentralisation des fonctions, connaissances, contrôles ;
- ▷ Maintien du système/ stabilité organisationnelle versus capacité de changement ;
- ▷ Maintien de la qualité des produits/services versus ajustement de la production/des services à la demande et aux besoins changeants ;
- ▷ Utilisation de technologies éprouvées versus développement de systèmes techniques innovants.

Le poids de l'une ou l'autre des dimensions dépend de la complexité de l'organisation. Une typologie d'organisations [Amalberti 2006] distingue les organisations au regard du rapport entre les logiques déterministes et les logiques d'adaptation et d'auto-organisation.

- ▷ Les **systèmes ultra-performants**. Cette catégorie correspond aux activités qui sont à la recherche de la performance maximum (sports extrêmes, greffes en médecine, *etc.*). Ce sont des activités artisanales menées par des individus ou des collectifs. Elles sont associées à un faible nombre d'accidents mortels. Le risque d'échec, même mortel, est inhérent à l'activité et accepté car nécessaire pour atteindre la performance optimum. La sécurité est gérée au niveau individuel, les personnes ayant un accident sont considérées comme des perdants et les survivants sont considérés comme les vainqueurs.
- ▷ Les **systèmes égoïstes**. Dans cette catégorie de situations, la résilience est fondée sur une contradiction entre une gouvernance globale et une anarchie locale (conducteur automobile sur une route, patients choisissant leurs docteurs, *etc.*). La gouvernance du système repose sur une série d'opérations de coordinations influençant les rôles et les exigences de sécurité. L'activité est effectuée au niveau de l'individu avec une vision restreinte du tout, les dommages et les accidents mortels se produisent également à ce niveau.
- ▷ Les **systèmes d'attentes collectives**. Cette catégorie est relative aux industries présentant des faibles risques et aux différents services publics. Il s'agit de systèmes dont le fonctionnement est nécessaire pour le maintien de l'équilibre de la société et pour lesquels une gouvernance des risques est nécessaire pour la gestion des risques associés mais également pour l'information et la transparence vis-à-vis du public.
- ▷ Les **systèmes ultra-sûrs**. Cette catégorie regroupe les industries dont la gravité des dommages liés aux accidents est telle que la survenue d'un accident est jugée inacceptable, à la fois pour le public et pour l'industrie. Ces systèmes font l'objet de processus de supervision et de standardisation à tous les niveaux d'échelle (entreprise, industrie, nationale, internationale).

Le développement de l'aptitude de résilience d'un système requiert la formalisation de la propriété de résilience et le développement de nouvelles approches méthodologiques et technologiques de management de la sécurité fondé sur ces nouvelles hypothèses.

### 2.2.3 Les enjeux de l'ingénierie de la résilience

Différents cadres théoriques visent à définir les enjeux de la résilience.

Une première approche de la résilience repose sur quatre aptitudes fondamentales [Hollnagel et al. 2006] :

- ▷ **L'aptitude à répondre**. Comportements relatifs à l'adoption des comportements adéquats pour faire face à la survenue d'une situation, quelle que soit sa nature (régulière, irrégulière ou sans précédent).
- ▷ **L'aptitude à apprendre**. Comportements relatifs à la compréhension des situations passées. La prise en compte des retours d'expérience pour éviter les défaillances du système et la prise en compte des facteurs de performance pour veiller à leur maintien.
- ▷ **L'aptitude à superviser**. Comportements relatifs à l'évaluation et au pilotage du système de sorte d'obtenir des performances de sécurité acceptables.
- ▷ **L'aptitude à anticiper**. Comportements relatifs à la faculté d'identifier les risques et les opportunités consécutives à la survenue d'un changement endogène ou exogène au système.

Les travaux de Woods [Woods 2006] considèrent la résilience comme l'aptitude d'une organisation à agir malgré l'incomplétude ou l'inadéquation de son cadre normatif vis-à-vis de la situation d'actions. Dans cette alternative, l'organisation doit être apte, dans des conditions de fortes incertitudes, à concevoir et mettre en œuvre une stratégie victorieuse. Le cadre suivant est proposé pour servir de support à l'évaluation de ces propriétés :

- ▷ **La capacité à absorber** : le nombre et la nature des perturbations que le système peut absorber sans que cela engendre une baisse de performance ou un changement de sa structure.
- ▷ **La capacité à s'auto-organiser** pour répondre à des changements ou des pressions de l'environnement.
- ▷ **L'écart entre le fonctionnement du système et les frontières des différentes dimensions de performance** (économique, conditions et charges de travail, sécurité, *etc.*).
- ▷ **La capacité à fonctionner à la frontière des niveaux de performances** : de la dégradation progressive au regard de l'augmentation du stress ou de la pression jusqu'à l'effondrement rapide quand la pression dépasse la capacité d'adaptation.

Les travaux de Westrum [Westrum 2006] sont relatifs à la compréhension et à l'évaluation de l'aptitude d'une organisation à faire face à une situation imprévue. Pour cela les enjeux suivants sont considérés :

- ▷ **La prospective** : l'aptitude à prévenir la survenue d'un événement. Cette capacité repose sur « l'imagination nécessaire » requise pour identifier la survenue d'une menace. Cette capacité repose sur d'une part l'aptitude à apprendre correctement du passé et utiliser cette connaissance pour observer le présent et imaginer le ou les possibles futurs. Elle repose d'autre part sur l'identification et la correcte interprétation de signaux précurseurs ou signaux faibles (symptômes, tendances suspectes, impressions, spéculations intelligentes, *etc.*).
- ▷ **L'adaptation** : l'aptitude à minimiser les conséquences négatives d'une perturbation. Cette aptitude relève de la capacité à détecter une menace, à y répondre et éventuellement à modifier son fonctionnement pour y faire face. Cette capacité repose sur l'aptitude du système à apprendre des conflits, des accidents et des crises prolongées, de son aptitude à surveiller son fonctionnement et à éliminer les problèmes qui existent en son sein.
- ▷ **La récupération** : l'aptitude à surmonter la survenue d'une perturbation. La capacité à retrouver un fonctionnement nominal à l'issue de la survenue d'un événement dépend de l'échelle des dommages et de la fréquence de l'événement ainsi que du degré de dommages sur le centre décisionnel du système.

#### 2.2.4 Les enjeux d'ingénierie de modèles, de méthodes et d'outils

Le développement de l'aptitude du système à conserver la maîtrise des situations anormales régulières, irrégulières et sans précédent requiert la définition et le développement d'un ensemble de méthodes et d'outils destinés à soutenir les activités de formation à conserver la maîtrise face à des situations anormales, d'apprentissage de l'expérience du passé, d'évaluation de la performance de sécurité et d'anticipation des conséquences du changement.

Les **activités de formation aux comportements à adopter** lors de la survenue de situations anormales consistent généralement à mettre les opérateurs face à des situations anormales régulières et vérifier la bonne application du cadre procédural associé. Les enjeux d'ingénierie relatifs à l'intégration des besoins de l'ingénierie de la résilience pour le développement de l'aptitude à conserver la maîtrise de situations anormales sont de deux ordres :

1. la définition d'un mode opératoire permettant de mettre en situation les opérateurs à devoir conserver la maîtrise de situations anormales irrégulières et sans précédent complexes ou chaotiques ;
2. la définition d'un cadre méthodologique et technologique permettant de mettre en œuvre le cadre de formation.

L'**investigation des événements du passé** dans le contexte de la gestion des risques consiste en la formulation d'un modèle causal des situations anormales qui surviennent afin d'en déduire



des préconisations à destination des différentes composantes de l'organisation impliquée dans l'événement. Cette investigation repose généralement sur l'identification des défaillances techniques, des écarts des opérateurs au regard des procédures, de l'absence de culture des risques, *etc.* Les préconisations déduites de ces informations donnent des éléments pour faire évoluer les barrières de prévention et de protection du système. Néanmoins, elles ne sont pas suffisantes pour permettre l'amélioration de l'aptitude à conserver la maîtrise face à une situation imprévue. Les enjeux d'ingénierie relatifs à l'intégration des besoins de l'ingénierie de la résilience pour l'aptitude à apprendre du passé sont de trois ordres :

1. la définition d'un modèle d'action individuel, collectif et organisationnelle permettant de représenter les différents modes d'adaptations relatifs à la maîtrise des situations anormales régulières, irrégulières et sans précédents ;
2. la définition d'un cadre méthodologique permettant d'analyser des situations du passé fondé sur le modèle d'adaptation aux différents types de situations anormales et de produire des recommandations favorisant un retour d'expérience ;
3. l'application du cadre méthodologique à la fois aux situations ayant conduit à des dommages mais également aux situations normales afin de caractériser les déterminants favorisant la non survenue de dommages.

La **supervision de la performance de sécurité** repose généralement sur la quantification du nombre d'occurrence de situations anormales survenues sur une période temporelle (nombre d'incidents, d'accidents, *etc.*). Ces indicateurs permettent de superviser l'occurrence des situations anormales régulières rétrospectivement. Néanmoins, ils sont inefficaces pour prévenir la survenue de situations anormales irrégulières et sans précédent. Les enjeux d'ingénierie relatifs à l'intégration des besoins de l'ingénierie de la résilience pour l'aptitude à superviser la performance de sécurité sont de deux ordres :

key performance  
indicators

1. la définition d'un modèle de gestion d'indicateurs prospectifs permettant de superviser l'aptitude d'un système à conserver la maîtrise de situations anormales régulières, irrégulières et sans précédents ;
2. la définition des indicateurs prospectifs relatifs aux propriétés de résilience.

L'**anticipation des conséquences du changement** repose généralement sur l'analyse des risques du vecteur de changement et/ou sur le recueil d'avis d'experts. Ces approches permettent de prendre en considération les situations régulières, mais ne couvrent pas les enjeux de la maîtrise des situations anormales irrégulières et sans précédent. Les enjeux d'ingénierie relatifs à l'intégration des besoins de l'ingénierie de la résilience pour l'aptitude à anticiper les conséquences du changement sont de deux ordres :

1. la définition d'un ensemble de modules de prospective permettant d'identifier les conséquences d'un changement sur les facultés de résilience ;
2. l'intégration de ces modules dans un environnement global de management des conséquences du changement.



## Conclusion

La notion de résilience est utilisée dans différents contextes scientifiques et depuis quelques années sert de support au développement de réflexions théoriques et méthodologiques dans le domaine du management de la sécurité. L'objet de ce document était de faire une synthèse non exhaustive des modes d'utilisation de la résilience au sein de différentes disciplines et de différents points de vue relatifs à son utilisation dans le cadre du management de la sécurité.

La notion de résilience recouvre différentes perspectives tels que la faculté à faire face et à surmonter une situation, à rester en dessous de seuils dont le franchissement provoquerait des changements structurels irréversibles au sein des systèmes, à adopter des comportements originaux au regard de situations exceptionnelles, *etc.*

À l'heure actuelle, la notion de résilience offre un cadre conceptuel permettant de qualifier des événements survenus dans le passé en estimant si une personne, un collectif ou un système a adopté un comportement le conduisant à être résilient. Il permet aussi de se projeter dans le futur en décrivant les comportements idéaux que devraient avoir un individu, un collectif ou un système au regard d'une situation. Néanmoins, il offre pour le moment peu de solutions pour guider les prises de décision et les actions du présent. Les prochains challenges du domaine de l'ingénierie de la résilience sont de passer des modèles aux outils en développant des premiers prototypes d'outils de modélisation, d'aide à la décision et à la conception en matière de management de la sécurité en considérant à la fois les enjeux de management des risques et de management de l'action en situation d'incertitudes.



# Bibliographie

- Abramovici, M. (1999). *La prise en compte de l'organisation dans l'analyse des risques industriels — méthodes et pratiques*. Thèse de Doctorat, École Normale Supérieure de Cachan.
- Amalberti, R. (2006). Chapitre *Optimum system safety and optimum system resilience : agonistic or antagonistic concepts ?*, dans *Resilience Engineering : Concepts and Precepts* (Hollnagel, E., Woods, D. D., et Leveson, N., Éd.). Ashgate Publishing Ltd., Aldershot, UK. ISBN : 978-0754646419.
- Anaut, M. (2003). *La résilience — surmonter les traumatismes*. Nathan. ISBN : 978-2091912875, 128 pages.
- Block, J. J. et Block, J. (1980). The role of ego-control and ego-resiliency in the organization of behavior. Dans Collins, W. A., Éd., *Development of cognition, affect, and social relations : Minnesota Symposia on Child Psychology (Vol. 13)*, pages 39–101.
- Giono, J. (2002). *L'homme qui plantait des arbres*. Gallimard Jeunesse.
- Grossetti, M. (2004). *Sociologie de l'imprévisible. Dynamiques de l'activité et des formes sociales*. Presses Universitaires de France. ISBN : 2130545637, 256 pages.
- Hale, A. R. et Hovden, J. (1998). Chapitre *Management and culture : the third age of safety. A review of approaches to organizational aspects of safety, health and environment*, dans *Occupational Injury. Risk Prevention and Intervention* (Feyer, A. M. et Williamson, A., Éd.). Taylor & Francis, London.
- Hayward, S. F. (2004). *Churchill on Leadership : Executive Success in the Face of Adversity*. Gramercy. ISBN : 978-0517223260, 224 pages.
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention : a scientific approach*. McGraw-Hill, New York. 366 pages.
- Hollnagel, E., Pariès, J., et Wreathall, J. (2011). *Resilience Engineering in Practice : A Guidebook*. Ashgate. ISBN : 978-1409410355, 362 pages.
- Hollnagel, E., Woods, D. D., et Leveson, N. (2006). *Resilience Engineering : Concepts and Precepts*. Ashgate Publishing, Aldershot, UK. ISBN : 978-0754646419, 410 pages.
- INSAG (1991). Safety culture, INSAG-4. Safety Reports 75-INSAG-4, International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, Vienna. Disponible à [http://www-pub.iaea.org/MTCO/publications/PDF/Pub882\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCO/publications/PDF/Pub882_web.pdf).
- Lannoy, A. (2008). *Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement : Repères historiques et méthodologiques*. Lavoisier. ISBN : 978-2-7430-1018-8, 128 pages.
- Lassagne, M. (2004). *Management des risques, stratégies d'entreprise et réglementation — Le cas de l'industrie maritime*. Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers. Disponible à <http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/98/46/PDF/TheseLassagne1.pdf>.
- Lazarus, R. S. et Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal and coping*. Springer, New-York. ISBN : 978-0826141910, 456 pages.
- Libuser, C. et Roberts, K. H. (1995). The development of a conceptual model of risk mitigation. Working Paper, Haas School of Business, University of California at Berkeley.
- Marcelli, D. (1996). *Enfance et psychopathologie*. Masson. ISBN : 978-2294014079, 658 pages.
- McDonald, N. (2006). Chapitre *Organisational Resilience and Industrial Risk*, dans *Resilience Engineering : concepts and precepts* (Hollnagel, E., Woods, D. D., et Leveson, N., Éd.), pages 143–168. Ashgate.
- Merton, R. K. (1936). The unanticipated consequences of purposive social action. *American Sociological Review*, 1(6) :894–904.
- Miyamoto, M. (1983). *Traité des cinq roues : Gorin-no-sho*. Albin Michel, Paris. ISBN : 978-2226018526, 190 pages.
- Morin, E. (1977). *La méthode, tome 1 : La Nature de la nature*. Seuil.
- Morin, E. (2000). *Les Sept Savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. Seuil. ISBN : 978-2020419642, 130 pages.
- Morin, E. (2006). *La méthode, tome 6 : L'éthique*. Seuil. ISBN : 2-02-078638-9.
- OHSAS (1999). OHSAS 18001 :1999 standard : Occupational health and safety management system. Rapport technique, Occupational Health and Safety Assessment Series.
- Paulhan, I. et Bourgeois, M. (1995). *Stress et coping, les stratégies d'ajustement à l'adversité*. Presses Universitaires de France. ISBN : 978-2130468349, 128 pages.
- Perrow, C. (1984). *Normal accidents : Living with High-Risk Technologies*. Basic Books, New York. ISBN : 978-0465051427, 386 pages.

- Rasmussen, J. et Jensen, A. (1974). Mental procedures in real-life tasks : a case study in electronic troubleshooting. *Ergonomics*, 17(3) :293–307. DOI : [10.1080/00140137408931355](https://doi.org/10.1080/00140137408931355).
- Reason, J. (1993). *L'erreur humaine*. Coll. Le Travail Humain. Presses Universitaires de France, Paris. Traduit par J. M. Hoc, de « Human Error », 1990, Cambridge University Press, ISBN : [213045187X](https://www.isbn-international.org/product/978213045187X).
- Snowden, D. J. et Boone, M. E. (2007). A leader's framework for decision making. *Harvard Business Review*, 85(11) :68–76. Disponible à <http://hbr.org/2007/11/a-leaders-framework-for-decision-making/>.
- Swain, A. D. et Guttman, H. E. (1983). A handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications (NUREG/CR-1278). Rapport technique, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.
- Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan : The Impact of the Highly Improbable*. Random House, New York. ISBN : [978-1400063512](https://www.isbn-international.org/product/9781400063512).
- Tisseron, S. (2009). *La Résilience*. Presses Universitaires de France. ISBN : [978-2-13-057795-9](https://www.isbn-international.org/product/9782130577959), 128 pages.
- Vaughan, D. (1996). *The Challenger launch decision : Risky technology, culture and deviance at NASA*. University of Chicago Press, Chicago. ISBN : [978-0-226-85175-4](https://www.isbn-international.org/product/9780226851754).
- Villemeur, A. (1988). *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Direction des études et recherches d'Électricité de France. Eyrolles, 1ère édition. ISBN : [978-2-212-01615-4](https://www.isbn-international.org/product/9782212016154), 795 pages.
- Walker, B. et Salt, D. (2006). *Resilience thinking : Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Island Press. ISBN : [978-1597260930](https://www.isbn-international.org/product/9781597260930), 192 pages.
- Weick, K. E. (1993). Collapse of sensemaking in organizations : the Mann Gulch disaster. *Administrative Science Quarterly*, 38(4) :628–652. DOI : [10.2307/2393339](https://doi.org/10.2307/2393339).
- Weick, K. E. et Sutcliffe, K. M. (2007). *Managing the Unexpected : resilient performance in an age of uncertainty*. Jossey-Bass, 2 édition. ISBN : [978-0787996499](https://www.isbn-international.org/product/9780787996499), 208 pages.
- Westrum, R. (2006). Chapitre *A typology of resilience situations*, dans *Resilience Engineering : Concepts and Precepts* (Hollnagel, E., Woods, D. D., et Leveson, N., Éd.). Ashgate.
- Woods, D. D. (2006). Chapitre *How to design a safety organization*, dans *Resilience engineering : concepts and precepts* (Hollnagel, E., Woods, D. D., et Leveson, N., Éd.). Ashgate, Aldershot, UK.
- Woods, D. D. et Hollnagel, E. (2006). *Joint Cognitive Systems : Patterns in Cognitive Systems Engineering*. CRC Press. ISBN : [978-0849339332](https://www.isbn-international.org/product/9780849339332), 232 pages.



Vous pouvez extraire ces entrées bibliographiques au format BibTeX en cliquant sur l'icône de trombone à gauche.

## Reproduction de ce document

Ce document est diffusé selon les termes de la licence [BY-NC-ND du Creative Commons](#). Vous êtes libres de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public selon les conditions suivantes :

- ▷ **Paternité.** Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'œuvre).
- ▷ **Pas d'utilisation commerciale.** Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.
- ▷ **Pas de modification.** Vous n'avez pas le droit de modifier, de transformer ou d'adapter cette création.



Vous pouvez télécharger ce document, ainsi que d'autres dans la collection des *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, aux formats PDF, EPUB (pour liseuses électroniques et tablettes numériques) et MOBI (pour liseuses Kindle), depuis le site web de la Foncsi. Des exemplaires papier peuvent être commandés auprès d'un service d'impression à la demande.



### Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle

Fondation de recherche reconnue d'utilité publique

<https://www.FonCSI.org/>

6 allée Émile Monso — BP 34038  
31029 Toulouse cedex 4  
France

Téléphone: +33 534 32 32 00  
Twitter: @LaFonCSI  
Courriel: [contact@FonCSI.org](mailto:contact@FonCSI.org)









ISSN 2100-3874

6 allée Émile Monso  
ZAC du Palays - BP 34038  
31029 Toulouse cedex 4

[www.foncsi.org](http://www.foncsi.org)