



IEC 31010

Edition 2.0 2019-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Risk management – Risk assessment techniques

Management du risque – Techniques d'appréciation du risque

SOMMAIRE

| | |
|---|-----|
| AVANT-PROPOS | 130 |
| INTRODUCTION..... | 132 |
| 1 Domaine d'application | 133 |
| 2 Références normatives | 133 |
| 3 Termes et définitions | 133 |
| 4 Concepts centraux..... | 134 |
| 4.1 Incertitude..... | 134 |
| 4.2 Risque | 135 |
| 5 Utilisations des techniques d'appréciation du risque | 135 |
| 6 Mise en œuvre de l'appréciation du risque..... | 137 |
| 6.1 Planification de l'appréciation..... | 137 |
| 6.1.1 Définition de l'objet et du domaine d'application de l'appréciation | 137 |
| 6.1.2 Compréhension du contexte | 137 |
| 6.1.3 Collaboration avec les parties prenantes | 137 |
| 6.1.4 Définition des objectifs | 138 |
| 6.1.5 Prise en compte des facteurs humains, organisationnels et sociaux | 138 |
| 6.1.6 Revue des critères de décision | 139 |
| 6.2 Gestion des informations et développement de modèles | 140 |
| 6.2.1 Généralités | 140 |
| 6.2.2 Collecte d'informations | 141 |
| 6.2.3 Analyse des données..... | 141 |
| 6.2.4 Développement et application des modèles | 142 |
| 6.3 Application des techniques d'appréciation du risque | 143 |
| 6.3.1 Vue d'ensemble | 143 |
| 6.3.2 Identification du risque | 144 |
| 6.3.3 Détermination des sources, des causes et des facteurs de risque | 145 |
| 6.3.4 Examen de l'efficacité des moyens de maîtrise existants | 145 |
| 6.3.5 Compréhension des conséquences et de la vraisemblance..... | 146 |
| 6.3.6 Analyse des interactions et des dépendances..... | 148 |
| 6.3.7 Compréhension des mesures du risque | 148 |
| 6.4 Examen de l'analyse | 151 |
| 6.4.1 Vérification et validation des résultats..... | 151 |
| 6.4.2 Analyse d'incertitude et de sensibilité | 151 |
| 6.4.3 Surveillance et revue | 152 |
| 6.5 Application des résultats à l'appui des décisions | 152 |
| 6.5.1 Vue d'ensemble | 152 |
| 6.5.2 Décisions relatives à l'importance du risque | 153 |
| 6.5.3 Décisions impliquant de choisir parmi des options | 153 |
| 6.6 Enregistrement et consignation du processus d'appréciation du risque et de ses résultats | 154 |
| 7 Choix des techniques d'appréciation du risque | 155 |
| 7.1 Généralités | 155 |
| 7.2 Choix des techniques..... | 155 |
| Annexe A (informative) Catégorisation des techniques..... | 157 |
| A.1 Introduction à la catégorisation des techniques..... | 157 |
| A.2 Application de la catégorisation des techniques | 157 |

| | | |
|--|---|-----|
| A.3 | Utilisation des techniques au cours du processus ISO 31000..... | 165 |
| Annexe B (informative) Description des techniques..... | | 168 |
| B.1 | Techniques permettant de faire émerger les points de vue des parties prenantes et des experts..... | 168 |
| B.1.1 | Généralités..... | 168 |
| B.1.2 | "Brainstorming"..... | 169 |
| B.1.3 | Technique Delphi..... | 170 |
| B.1.4 | Technique des groupes nominaux..... | 171 |
| B.1.5 | Entretiens structurés ou semi-structurés..... | 173 |
| B.1.6 | Enquêtes..... | 174 |
| B.2 | Techniques d'identification du risque..... | 175 |
| B.2.1 | Généralités..... | 175 |
| B.2.2 | Listes de contrôle, classifications et taxonomies..... | 176 |
| B.2.3 | Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) et analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)..... | 178 |
| B.2.4 | Etudes de danger et d'exploitabilité (HAZOP)..... | 180 |
| B.2.5 | Analyse du scénario..... | 182 |
| B.2.6 | Méthode SWIFT ("Que se passerait-il si?")..... | 184 |
| B.3 | Techniques de détermination des sources, causes et facteurs de risque..... | 186 |
| B.3.1 | Généralités..... | 186 |
| B.3.2 | Approche cindynique..... | 186 |
| B.3.3 | Méthode d'Ishikawa (diagramme en arêtes de poisson)..... | 188 |
| B.4 | Techniques d'analyse des moyens de maîtrise..... | 190 |
| B.4.1 | Généralités..... | 190 |
| B.4.2 | Analyse "nœud papillon"..... | 191 |
| B.4.3 | Analyse des dangers – points critiques pour leur maîtrise (HACCP)..... | 193 |
| B.4.4 | Méthode LOPA..... | 195 |
| B.5 | Techniques permettant de comprendre les conséquences et la vraisemblance..... | 197 |
| B.5.1 | Généralités..... | 197 |
| B.5.2 | Analyse bayésienne..... | 198 |
| B.5.3 | Réseaux bayésiens et diagrammes d'influence..... | 200 |
| B.5.4 | Analyse d'impact sur l'activité (AIA)..... | 202 |
| B.5.5 | Analyse causes-conséquences (ACC)..... | 204 |
| B.5.6 | Analyse par arbre d'événement (AAE)..... | 206 |
| B.5.7 | Analyse par arbre de panne (AAP)..... | 208 |
| B.5.8 | Analyse de fiabilité humaine (AFH)..... | 210 |
| B.5.9 | Analyse de Markov..... | 212 |
| B.5.10 | Simulation de Monte-Carlo..... | 214 |
| B.5.11 | Analyse d'impact sur la vie privée (PIA) / analyse d'impact sur la protection des données (DPIA)..... | 217 |
| B.6 | Techniques d'analyse des dépendances et des interactions..... | 219 |
| B.6.1 | Cartographie causale..... | 219 |
| B.6.2 | Analyse d'impacts croisés..... | 221 |
| B.7 | Techniques utilisées pour produire une mesure du risque..... | 223 |
| B.7.1 | Appréciation du risque toxicologique..... | 223 |
| B.7.2 | Valeur en risque (VaR)..... | 225 |
| B.7.3 | Valeur en risque conditionnelle (CVaR) ou "expected shortfall" (ES)..... | 227 |
| B.8 | Techniques d'évaluation de l'importance d'un risque..... | 228 |
| B.8.1 | Généralités..... | 228 |

| | | |
|---|--|-----|
| B.8.2 | Critères ALARP et SFAIRP | 229 |
| B.8.3 | Diagrammes fréquence-nombre (F-N) | 231 |
| B.8.4 | Diagrammes de Pareto | 233 |
| B.8.5 | Maintenance basée sur la fiabilité (MBF) | 235 |
| B.8.6 | Indices de risque | 238 |
| B.9 | Techniques de choix parmi des options | 240 |
| B.9.1 | Généralités | 240 |
| B.9.2 | Analyse coût/bénéfice (ACB) | 240 |
| B.9.3 | Analyse par arbre de décision | 242 |
| B.9.4 | Théorie des jeux | 244 |
| B.9.5 | Analyse à critères multiples (ACM) | 246 |
| B.10 | Techniques d'enregistrement et de consignation | 248 |
| B.10.1 | Généralités | 248 |
| B.10.2 | Registres des risques | 249 |
| B.10.3 | Matrice conséquence/vraisemblance (matrice de risque ou carte thermique) | 251 |
| B.10.4 | Courbes en S | 255 |
| Bibliographie | | 258 |
| | | |
| Figure A.1 – Application des techniques au processus de management du risque ISO 31000 [3] | | 165 |
| Figure B.1 – Exemple de diagramme d'Ishikawa (en arêtes de poisson) | | 189 |
| Figure B.2 – Exemple de "nœud papillon" | | 191 |
| Figure B.3 – Réseau bayésien montrant une version simplifiée d'un problème écologique réel: modélisation des populations de poissons autochtones dans l'Etat de Victoria en Australie | | 200 |
| Figure B.4 – Exemple de diagramme causes-conséquences | | 205 |
| Figure B.5 – Exemple d'analyse par arbre d'événement | | 207 |
| Figure B.6 – Exemple d'arbre de panne | | 209 |
| Figure B.7 – Exemple de diagramme de Markov | | 213 |
| Figure B.8 – Exemple de courbe dose-effet | | 223 |
| Figure B.9 – Distribution de la valeur | | 226 |
| Figure B.10 – Détail des valeurs de la VaR dans la zone de pertes | | 226 |
| Figure B.11 – VaR et CVaR pour un portefeuille présentant une perte possible | | 228 |
| Figure B.12 – Diagramme ALARP | | 230 |
| Figure B.13 – Exemple de diagramme F-N | | 232 |
| Figure B.14 – Exemple de diagramme de Pareto | | 234 |
| Figure B.15 – Exemple partiel de tableau définissant les échelles de conséquences | | 251 |
| Figure B.16 – Exemple partiel d'échelle de vraisemblance | | 252 |
| Figure B.17 – Exemple de matrice conséquence-vraisemblance | | 253 |
| Figure B.18 – Fonction de distribution de la probabilité et fonction de distribution cumulative | | 255 |
| | | |
| Tableau A.1 – Caractéristiques des techniques | | 157 |
| Tableau A.2 – Techniques et caractéristiques indicatives | | 158 |
| Tableau A.3 – Applicabilité des techniques au processus ISO 31000 | | 166 |

| | |
|---|-----|
| Tableau B.1 – Exemple de mots-guides fondamentaux et de leurs significations génériques..... | 181 |
| Tableau B.2 – Tableau des déficits pour chaque partie prenante | 187 |
| Tableau B.3 – Tableau des dissonances entre les parties prenantes | 188 |
| Tableau B.4 – Exemple de matrice de Markov | 213 |
| Tableau B.5 – Exemples de systèmes auxquels l'analyse de Markov peut s'appliquer..... | 214 |
| Tableau B.6 – Exemple de choix des tâches avec la MBF | 237 |
| Tableau B.7 – Exemple de matrice de jeu | 245 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MANAGEMENT DU RISQUE –
TECHNIQUES D'APPRÉCIATION DU RISQUE****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 31010 a été établie par le comité d'études 56 de l'IEC: Sûreté de fonctionnement, en coopération avec le comité d'études 262 de l'ISO: Management du risque.

Elle est publiée en tant que norme double logo.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2009. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- les processus de planification, de mise en œuvre, de vérification et de validation de l'utilisation des techniques sont décrits de manière plus précise;
- le nombre et la plage d'application des techniques ont été élargis;

- les concepts couverts par l'ISO 31000 ne sont plus traités dans la présente norme.

Le texte de la présente Norme internationale est issu des documents suivants de l'IEC:

| FDIS | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 56/1837/FDIS | 56/1845/RVD |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale. A l'ISO, la norme a été approuvée par 44 membres P sur un total de 46 votes exprimés.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Le présent document donne des recommandations pour le choix et l'application des différentes techniques pouvant être utilisées afin d'améliorer la prise en considération de l'incertitude et le management du risque.

Les techniques sont utilisées:

- lorsqu'il est nécessaire d'effectuer une analyse approfondie pour identifier les risques existants ou un risque particulier;
- dans le cadre d'une décision où différentes options, chacune impliquant des risques, nécessitent d'être comparées ou optimisées;
- dans le cadre d'un processus de management du risque donnant lieu à des actions de traitement du risque.

Les techniques sont utilisées au cours de la procédure d'appréciation du risque visant à identifier, analyser et évaluer le risque (décrite dans l'ISO 31000) et, de manière plus générale, à chaque fois qu'il s'avère nécessaire d'appréhender l'incertitude et ses effets.

Les techniques décrites dans le présent document peuvent être utilisées dans différents contextes, mais plus largement dans le domaine technique. Certaines techniques sont similaires d'un point de vue conceptuel, mais leurs différents noms et méthodologies reflètent l'historique de leur développement dans différents secteurs. Les techniques ont évolué dans le temps et continuent d'évoluer. La plupart d'entre elles peuvent être utilisées dans de nombreuses situations, hors de leur application d'origine. Les techniques peuvent être adaptées, combinées et appliquées sous de nouvelles formes ou étendues afin de répondre aux besoins présents ou futurs.

Le présent document est une introduction aux techniques choisies. Elle compare leurs applications possibles, leurs avantages et leurs limites. Elle fait également référence à des sources d'informations plus précises.

Le présent document s'adresse éventuellement:

- à quiconque est concerné par l'appréciation ou le management du risque;
- aux personnes qui établissent les recommandations visant à établir la manière dont le risque doit être apprécié dans des contextes particuliers;
- aux personnes qui ont besoin de prendre des décisions en cas d'incertitude, notamment:
 - les personnes qui mettent en œuvre ou procèdent à des appréciations du risque;
 - les personnes qui ont besoin de comprendre les résultats des appréciations;
 - les personnes qui doivent choisir des techniques d'appréciation pour répondre à des besoins particuliers.

Les organisations qui sont tenues de procéder à des appréciations du risque pour les besoins de la conformité gagneraient à utiliser des techniques d'appréciation du risque formelles et normalisées appropriées.

MANAGEMENT DU RISQUE – TECHNIQUES D'APPRÉCIATION DU RISQUE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne des recommandations pour le choix et l'application des techniques d'appréciation du risque dans différentes situations. Ces techniques visent à aider à la prise de décision en cas d'incertitude, à donner des informations relatives à des risques particuliers et dans le cadre d'un processus de management du risque. Le document récapitule l'éventail des techniques, avec des références vers d'autres documents où ces techniques sont décrites de manière plus précise.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

Guide ISO 73:2009, *Management du risque – Vocabulaire*

ISO 31000:2018, *Management du risque – Lignes directrices*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 31000:2018 et du Guide ISO 73:2009 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

vraisemblance

possibilité que quelque chose se produise

Note 1 à l'article: Dans la terminologie du management du risque, le terme "vraisemblance" est utilisé pour indiquer la possibilité que quelque chose se produise, que cette possibilité soit définie, mesurée ou déterminée de façon objective ou subjective, qualitative ou quantitative, et qu'elle soit décrite au moyen de termes généraux ou mathématiques (telles une probabilité ou une fréquence sur une période donnée).

Note 2 à l'article: Le terme anglais "*likelihood*" (vraisemblance) n'a pas d'équivalent direct dans certaines langues et c'est souvent l'équivalent du terme "*probability*" (probabilité) qui est utilisé à la place. En anglais, cependant, le terme "*probability*" (probabilité) est souvent limité à son interprétation mathématique. Par conséquent, dans la terminologie du management du risque, le terme «vraisemblance» est utilisé avec l'intention qu'il fasse l'objet d'une interprétation aussi large que celle dont bénéficie le terme "*probability*" (probabilité) dans de nombreuses langues autres que l'anglais.

[SOURCE: ISO 31000:2018, 3.7]

3.2

opportunité

combinaison de circonstances attendues comme favorables aux objectifs

Note 1 à l'article: Une opportunité est une situation positive susceptible de produire un gain et sur laquelle on dispose d'un certain niveau de contrôle.

Note 2 à l'article: Une opportunité pour une partie peut constituer une menace pour une autre partie.

Note 3 à l'article: La saisie ou la non-saisie d'une opportunité constitue l'une comme l'autre une source de risque.

3.3

probabilité

mesure des chances d'occurrence, exprimée par un nombre compris entre 0 et 1, où 0 désigne une impossibilité et 1 une certitude absolue

Note 1 à l'article: Voir définition 3.1, Note 2 à l'article.

3.4

facteur de risque

facteur ayant une influence importante sur le risque

3.5

menace

source potentielle de danger, de nuisance ou d'un autre résultat indésirable

Note 1 à l'article: Une menace est une situation négative susceptible d'entraîner une perte et sur laquelle on dispose de relativement peu de contrôle.

Note 2 à l'article: Une menace pour une partie peut constituer une opportunité pour une autre partie.

4 Concepts centraux

4.1 Incertitude

Le terme "incertitude" englobe de nombreux concepts sous-jacents. Les types d'incertitudes ont fait, et continuent de faire, l'objet de nombreuses tentatives de catégorisation, notamment:

- l'incertitude qui reconnaît la variabilité intrinsèque de certains phénomènes et qui ne peut pas être réduite par une recherche approfondie (parfois appelée incertitude aléatoire), comme un jet de dés, par exemple;
- l'incertitude qui, en règle générale, est le fruit d'un manque de connaissances et qui peut donc être réduite en collectant plus de données, en affinant des modèles, en améliorant les techniques d'échantillonnage (parfois appelée incertitude épistémique).

Les incertitudes suivantes sont d'autres formes d'incertitude couramment admises:

- l'incertitude linguistique, qui reconnaît le caractère vague et ambigu inhérent aux langues parlées;
- l'incertitude de décision, qui revêt une importance particulière pour les stratégies de management du risque, et qui identifie l'incertitude liée aux systèmes de valeur, au jugement professionnel, aux valeurs d'entreprise et aux normes sociétales.

Exemples d'incertitudes:

- l'incertitude relative aux interprétations, y compris les hypothèses quant à la manière dont les personnes se comportent;
- la variabilité des paramètres sur lesquels doit reposer une décision;
- l'incertitude quant à la validité ou l'exactitude des modèles qui ont été établis pour faire des prévisions sur l'avenir;
- les événements (y compris les changements de circonstances ou de conditions) dont l'occurrence, le caractère ou les conséquences sont incertains;
- l'incertitude liée aux sinistres;

- l'issue incertaine des problèmes systémiques, comme les pénuries de personnel compétent, pouvant avoir des impacts considérables qui ne peuvent pas être clairement définis;
- le manque de connaissances qui apparaît lorsque l'incertitude est reconnue, mais pas totalement comprise;
- l'imprévisibilité;
- l'incertitude liée aux limites de l'esprit humain, par exemple dans la compréhension de données complexes, la prévision de situations ayant des conséquences à long terme ou la formulation de jugements impartiaux.

Toutes les incertitudes ne sont pas propres à être comprises. En outre, l'importance d'une incertitude peut être difficile, voire impossible, à définir ou influencer. Toutefois, la reconnaissance de l'existence d'une incertitude dans un contexte spécifique permet de mettre en place très tôt des systèmes de mise en garde afin de détecter des changements de manière proactive et opportune et prendre des dispositions pour favoriser la résilience afin de mieux faire face aux situations imprévues.

4.2 Risque

Le risque inclut les effets de toutes les formes d'incertitude décrites en 4.1 sur les objectifs. L'incertitude peut avoir des conséquences positives et/ou négatives.

Le risque est souvent décrit en termes de sources de risques, d'événements potentiels, de leurs conséquences et de leurs vraisemblances. Un événement peut avoir plusieurs causes et conduire à de multiples conséquences. Les conséquences peuvent avoir un certain nombre de valeurs discrètes, être des variables continues ou être inconnues. Les conséquences peuvent ne pas être discernables ou mesurables à première vue, mais peuvent s'accumuler au fil du temps. Les sources de risques peuvent inclure la variabilité inhérente ou les incertitudes relatives à divers facteurs, notamment le comportement humain et les structures organisationnelles ou les influences sociétales, pour lesquels il peut être difficile de prévoir si un événement particulier est susceptible de se produire. Il s'ensuit que le risque ne peut pas toujours être aisément présenté sous la forme d'un ensemble d'événements, de leurs conséquences et de leurs vraisemblances.

Les techniques d'appréciation du risque visent à aider les personnes à appréhender l'incertitude et le risque associé dans ce contexte vaste, complexe et diversifié, avec pour objectif de venir à l'appui de décisions et d'actions mieux argumentées.

5 Utilisations des techniques d'appréciation du risque

Les techniques décrites dans le présent document offrent un moyen de mieux comprendre l'incertitude et ses implications dans les décisions et actions.

L'ISO 31000 décrit les principes de management du risque, ainsi que les processus et cadres organisationnels en rapport avec ce domaine. Elle spécifie un processus de reconnaissance, de compréhension et, le cas échéant, de modification du risque en fonction de critères établis dans le cadre de ce processus. Les techniques d'appréciation du risque peuvent être appliquées dans le cadre de cette approche structurée qui implique l'établissement d'un contexte, l'appréciation et le traitement du risque, avec une surveillance, une revue, une communication, une concertation, une consignation et un enregistrement en continu. Ce processus est représenté à la Figure A.1, qui donne également des exemples d'endroits où ces techniques peuvent être appliquées.

Dans le processus ISO 31000, l'appréciation du risque implique d'identifier les risques, de les analyser et de s'appuyer sur la compréhension acquise dans le cadre de l'analyse pour évaluer le risque en tirant des conclusions sur son importance comparative en fonction des objectifs et des seuils de performances de l'organisation. Ce processus contribue à la prise de décisions quant à savoir si un traitement est exigé, quant aux priorités en matière de

traitement et quant aux actions destinées à traiter le risque. Dans la pratique, une approche itérative est appliquée.

Les techniques d'appréciation du risque décrites dans le présent document sont utilisées:

- lorsqu'il est exigé de mieux comprendre les risques en présence ou un risque particulier;
- dans le cadre d'un processus de management du risque donnant lieu à des actions de traitement du risque;
- dans le cadre d'une décision où différentes options, chacune impliquant des risques, nécessitent d'être comparées ou optimisées.

En particulier, les techniques peuvent être utilisées pour:

- fournir des informations structurées venant à l'appui des décisions et des actions en cas d'incertitude;
- apporter des éclaircissements quant aux conséquences des hypothèses formulées sur l'atteinte des objectifs;
- comparer plusieurs options, systèmes, technologies ou approches, etc. lorsque chaque option fait l'objet d'une incertitude aux multiples facettes;
- faciliter la définition d'objectifs stratégiques et opérationnels réalistes;
- contribuer à déterminer les critères de risque d'une organisation (limites de risque, goût du risque ou capacité de prise de risque, par exemple);
- tenir compte du risque lors de la définition ou de la révision des priorités;
- reconnaître et comprendre le risque, y compris celui qui pourrait avoir des conséquences extrêmes;
- comprendre les incertitudes essentielles pour les objectifs d'une organisation et justifier ce qu'il convient de faire les concernant;
- reconnaître et exploiter les opportunités avec plus de succès;
- articuler clairement les facteurs qui contribuent au risque et les raisons pour lesquelles ils sont importants;
- identifier des traitements du risque efficaces et efficients;
- déterminer les effets modificateurs des traitements suggérés du risque, y compris toutes les modifications de la nature ou de l'ampleur du risque;
- communiquer à propos du risque et de ses implications;
- apprendre des réussites et des échecs pour améliorer la manière de gérer le risque;
- démontrer que les exigences réglementaires et autres ont été respectées.

La manière d'apprécier le risque dépend de la complexité et de la nouveauté de la situation, ainsi que du niveau de connaissance et de compréhension correspondant.

- Dans le cas le plus simple, si une situation ne présente rien de nouveau ou d'inhabituel, que le risque est bien compris, qu'aucune partie prenante n'est intervenue ou que les conséquences ne sont pas significatives, des actions sont susceptibles d'être décidées en fonction de règles et procédures établies et des précédentes appréciations du risque.
- Pour les questions sans précédent, complexes ou difficiles, si l'incertitude est élevée et l'expérience limitée, la quantité d'informations servant de base à l'appréciation est insuffisante et les techniques d'analyse conventionnelles peuvent ne pas être utiles ou pertinentes. Cela s'applique également aux situations, où les parties prenantes partagent des points de vue diamétralement opposés. Dans ces cas, plusieurs techniques peuvent être utilisées pour obtenir une compréhension partielle du risque, en formulant dans ce cas des jugements dans le contexte de valeurs organisationnelles et sociétales, et en tenant compte des points de vue des parties prenantes.

Les techniques décrites dans le présent document sont optimales entre ces deux situations extrêmes, dont la complexité est modérée et qui donnent des informations sur lesquelles repose l'appréciation.

6 Mise en œuvre de l'appréciation du risque

6.1 Planification de l'appréciation

6.1.1 Définition de l'objet et du domaine d'application de l'appréciation

Il convient de définir l'objet de l'appréciation, et en particulier d'identifier les décisions ou actions auxquelles il est lié, les décideurs, les parties prenantes, la périodicité et la nature du résultat exigé (si des informations qualitatives, semi-quantitatives ou quantitatives sont exigées, par exemple).

Il convient de définir le domaine d'application, l'étendue et le niveau de détail de l'appréciation, avec une description de ce qu'il contient et de ce qui en est exclu. Il convient de définir les types de conséquences à inclure dans l'appréciation. Il convient également de spécifier toutes les conditions, hypothèses, contraintes ou ressources nécessaires pertinentes pour l'appréciation.

6.1.2 Compréhension du contexte

Lors d'une appréciation du risque, il convient que les personnes impliquées aient conscience des circonstances plus générales dans lesquelles les décisions et actions reposant sur leur appréciation sont prises. Cela inclut une compréhension des questions internes et externes qui participent au contexte de l'organisation, ainsi que des aspects sociétaux et environnementaux plus généraux. Il convient de revoir et de vérifier toutes les déclarations de contexte pertinentes, de manière à savoir si elles sont à jour et appropriées. Il est particulièrement important d'avoir une vision globale en cas de complexité importante.

6.1.3 Collaboration avec les parties prenantes

Il convient d'identifier les parties prenantes et les personnes susceptibles d'être en mesure d'apporter des connaissances utiles ou des avis pertinents, et de tenir compte de leurs points de vue, qu'elles participent ou non à l'appréciation. La participation appropriée des parties prenantes permet de s'assurer que les informations sur lesquelles repose l'appréciation du risque sont valables et applicables, et que les parties prenantes ont bien compris les raisons qui motivent ces décisions. La participation des parties prenantes peut:

- donner des informations permettant de comprendre le contexte de l'appréciation;
- rassembler différents domaines de connaissance et d'expertise pour une meilleure identification et compréhension des risques;
- apporter l'expertise attendue pour l'utilisation des techniques;
- permettre de comprendre et de tenir compte des intérêts des parties prenantes;
- contribuer au processus de détermination du caractère acceptable du risque, en particulier si les parties prenantes sont touchées;
- satisfaire aux exigences des personnes à informer et consulter;
- obtenir un soutien pour les résultats obtenus et les décisions prises à la suite de l'appréciation du risque;
- identifier les manques de connaissances qu'il est nécessaire de résoudre avant et/ou pendant l'appréciation du risque.

Il convient de décider des moyens par lesquels les produits et les résultats de l'appréciation du risque doivent être communiqués de manière fiable, précise et transparente aux parties prenantes.

Les techniques permettant d'obtenir les points de vue des parties prenantes et des experts sont décrites à l'Article B.1.

6.1.4 Définition des objectifs

Il convient de définir et, dans la mesure du possible, de documenter les objectifs du système ou processus spécifique pour lequel est effectuée l'appréciation du risque. Ceci facilitera l'identification des risques et la compréhension de leurs implications.

Dans la mesure du possible, il convient que les objectifs soient:

- spécifiques à l'objet de l'appréciation;
- mesurables de manière qualitative ou quantitative;
- réalisables dans la limite des contraintes imposées par le contexte;
- pertinents du point de vue des objectifs plus généraux ou du contexte de l'organisation;
- réalisés dans un délai défini.

6.1.5 Prise en compte des facteurs humains, organisationnels et sociaux

Il convient de considérer les facteurs humains, organisationnels et sociaux de manière explicite et de les prendre en compte selon le cas. Les aspects humains sont pertinents pour l'appréciation du risque de la manière suivante:

- comme source d'incertitude;
- par leurs influences sur la manière de choisir et d'appliquer les techniques;
- dans la manière d'interpréter et d'utiliser les informations (en raison, par exemple, des différentes perceptions du risque).

Les performances humaines (au-delà ou en deçà des attentes) sont une source de risque et peuvent également avoir un impact sur l'efficacité des moyens de maîtrise. Il convient de prendre en compte l'éventualité d'une divergence par rapport aux comportements prévus ou supposés lors de l'appréciation du risque. Les considérations en matière de performances humaines sont souvent complexes, et une expertise peut être exigée pour identifier et analyser les aspects humains des risques.

Les facteurs humains ont également un impact sur le choix et l'utilisation des techniques, en particulier lorsque des jugements doivent être portés ou des approches collectives utilisées. Un animateur qualifié est nécessaire pour réduire le plus possible ces impacts. Il convient de tenir compte des partis pris (comme la pensée de groupe) et de l'excès de confiance (dans les estimations et les perceptions, par exemple). Dans toute la mesure du possible, il convient d'argumenter l'avis de l'expert au moyen de preuves et données, et de consentir des efforts pour éliminer ou réduire le plus possible les partis pris cognitifs.

Les objectifs et valeurs personnels peuvent varier et être différents de ceux de l'organisation. Cela peut donner lieu à des perceptions différentes du niveau d'un risque et à des critères de prise de décision différents en fonction des individus. Il convient qu'une organisation s'efforce d'obtenir une compréhension commune du risque en interne et tienne compte des différentes perceptions des parties prenantes.

Les aspects sociaux, notamment la situation socioéconomique, l'origine ethnique et la culture, le sexe, les relations sociales, le contexte résidentiel et communautaire peuvent avoir un impact tant direct qu'indirect sur le risque. Les impacts peuvent être à long terme et ne pas être visibles immédiatement, et peuvent exiger une perspective de planification à long terme.

6.1.6 Revue des critères de décision

6.1.6.1 Généralités

Il convient de revoir les critères, y compris les critères de risque, qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de la prise de décision, avant de procéder à l'appréciation. Ces critères peuvent être qualitatifs, semi-quantitatifs ou quantitatifs. Dans certains cas, il peut ne pas y avoir de critères explicites spécifiés, et les parties prenantes s'appuient sur leur jugement pour répondre aux résultats de l'analyse.

Les critères pertinents à revoir sont les suivants:

- la manière de décider si le risque est acceptable;
- la manière dont est déterminée l'importance relative des risques;
- la manière dont le risque est pris en considération pour choisir parmi des options lorsque chacune d'elles est associée à plusieurs risques qui peuvent avoir des conséquences positives et/ou négatives;
- la manière dont seront prises en compte les relations entre les risques.

6.1.6.2 Critères pour décider si un risque peut être accepté

Les critères de définition de la nature et de l'étendue du risque qui peut être accepté pour atteindre des objectifs, parfois appelés "goût du risque", peuvent être définis en spécifiant une technique permettant de déterminer l'ampleur du risque, ou d'un paramètre lié au risque, en fixant une limite au-delà de laquelle le risque devient inacceptable. La limite fixée pour qu'un risque devienne inacceptable peut dépendre des éventuelles retombées.

L'acceptabilité du risque peut également être définie en spécifiant la variation acceptable des mesures de performances spécifiques liées aux objectifs.

Différents critères peuvent être spécifiés selon le type de conséquences. Par exemple, les critères d'une organisation pour accepter un risque financier peuvent être différents de ceux définis pour les risques pour la vie humaine.

Certains exemples de considérations utilisées pour définir si un risque peut être accepté sont présentés ci-dessous.

- Capacité de prise de risque (RBC – *risk bearing capacity*) (également appelée capacité de risque): la RBC d'une organisation est souvent définie par le capital de risque disponible pour absorber les effets néfastes des risques. Pour une entreprise commerciale, la capacité peut être spécifiée par la capacité maximale de rétention assurée par les actifs ou par la perte financière la plus importante à laquelle la société pourrait faire face sans se déclarer en faillite. Il convient de soumettre raisonnablement à essai la RBC estimée dans le cadre de scénarios d'essais de contraintes afin de fournir un niveau de confiance fiable. Le goût du risque d'une organisation reflète la volonté de la direction à utiliser sa RBC.
- ALARP/ALARA et SFAIRP: dans certaines juridictions, les critères prévus par la loi pour traiter le risque lié à la sécurité impliquent de s'assurer que le risque de blessure ou de mauvais état de santé soit aussi faible que raisonnablement réalisable (ALARP – *as low as is reasonably practicable*), aussi faible que raisonnablement possible (ALARA – *as low as reasonably achievable*) ou de démontrer que les moyens de maîtrise réduisent le plus possible le risque pour autant que cela soit raisonnablement réalisable (SFAIRP – *so far as is reasonably practicable*) (voir B.8.2);
- Globalement au moins équivalent (GAME) [1]: il est jugé acceptable que les risques aux conséquences néfastes provenant d'une source particulière augmentent s'il peut être démontré que les risques provenant d'autres sources ont diminué dans une mesure équivalente ou supérieure.

- Les critères coûts/bénéfices, comme le prix par vie sauvée ou le retour sur investissement (RSI).

6.1.6.3 Critères d'évaluation de l'importance d'un risque

Les critères de risque (termes de référence en fonction desquels est déterminée l'importance d'un risque) peuvent être formulés de manière à faire appel à l'une des caractéristiques et mesures du risque établies en 6.3.5 et en 6.3.7. Les considérations éthiques, culturelles, juridiques, sociales, de réputation, environnementales, contractuelles, financières, entre autres, peuvent également être pertinentes.

Une évaluation de l'importance d'un risque comparé à d'autres risques repose souvent sur une estimation de l'ampleur du risque comparée aux critères directement liés à des seuils établis en fonction des objectifs de l'organisation. La comparaison avec ces critères peut informer l'organisation des risques sur lesquels il convient de porter l'attention pour le traitement, en fonction de l'aptitude de ces risques à produire des résultats qui sortent des limites fixées pour les objectifs.

L'ampleur du risque est rarement le seul critère pertinent pour la prise de décision concernant l'importance du risque. D'autres facteurs pertinents peuvent inclure la durabilité (par exemple, la triple performance) et la résilience, les critères éthiques et juridiques, l'efficacité des moyens de maîtrise, l'impact maximal en cas d'absence ou de défaillance des moyens de maîtrise, la durée des conséquences, les coûts des moyens de maîtrise et les points de vue des parties prenantes.

Les techniques d'évaluation de l'importance d'un risque sont décrites à l'Article B.8.

6.1.6.4 Critères de choix entre des options

Une organisation est confrontée à de nombreuses décisions pour atteindre plusieurs objectifs, souvent contradictoires, et se retrouve en position de trouver un équilibre entre d'éventuels résultats néfastes et d'éventuels bénéfices. Pour prendre ce type de décision, il peut être nécessaire de respecter plusieurs critères et de trouver un compromis entre des objectifs contradictoires. Il convient d'identifier les critères pertinents pour la prise de décision, et de décider et considérer la mesure dans laquelle les critères doivent être pondérés ou des compromis consentis, les informations étant consignées dans un rapport et partagées. Lors de la définition des critères, il convient de tenir compte du fait que les coûts et les bénéfices peuvent varier d'une partie prenante à l'autre. Il convient de décider de quelle manière les différentes formes d'incertitude doivent être prises en considération.

Les techniques de l'Article B.9 portent sur le choix entre les différentes options.

6.2 Gestion des informations et développement de modèles

6.2.1 Généralités

Avant et pendant une appréciation du risque, il convient d'obtenir les informations pertinentes. Ces informations contribuent aux analyses statistiques, modèles ou techniques décrits à l'Annexe A et à l'Annexe B. Dans certains cas, les décideurs peuvent utiliser les informations sans analyse supplémentaire.

Les informations nécessaires à chaque stade dépendent des résultats de la collecte préalable d'informations, de l'objet et du domaine d'application de l'appréciation, ainsi que de la ou des méthodes à utiliser pour l'analyse. Il convient de décider de la manière dont les informations doivent être collectées, archivées et mises à disposition.

Il convient de décider des enregistrements des résultats de l'appréciation qui sont à conserver, ainsi que des enregistrements à générer, archiver, mettre à jour et fournir aux personnes qui pourraient en avoir besoin. Il convient de toujours indiquer les sources d'informations.

6.2.2 Collecte d'informations

Les informations peuvent être collectées à partir de sources comme des revues documentaires, des observations et des avis d'experts. Les données peuvent être collectées ou déduites, par exemple, de mesurages, d'expériences, d'entretiens et d'enquêtes.

En règle générale, les données représentent directement ou indirectement les pertes ou bénéfices passés. Des exemples incluent les échecs ou réussites d'un projet, le nombre de plaintes déposées, les profits ou pertes financiers, l'impact sur la santé, les blessures et décès, etc. Des informations supplémentaires peuvent également être disponibles, comme les causes de l'échec ou de la réussite, les sources de plaintes déposées, la nature des blessures, etc. Les données peuvent également inclure le résultat des modèles ou d'autres techniques d'analyse.

Il convient de décider de ce qui suit:

- la source d'informations et sa fiabilité;
- le type (s'il s'agit d'informations qualitatives et/ou quantitatives (voir 6.3.7.1), par exemple);
- le niveau (stratégique, tactique, opérationnel, par exemple);
- la quantité et la qualité des données nécessaires;
- la méthode de collecte;
- le niveau de confidentialité.

Si les données à analyser proviennent d'un échantillonnage, il convient d'établir la fiabilité statistique exigée, de manière à collecter des données suffisantes. Si aucune analyse statistique n'est nécessaire, il convient de l'indiquer.

Si des données ou résultats provenant d'appréciations précédentes sont disponibles, il convient d'établir en premier lieu si le contexte a évolué et, si c'est le cas, si les précédentes données ou précédents résultats restent pertinents.

Il convient d'évaluer la validité, la fiabilité et les limites des informations à utiliser dans l'appréciation, en tenant compte:

- de l'âge et de la pertinence des informations;
- de la source d'informations et des méthodes utilisées pour les collecter;
- des incertitudes et lacunes des informations;
- de l'autorité ou de la provenance des informations, ensembles de données, algorithmes et modèles.

6.2.3 Analyse des données

L'analyse des données peut fournir:

- une compréhension des conséquences antérieures et de leur vraisemblance à apprendre par l'expérience;
- les tendances générales, y compris les périodicités, qui donnent une indication de ce qui peut influencer l'avenir;
- les corrélations qui peuvent donner des indications sur les éventuels liens de causalité pour une validation ultérieure.

Il convient d'identifier et de comprendre les limites et les incertitudes.

Il ne peut pas être admis par hypothèse que les données passées s'appliqueront encore à l'avenir, mais elles peuvent renseigner les décideurs sur ce qui est plus ou moins susceptible de se produire dans le futur.

6.2.4 Développement et application des modèles

6.2.4.1 General

Un modèle est une représentation approximative de la réalité. Il a pour objet de transformer ce qui peut être une situation par nature complexe en termes plus simples, qui peuvent être analysés plus aisément. Il peut être utilisé pour aider à comprendre la signification des données et simuler ce qui pourrait se produire dans la pratique dans différentes conditions. Un modèle peut être physique, représenté dans un logiciel ou être un ensemble de relations mathématiques.

En règle générale, la modélisation comprend les étapes suivantes:

- description du problème;
- description de l'objectif de la génération d'un modèle et des résultats souhaités;
- développement d'un modèle conceptuel du problème;
- génération d'une représentation physique, logicielle ou mathématique du modèle conceptuel;
- développement de logiciels ou d'autres outils d'analyse des comportements du modèle;
- traitement des données;
- validation ou étalonnage du modèle par revue des résultats correspondant à des situations connues;
- établissement de conclusions à partir du modèle sur le problème dans le monde réel.

Chacune de ces étapes peut impliquer des approximations, des hypothèses et un avis d'expert, et il convient (dans la mesure du possible) que des personnes indépendantes des développeurs les valident. Il convient de revoir les hypothèses critiques en fonction des informations disponibles pour apprécier leur crédibilité.

Pour obtenir des résultats fiables lors de l'utilisation de modèles, il convient de valider ce qui suit:

- le modèle conceptuel représente de manière adéquate la situation en cours d'appréciation;
- le modèle est utilisé dans les limites contextuelles pour lesquelles il a été conçu;
- les concepts théoriques qui sous-tendent le modèle et tous les calculs associés sont bien compris;
- le choix des paramètres et des représentations mathématiques du concept est solide;
- la théorie mathématique qui sous-tend les calculs est bien comprise;
- les données d'entrée sont précises et fiables ou la nature du modèle tient compte de la fiabilité des données d'entrée utilisées;
- le modèle fonctionne comme prévu sans erreurs internes ni bogues;
- le modèle est stable et peu sensible aux faibles variations des principales entrées.

Cela peut être obtenu:

- en procédant à une analyse de sensibilité du modèle aux variations des paramètres d'entrée;
- en soumettant le modèle à des essais de contrainte avec des scénarios particuliers, souvent extrêmes;

- en comparant les résultats avec des données passées (autres que celles à partir desquelles le modèle a été développé);
- en vérifiant que des résultats similaires sont obtenus lorsque le modèle est exécuté par des personnes différentes;
- en vérifiant les résultats par rapport aux performances réelles.

Il convient que le modèle, ainsi que les théories et hypothèses sur lesquelles il s'appuie, soient accompagnés d'une documentation exhaustive et suffisante pour valider le modèle.

6.2.4.2 Utilisation de logiciels d'analyse

Des programmes logiciels peuvent être utilisés pour représenter et organiser les données ou pour les analyser. Les programmes logiciels utilisés pour la modélisation et l'analyse offrent souvent une simple interface utilisateur et donnent un résultat rapide, mais ces caractéristiques peuvent conduire à des résultats non valides que l'utilisateur ne remarque pas. Des résultats non valides peuvent être obtenus à cause:

- de lacunes dans les algorithmes utilisés pour représenter la situation;
- d'hypothèses formulées en matière de conception et d'utilisation du modèle qui sous-tend le logiciel;
- d'erreurs de saisie des données, y compris d'une mauvaise compréhension de leur signification;
- de problèmes de conversion de données lorsqu'un nouveau logiciel est utilisé;
- d'une mauvaise interprétation des résultats.

Les logiciels commerciaux sont souvent des boîtes noires (secret commercial) et peuvent contenir toutes ces erreurs.

Il convient de soumettre à essai les nouveaux logiciels en utilisant un modèle simple avec des entrées dont la sortie est connue, avant de passer à des essais de modèles plus complexes. Il convient de conserver les détails des essais pour les utiliser dans les mises à jour des versions ultérieures ou pour les nouveaux programmes d'analyse logicielle.

Les erreurs du modèle construit peuvent être vérifiées en augmentant ou diminuant une valeur d'entrée pour déterminer si la sortie répond comme prévu. Cela peut être appliqué à chacune des différentes entrées. Les erreurs d'entrée de données sont souvent identifiées en faisant varier les entrées de données. Cette approche donne également des informations relatives à la sensibilité du modèle aux variations des données.

Il est recommandé de bien comprendre les éléments mathématiques pertinents pour l'analyse particulière afin d'éviter les conclusions erronées. Non seulement les erreurs ci-dessus sont probables, mais le choix d'un programme particulier peut également ne pas être approprié. Il est aisé de suivre un programme et de prendre pour hypothèse que la réponse est par conséquent exacte. Il convient de rassembler les preuves permettant de vérifier que les résultats sont raisonnables.

6.3 Application des techniques d'appréciation du risque

6.3.1 Vue d'ensemble

Les techniques décrites à l'Annexe A et à l'Annexe B sont utilisées pour mieux comprendre un risque comme élément d'informations nécessaire à la prise de décision en cas d'incertitude, y compris les décisions relatives à l'éventuel traitement du risque et à la manière de l'appliquer.

Les techniques d'appréciation peuvent être utilisées pour:

- identifier le risque (voir 6.3.2);

- déterminer les causes, les sources et les facteurs de risque, ainsi que le niveau d'exposition à ce risque (voir 6.3.3);
- examiner l'efficacité globale des moyens de maîtrise, et de l'effet modificateur des traitements du risque suggérés (voir 6.3.4);
- comprendre les conséquences et la vraisemblance (voir 6.3.5);
- analyser les interactions et les dépendances (voir 6.3.6);
- fournir une mesure du risque (voir 6.3.7).

Les facteurs à prendre en compte lors du choix d'une technique particulière pour ces activités sont décrits à l'Article 7.

En règle générale, l'analyse peut être descriptive (rapport d'une revue documentaire, analyse de scénario ou description de conséquences, par exemple) ou quantitative, lorsque les données sont analysées pour générer des valeurs numériques. Dans certains cas, des échelles de classement peuvent être appliquées pour comparer des risques particuliers.

Il convient que la manière d'apprécier un risque et la forme du résultat soient compatibles avec tous les critères définis. Par exemple, des critères quantitatifs exigent une technique d'analyse quantitative qui produit un résultat avec les unités appropriées.

Il convient d'utiliser des opérations mathématiques uniquement si les métriques choisies le permettent. En règle générale, il convient de ne pas utiliser d'opérations mathématiques avec les échelles ordinales. Même avec une analyse totalement quantitative, les valeurs d'entrée sont souvent des estimations. Il convient de ne pas attribuer aux résultats un niveau d'exactitude et de précision supérieur à celui correspondant aux données et méthodes utilisées.

6.3.2 Identification du risque

L'identification du risque permet une prise en compte explicite de l'incertitude. Toutes les sources d'incertitudes et les effets tant bénéfiques que néfastes peuvent être pertinents, en fonction du contexte et du domaine d'application de l'appréciation.

Les techniques d'identification du risque s'appuient en général sur les connaissances et l'expérience d'un certain nombre de parties prenantes (voir B.1.1). Il s'agit notamment de savoir:

- quelle incertitude existe et quels peuvent être ses effets;
- quelles circonstances ou quels problèmes (tangibles ou intangibles) sont susceptibles de présenter des conséquences futures;
- quelles sources de risques sont présentes ou peuvent apparaître;
- quels moyens de maîtrise sont en place et s'ils sont efficaces;
- quels événements et conséquences peuvent se produire, et comment, quand, où et pourquoi;
- ce qu'il s'est passé et comment cela peut être raisonnablement associé au futur;
- quels aspects humains et facteurs organisationnels pourraient s'appliquer.

Des enquêtes physiques peuvent également être utiles pour identifier les sources de risques ou les signes précurseurs d'éventuelles conséquences.

Le résultat de l'identification du risque peut être consigné sous la forme d'une liste de risques avec les événements, les causes et les conséquences spécifiés, ou en utilisant d'autres formats.

Quelles que soient les techniques utilisées, il convient d'appréhender l'identification des risques de manière méthodique et itérative de sorte qu'elle soit complète et efficace. Il convient dans la mesure du possible d'identifier le risque suffisamment tôt pour permettre la prise de mesures. Il arrive cependant que certains risques ne puissent pas être identifiés au cours d'une appréciation du risque. Il convient donc de mettre en place un mécanisme pour recueillir les risques émergents et reconnaître les signes précurseurs d'une réussite ou d'un échec potentiel(le).

Les techniques d'identification du risque sont présentées à l'Article B.2.

6.3.3 Détermination des sources, des causes et des facteurs de risque

L'identification des causes, des sources et des facteurs de risque peut:

- contribuer à estimer la vraisemblance d'un événement ou d'une conséquence;
- aider à identifier les traitements qui vont modifier le risque;
- aider à déterminer les indicateurs précurseurs et leurs seuils de détection;
- déterminer les causes communes qui peuvent aider à développer des priorités de traitement du risque.

Les sources de risques peuvent inclure des événements, des décisions, des actions et des processus, aussi bien favorables que défavorables, ainsi que des situations dont l'existence est connue, mais où les conséquences sont incertaines. Toute forme d'incertitude décrite en 4.1 peut être une source de risque.

Les événements et conséquences peuvent avoir plusieurs causes ou chaînes de causalité.

Le risque ne peut souvent être maîtrisé qu'en modifiant les facteurs de risque. Ces facteurs ont un impact sur l'état et l'évolution des expositions au risque, et affectent souvent plusieurs risques. Par conséquent, il est souvent nécessaire de prêter une plus grande attention aux sources de risques individuels.

Les techniques permettant de déterminer les sources, les causes et les facteurs de risque sont décrites à l'Article B.3.

6.3.4 Examen de l'efficacité des moyens de maîtrise existants

Le risque est affecté par l'efficacité globale des moyens de maîtrise en place. Il convient de prendre en considération les aspects suivants des moyens de maîtrise:

- le mécanisme selon lequel les moyens de maîtrise sont destinés à agir pour modifier le risque;
- si les moyens de maîtrise sont en place, en mesure de fonctionner comme prévu et permettent d'obtenir les résultats prévus;
- si la conception des moyens de maîtrise présente des faiblesses ou la manière dont les moyens de maîtrise sont appliqués;
- si les moyens de maîtrise présentent des lacunes;
- si les moyens de maîtrise fonctionnent de manière indépendante ou s'il est nécessaire qu'ils fonctionnent de manière collective pour être efficaces;
- s'il existe des facteurs, des conditions, des vulnérabilités ou des circonstances qui peuvent réduire ou éliminer l'efficacité des moyens de maîtrise, y compris les défaillances de cause commune;
- si les moyens de maîtrise eux-mêmes génèrent des risques supplémentaires.

NOTE Un risque peut avoir plusieurs moyens de maîtrise et les moyens de maîtrise peuvent affecter plusieurs risques.

Il convient de faire une distinction entre les moyens de maîtrise qui modifient la vraisemblance et/ou les conséquences et les moyens de maîtrise qui modifient la répartition du risque entre les parties prenantes. Par exemple, l'assurance et les autres formes de financement du risque n'ont pas d'impact direct sur la vraisemblance d'un événement ou sur ses résultats, mais peuvent rendre certaines conséquences plus tolérables pour une partie prenante particulière en réduisant leur étendue ou en lissant les flux de trésorerie.

Dans la mesure du possible, il convient de valider toutes les hypothèses formulées lors de l'analyse du risque concernant les effets et la fiabilité réels des moyens de maîtrise en mettant particulièrement l'accent sur les moyens de maîtrise individuels ou combinés qui sont admis comme ayant un effet modificateur important. Il convient de prendre en considération les informations recueillies grâce à une surveillance de routine et à une revue des moyens de maîtrise.

Les techniques d'analyse des moyens de maîtrise sont décrites à l'Article B.4.

6.3.5 Compréhension des conséquences et de la vraisemblance

6.3.5.1 Analyse du type, de l'ampleur et de la durée des conséquences

L'analyse des conséquences peut s'étendre d'une simple description des résultats à une modélisation quantitative ou une analyse de vulnérabilité approfondie. Il convient de prendre en considération les effets collatéraux (effets domino ou secondaires), lorsqu'une conséquence découle d'une autre.

Le risque peut être associé à un certain nombre de types de conséquences différents, qui ont un impact sur les différents objectifs. Il convient de choisir les types de conséquences à analyser au moment de la planification de l'appréciation. Il convient de vérifier les déclarations de contexte afin de s'assurer que les conséquences à analyser correspondent bien aux objectifs de l'appréciation et aux décisions à prendre. Cela peut être adapté au fil de l'appréciation à mesure de la disponibilité d'informations supplémentaires.

L'ampleur des conséquences peut être exprimée de manière quantitative sous la forme d'une valeur ponctuelle ou d'une répartition. Une répartition peut être appropriée lorsque:

- la valeur correspondant à la conséquence est incertaine;
- les conséquences varient en fonction des circonstances;
- les paramètres ayant un impact sur les conséquences varient.

La prise en compte de l'ensemble de la répartition liée à une conséquence donne des informations exhaustives. Il est possible de résumer la répartition sous la forme d'une valeur ponctuelle, comme la valeur prévue (moyenne), la variation (variance) ou le pourcentage en bout ou dans une autre partie pertinente de la répartition (centile).

Quelle que soit la méthode d'obtention d'une valeur ponctuelle ou de valeurs permettant de représenter une répartition des conséquences, il existe des hypothèses sous-jacentes et des incertitudes relatives:

- à la forme de la distribution choisie pour ajuster les données (continue ou discrète, normale ou asymétrique, par exemple);
- au moyen le plus approprié de représenter cette répartition sous la forme d'une valeur ponctuelle;
- à la valeur de l'estimation ponctuelle, compte tenu des incertitudes inhérentes aux données à partir desquelles la répartition a été générée.

Il convient de ne pas prendre pour hypothèse que les données relatives au risque suivent nécessairement une répartition normale.

Dans certains cas, les informations peuvent être résumées sous la forme de classements qualitatifs ou semi-quantitatifs, qui peuvent être utilisés pour comparer les risques.

L'ampleur des conséquences peut également varier en fonction d'autres paramètres. Par exemple, les conséquences sur la santé d'une exposition à un produit chimique dépendent en général de la dose à laquelle la personne ou d'autres espèces ont été exposées. Dans cet exemple, le risque est en général représenté par une courbe dose-effet qui décrit la probabilité d'une issue particulière (la mort, par exemple) en fonction d'une dose à court terme ou cumulée.

Les conséquences peuvent également varier dans le temps. Par exemple, plus une défaillance dure longtemps, plus ses effets néfastes peuvent s'aggraver. Il convient que les techniques appropriées en tiennent compte.

Les conséquences sont parfois le résultat d'expositions à plusieurs sources de risques: par exemple, effets sur l'environnement ou la santé après une exposition à des sources de risques biologiques, chimiques, physiques et psychosociales. Lors de l'évaluation de telles expositions multiples, il convient de tenir compte également de la possibilité d'effets synergiques, ainsi que de l'influence de la durée et de l'étendue de l'exposition.

6.3.5.2 Analyse de vraisemblance

La vraisemblance peut faire référence à la vraisemblance d'un événement ou à celle d'une conséquence spécifiée. Il convient d'établir explicitement le paramètre auquel s'applique une valeur de vraisemblance et il convient de définir précisément l'événement ou la conséquence dont la vraisemblance est en train d'être établie. Pour définir la vraisemblance de manière exhaustive, il peut être nécessaire d'inclure une déclaration concernant l'exposition et la durée.

La vraisemblance peut être décrite de différentes manières, notamment sous la forme d'une probabilité ou d'une fréquence attendue, ou bien dans des termes descriptifs (par exemple, "très probable"). Lorsqu'un terme descriptif est utilisé, il convient d'en définir la signification. La vraisemblance peut être associée à une incertitude, laquelle peut être représentée sous la forme d'une distribution de valeurs reflétant le degré de croyance quant à l'occurrence d'une valeur particulière.

Si un pourcentage est utilisé comme mesure de la vraisemblance, il convient de préciser la nature du rapport auquel le pourcentage s'applique.

EXEMPLE 1 La déclaration selon laquelle un fournisseur a 5 % de chance de ne pas assurer une livraison est vague tant en ce qui concerne la période de temps que la population. Il n'apparaît pas clairement non plus si le pourcentage concerne 5 % des projets ou 5 % des fournisseurs. Pour être plus explicite, la déclaration serait formulée de la manière suivante: "la probabilité qu'un ou que plusieurs fournisseurs n'assurent pas la livraison des marchandises ou des services exigés pendant la durée d'un projet est de 5 % des projets".

Pour réduire le plus possible les mauvaises interprétations lors de l'expression d'une vraisemblance, de manière qualitative ou quantitative, il convient de préciser explicitement la période de temps et la population concernée dans le domaine d'application de l'appréciation.

EXEMPLE 2 La probabilité qu'un ou que plusieurs fournisseurs n'assurent pas la livraison des marchandises ou des services exigés par un projet dans les deux mois qui suivent est de 1 % des projets, alors que sur une période de six mois, une défaillance peut se produire dans 3 % des projets.

De nombreux partis pris peuvent avoir un impact sur les estimations de vraisemblance. De plus, l'interprétation de l'estimation de vraisemblance peut être différente selon le contexte dans lequel elle a été établie. Il convient de veiller à bien comprendre les éventuels effets des partis pris individuels (cognitifs) et culturels.

Les techniques permettant de comprendre les conséquences et la vraisemblance sont décrites à l'Article B.5.

6.3.6 Analyse des interactions et des dépendances

Il existe en général de nombreuses interactions et dépendances entre les risques. Par exemple, une seule cause peut avoir plusieurs conséquences ou une conséquence particulière peut avoir plusieurs causes. L'occurrence de certains risques peut rendre celle d'autres risques plus ou moins probable, ces liens de causalité pouvant donner des résultats en cascade ou en boucle.

Pour procéder à une appréciation du risque plus fiable lorsque les liens de causalité entre les risques sont importants, il peut s'avérer utile de créer un modèle causal qui intègre les risques sous certaines formes. Des thèmes communs peuvent être déterminés dans les informations relatives au risque (causes communes, facteurs de risque communs ou résultats communs, par exemple).

Les interactions entre les risques peuvent avoir un ensemble d'impacts sur la prise de décision (l'importance croissante des activités couvrant plusieurs risques connexes ou l'augmentation de l'attrait d'une option sur d'autres, par exemple). Les risques peuvent être susceptibles d'être traités en commun ou, dans certaines situations, le traitement d'un risque peut avoir des implications positives ou négatives ailleurs. Les actions de traitement peuvent parfois être regroupées de manière à réduire considérablement la quantité de travail et à équilibrer plus efficacement les ressources disponibles. Il convient qu'un plan de traitement coordonné tienne compte de ces facteurs plutôt que de prendre pour hypothèse qu'il convient de traiter chaque risque de manière indépendante.

Les techniques d'analyse des interactions et des dépendances sont décrites à l'Article B.6.

6.3.7 Compréhension des mesures du risque

6.3.7.1 Détermination des mesures du risque

Dans certaines situations, il est utile de mesurer le risque en combinant l'ampleur des conséquences éventuelles et la vraisemblance de ces conséquences. Cela peut impliquer de procéder à des mesures qualitatives, semi-quantitatives ou quantitatives.

- Les approches qualitatives reposent en général sur des échelles descriptives (nominales) ou de classement (ordinales) pour les conséquences et les vraisemblances.
- Les approches semi-quantitatives se caractérisent par:
 - un paramètre (en général la vraisemblance) exprimé de manière quantitative et un autre décrit ou exprimé sur une échelle de classement;
 - des échelles divisées en bandes discrètes dont les limites sont exprimées de manière quantitative. Des points sont souvent tracés sur l'échelle de manière à produire une relation logarithmique pour correspondre aux données;
 - des descripteurs numériques ajoutés aux points d'échelle, dont la signification est décrite de manière qualitative.

L'utilisation d'échelles semi-quantitatives peut donner lieu à de mauvaises interprétations si la base des calculs n'est pas soigneusement expliquée. Il convient donc de valider les approches semi-quantitatives et de les utiliser avec précaution.

- Les approches quantitatives s'appuient sur des mesures de conséquences et de vraisemblances exprimées sur des échelles numériques (de rapport). Lorsqu'un risque est analysé en termes quantitatifs, il convient de s'assurer que les unités et dimensions appropriées sont utilisées et reprises tout au long de l'appréciation.

Les techniques qualitatives et semi-quantitatives peuvent être utilisées uniquement pour comparer des risques à d'autres risques mesurés de la même manière ou avec des critères exprimés de la même façon. Elles ne peuvent pas être utilisées pour combiner ou agréger directement des risques, et sont très difficiles à utiliser dans des situations où les conséquences sont à la fois positives et négatives ou lorsque des compromis doivent être trouvés entre les risques.

Si les estimations quantitatives d'une conséquence et de sa vraisemblance sont combinées sous la forme d'un simple produit pour déterminer l'ampleur d'un risque, il peut y avoir une perte d'informations. Aucune distinction n'est notamment établie entre les risques aux conséquences importantes et dont la vraisemblance est faible et les risques aux conséquences mineures qui se produisent souvent. Pour compenser cette absence de distinction, un facteur de pondération peut être appliqué à la conséquence ou à la vraisemblance, auquel cas il convient d'utiliser cette technique avec précaution.

Les risques ne peuvent pas toujours être décrits ou estimés de manière appropriée par une seule valeur représentant la vraisemblance d'une conséquence particulière. Des exemples d'applications incluent les situations dans lesquelles:

- les conséquences sont mieux exprimées sous la forme d'une distribution de probabilité des conséquences;
- un événement présente un certain nombre de causes différentes ou donne lieu à un ensemble de résultats et d'effets collatéraux possibles;
- les conséquences surviennent conjointement à la suite d'une exposition continue à une source de risque;
- les sources de risques (problèmes systémiques, par exemple) sont identifiables, mais il est très difficile de spécifier la nature et/ou la vraisemblance des conséquences qui peuvent survenir (dans ce cas, il devient impossible d'estimer une ampleur valable du risque en termes de vraisemblance et de conséquence).

Lorsqu'un risque a une distribution de conséquences possibles, une mesure du risque peut être obtenue en calculant la moyenne pondérée de probabilité des conséquences (c'est-à-dire la valeur attendue). Ceci peut cependant ne pas toujours produire une bonne mesure du risque, car le résultat reflète la moyenne des conséquences de la distribution. Cela conduit à une perte d'informations sur les conséquences moins probables, qui peuvent être graves et donc importantes pour la compréhension du risque. Les techniques de traitement des valeurs extrêmes ne sont pas incluses dans le présent document.

NOTE Une valeur attendue équivaut à la somme de chaque paire vraisemblance/conséquence sur une distribution, ce qui revient à utiliser la conséquence moyenne de la distribution.

Des exemples de mesures quantitatives de l'ampleur d'un risque sont:

- la fréquence d'occurrence prévue d'une conséquence déterminée (le nombre d'accidents de la route par milliers de kilomètres parcourus dans une région, par exemple);
- la durée prévue entre les événements considérés (la durée moyenne de disponibilité d'un élément, par exemple);
- la probabilité d'une issue spécifiée sur une période d'exposition définie (pertinente lorsque les conséquences s'accumulent sur une période d'exposition), comme la probabilité de contracter un cancer dans une vie à la suite d'une exposition à une dose définie de produits chimiques;
- une valeur prévue (rentabilité financière ou bénéfices financiers prévus sur une période d'investissement ou charge prévue qui pèse sur la santé publique en termes de coût par année de vie ajustée sur l'incapacité par million de personnes par an, par exemple);
- la représentation statistique de la forme d'une répartition des conséquences (la variance ou la volatilité des retours sur investissement, par exemple);
- une valeur supérieure, inférieure ou égale à un centile spécifié dans une distribution de conséquences;

EXEMPLE Le fait d'avoir 90 % de chance de réaliser un bénéfice dans le cadre d'un projet, ou la valeur en risque (VaR) d'un portefeuille qui mesure la perte éventuelle dans un portefeuille sur une période de temps spécifiée selon une probabilité définie.

- une mesure extrême associée à la distribution des conséquences (les conséquences maximales prévues, par exemple).

Les métriques reposant sur les conséquences (la perte crédible maximale ou la perte maximale probable, par exemple) sont essentiellement utilisées lorsqu'il s'avère difficile de définir quels moyens de maîtrise sont susceptibles d'être défaillants ou lorsque les données sur lesquelles reposent les estimations de vraisemblance sont insuffisantes.

L'ampleur du risque dépend des hypothèses formulées quant à la présence et à l'efficacité des moyens de maîtrise pertinents. Les professionnels utilisent souvent des termes comme "risque inhérent" ou "risque brut" (lorsque les moyens de maîtrise qui peuvent échouer sont censés l'avoir été) et "risque résiduel" ou "risque net" (correspondant au niveau d'un risque lorsque les moyens de maîtrise sont censés fonctionner comme prévu). Toutefois, il est difficile de définir ces termes de manière univoque, et il est donc conseillé de toujours établir explicitement les hypothèses formulées concernant les moyens de maîtrise.

Lors de la notification de l'ampleur d'un risque (de manière qualitative ou quantitative), il convient de décrire les incertitudes liées aux hypothèses et aux paramètres d'entrée et de sortie.

6.3.7.2 Agrégation des mesures du risque

Dans certains cas (une allocation de capital, par exemple), il peut être utile de combiner des valeurs pour un ensemble de risques afin de générer une seule valeur. En principe, les risques peuvent être combinés à condition d'être caractérisés par une seule conséquence, mesurée dans les mêmes unités (une valeur monétaire, par exemple). En d'autres termes, ils peuvent être uniquement combinés lorsque les conséquences et la vraisemblance sont établies de manière quantitative et que les unités sont cohérentes et correctes. Dans certaines situations, une mesure d'utilité peut faire office d'échelle commune pour quantifier et combiner des conséquences mesurées dans différentes unités.

Des informations relatives aux risques du composant sont perdues lors du développement d'une seule valeur consolidée pour un ensemble de risques plus complexes. De plus, à moins de prendre toutes les précautions, la valeur consolidée peut être imprécise et éventuellement trompeuse. Toutes les méthodes d'agrégation des risques en une seule valeur font l'objet d'hypothèses sous-jacentes qu'il convient de bien comprendre avant d'être appliquées. Il convient d'analyser les données pour rechercher les corrélations et les dépendances ayant un impact sur la manière de combiner les risques. Il convient qu'une analyse de scénario et des essais de contrainte viennent à l'appui des techniques de modélisation utilisées pour générer un niveau de risque agrégé.

Si les modèles intègrent des calculs impliquant des répartitions, il convient qu'ils contiennent des corrélations entre ces distributions de manière appropriée. Si les corrélations ne sont pas correctement prises en considération, les résultats sont imprécis et peuvent être très trompeurs. La consolidation de risques en les additionnant simplement n'est pas une base fiable de prise de décision et peut donner lieu à des résultats non souhaitables. La simulation de Monte-Carlo peut être utilisée pour combiner des distributions (voir B.5.10).

Les mesures qualitatives ou semi-quantitatives du risque ne peuvent pas être directement agrégées. De même, seules des déclarations qualitatives générales peuvent être formulées concernant l'efficacité relative des moyens de maîtrise en fonction des mesures qualitatives ou semi-quantitatives de variations de niveau de risque.

Les données pertinentes relatives à différents risques peuvent être rassemblées de différentes manières pour aider les décideurs. Il est possible de procéder à une agrégation qualitative reposant sur des avis d'expert en s'appuyant sur des informations de risque plus précises. Il convient d'énoncer clairement les hypothèses formulées, ainsi que les informations utilisées pour procéder à des agrégations qualitatives du risque.

6.3.7.3 Risque sociétal

Lorsqu'une population est exposée à un risque, une simple agrégation de chaque niveau de risque en procédant à une multiplication par la population exposée ne représente pas convenablement, dans la plupart des cas, le véritable impact des conséquences. Par exemple, il peut être nécessaire de prendre en considération différemment le risque d'accident mortel pour un individu à la suite d'un événement (comme une rupture de barrage) du même événement ayant un impact sur un groupe d'individus.

Le risque sociétal est souvent exprimé et évalué par la relation entre la fréquence d'occurrence d'une conséquence (F) et le nombre de personnes qui supportent les conséquences (N) (voir diagrammes F-N en B.8.3).

Les techniques utilisées pour produire une mesure du risque sont décrites à l'Article B.7.

6.4 Examen de l'analyse

6.4.1 Vérification et validation des résultats

Dans la mesure du possible, il convient de vérifier et de valider les résultats de l'analyse. La vérification implique de s'assurer que l'analyse a été correctement réalisée. Elle implique également de s'assurer que la bonne analyse a été réalisée pour atteindre les objectifs exigés. Dans certaines situations, la vérification et la validation peuvent impliquer des processus d'examen indépendants.

La validation peut consister à:

- vérifier la pertinence du domaine d'application de l'analyse pour les objectifs indiqués;
- revoir toutes les hypothèses critiques pour s'assurer de leur crédibilité à la lumière des informations disponibles;
- vérifier que les méthodes, modèles et données appropriés ont été utilisés;
- utiliser plusieurs méthodes, approximations et analyses de sensibilité pour soumettre à essai et valider les conclusions.

La vérification peut consister à:

- vérifier la validité des manipulations et calculs mathématiques;
- vérifier que les résultats ne sont pas sensibles à la manière dont les données ou les résultats sont affichés ou présentés;
- comparer les résultats avec ceux de l'expérience passée si des données existent ou en comparant les résultats après leur survenue;
- établir si les résultats sont sensibles à la manière d'afficher ou de présenter les données ou les résultats, et à identifier les paramètres d'entrée ayant un impact important sur les résultats de l'appréciation;
- comparer les résultats avec ceux d'une expérience passée ou acquise, y compris l'obtention de commentaires explicites au fil du temps.

6.4.2 Analyse d'incertitude et de sensibilité

Il convient que cette analyse du risque permette de comprendre les incertitudes dans l'analyse et d'apprécier ce qu'elles impliquent en matière de fiabilité des résultats. Il convient de toujours communiquer les incertitudes et leurs implications aux décideurs.

L'incertitude des résultats d'analyse peut provenir:

- d'une variabilité du système à l'étude;

- de données issues d'une source non fiable ou de données incohérentes ou insuffisantes (le type de données collectées ou les méthodes de collecte peuvent avoir changé, par exemple);
- d'une ambiguïté (manière dont les descripteurs qualitatifs sont établis ou compris, par exemple);
- de la méthode d'analyse qui ne représente pas convenablement la complexité du système;
- d'une grande dépendance des personnes à l'égard des avis ou jugements d'experts;
- de données pertinentes qui peuvent ne pas exister ou d'une organisation qui n'a pas collecté les données nécessaires;
- de données passées qui peuvent ne pas être une base fiable sur laquelle prédire l'avenir, un élément dans le contexte ou les circonstances ayant changé;
- d'incertitudes ou d'approximations dans les hypothèses formulées.

Si l'analyse révèle un manque de données fiables, il convient dans la mesure du possible de collecter d'autres données. Cela peut impliquer de mettre en œuvre de nouveaux mécanismes de surveillance. D'autre part, il convient d'ajuster le processus d'analyse de manière à tenir compte de l'insuffisance de données.

Une analyse de sensibilité peut être réalisée afin d'évaluer l'importance des incertitudes dans les données ou dans les hypothèses sous-jacentes à l'analyse. L'analyse de sensibilité implique de déterminer la modification relative des résultats due à des modifications de paramètres d'entrée individuels. Elle permet de distinguer les données qui ont besoin d'être précises, de celles qui sont moins sensibles et dont les effets sur l'exactitude générale sont par conséquent moins importants. Il convient de définir les paramètres auxquels l'analyse est sensible et le degré de sensibilité, selon le cas.

Il convient d'identifier les paramètres essentiels pour l'appréciation et qui font l'objet de modifications pour surveillance continue, de manière à pouvoir mettre à jour l'appréciation du risque et, le cas échéant, reconsidérer les décisions.

6.4.3 Surveillance et revue

La surveillance peut permettre:

- de comparer les résultats réels à ceux prévus par l'appréciation du risque et, ainsi, améliorer les appréciations futures;
- de rechercher des précurseurs et des indicateurs précurseurs de conséquences potentielles qui ont été identifiées par l'appréciation;
- de collecter les données nécessaires à une bonne compréhension du risque;
- de rechercher de nouveaux risques et des changements imprévus qui peuvent révéler un besoin de mettre à jour l'appréciation.

Si une analyse de sensibilité indique des paramètres d'importance particulière pour le résultat d'une analyse, il convient également d'en tenir compte pour la surveillance.

Il convient de revoir régulièrement les appréciations pour identifier si une modification a eu lieu, y compris celle d'un contexte ou d'une hypothèse, et si de nouvelles informations ou méthodes sont disponibles.

6.5 Application des résultats à l'appui des décisions

6.5.1 Vue d'ensemble

Les résultats de l'analyse du risque fournissent des éléments d'informations nécessaires pour les décisions à prendre et les actions exécutées.

NOTE Une compréhension du risque peut fournir des éléments d'informations nécessaires aux actions, même lorsqu'aucun processus décisionnel explicite n'est appliqué.

Lors de l'établissement du contexte de l'appréciation, il convient d'avoir défini les facteurs à prendre en considération lors de la prise de décision ainsi que tous les critères spécifiques (voir 6.1.6).

Deux types de décisions peuvent être distingués:

- décisions relatives à l'importance du risque et à la nécessité et la manière de traiter le risque;
- décisions impliquant la comparaison d'options lorsque chacune fait l'objet d'incertitudes (laquelle des opportunités saisir, par exemple).

6.5.2 Décisions relatives à l'importance du risque

Les informations issues de l'identification et de l'analyse du risque peuvent être utilisées pour déterminer s'il convient d'accepter le risque et définir l'importance comparative du risque par rapport aux objectifs et aux seuils de performances de l'organisation. Cela contribue à la prise de décisions quant à savoir si le risque est acceptable ou s'il exige un traitement et toutes les priorités en la matière.

Certains risques peuvent être acceptés pour une durée déterminée (par exemple, pour laisser le temps de mettre en place des moyens de traitement). Il convient que l'évaluateur clarifie les mécanismes d'acceptation temporaire des risques et le processus à utiliser en vue d'un réexamen ultérieur.

Les priorités en matière de traitement, pour la surveillance ou pour une analyse plus approfondie, s'appuient souvent sur une ampleur du risque déterminée en combinant une conséquence représentative et sa vraisemblance, et sont affichées dans une matrice conséquence/vraisemblance (B.10.3). Cette méthode présente certaines limites (voir B.10.3.5 et 6.3.7.1). Les facteurs, autres que l'ampleur du risque, qui peuvent être pris en considération pour décider des priorités sont:

- les autres mesures associées au risque, comme les conséquences maximales ou prévues ou l'efficacité des moyens de maîtrise;
- les caractéristiques qualitatives des événements ou leurs conséquences possibles;
- les points de vue et perceptions des parties prenantes;
- le coût et la possibilité d'exécution d'autres traitements comparés aux améliorations obtenues;
- les interactions entre les risques, y compris les effets des traitements sur d'autres risques.

Lorsque les risques ont été évalués et les traitements choisis, le processus d'appréciation du risque peut être répété pour vérifier que les traitements suggérés n'ont pas généré d'autres risques néfastes et que le risque résiduel au terme du traitement se trouve dans les limites du goût du risque de l'organisation.

Les techniques d'évaluation de l'importance d'un risque sont décrites à l'Article B.8.

6.5.3 Décisions impliquant de choisir parmi des options

En principe, le choix parmi des options implique de peser les éventuels avantages et inconvénients de chacune d'elles, en tenant compte des incertitudes, notamment:

- des incertitudes associées aux éventuels résultats des options et aux estimations des coûts et des bénéfices;
- des éventuels événements et développements qui peuvent avoir un impact sur les résultats;

- des valeurs que les différentes parties prenantes placent sur les coûts et les avantages;
- de l'incertitude autour des jugements formulés à partir des résultats de l'analyse du risque, y compris l'évaluation du maintien ou non à terme des objectifs et des critères.

Ce type de décision s'appuie souvent sur le jugement d'experts fondé sur la compréhension acquise dans le cadre d'une analyse des options concernées et de la prise en compte du risque associé à chacune d'elles:

- des compromis qu'il peut être nécessaire de consentir entre les objectifs contradictoires;
- du goût du risque de l'organisation;
- des différentes attitudes et croyances des parties prenantes.

Les techniques pouvant être utilisées pour comparer les options qui impliquent des incertitudes sont décrites à l'Article B.9.

6.6 Enregistrement et consignation du processus d'appréciation du risque et de ses résultats

Il convient de documenter les résultats de l'appréciation du risque, les méthodologies utilisées et la justification des hypothèses retenue ainsi que toute recommandation, et de prendre une décision en ce qui concerne les informations à communiquer et les personnes à qui les communiquer. Il convient de définir la manière dont les enregistrements doivent être révisés et mis à jour.

Les enregistrements ont pour objet de:

- communiquer des informations relatives au risque aux décideurs et autres parties prenantes, notamment les organismes de réglementation;
- fournir un enregistrement et une justification de la prise de décision;
- conserver les résultats de l'appréciation pour un usage et une référence ultérieurs;
- suivre les performances et les tendances;
- s'assurer que les risques sont bien compris et gérés de manière appropriée;
- permettre une vérification de l'appréciation;
- fournir un journal d'audit.

Il convient par conséquent de fournir tous les documents ou enregistrements au moment opportun et sous une forme qui peut être comprise par ceux qui les lisent. Il convient également que les documents apportent l'expertise technique nécessaire pour la validation et qu'ils incluent des détails suffisants pour conserver l'appréciation pour un usage ultérieur. Il convient que les informations fournies soient suffisantes pour permettre, d'une part, le suivi des processus et, d'autre part, la revue et la validation des résultats. Il convient d'énoncer clairement les hypothèses formulées, les limites des données ou méthodes, ainsi que les raisons qui justifient les recommandations.

Il convient d'exprimer les risques en des termes compréhensibles, et que les unités dans lesquelles sont exprimées les mesures quantitatives soient claires et correctes.

Il convient que les personnes qui présentent les résultats caractérisent leur confiance ou celle de leur équipe en la précision et l'exhaustivité des résultats. Il convient de communiquer les incertitudes de manière adéquate de sorte que le rapport n'implique pas un niveau de certitude au-delà de la réalité.

Les techniques d'enregistrement et de consignation sont décrites à l'Article B.10.

7 Choix des techniques d'appréciation du risque

7.1 Généralités

L'Article 7 décrit les facteurs à prendre en considération lors du choix d'une ou de plusieurs techniques pour un objet particulier. Les Annexes A et B répertorient et expliquent plus en détail certaines techniques souvent utilisées. Elles décrivent les caractéristiques de chaque technique et l'éventail d'applications possibles, avec leurs forces et leurs faiblesses inhérentes.

A l'origine, la plupart des techniques décrites dans le présent document ont été développées pour des secteurs industriels particuliers en vue de gérer des types particuliers de résultats non souhaités. Plusieurs de ces techniques sont similaires, mais utilisent différentes terminologies, reflétant leur développement indépendant pour un objectif similaire dans différents secteurs. Au fil du temps, l'application de plusieurs de ces techniques a été élargie allant, par exemple, des applications d'ingénierie technique aux situations financières ou administratives ou pour prendre en compte les résultats tant positifs que négatifs. De nouvelles techniques ont vu le jour et les anciennes ont été adaptées aux nouvelles circonstances. Les techniques et leurs applications continuent d'évoluer. Une meilleure compréhension du risque est possible en utilisant ces techniques hors de leur application d'origine. Les Annexes A et B indiquent donc les caractéristiques des techniques qui peuvent être utilisées pour déterminer l'éventail des circonstances dans lesquelles elles peuvent être appliquées.

7.2 Choix des techniques

Il convient de définir et d'ajuster le choix de la technique et la manière de l'appliquer en fonction du contexte et de l'utilisation, et de donner des informations dont le type et la forme correspondent aux besoins des parties prenantes. En termes généraux, il convient de définir le nombre et le type de techniques choisies en fonction de l'importance de la décision et de tenir compte des contraintes de temps, d'autres ressources, ainsi que des coûts d'opportunité.

Pour décider si une technique qualitative ou quantitative est plus appropriée, le principal critère à prendre en considération est la forme des données de sortie la plus utile aux parties prenantes, ainsi que la disponibilité et la fiabilité des données. En règle générale, les techniques quantitatives exigent des données de très bonne qualité si elles doivent donner des résultats significatifs. Toutefois, dans certains cas, lorsque les données ne sont pas suffisantes, la rigueur nécessaire à l'application d'une technique quantitative peut permettre de mieux comprendre le risque, même si le résultat du calcul peut s'avérer incertain.

Un choix de techniques pertinent est souvent possible pour une circonstance donnée. Il peut être nécessaire de prendre en compte plusieurs techniques, dont l'application peut parfois apporter une compréhension supplémentaire utile. [2] Différentes techniques peuvent également être appropriées au fur et à mesure que des informations deviennent disponibles.

Au moment du choix d'une ou de plusieurs techniques, il convient donc de prendre en considération les aspects suivants:

- l'objectif de l'appréciation;
- les besoins des parties prenantes;
- toutes exigences légales, réglementaires et contractuelles;
- l'environnement et le scénario d'exploitation;
- l'importance de la décision (les conséquences si une mauvaise décision est prise, par exemple);
- tous les critères de décision définis et leur forme;
- le temps disponible avant de devoir prendre une décision;

- les informations disponibles ou qui peuvent être obtenues;
- la complexité de la situation;
- l'expertise disponible ou qui peut être obtenue.

Les caractéristiques des techniques permettant de satisfaire à ces exigences figurent dans le Tableau A.1. Le Tableau A.2 donne une liste des techniques, classées en fonction de ces caractéristiques.

Au fur et à mesure de l'augmentation du degré d'incertitude, de complexité et d'ambiguïté, la nécessité de consulter un groupe plus large de parties prenantes augmente, ce qui a des implications pour la combinaison des techniques choisies.

NOTE L'IEC TR 63039:2016 [50], par exemple, indique comment utiliser, de manière complémentaire, les techniques d'analyse par arbre d'événement (AAE), d'analyse par arbre de panne (AAP) et de Markov, de sorte que leur utilisation combinée soit un moyen efficace d'analyser le risque de systèmes complexes.

Les mêmes techniques décrites dans le présent document peuvent être appliquées lors des étapes du processus de management du risque de l'ISO 31000 en complément du cadre de leur utilisation dans l'appréciation du risque. L'application des techniques du processus de management du risque est représentée à la Figure A.1. Le Tableau A.3 représente leur application spécifique au cadre de l'appréciation.

L'Annexe B contient un aperçu général de chaque technique, de son utilisation, de ses entrées et sorties, de ses forces et limitations et, selon le cas, une référence indiquant où des détails supplémentaires peuvent être obtenus. Elle classe les techniques en fonction de leur application principale dans l'appréciation du risque, à savoir:

- obtenir les points de vue des parties prenantes et des experts (Article B.1);
- identifier le risque (Article B.2);
- déterminer les sources, les causes et les facteurs de risque (Article B.3);
- analyser les moyens de maîtrise existants (Article B.4);
- comprendre les conséquences et la vraisemblance (Article B.5);
- analyser les dépendances et les interactions (Article B.6);
- fournir des mesures du risque (Article B.7);
- évaluer l'importance d'un risque (Article B.8);
- faire un choix parmi des options (Article B.9);
- enregistrer et consigner (Article B.10).

Au sein de chaque groupe, les techniques sont classées par ordre alphabétique, sans tenir compte de leur importance.

La majorité des techniques décrites dans l'Annexe B prennent pour hypothèse que les risques ou les sources de risques peuvent être identifiés. Il existe également des techniques pouvant être utilisées pour apprécier indirectement le risque résiduel en tenant compte des moyens de maîtrise et des exigences en place (voir par exemple l'IEC 61508 [36]).

Même si le présent document traite de ces techniques et en donne des exemples, les techniques décrites ne sont pas exhaustives et aucune recommandation n'est formulée en ce qui concerne l'efficacité d'une technique précise, quelles que soient les circonstances. Il convient de veiller à choisir une technique en fonction de sa pertinence, de sa fiabilité et de son efficacité dans les circonstances données.

Annexe A (informative)

Catégorisation des techniques

A.1 Introduction à la catégorisation des techniques

Le Tableau A.1 décrit les caractéristiques des techniques qui peuvent être utilisées pour choisir la ou les techniques à utiliser.

Tableau A.1 – Caractéristiques des techniques

| Caractéristique | Description | Détails (indicateurs des fonctions, etc.) |
|---|--|--|
| Application | Utilisation de la technique dans l'appréciation du risque (voir les titres des Articles B.1 à B.10) | Faire émerger des points de vue, identifier, analyser les causes, analyser les moyens de maîtrise, etc. |
| Domaine d'application | S'applique aux risques au niveau de l'organisation, du département ou du projet, ou au niveau des processus ou équipements individuels | organisation (org.) projet/département (dép.) équipements/processus (équip./proc.) |
| Horizon temporel | Etudie les risques à court, moyen ou long terme, ou s'applique à n'importe quel horizon temporel | Court, moyen, long, tout horizon temporel |
| Niveau de décision | S'applique aux risques au niveau stratégique, tactique ou opérationnel | Stratégique (1), tactique (2), opérationnel (3) |
| Niveau des informations/données de départ nécessaires | Niveau des informations ou données de départ nécessaires | Elevé, moyen, faible |
| Expertise des spécialistes | Niveau d'expertise exigé pour une utilisation correcte | faible: expertise intuitive ou formation d'un ou deux jours modérée: formation de plus de deux jours élevée: exige une formation poussée ou l'expertise d'un spécialiste |
| Qualitative – quantitative | Définit la méthode utilisée: qualitative, semi-quantitative ou quantitative | quantitative (quant.) qualitative (qual.) semi-quantitative (semi-quant.) les deux utilisations sont possibles (l'une ou l'autre) |
| Effort à appliquer | Durée et coût nécessaires pour appliquer la technique | élevé, moyen, faible |

A.2 Application de la catégorisation des techniques

Le Tableau A.2 répertorie un ensemble de techniques classées selon ces caractéristiques. Les techniques décrites représentent des modes structurés d'observation du problème en cours ayant été jugés utiles dans des contextes particuliers. Cette liste n'est pas censée être complète, mais elle décrit un ensemble de techniques utilisées couramment dans différents secteurs. Pour simplifier la lecture, ces techniques sont classées par ordre alphabétique, sans priorité.

Chaque technique est décrite en détail à l'Annexe B, telle qu'elle est référencée dans la colonne 1 du Tableau A.2.

Tableau A.2 – Techniques et caractéristiques indicatives

| Paragraphe | Technique | Description | Application | Domaine d'application | Horizon temporel | Niveau de décision | Niveau des informations/ données de départ nécessaires | Expertise des spécialistes | Qual./ semi-quant. | Effort à appliquer |
|------------|--|---|--|-----------------------|------------------|--------------------|--|----------------------------|--------------------|--------------------|
| B.8.2 | ALARP/SFAIRP | Critères de détermination de l'importance du risque et moyens d'évaluation de la tolérabilité du risque. | évaluer le risque | 1 | tous | 1/2 | élevé | élevée | qual./quant. | élevé |
| B.5.2 | Analyse bayésienne | Méthode permettant d'établir des inférences relatives aux paramètres des modèles à l'aide du théorème de Bayes, qui permet d'intégrer des données empiriques à des avis préalables relatifs aux probabilités. | analyser la vraisemblance | tous | tous | tous | moyen | élevée | quant. | moyen |
| B.5.3 | Réseaux bayésiens/diagrammes d'influence | Modèle graphique de variables et de leurs relations de cause à effet exprimées à l'aide de probabilités. Les réseaux bayésiens contiennent des variables représentant des incertitudes. Il existe des versions étendues, également appelées diagrammes d'influence, qui contiennent des variables représentant les incertitudes, les conséquences et les actions. | identifier le risque estimer le risque choisir entre plusieurs options | tous | tous | tous | moyen | élevée | quant. | moyen/élevé |
| B.4.2 | Analyse "nœud papillon" | Moyen schématique permettant de décrire un cheminement, des sources du risque à ses résultats, et de revoir les moyens de maîtrise. | analyser le risque analyser les moyens de maîtrise décrire le risque | 2/3 | court/moyen | tous | faible | faible/modérée | qual./semi-quant. | faible |
| B.1.2 | "Brainstorming" | Technique utilisée lors des ateliers pour stimuler l'imagination. | faire émerger des points de vue | tous | tous | tous | aucune | faible/modérée | qual. | faible |

| Paragraphe | Technique | Description | Application | Domaine d'application | Horizon temporel | Niveau de décision | Niveau des informations/ données de départ nécessaires | Expertise des spécialistes | Qual./ quant./ semi-quant. | Effort à appliquer |
|------------|--|---|---|-----------------------|------------------|--------------------|--|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| B.5.4 | Analyse d'impact sur l'activité | Le processus d'AIA analyse les conséquences d'un incident perturbateur sur les modalités définissant les priorités en matière de récupération des produits et services d'une organisation et, par conséquent, les priorités des activités et ressources permettant de générer ces produits et services. | analyser les conség. analyser les moyens de maîtrise | 1 | court/ moyen | 2 | moyen | faible | quant./qual. | moyen |
| B.6.1 | Cartographie causale | Diagramme de réseau représentant les événements, les causes et les effets, ainsi que les relations entre ceux-ci. | analyser les causes | 2/3 | tous | 2/3 | moyen | modérée | qual. | moyen |
| B.5.5 | Analyse causes-conséquences | Combinaison de l'analyse par arbre de panne et par arbre d'événement permettant d'inclure des actions différées. Les causes et les conséquences d'un événement initiateur sont prises en compte. | analyser les causes et les conség. | 2/3 | tous | 2/3 | moyen/élevé | modérée/élevée | quant. | moyen/ élevé |
| B.2.2 | Classifications des listes de contrôle, taxonomies | Création de listes basées sur l'expérience ou sur des concepts et modèles pouvant être utilisés pour identifier les risques et les moyens de maîtrise. | identifier les risques et les moyens de maîtrise | 2/3 | tous | tous | élevé (développement) faible (utilisation) | faible/modérée | qual. | faible/ moyen |
| B.3.2 | Approche cindynique | Prise en compte des objectifs, des valeurs, des règles, des données et des modèles des parties prenantes et identification des incohérences, des ambiguïtés, des omissions et des lacunes. Ces éléments constituent les sources systémiques et les facteurs de risque. | identifier les facteurs de risque | 1/2 | court ou moyen | 1 | faible | modérée | qual. | élevée |
| B.7.3 | Valeur en risque conditionnelle | Egalement appelée "expected shortfall" (ES), cette valeur mesure la perte attendue d'un portefeuille financier dans les a % des scénarios les plus défavorables. | mesure du risque | tous | court/ moyen | 3 | élevé | élevée | quant. | moyen |

| Paragraphe | Technique | Description | Application | Domaine d'application | Horizon temporel | Niveau de décision | Niveau des informations/ données de départ nécessaires | Expertise des spécialistes | Qual./ semi-quant. | Effort à appliquer |
|------------|-------------------------------------|--|--|-----------------------|------------------|--------------------|--|---|--------------------|--------------------|
| B.10.3 | Matrice conséquence/vraisemblance | Comparaison des risques individuels en choisissant une paire conséquence/vraisemblance et en l'affichant dans une matrice comportant un axe des conséquences et un axe de vraisemblance. | établir un rapport des risques évaluer | tous | tous | tous | moyen | faible (utilisation), moyen (développement) | qual./semi-quant. | faible |
| B.9.2 | Analyse coût/bénéfice | Analyse utilisant l'unité monétaire pour évaluer les conséquences positives et négatives, récupérables et irrécupérables des différentes options. | comparer les options | tous | court/ moyen | tous | moyen/élevé | modérée/élevée | quant. | moyen/ élevé |
| B.6.2 | Analyse d'impacts croisés | Évaluation des variations de la probabilité qu'une série donnée d'événements se produise suite à la survenue réelle de l'un de ces événements. | analyser la vraisemblance et la cause | tous | court/ moyen | tous | faible à élevé | modérée/élevée | quant. | moyen/ élevé |
| B.9.3 | Analyse par arbre de décision | Analyse utilisant une représentation sous forme d'arbre ou un modèle de décisions et leurs conséquences possibles. Les résultats sont généralement exprimés en termes monétaires ou en termes d'utilité. Autre représentation possible: le diagramme d'influence (voir B.5.3). | comparer les options | tous | tous | 2 | faible/moyen | modérée | quant. | moyen |
| B.1.3 | Technique Delphi | Collecte d'avis par l'intermédiaire de questionnaires séquentiels. Les personnes interrogées répondent individuellement, mais reçoivent des commentaires sur les réponses des autres personnes après chaque série de questions. | faire émerger des points de vue | tous | tous | tous | aucune | modérée | qual. | moyen |
| B.5.6 | Analyse par arbre d'événement (AAE) | Modélisation des résultats possibles d'un événement initiateur donné et du statut des moyens de maîtrise de manière à analyser la fréquence ou la probabilité des différents résultats possibles. | analyser les conség. et les moyens de maîtrise | 2/3 | tous | tous | faible/moyen | modérée | qual./quant. | moyen |

| Paragraphe | Technique | Description | Application | Domaine d'application | Horizon temporel | Niveau de décision | Niveau des informations/ données de départ nécessaires | Expertise des spécialistes | Qual./ semi-quant. | Effort à appliquer |
|------------|--|--|--|-----------------------|------------------|--------------------|--|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| B.5.7 | Analyse par arbre de panne (AAP) | Analyse des causes d'un événement précis à l'aide de la logique booléenne pour décrire une combinaison de pannes. Variations possibles: arbre de réussite dans lequel l'événement de tête est souhaité ou arbre des causes utilisé pour étudier les événements passés. | analyser la vraisemblance analyser les causes | 2/3 | moyen | 2/3 | élevé pour l'analyse quantitative | dépend de la complexité | qual./quant. | moyen/ élevé |
| B.2.3 | Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (et de leur criticité) AMDE(C) | Etude des modes de défaillance possibles de chaque composant d'un système et des causes et effets de ces défaillances. L'AMDE peut être suivie d'une analyse de criticité qui définit l'importance de chaque mode de défaillance (AMDEC). | identifier les risques | 2/3 | tous | 2/3 | selon l'application | modérée | qual./semi-quant./ quant. | faible/ élevé |
| B.8.3 | Diagrammes fréquence/ nombre (F/N) | Cas particulier de graphique de conséquence/vraisemblance quantitative appliqué à la prise en compte de la tolérabilité du risque auquel sont exposées les vies humaines. | évaluer le risque | 1 | tous | tous | élevé | élevée | quant. | élevé |
| B.9.4 | Théorie des jeux | Etude de la prise de décision stratégique pour modéliser l'impact des décisions des différents joueurs impliqués dans le jeu. L'établissement de tarifs basés sur les risques peut être un exemple de domaine d'application. | choisir entre plusieurs options | 1 | moyen | 1/2 | élevé | élevée | quant. | moyen/ élevé |
| B.4.3 | Analyse des dangers – points critiques pour leur maîtrise (HACCP) | Analyse de la réduction du risque pouvant être obtenue par différents niveaux de protection. | analyser les moyens de maîtrise et de surveillance | 2/3 | court/ moyen | 2/3 | moyen | modérée | qual. | moyen |

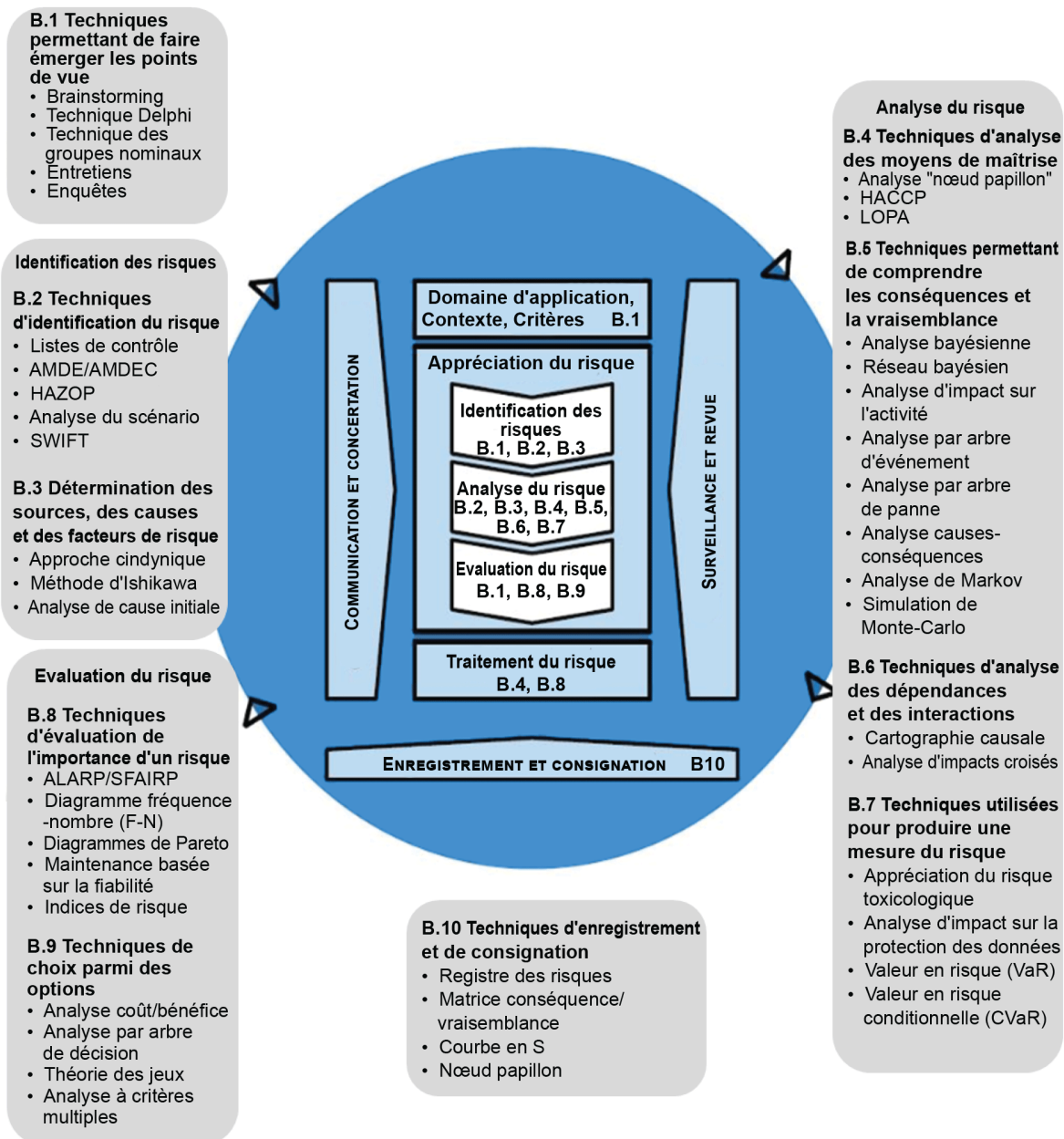
| Paragraphe | Technique | Description | Application | Domaine d'application | Horizon temporel | Niveau de décision | Niveau des informations/ données de départ nécessaires | Expertise des spécialistes | Qual./ quant./ semi-quant. | Effort à appliquer |
|------------|---|--|--|-----------------------|------------------|--------------------|--|--|----------------------------|--------------------|
| B.2.4 | Etudes de danger et d'exploitabilité (HAZOP) | Examen structuré et systématique d'un processus ou d'un fonctionnement planifié ou existant permettant d'identifier et d'évaluer les problèmes pouvant représenter un risque pour le personnel ou les équipements, ou pouvant empêcher un fonctionnement efficace. | identifier et analyser les risques | 3 | moyen/ long | 2/3 | moyen | animateur: élevée, participants: modérée | qual. | moyen/ élevé |
| B.5.8 | Analyse de fiabilité humaine (AFH) | Ensemble de techniques permettant d'identifier le potentiel d'erreur humaine et d'estimer la vraisemblance d'une défaillance. | analyser les risques et les sources de risques | 2/3 | tous | 2/3 | moyen | élevée | qual./quant. | moyen à élevé |
| B.1.5 | Entretiens | Conversations structurées ou semi-structurées en tête à tête permettant de faire émerger des points de vue. | faire émerger des points de vue | tous | tous | tous | aucune | modérée | qual. | élevé |
| B.3.3 | Analyse d'Ishikawa (diagramme en arêtes de poisson) | Identification des facteurs contributifs à l'origine d'un résultat défini (souhaité ou non souhaité). Les facteurs contributifs sont généralement divisés en catégories prédéfinies et affichés sous la forme d'une arborescence ou d'un diagramme d'Ishikawa. | analyser les sources de risques | tous | tous | tous | faible | faible/modérée | qual. | faible |
| B.4.4 | Méthode LOPA | Analyse de la réduction du risque pouvant être obtenue par différents niveaux de protection. | analyser les moyens de maîtrise | 3 | tous | 2/3 | moyen | modérée/élevée | qual./quant. | moyen/ élevé |
| B.5.9 | Analyse de Markov | Calcul de la probabilité qu'un système pouvant être associé à différents états se trouve dans un état donné à un instant <i>t</i> dans le futur. | analyser la vraisemblance | 3 | tous | 2/3 | moyen/élevé | élevée | quant. | moyen |
| B.5.10 | Analyse de Monte-Carlo | Calcul de la probabilité des résultats en procédant à plusieurs simulations à l'aide de variables aléatoires. | analyser la vraisemblance | tous | tous | tous | moyen | élevée | quant. | moyen/ élevé |

| Paragraphe | Technique | Description | Application | Domaine d'application | Horizon temporel | Niveau de décision | Niveau des informations/ données de départ nécessaires | Expertise des spécialistes | Qual./ semi-quant. | Effort à appliquer |
|------------|--|--|--|-----------------------|------------------|--------------------|--|---|---------------------------|--------------------|
| B.9.5 | Analyse à critères multiples (ACM) | Comparaison des options de manière à rendre les compromis explicites. Propose une autre analyse que l'analyse coût/bénéfice pour laquelle il n'est pas nécessaire d'allouer une valeur monétaire à toutes les entrées. | choisir entre plusieurs options | tous | tous | tous | faible | modérée | qual. | faible/ moyen |
| B.1.4 | Technique des groupes nominaux | Technique permettant de faire émerger des points de vue dans un groupe dont les membres s'expriment d'abord de manière individuelle, sans interaction, puis discutent en groupe de leurs idées. | faire émerger des points de vue | tous | tous | tous | aucune | faible | qual. | moyen |
| B.8.4 | Diagrammes de Pareto | Selon le principe de Pareto (loi des 80/20), pour de nombreux événements, environ 80 % des effets sont produits par 20 % des causes. | définir des priorités | tous | tous | tous | moyen | modérée | semi-quant./ quant. | faible |
| B.5.11 | Analyse d'impact sur la vie privée/appréciation des impacts sur la protection des données (PIA/DPIA) | Permet d'analyser la manière dont les incidents et les événements pourraient avoir un impact sur la vie privée d'une personne, et d'identifier et de quantifier les aptitudes nécessaires à leur gestion. | analyser les sources de risques analyse conséq. | tous | tous | 1/2 | moyen | modérée/élevée | qual. | moyen |
| B.8.5 | Maintenance basée sur la fiabilité (MBF) | Evaluation basée sur les risques utilisée pour identifier les tâches de maintenance appropriées pour un système et ses composants. | évaluer le risque choisir des moyens de maîtrise | 2/3 | moyen | 2/3 | moyen | élevée pour l'animateur, modérée à utiliser | qual./semi-quant./ quant. | moyen/ élevé |
| B.8.6 | Indices de risque | Estimation de l'importance des risques en fonction de classements appliqués à des facteurs censés influencer sur l'ampleur du risque. | comparer les risques | tous | tous | tous | moyen | faible (utilisation), moyen (développement) | semi-quant. | faible |
| B.10.2 | Registres des risques | Support permettant d'enregistrer les informations relatives aux risques et d'effectuer un suivi des actions. | enregistrement et consignation des risques surveillance et revue | tous | tous | tous | faible/moyen | faible/modérée | qual. | moyen |

| Paragraphe | Technique | Description | Application | Domaine d'application | Horizon temporel | Niveau de décision | Niveau des informations/ données de départ nécessaires | Expertise des spécialistes | Qual./ quant./ semi-quant. | Effort à appliquer |
|------------|---|--|--|-----------------------|------------------|--------------------|--|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| B.10.4 | Courbes en S | Représentation des relations entre les conséquences et leur vraisemblance sous la forme d'une fonction de distribution cumulative (courbe en S). | afficher les risques évaluer le risque | tous | tous | 2/3 | moyen/élevé | modérée/élevée | quant./ semi-quant. | moyen |
| B.2.5 | Analyse du scénario | Permet d'imaginer ou de modéliser les futurs scénarios possibles, ou de les extrapoler à partir du présent. Le risque est alors pris en compte pour chacun de ces scénarios. | identifier les risques, analyse des conséq. | tous | moyen ou long | tous | faible/moyen | modérée | qual. | faible/ moyen |
| B.1.6 | Enquêtes | Questionnaires papier ou électronique permettant de faire émerger des points de vue. | faire émerger des points de vue | tous | moyen/ long | 2/3 | faible | modérée | qual. | élevé |
| B.2.6 | Méthode SWIFT ("Que se passerait-il si?") | Forme simplifiée de la méthode HAZOP basée sur des questions du type "Que se passerait-il si" permettant d'identifier les écarts par rapport à la situation attendue. | identifier le risque | 1/2 | moyen/ long | 1/2 | moyen | faible/modérée | qual. | faible/ moyen |
| B.7.1 | Appréciation du risque toxicologique | Procédure permettant de mesurer le risque auquel sont exposés les êtres humains et les systèmes écologiques en présence de produits chimiques. | mesure du risque | 3 | moyen/ long | 2/3 | élevé | élevée | quant. | élevé |
| B.7.2 | Valeur en risque (VaR) | Mesure financière du risque utilisant une probabilité supposée de répartition des pertes dans un marché stable pour calculer la valeur d'une perte pouvant survenir selon une probabilité donnée au cours d'une période définie. | mesure du risque | tous | court/ moyen | 3 | élevé | élevée | quant. | moyen |

A.3 Utilisation des techniques au cours du processus ISO 31000

Le Tableau A.3 indique dans quelle mesure chaque technique est applicable aux différents stades d'appréciation du risque, à savoir l'identification du risque, l'analyse du risque et l'évaluation du risque. Certaines des techniques sont également utilisées dans d'autres étapes du processus. Ceci est représenté à la Figure A.1.



IEC

Figure A.1 – Application des techniques au processus de management du risque ISO 31000 [3]

NOTE La Figure A.1 est destinée à fournir une présentation générale et ne constitue pas une liste exhaustive de toutes les techniques pouvant être utilisées à chaque étape.

Tableau A.3 – Applicabilité des techniques au processus ISO 31000

| Outils et techniques | Processus d'évaluation des risques | | | | | Paragraphe |
|--|------------------------------------|-------------------|---------------|------------------|----------------------|------------|
| | Identification des risques | Analyse du risque | | | Evaluation du risque | |
| | | Conséquence | Vraisemblance | Niveau de risque | | |
| ALARP, ALARA et SFAIRP | NA | NA | NA | NA | FA | B.8.2 |
| Analyse bayésienne | NA | NA | FA | NA | NA | B.5.2 |
| Réseaux bayésiens | NA | NA | FA | NA | FA | B.5.3 |
| Analyse "nœud papillon" | A | FA | A | A | A | B.4.2 |
| "Brainstorming" | FA | A | NA | NA | NA | B.1.2 |
| Analyse d'impact sur l'activité | A | FA | NA | NA | NA | B.5.4 |
| Cartographie causale | A | A | NA | NA | NA | B.6.1 |
| Analyse causes/conséquences | A | FA | FA | A | A | B.5.5 |
| Listes de contrôle, classifications et taxonomies | FA | NA | NA | NA | NA | B.2.2 |
| Approche cindynique | FA | NA | NA | NA | NA | B.3.2 |
| Matrice conséquence/vraisemblance | NA | A | A | FA | A | B.10.3 |
| Analyse coût/bénéfice | NA | FA | NA | NA | FA | B.9.2 |
| Analyse d'impacts croisés | NA | NA | FA | NA | NA | B.6.2 |
| Analyse par arbre de décision | NA | FA | FA | A | A | B.9.3 |
| Technique Delphi | FA | NA | NA | NA | NA | B.1.3 |
| Analyse par arbre d'événement | NA | FA | A | A | A | B.5.6 |
| Analyse des modes de défaillances et de leurs effets | FA | FA | NA | NA | NA | B.2.3 |
| Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité | FA | FA | FA | FA | FA | B.2.3 |
| Analyse par arbre de panne | A | NA | FA | A | A | B.5.7 |
| Diagrammes F/N | A | FA | FA | A | FA | B.8.3 |
| Théorie des jeux | A | FA | NA | NA | FA | B.9.4 |
| Etudes de danger et d'exploitabilité (HAZOP) | FA | A | NA | NA | NA | B.2.4 |
| Analyse des dangers – points critiques pour leur maîtrise (HACCP) | FA | FA | NA | NA | FA | B.4.3 |
| Analyse de fiabilité humaine | FA | FA | FA | FA | A | B.5.8 |
| Ishikawa (en arêtes de poisson) | FA | A | NA | NA | NA | B.3.3 |
| Méthode LOPA | A | FA | A | A | NA | B.4.4 |
| Analyse de Markov | A | A | FA | NA | NA | B.5.9 |
| Simulation de Monte-Carlo | NA | A | A | A | FA | B.5.10 |
| Analyse à critères multiples (ACM) | A | NA | NA | NA | FA | B.9.5 |
| Technique des groupes nominaux | FA | A | A | NA | NA | B.1.4 |
| Diagrammes de Pareto | NA | A | A | A | FA | B.8.4 |
| (PIA/DPIA) Analyse d'impact sur la vie privée / Analyse d'impact sur la protection des données | A | FA | A | A | FA | B.5.11 |

| Outils et techniques | Processus d'évaluation des risques | | | | | Paragraphe |
|--|------------------------------------|-------------------|---------------|------------------|----------------------|------------|
| | Identification des risques | Analyse du risque | | | Evaluation du risque | |
| | | Conséquence | Vraisemblance | Niveau de risque | | |
| Maintenance basée sur la fiabilité | A | A | A | A | FA | B.8.5 |
| Indices de risque | NA | FA | FA | A | FA | B.8.6 |
| Courbes en S | NA | A | A | FA | FA | B.10.4 |
| Analyse du scénario | FA | FA | A | A | A | B.2.5 |
| Entretiens structurés ou semi-structurés | FA | NA | NA | NA | NA | B.1.5 |
| Méthode SWIFT ("Que se passerait-il si?") | FA | FA | A | A | A | B.2.6 |
| Enquêtes | FA | NA | NA | NA | NA | B.1.6 |
| Appréciation du risque toxicologique | FA | FA | FA | FA | FA | B.7.1 |
| Valeur en risque (VaR) | NA | A | A | FA | FA | B.7.2 |
| A: applicable; FA: fortement applicable; NA: non applicable. | | | | | | |

Annexe B (informative)

Description des techniques

B.1 Techniques permettant de faire émerger les points de vue des parties prenantes et des experts

B.1.1 Généralités

Certaines des techniques décrites dans les Articles B.2 à B.7 impliquent une intervention des différents experts et parties prenantes. Ce mode de fonctionnement permet de bénéficier d'une large expertise et de favoriser l'implication des parties prenantes. Les points de vue des parties prenantes et des experts peuvent être recueillis sur une base individuelle (par un entretien ou une enquête, par exemple) ou à l'aide de techniques de groupe telles que le "brainstorming", les groupes nominaux ou la technique Delphi. L'expression "points de vue" peut comprendre la divulgation d'informations, l'expression d'opinions ou l'émergence d'idées novatrices. L'Article B.1 décrit quelques techniques pouvant être utilisées pour faire émerger des informations ou créer un consensus.

Dans certaines situations, les différentes parties prenantes ont une expertise spécifique ou sont associées à un rôle précis: les divergences d'opinions sont alors peu nombreuses. Toutefois, il arrive que des points de vue divergents soient à prévoir et que les structures hiérarchiques ou d'autres facteurs influent sur les interactions des différentes personnes. Ces facteurs détermineront le choix de la méthode utilisée. Le nombre de parties prenantes à consulter, les contraintes de temps et les aspects pratiques liés au regroupement simultané de toutes les personnes concernées influenceront également sur le choix de la méthode.

Lorsqu'une méthode de groupe en face à face est utilisée, il est important de désigner un animateur qualifié et expérimenté pour obtenir de bons résultats. Le rôle de l'animateur ou du coordinateur est le suivant:

- organiser l'équipe;
- obtenir et distribuer les informations et données utiles préalablement à la réunion/séance de travail collaboratif;
- préparer le cadre et les modalités de la réunion/séance de travail collaboratif;
- stimuler la créativité afin d'améliorer la compréhension et de générer des idées;
- garantir l'exactitude et la neutralité des résultats.

Les listes de contrôle dérivées des classifications et des taxonomies peuvent être utilisées dans le cadre du processus (voir B.2.2).

Toutes les techniques de collecte d'informations qui s'appuient sur les perceptions et les opinions des personnes risquent de ne pas être complètement fiables et d'être entachées de différents partis pris tels que le biais de disponibilité (tendance à surestimer la vraisemblance d'un événement qui vient de survenir), l'illusion des séries (tendance à surestimer l'importance des petites séries dans un échantillon de grande taille) ou l'effet de mode (tendance à faire ou à croire ce que font ou croient les autres personnes).

L'EN 12973 [4] contient des recommandations sur l'analyse fonctionnelle qui peuvent être utilisées pour réduire ces partis pris et orienter la créativité vers les aspects ayant l'impact le plus important.

Il convient de consigner dans un rapport les informations à partir desquelles ont été formulés les avis et les hypothèses éventuelles.

B.1.2 "Brainstorming"

B.1.2.1 Vue d'ensemble

Le "brainstorming" est un processus utilisé pour stimuler et encourager un groupe de personnes à développer des idées relatives à un ou plusieurs sujets de quelque nature que ce soit. Le terme "brainstorming" est souvent utilisé très librement pour signifier tout type de discussion en groupe, mais un "brainstorming" efficace exige un effort délibéré afin que les pensées des autres personnes du groupe soient utilisées pour stimuler la créativité de chaque participant. Toute analyse ou critique des idées est formulée en dehors du "brainstorming".

Cette technique donne des résultats optimaux en présence d'un animateur expert pouvant stimuler les participants sans brider la pensée. L'animateur encourage le groupe à traiter de tous les domaines concernés et s'assure que les idées issues de ce processus sont conservées afin d'être analysées par la suite.

Le "brainstorming" peut être structuré ou non structuré. Lorsque le "brainstorming" est structuré, l'animateur scinde l'objet de la discussion en plusieurs parties et utilise des questions préparées pour susciter des idées sur un nouveau sujet lorsqu'un thème est épuisé. Le "brainstorming" non structuré est souvent moins formel. Dans les deux cas, l'animateur avance une série d'éléments de réflexion et tous les participants sont invités à émettre des idées. Le rythme de la séance est soutenu afin de permettre l'émergence de pensées latérales. L'animateur peut orienter différemment la discussion ou utiliser un autre outil de pensée créative lorsqu'une piste de réflexion est épuisée ou que la discussion s'écarte trop du sujet. L'objectif est de rassembler autant d'idées diverses que possible en vue d'une analyse ultérieure.

Il a été prouvé qu'en pratique, un groupe génère moins d'idées que ses membres lorsqu'ils travaillent individuellement. Par exemple,

- au sein d'un groupe, les idées ont tendance à converger plutôt qu'à se diversifier;
- le délai d'attente de prise de la parole a tendance à bloquer les idées;
- les individus ont tendance à fournir un effort mental moins important lorsqu'ils sont en groupe.

Ces tendances peuvent être réduites en:

- donnant aux individus concernés l'occasion de travailler seul une partie du temps;
- diversifiant les équipes et en modifiant la composition de celles-ci;
- utilisant d'autres techniques, telles que la technique des groupes nominaux (B.1.4) ou le "brainstorming" électronique. Celles-ci encouragent la participation individuelle et peuvent être utilisées de manière anonyme, ce qui permet d'éviter les questions d'ordre personnel, politique et culturel.

B.1.2.2 Utilisation

Le "brainstorming" peut être appliqué à n'importe quel niveau d'une organisation pour identifier les incertitudes, les modes de réussite ou de défaillance, les causes, les conséquences, les critères de décision ou les options de traitement. Une utilisation quantitative du "brainstorming" est possible, mais uniquement dans sa forme structurée afin de garantir la prise en compte et la gestion des partis pris, notamment lorsque toutes les parties prenantes sont impliquées.

Cette technique qui stimule la créativité est donc très utile lors de la création de conceptions, produits et processus novateurs.

B.1.2.3 Entrées

Le "brainstorming" ayant pour objectif de faire émerger les points de vue des participants, il nécessite moins de données ou informations externes que les autres méthodes. Les participants à l'exercice ont besoin de disposer de l'expertise et de l'expérience nécessaires et d'être en mesure d'émettre divers points de vue relatifs au problème étudié. Pour que le "brainstorming" soit productif, un animateur qualifié est nécessaire.

B.1.2.4 Résultats

Le résultat du "brainstorming" est une liste de toutes les idées générées au cours de la séance et des pensées formulées lors de leur présentation.

B.1.2.5 Avantages et limites

Les avantages du "brainstorming" incluent ce qui suit.

- Il stimule l'imagination et la créativité, permettant ainsi d'identifier de nouveaux risques et des solutions originales.
- Il est utile lorsque les données de départ sont peu nombreuses ou inexistantes, ou lorsque l'utilisation de nouvelles technologies ou de solutions originales est exigée.
- Il implique des parties prenantes clés et facilite donc la communication et l'engagement.
- Il est relativement rapide et facile à mettre en place.

Les limites incluent ce qui suit.

- Il est difficile de démontrer que le processus est exhaustif.
- Les groupes ont tendance à générer moins d'idées que des individus travaillant seuls.
- Lorsque la dynamique de groupe est variable, il peut arriver que les personnes ayant de bonnes idées ne s'expriment pas, alors que d'autres monopolisent la discussion. Un animateur efficace peut éviter ces travers.
- Encourager la créativité et les idées nouvelles peut signifier que la conversation ne reste pas focalisée sur les questions à l'étude et ceci prend le temps de la réunion.

B.1.2.6 Documents de référence

- [5] PROCTOR, A. (2009). *Creative problem solving for managers*
- [6] GOLDENBERG, Olga, WILEY, Jennifer. *Quality, conformity, and conflict: Questioning the assumptions of Osborn's brainstorming technique*

B.1.3 Technique Delphi

B.1.3.1 Vue d'ensemble

La technique Delphi permet de créer un consensus sur les opinions d'un groupe d'experts. Cette méthode vise à collecter et rassembler des avis sur un sujet donné en s'appuyant sur une série de questionnaires séquentiels. L'une des fonctions essentielles de la technique Delphi consiste à permettre à des experts d'exprimer leur avis de manière individuelle, indépendante et anonyme, tout en ayant accès aux avis de leurs homologues au fur et à mesure de l'avancement du processus.

La ou les questions sont soumises séparément à chacun des membres du groupe d'experts. Les informations provenant des premières réponses sont analysées et combinées, puis retransmises aux différents participants, qui peuvent alors reconsidérer leur réponse initiale. Les membres du groupe répondent, puis le processus est de nouveau enclenché tant qu'un consensus complet ou partiel n'a pas été obtenu. Si un membre du groupe ou une minorité de membres maintiennent leur réponse, cela signifie peut-être qu'ils disposent d'informations importantes ou que leur point de vue est essentiel.

B.1.3.2 Utilisation

La technique Delphi permet de résoudre des problèmes complexes pour lesquels il existe une incertitude rendant nécessaire l'avis d'experts. Elle peut être utilisée pour établir des prévisions et des politiques, arriver à un consensus ou aplanir des divergences d'opinions entre différents experts. Elle peut être utilisée pour identifier les risques (avec des résultats positifs et négatifs), les menaces et les opportunités, mais également pour créer un consensus sur la vraisemblance d'événements futurs et sur leurs conséquences. Elle est généralement utilisée au niveau stratégique ou tactique. Initialement destinée à établir des prévisions à long terme, elle peut en réalité être appliquée à tous les types de prévisions.

B.1.3.3 Entrées

Cette méthode repose sur les connaissances et la coopération continue des participants pendant une période variable pouvant s'étendre sur plusieurs jours, semaines, mois ou années.

Le nombre de participants peut varier entre quelques individus et des centaines de personnes. Les questionnaires peuvent être au format papier ou être distribués et renvoyés à l'aide d'outils de communication électronique (courrier électronique ou Internet). L'utilisation de systèmes technologiques permet d'apporter souplesse et la précision à la compilation des informations à chaque cycle.

B.1.3.4 Résultats

Consensus sur les questions à l'étude.

B.1.3.5 Avantages et limites

Les avantages incluent ce qui suit.

- Compte tenu de leur caractère anonyme, les avis impopulaires sont plus susceptibles d'être exprimés et les partis pris liés à la hiérarchie s'en trouvent amoindris.
- Tous les points de vue sont pondérés de manière égale (il s'agit d'éviter tous les problèmes liés aux personnalités dominatrices).
- Cette technique permet d'obtenir la propriété des résultats.
- Il n'est pas nécessaire que les personnes soient rassemblées en même temps au même endroit.
- Les participants ont le temps de suffisamment réfléchir à leurs réponses aux questions.
- Le processus a tendance à faire que les experts consacrent pleinement leur attention à la tâche qui leur incombe.

Les limites incluent ce qui suit.

- Cela demande beaucoup de travail et de temps.
- Il est nécessaire que les participants soient capables de s'exprimer correctement par écrit.

B.1.3.6 Document de référence

- [7] ROWE, G. WRIGHT, G. The Delphi technique: Past, present, and future prospects. *Technological forecasting and social change* 2011, 78, Special Delphi Issue

B.1.4 Technique des groupes nominaux

B.1.4.1 Vue d'ensemble

Comme le "brainstorming", la technique des groupes nominaux a pour objectif de collecter des idées. Les points de vue sont recueillis individuellement, sans interaction entre les membres du groupe, puis ils font l'objet d'une discussion au niveau du groupe.

Le processus est le suivant.

- L'animateur soumet à chaque membre du groupe les questions auxquelles ce dernier devra répondre.
- Chaque participant écrit sa réponse seul et en silence.
- Chaque membre du groupe présente alors ses idées, mais la discussion n'est pas engagée à ce stade. Si la dynamique du groupe est telle que certaines voix ont plus de poids que d'autres, certaines idées peuvent être communiquées à l'animateur de manière anonyme. Les participants peuvent alors demander à obtenir des informations complémentaires.
- Les idées font alors l'objet d'une discussion au sein du groupe, qui en établit la liste d'un commun accord.
- Les membres du groupe votent secrètement pour une idée ou une autre et une décision de groupe est prise en fonction de ces votes.

B.1.4.2 Utilisation

La technique des groupes nominaux peut être utilisée à la place du "brainstorming". Elle est également utile pour affecter des priorités aux idées au sein d'un groupe.

B.1.4.3 Entrées

Les idées et l'expérience des participants.

B.1.4.4 Résultats

Idées, solutions ou décisions, selon les besoins définis.

B.1.4.5 Avantages et limites

Les avantages de la technique des groupes nominaux incluent ce qui suit.

- Elle permet d'obtenir une vision plus équilibrée que le "brainstorming" lorsque certains membres d'un groupe ont plus de facilité à s'exprimer à l'oral que d'autres.
- Elle a tendance à générer une meilleure participation si une partie ou l'ensemble des membres du groupe sont nouveaux dans l'équipe, si la question suscite la controverse ou s'il existe un déséquilibre des rapports de force ou un conflit au sein de l'équipe.
- Il a été prouvé qu'elle permet de générer davantage d'idées que le "brainstorming".
- Elle réduit la pression à se conformer au groupe.
- Elle peut créer un consensus à une relativement brève échéance.

Les limites incluent ce qui suit.

- La fertilisation croisée des idées peut être limitée.
- Les mêmes idées peuvent être exprimées de nombreuses manières légèrement différentes, ce qui complique d'autant leur consolidation.

B.1.4.6 Document de référence

- [8] MCDONALD, D. BAMMER, G. and DEANE, P. *Research Integration Using Dialogue Methods*

NOTE Cette étude donne également des informations sur plusieurs autres méthodes, dont certaines sont aussi abordées dans le présent document.

B.1.5 Entretiens structurés ou semi-structurés

B.1.5.1 Vue d'ensemble

Lors d'un entretien structuré, un ensemble de questions préparées est posé aux personnes interrogées. L'entretien semi-structuré est similaire, mais offre plus de liberté à la conversation pour explorer les questions soulevées. Il permet, en outre, d'explorer les domaines que la personne interrogée pourrait souhaiter traiter.

Dans la mesure du possible, il convient que les questions soient ouvertes, simples et exprimées dans la langue de la personne interrogée, et qu'elles ne traitent que d'un seul point. Des questions complémentaires possibles pour obtenir des éclaircissements sont également préparées.

Afin de vérifier que les questions ne sont pas ambiguës, qu'elles seront correctement comprises et que les réponses seront en rapport avec les sujets abordés, il convient de poser ces questions au préalable à des personnes ayant un profil similaire à celui des personnes interrogées. Il convient de veiller à ne pas influencer la personne interrogée.

B.1.5.2 Utilisation

Les entretiens structurés et semi-structurés permettent de collecter des informations et des avis précis auprès des individus d'un groupe. Si nécessaire, les réponses peuvent rester confidentielles. Leur contenu est d'autant plus intéressant que leurs auteurs ne sont pas influencés par les opinions des autres membres du groupe.

Les entretiens de ce type sont utiles s'il est difficile de réunir tous les participants simultanément dans un même lieu, ou si une discussion libre en groupe n'est pas appropriée compte tenu de la situation ou des personnes impliquées. Un entretien peut également permettre de collecter des informations plus précises qu'une enquête ou un atelier. Les entretiens peuvent être utilisés à tous les niveaux d'une organisation.

B.1.5.3 Entrées

Une bonne compréhension des informations nécessaires et une série de questions préparées ayant déjà été posées à un groupe pilote sont les éléments préalables à tout entretien.

Il est nécessaire que les personnes chargées de concevoir l'entretien et celles qui posent les questions aient les qualifications nécessaires pour obtenir des réponses valides non biaisées par les partis pris des personnes posant les questions.

B.1.5.4 Résultats

Le terme "résultat" couvre les informations détaillées exigées.

B.1.5.5 Avantages et limites

Les avantages des entretiens structurés incluent ce qui suit.

- Ils permettent aux personnes interrogées de prendre le temps de réfléchir à une question.
- La communication en tête à tête peut permettre d'étudier les questions de manière plus approfondie qu'une approche en groupe.
- Les entretiens structurés permettent d'impliquer un plus grand nombre de parties prenantes qu'un groupe en face à face.

Les limites incluent ce qui suit.

- La conception, la réalisation et l'analyse des entretiens demandent beaucoup de temps.

- Leur conception et leur réalisation exigent une certaine expertise si les réponses ne doivent pas être biaisées par la personne qui pose les questions.
- Les partis pris dans les réponses sont tolérés, ils ne sont ni modérés, ni supprimés de la discussion de groupe.
- Les entretiens ne stimulent pas l'imagination (alors que tel est le cas avec les méthodes de groupe).
- Les entretiens semi-structurés génèrent une masse considérable d'informations exprimées avec les mots de la personne interrogée. Il peut être difficile de regrouper ces informations sans ambiguïté sous une forme appropriée à l'analyse.

B.1.5.6 Documents de référence

[9] HARRELL, M.C. BRADLEY, M.A. 2009, *Data collection methods – A training Manual – Semi structured interviews and focus groups*

[10] GILL, J. JOHNSON, P. 2010, *Research methods for managers*

B.1.6 Enquêtes

B.1.6.1 Vue d'ensemble

De manière générale, les enquêtes permettent d'impliquer davantage de personnes et de poser des questions plus précises que les entretiens. Le plus souvent, une enquête prendra la forme d'un questionnaire papier ou électronique. Les réponses aux questions sont généralement de type oui/non, ou prennent la forme de différents choix possibles dans une échelle de classement ou une série d'options. Une analyse statistique des résultats, qui est une caractéristique de ces méthodes, est ainsi possible. Une enquête peut comporter des questions appelant une réponse libre, mais il convient d'en limiter le nombre en raison des difficultés d'analyse.

B.1.6.2 Utilisation

Les enquêtes peuvent être utilisées dans toutes les situations où une vaste concertation des parties prenantes est utile, notamment lorsque l'objectif est de recueillir un nombre relativement restreint d'informations auprès d'un grand nombre de personnes.

B.1.6.3 Entrées

Des questions non ambiguës préalablement posées à d'autres personnes, et envoyées à un échantillon largement représentatif des personnes souhaitant participer. Il est nécessaire que le nombre de réponses soit suffisant pour garantir la validité statistique de l'enquête. (Les taux de retour sont souvent faibles, ce qui signifie qu'il est nécessaire d'envoyer de nombreux questionnaires.) Une certaine expertise est nécessaire pour élaborer un questionnaire dont les résultats seront utiles et pour procéder à l'analyse statistique des résultats.

B.1.6.4 Résultats

Le résultat est une analyse des points de vue d'une série d'individus, souvent présentée sous forme graphique.

B.1.6.5 Avantages et limites

Les avantages des enquêtes incluent ce qui suit.

- Elles peuvent impliquer un plus grand nombre de participants que les entretiens, ce qui permet de générer des informations plus intéressantes au sein d'un groupe.
- Les enquêtes ont un coût relativement faible, notamment en cas d'utilisation d'un logiciel en ligne capable d'effectuer une analyse statistique.
- Elles peuvent générer des informations statistiquement valides.

- Les résultats sont faciles à exprimer sous forme de tableaux et à comprendre: une sortie graphique est généralement possible.
- Des rapports relatifs aux enquêtes peuvent assez facilement être mis à la disposition des autres utilisateurs.

Les limites incluent ce qui suit.

- Le contenu des questions est limité par la nécessité de les exprimer simplement et sans ambiguïté.
- Il est généralement nécessaire d'obtenir des informations démographiques pour interpréter les résultats.
- Le nombre de questions d'un questionnaire est limité si l'objectif est de collecter un nombre suffisant de réponses.
- La personne qui pose les questions ne peut pas les expliquer: les participants à l'enquête peuvent donc leur attribuer un sens autre que celui qu'elles avaient initialement.
- Il est difficile de concevoir des questions qui n'amènent pas les participants à l'enquête à choisir une réponse en particulier.
- Les questionnaires tendent à surligner des hypothèses qui ne pourraient pas être valides.
- Il peut être difficile d'obtenir un taux de réponse satisfaisant et sans parti pris.

B.1.6.6 Documents de référence

- [11] SAUNDERS, M. LEWIS, P. THORNHILL, A. 2016, *Research Methods for Business Students*
- [12] UNIVERSITY OF KANSAS COMMUNITY TOOL BOX Section 13 *Conducting surveys*

B.2 Techniques d'identification du risque

B.2.1 Généralités

Les techniques d'identification des risques peuvent inclure:

- des méthodes reposant sur la preuve, telles que des revues bibliographiques et des analyses de données historiques;
- des méthodes empiriques, notamment des techniques d'essai et de modélisation permettant d'identifier ce qui pourrait se passer dans des circonstances particulières;
- des enquêtes de perception qui permettent de sonder les points de vue d'un grand nombre de personnes expérimentées;
- des techniques dans lesquelles le sujet à étudier est divisé en sous-éléments, qui sont traités les uns après les autres à l'aide de méthodes ayant recours à des questions du type "Que se passerait-il si";

EXAMPLES Les méthodes HAZOP (B.2.4), AMDE (B.2.3) et SWIFT (B.2.6).

- des techniques stimulant la créativité en matière de possibilités futures, telles que l'analyse de scénario (B.2.5);
- des listes de contrôle ou des taxonomies basées sur d'anciennes données ou des modèles théoriques (B.2.2).

Les techniques décrites à l'Article B.2 sont des exemples d'approches structurées permettant d'identifier les risques. Les techniques structurées sont généralement plus complètes que les techniques non structurées ou semi-structurées. Elles permettent de procéder plus facilement aux contrôles préalables lors de l'identification des risques.

L'utilisation de plusieurs techniques, y compris à la fois des méthodes descendantes et ascendantes, favorise une identification complète des risques. Des approches qui remettent en cause les résultats de l'identification des risques, telles que la constitution d'une "équipe rouge", peuvent également être utilisées pour vérifier qu'aucun risque pertinent n'a été négligé.

NOTE Une équipe rouge (*red teaming*) est une pratique qui consiste à visualiser un problème du point de vue d'un adversaire ou d'un concurrent. [13].

Les techniques décrites peuvent impliquer plusieurs parties prenantes et experts. Les méthodes qui peuvent être utilisées pour faire émerger des points de vue, au niveau des individus ou d'un groupe, sont décrites à l'Article B.1.

B.2.2 Listes de contrôle, classifications et taxonomies

B.2.2.1 Vue d'ensemble

Les listes de contrôle sont utilisées de différentes manières lors de l'appréciation du risque: elles participent par exemple à la compréhension du contexte, à l'identification des risques et à leur regroupement à différentes fins lors de l'analyse. Elles sont également utiles au management du risque, par exemple pour classer les moyens de maîtrise et les traitements, définir les responsabilités ou signaler les risques et en faire part aux personnes concernées.

Une liste de contrôle peut être basée sur l'expérience ou sur les échecs et réussites antérieurs, mais, de manière plus formelle, les typologies des risques et les taxonomies peuvent être développées pour catégoriser ou classer les risques en fonction d'attributs communs. Dans leurs formes pures, les typologies sont des systèmes de classification conceptuellement dérivée descendante, alors que les taxonomies sont des systèmes de classification dérivée de manière empirique ou théorique ascendante. Les formes hybrides font généralement appel à ces deux formes pures.

Les taxonomies des risques sont généralement destinées à être mutuellement exclusives et collectivement exhaustives (pour éviter les chevauchements et les écarts, par exemple). Les classifications des risques peuvent servir à isoler une catégorie spécifique de risques afin de l'examiner plus en détail.

Les typologies et les taxonomies peuvent être hiérarchiques et comporter plusieurs niveaux de classification. Il convient que toutes les taxonomies soient hiérarchiques et qu'il soit possible de les subdiviser en niveaux de résolution de plus en plus précis. Cela permettra de disposer d'un nombre gérable de catégories, tout en bénéficiant d'une précision suffisante.

B.2.2.2 Utilisation

Les listes de contrôle, les classifications et les taxonomies peuvent être conçues pour être appliquées au niveau stratégique ou opérationnel. Elles peuvent se matérialiser sous forme de questionnaires, entretiens, ateliers structurés ou combinaisons de ces trois éléments dans le cadre de discussions en face à face ou à l'aide d'outils informatisés.

Voici quelques exemples de listes de contrôle, classifications ou taxonomies fréquemment utilisées au niveau stratégique:

- AFOM (atouts, faiblesses, opportunités et menaces) identifie les facteurs, dans les contextes interne et externe, qui permettent de définir des objectifs et les stratégies destinées à les mettre en œuvre en tenant compte des risques.
- PESTLE, STEEP, STEEPLD, etc. sont des acronymes représentant les types de facteurs à prendre en compte lors de l'établissement du contexte ou de l'identification des risques [14]. Les lettres qui les composent représentent les mots Politique, Economique, Sociologique, Technologie, Ecologique, Légal, Ethique et Démographique. Il est possible de choisir les catégories pertinentes pour une situation donnée et d'élaborer des listes de contrôle pour différents exemples dans chaque catégorie.

- Prise en compte des objectifs stratégiques, des facteurs de réussite essentiels à la réalisation des objectifs, des menaces pesant sur les facteurs de réussite et de risque. Des traitements du risque et des indicateurs d'alerte précoces relatifs aux facteurs de risque peuvent être développés à partir de ce risque.

Au niveau opérationnel, les listes de contrôle répertoriant les dangers permettent d'identifier les dangers dans le cadre de l'analyse HAZID (identification des dangers) et de l'analyse préliminaire du danger (APD) [15]. Ces appréciations du risque de sécurité préliminaires sont généralement effectuées au début de la phase de conception d'un projet.

Il est possible de classer les risques selon les catégories générales suivantes:

- par source de risque: prix du marché, défaut de la contrepartie, fraude, dangers liés à la sécurité, etc.;
- en fonction des conséquences, des aspects ou de l'importance des objectifs ou des performances.

Il peut être utile de définir au préalable des catégories de risques afin de ne négliger aucun type de problème potentiel. Toutefois, il est difficile de garantir que ces catégories couvriront tous les risques possibles. En effet, lorsque les risques sont subdivisés en catégories prédéfinies, la réflexion s'y limite et certains aspects importants risquent d'être ignorés.

Les listes de contrôle, les typologies et les taxonomies sont utilisées avec d'autres techniques décrites dans le présent document, par exemple les mots clés de l'analyse HAZOP (B.2.4) et les catégories de l'analyse d'Ishikawa (B.3.3). L'IEC 62740:2015 présente un exemple de taxonomie pouvant être utilisé pour prendre en compte les facteurs humains lors de l'identification d'un risque [16].

En général, plus la liste de contrôle est spécifique, plus son utilisation dans le contexte particulier dans lequel elle a été élaborée est limitée. Les questions formulées de manière générale sont souvent plus efficaces pour stimuler la créativité lors de l'identification des risques.

B.2.2.3 Entrées

Données ou modèles à partir desquels des listes de contrôle, taxonomies ou classifications valides vont être élaborées.

B.2.2.4 Résultats

Les résultats prennent les formes suivantes:

- listes de contrôle, questions ou catégories et systèmes de classification;
- compréhension du risque consécutive à l'utilisation des éléments ci-dessus, y compris (dans certains cas) de listes et de regroupements de risques.

B.2.2.5 Avantages et limites

Les avantages des listes de contrôle, taxonomies et typographies incluent ce qui suit.

- Elles permettent à toutes les parties prenantes de comprendre les risques de la même manière.
- Si elles sont bien conçues, elles introduisent une vaste expertise dans un système facile à utiliser pour les profanes.
- Une fois élaborées, elles exigent peu d'expertise.

Les limites incluent ce qui suit.

- Leur utilisation est limitée dans les situations nouvelles pour lesquelles aucun historique utile n'existe ou aux situations qui diffèrent de celles pour lesquelles elles ont été élaborées.
- Elles traitent de points déjà connus ou imaginés.
- Elles sont souvent génériques et peuvent ne pas s'appliquer aux circonstances particulières considérées.
- Leur éventuelle complexité peut gêner l'identification des relations (interconnexions et autres regroupements possibles, par exemple).
- Le manque d'informations peut entraîner des chevauchements et/ou des écarts (lorsque les systèmes ne sont pas mutuellement exclusifs ni collectivement exhaustifs, par exemple).
- Elles peuvent encourager les comportements consistant à simplement cocher les cases plutôt que l'exploration d'idées.

B.2.2.6 Documents de référence

[17] BROUGHTON, Vanda, *Essential classification*

[18] BAILEY, Kenneth, *Typologies and taxonomies: An introduction to classification techniques*

[19] VDI 2225 Blatt 1, Konstruktionsmethodik- Technisch-wirtschaftliches Konstruieren - Vereinfachte Kostenermittlung, 1997 Beuth Verlag

B.2.3 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) et analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

B.2.3.1 Vue d'ensemble

Lorsque la méthode AMDE est utilisée, une équipe subdivise du matériel, un système, un processus ou un mode opératoire en plusieurs éléments. Pour chaque élément, les possibilités de défaillance, ainsi que les causes et les effets des éventuelles défaillances, sont pris en compte. L'AMDE peut être suivie d'une analyse de criticité qui définit l'importance de chaque mode de défaillance (AMDEC).

Pour chaque élément, les informations suivantes sont enregistrées:

- sa fonction;
- la défaillance pouvant survenir (mode de défaillance);
- les mécanismes susceptibles d'entraîner ces modes de défaillance;
- la nature des conséquences d'une éventuelle défaillance;
- la nature anodine ou dangereuse de la défaillance;
- le moment où la défaillance peut être détectée et la manière dont elle est détectée;
- les dispositions intrinsèques prévues pour compenser la défaillance.

Pour l'analyse AMDEC, l'équipe chargée de l'étude classe chacun des modes de défaillance identifiés en fonction de sa criticité. Plusieurs méthodes de criticité différentes peuvent être utilisées. La matrice conséquence/vraisemblance qualitative, semi-quantitative ou quantitative (B.10.3) ou l'utilisation d'un degré de priorité du risque (RPN) sont les méthodes les plus fréquemment utilisées. Une mesure quantitative de la criticité peut également être dérivée des taux de défaillance réels et d'une mesure quantitative des conséquences lorsque ceux-ci sont connus.

NOTE Le RPN est une méthode basée sur des indices (B.8.6) qui prend le produit des classements associés aux conséquences de la défaillance, à sa vraisemblance et à l'aptitude à détecter le problème (détection). Une priorité élevée est attribuée à une défaillance en cas de difficulté de détection.

B.2.3.2 Utilisation

La méthode AMDE/AMDEC peut être appliquée lors de la conception, de la fabrication ou du fonctionnement d'un système physique afin d'apporter des améliorations pendant la phase de conception, de choisir entre plusieurs autres conceptions possibles ou de planifier un programme de maintenance. Elle peut également être appliquée aux processus et aux modes opératoires tels que les procédures médicales et les processus de fabrication. Elle peut être utilisée à n'importe quel niveau d'un système: schémas de blocs, composants d'un système, ou étapes d'un processus.

L'AMDE peut être utilisée pour fournir des informations aux techniques d'analyse, telles que l'analyse par arbre de panne. Elle peut constituer le point de départ d'une analyse de cause initiale.

B.2.3.3 Entrées

Le terme "entrées" couvre les informations relatives au système à analyser et aux éléments associés qui sont suffisamment précises pour permettre une analyse pertinente des risques qu'un élément puisse subir une défaillance et les conséquences d'une telle défaillance. Il peut s'agir de dessins ou d'organigrammes, de détails sur l'environnement dans lequel le système fonctionne et, le cas échéant, d'informations historiques sur les défaillances.

L'AMDE est normalement mise en œuvre par une équipe pluridisciplinaire composée d'experts du système en cours d'analyse et dirigée par un animateur formé. Il est important que l'équipe couvre tous les domaines d'expertise concernés.

B.2.3.4 Résultats

Les résultats de l'AMDE prennent différentes formes:

- une fiche de travail contenant les modes de défaillance, les effets, les causes et les moyens de maîtrise existants;
- une mesure de la criticité de chaque mode de défaillance (pour l'AMDEC) et la méthode utilisée pour la définir;
- toute action recommandée, par exemple concernant des analyses plus approfondies, des modifications de la conception ou l'intégration de fonctions aux plans d'essai.

L'AMDEC permet d'établir un classement qualitatif de l'importance des modes de défaillance, mais peut également fournir un résultat quantitatif si des données appropriées sur le taux de défaillance et les conséquences quantitatives sont utilisées.

B.2.3.5 Avantages et limites

Les avantages des analyses AMDE/AMDEC incluent ce qui suit.

- Elles peuvent s'appliquer très largement aux aspects humains et techniques liés aux systèmes, au matériel, aux logiciels et aux procédures.
- Elles permettent d'identifier les modes de défaillance, leurs causes et leurs effets sur le système, et de les présenter dans un format lisible.
- Elles permettent d'éviter des modifications coûteuses de l'équipement en service en identifiant les problèmes au début du processus de conception.
- Elles fournissent des informations aux programmes de maintenance et de surveillance en mettant en évidence les fonctions essentielles à surveiller.

Les limites incluent ce qui suit.

- L'AMDE peut uniquement être utilisée pour identifier les modes de défaillance unique, et non les combinaisons de modes de défaillance.

- Si les études ne sont pas convenablement contrôlées et mises au point, elles peuvent prendre du temps et être onéreuses.
- L'utilisation de l'AMDE peut se révéler difficile et fastidieuse pour les systèmes complexes à plusieurs couches.

B.2.3.6 Document de référence

[20] IEC 60812, *Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE et AMDEC)*

B.2.4 Etudes de danger et d'exploitabilité (HAZOP)

B.2.4.1 Vue d'ensemble

Une étude HAZOP consiste en un examen structuré et systématique d'un processus, d'une procédure ou d'un système planifié ou existant, qui implique l'identification des écarts potentiels par rapport à la conception prévue et l'étude de leurs causes et conséquences possibles.

Lors d'un atelier formel, l'équipe d'étude:

- subdivise le système, le processus ou la procédure en éléments de plus petite taille;
- convient de la conception prévue pour chaque élément et définit les paramètres pertinents (tels que le débit ou la température dans le cas d'un système physique);
- applique successivement des mots-guides à chaque paramètre de chaque élément pour anticiper les écarts possibles par rapport à la conception prévue, écarts susceptibles d'entraîner des résultats non souhaitables;

NOTE Toutes les combinaisons de mots-guides ne sont pas pertinentes.

- convient de la cause et des conséquences de chaque situation et suggère la manière de les traiter;
- documente la discussion et convient des actions possibles pour traiter les risques identifiés.

Le Tableau B.1 donne des exemples de mots-guides couramment utilisés pour des systèmes techniques. Des mots-guides similaires tels que "trop tôt", "trop tard", "trop beaucoup", "trop peu – pas assez", "trop long", "trop court", "mauvaise direction", "mauvais objet", "mauvaise action" peuvent être utilisés pour identifier les modes d'erreur humaine.

Les mots-guides sont appliqués à des paramètres tels que:

- propriétés physiques d'un matériau ou d'un processus;
- conditions physiques (température ou vitesse, par exemple);
- indications temporelles;
- intention spécifiée d'un composant d'un système ou d'une conception (transfert d'informations, par exemple);
- aspects fonctionnels.

Tableau B.1 – Exemple de mots-guides fondamentaux et de leurs significations génériques

| Mot-guide | Définition |
|-------------------|---|
| Aucun ou non | Le résultat prévu ne s'est pas produit ni même partiellement, ou absence de la condition prévue |
| Plus (supérieur) | Augmentation quantitative |
| Moins (inférieur) | Diminution quantitative |
| Autant que | Modification/Accroissement qualitatif (matériau supplémentaire, par exemple) |
| En partie | Modification/Diminution qualitative (un ou deux composants uniquement dans un mélange donné, par exemple) |
| Inverse/opposé | Contraire logique de la conception prévue (refoulement, par exemple) |
| Autre que | Remplacement total, l'événement qui survient est complètement différent (mauvais matériau, par exemple) |
| Tôt | Relatif à l'heure |
| Tard | Relatif à l'heure |

B.2.4.2 Utilisation

A l'origine, les études HAZOP ont été mises au point pour analyser les systèmes de processus chimiques, mais elles ont été étendues à d'autres types de systèmes, notamment les systèmes de puissance mécaniques, électroniques et électriques, les systèmes logiciels, les changements organisationnels, le comportement humain ainsi que la conception et la révision des contrats juridiques.

Le processus HAZOP peut concerner toutes les formes d'écart par rapport à la conception prévue, à la suite de défaillances de conception, de composants, de modes opératoires et actions humaines planifiées. Il est le plus souvent utilisé pour améliorer une conception ou identifier les risques associés à une modification de la conception. D'une manière générale, il est réalisé à l'étape de la conception détaillée, lorsqu'un diagramme exhaustif du processus prévu et les informations associées sont disponibles, mais que des modifications peuvent encore être apportées à la conception. Toutefois, sa mise en œuvre peut suivre une approche progressive. Différents mots-guides sont alors utilisés au fur et à mesure des différentes phases de la conception. L'étude HAZOP peut également être réalisée lors du fonctionnement, mais les modifications nécessaires peuvent s'avérer coûteuses à ce stade.

B.2.4.3 Entrées

Le terme "entrées" couvre les informations actuelles relatives au système à revoir et aux spécifications de conception et de performances prévues. Pour le matériel, il peut s'agir de dessins, de fiches techniques, d'organigrammes, de diagrammes logiques et de maîtrise de processus, ainsi que de procédures de fonctionnement et de maintenance. Pour les éléments non matériels liés à l'analyse HAZOP, il peut s'agir de tout document décrivant les fonctions et éléments du système ou du mode opératoire en cours d'étude, par exemple des diagrammes organisationnels et des descriptions de poste, un projet de contrat ou un projet de mode opératoire.

Une étude HAZOP est généralement effectuée par une équipe multidisciplinaire. Il convient que cette équipe soit composée de concepteurs et d'opérateurs du système, ainsi que de personnes qui ne sont pas directement impliquées dans la conception ou dans le système, le processus ou le mode opératoire étudié. Il convient que le responsable ou l'animateur de l'étude soit formé à mener des études HAZOP et ait une certaine l'expérience dans ce domaine.

B.2.4.4 Résultats

Les résultats consistent en des comptes rendus de réunion(s) HAZOP mentionnant les écarts relatifs à chaque point de revue. Il convient que les enregistrements concernant chaque écart

comportent le mot-guide utilisé et les causes possibles de cet écart. Ils peuvent également indiquer les actions permettant de résoudre les problèmes identifiés et la personne responsable de les exécuter.

B.2.4.5 Avantages et limites

Les avantages de la méthode HAZOP incluent ce qui suit.

- Elle permet d'examiner un système, un processus ou un mode opératoire de manière systématique afin d'identifier comment celui-ci peut échouer à atteindre son objectif.
- Elle permet à une équipe multidisciplinaire de procéder à un examen détaillé et approfondi.
- Elle identifie les problèmes potentiels au stade de la conception d'un processus.
- Elle génère des solutions et des traitements du risque.
- Elle est applicable à un large éventail de systèmes, de processus et de modes opératoires.
- Elle permet de prendre en compte de manière explicite les causes et conséquences d'une erreur humaine.
- Elle permet de consigner par écrit le processus qui peut être utilisé pour effectuer les contrôles préalables.

Les limites incluent ce qui suit.

- Elle peut prendre beaucoup de temps et donc être onéreuse.
- Elle a tendance à être répétitive et à examiner plusieurs fois les mêmes questions, ce qui peut poser des problèmes de concentration.
- Elle nécessite un niveau élevé de documentation ou de spécification de système/processus et de mode opératoire.
- L'attention peut porter exclusivement sur la recherche de solutions plutôt que sur les raisons qui motivent une action (ceci peut être limité par une approche progressive).
- La discussion peut porter essentiellement sur des détails de conception et non sur des questions plus larges ou externes.
- Elle est limitée par le projet de conception et la conception elle-même, ainsi que par le domaine d'application et les objectifs imposés à l'équipe.
- Le processus repose en grande partie sur l'expertise des concepteurs, qui peuvent avoir du mal à rester suffisamment objectifs quant aux problèmes liés à leurs conceptions.

B.2.4.6 Document de référence

[21] IEC 61882, *Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application*

B.2.5 Analyse du scénario

B.2.5.1 Vue d'ensemble

L'analyse de scénario est le nom donné à une série de techniques impliquant le développement de modèles de prédiction de l'avenir. De manière générale, elle consiste à définir un scénario plausible et à imaginer ce qui pourrait se passer compte tenu des développements futurs possibles.

Pour les périodes à relativement court terme, elle peut extrapoler les événements à partir de ceux qui sont survenus dans le passé. Pour les périodes à plus long terme, l'analyse de scénario peut consister à mettre au point un scénario imaginaire, mais crédible, puis à étudier la nature des risques liés à celui-ci. Le plus souvent, elle est mise en œuvre par un groupe de parties prenantes dont l'expertise et les centres d'intérêt sont différents. L'analyse de scénario permet de définir en détail le ou les scénarios à étudier et d'explorer leurs

implications et les risques associés. Les changements envisagés sont généralement les suivants:

- les changements d'ordre technologique;
- les futures décisions possibles et leurs éventuelles conséquences;
- les besoins des différentes parties prenantes et dans quelle mesure ils peuvent évoluer;
- les changements macro-environnementaux (réglementation, caractéristiques sociodémographiques, etc.);
- les changements de l'environnement physique.

B.2.5.2 Utilisation

L'analyse de scénario est le plus souvent utilisée pour identifier les risques et étudier leurs conséquences. Elle peut s'appliquer aux niveaux stratégique et opérationnel, à l'ensemble de l'organisation ou à une partie de celle-ci.

L'analyse de scénario à long terme permet de planifier les principales évolutions, telles que celles qui sont intervenues au cours des 50 dernières années dans les domaines de la technologie, des préférences des consommateurs, des comportements sociaux, etc. L'analyse de scénario ne peut pas prévoir la probabilité de telles évolutions, mais peut étudier leurs conséquences et aider les organisations à développer les forces et la résilience nécessaires pour s'adapter aux changements prévisibles. Elle peut être utilisée pour anticiper l'évolution des menaces et opportunités, et peut s'appliquer à tous les types de risques.

L'analyse de scénario à court terme permet d'étudier les conséquences d'un événement initiateur. Des scénarios probables peuvent être extrapolés à partir de modèles ou de situations semblables survenues dans le passé. Exemples de scénarios à court terme: la planification des situations d'urgence ou les interruptions d'activité. Si aucune donnée n'est disponible, les opinions des experts sont utilisées, auquel cas il est très important de prêter une attention particulière à la manière dont ils expliquent leurs points de vue.

B.2.5.3 Entrées

Pour entreprendre une analyse de scénario, des données relatives aux tendances et évolutions actuelles et des idées de changements à mettre en place sont nécessaires. Pour les scénarios complexes ou à très long terme, des connaissances de la technique sont exigées.

B.2.5.4 Résultats

Le résultat peut prendre la forme d'une "histoire" décrivant, pour chaque scénario, la transition de la situation présente vers le scénario en question. Les effets étudiés peuvent présenter des avantages et des inconvénients. Ces histoires peuvent contenir des détails plausibles apportant de la valeur aux scénarios.

D'autres résultats peuvent être: une meilleure compréhension des effets possibles des politiques ou des plans relatifs aux événements futurs envisagés, une liste des risques pouvant survenir si ces événements devaient se produire et, dans certaines applications, une liste des indicateurs avancés associés à ces risques.

B.2.5.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse de scénario incluent ce qui suit.

- Elle prend en compte un large éventail d'événements futurs possibles. Cette méthode peut être préférable à l'approche classique qui consiste à s'appuyer sur des prévisions selon lesquelles les événements à venir s'inscriront probablement dans la liste des tendances passées. Cet élément est important lorsque les connaissances actuelles sur lesquelles

reposent les prévisions sont limitées, ou lorsque les risques sont pris en compte à plus long terme.

- Elle est compatible avec une grande diversité de modes de pensée.
- Elle favorise la surveillance des indicateurs avancés de changement.
- Les décisions prises quant aux risques identifiés peuvent favoriser la résilience face à n'importe quel type de situation.

Les limites incluent ce qui suit.

- Il se peut que les scénarios utilisés ne reposent pas sur des fondements adéquats, par exemple si les données utilisées sont spéculatives. Cela pourrait conduire à des résultats irréalistes susceptibles de ne pas être interprétés comme tels.
- Il existe très peu d'éléments indiquant que les scénarios étudiés pour l'avenir à long terme se réalisent vraiment.

B.2.5.6 Documents de référence

[22] RINGLAND, Gill. *Scenarios in business*

[23] Van der HEIJDEN, Kees. *Scenarios: The art of strategic conversation*

[24] CHERMACK, Thomas J. *Scenario planning in organizations*

[25] MUKUL PAREEK, *Using Scenario analysis for managing technology risk*

B.2.6 Méthode SWIFT ("Que se passerait-il si?")

B.2.6.1 Vue d'ensemble

La méthode SWIFT est une technique d'identification des risques générale qui peut être utilisée ponctuellement ou dans le cadre d'une approche progressive (HAZOP ou AMDE) afin d'améliorer l'efficacité de méthodes ascendantes. Une séance de "brainstorming" structuré (B.1.2) est organisée dans le cadre d'un atelier formel où des mots-guides prédéfinis (durée, montant, etc.) sont combinés à des questions émanant des participants et commençant le plus souvent par une expression du type "Que se passerait-il si?" ou "Comment?". Elle est similaire à la méthode HAZOP, mais elle s'applique à un système ou à un sous-système plutôt qu'à la conception prévue.

Avant le début de l'étude, l'animateur prépare une liste de questions permettant de passer en revue l'ensemble des risques ou sources de risques. Au début de l'atelier, le contexte, le domaine d'application et l'objectif de l'étude SWIFT sont l'objet d'une discussion et les critères de réussite sont présentés en détail. A l'aide des mots-guides et des questions du type "Que se passerait-il si?", l'animateur invite les participants à se lever et à discuter de sujets tels que:

- les risques connus;
- les sources et les facteurs de risque;
- les expériences, réussites et incidents antérieurs;
- les moyens de maîtrise connus et existants;
- les exigences et contraintes réglementaires.

L'animateur utilise la liste de mots-guides pour orienter la discussion et soumet des questions et scénarios supplémentaires à la réflexion de l'équipe. L'équipe vérifie si les moyens de maîtrise sont adéquats et, si tel n'est pas le cas, envisage des traitements potentiels. Lors de la discussion, d'autres questions du type "Que se passerait-il si?" sont posées.

Dans certains cas, des risques spécifiques sont identifiés et une description du risque, de ses causes, de ses conséquences et de ses moyens de maîtrise peut être enregistrée. En outre, d'autres sources ou facteurs de risque, d'autres problèmes liés aux moyens de maîtrise ou d'autres questions d'ordre général peuvent être identifiés.

Lorsqu'une liste de risques est générée, une méthode d'appréciation du risque qualitative ou semi-quantitative est souvent utilisée pour classer les actions définies en matière de niveau de risque. Les moyens de maîtrise existants et leur efficacité sont généralement pris en compte.

B.2.6.2 Utilisation

Cette technique peut être appliquée de façon générale aux systèmes, aux éléments d'une installation, aux modes opératoires et aux organisations. En particulier, elle permet d'examiner les conséquences de certains changements et les risques ainsi modifiés ou créés. Les résultats positifs et négatifs peuvent être pris en compte. Cette technique peut également être utilisée pour identifier les systèmes ou les processus pour lesquels il vaudrait la peine d'investir des ressources dans une étude HAZOP ou AMDE plus précise.

B.2.6.3 Entrées

Une bonne compréhension du système, du mode opératoire, de l'élément de l'installation et/ou des changements et des contextes externe et interne est nécessaire. Ces informations sont établies à la suite d'entretiens, par la mise en place d'une équipe pluridisciplinaire et par l'étude de documents, de plans et de dessins par l'animateur. Afin de faciliter le processus d'analyse, le système étudié est normalement divisé en plusieurs éléments. Il est nécessaire que l'animateur soit formé à la méthode SWIFT, cette formation pouvant généralement être effectuée rapidement.

B.2.6.4 Résultats

Les résultats consistent en un registre des risques dans lequel les actions ou les tâches sont classées par risque. Ce registre peut servir de point de départ à un plan de traitement.

B.2.6.5 Avantages et limites

Les avantages de la méthode SWIFT incluent ce qui suit.

- Elle peut être largement appliquée à toutes les formes d'installation ou de système, de situation ou de circonstance, d'organisation ou d'activité.
- Elle demande peu de préparation par l'équipe.
- Elle est relativement rapide et les principaux risques et sources de risques apparaissent rapidement au cours de l'atelier.
- L'étude est "orientée système" et permet aux participants de voir comment le système réagit aux écarts, plutôt que de simplement examiner les conséquences de la défaillance d'un composant.
- Elle peut être utilisée pour identifier les opportunités d'amélioration des processus et des systèmes et, d'une manière générale, pour identifier les actions entraînant et augmentant les chances de conséquences favorables.
- Elle permet d'impliquer dans l'atelier les personnes responsables des moyens de maîtrise existants et des actions supplémentaires de traitement du risque, et d'accroître leurs responsabilités.
- Elle permet de créer un registre des risques et un plan de traitement du risque sans gros effort supplémentaire.

Les limites incluent ce qui suit.

- Si l'expérience de l'équipe n'est pas suffisante ou que le système de questions n'est pas complet, certains risques ou dangers peuvent ne pas être identifiés.
- L'application de la technique générale peut ne pas révéler les causes complexes, détaillées ou corrélées.

- Les recommandations sont souvent génériques: la méthode risque de ne pas proposer de moyens de maîtrise solides et détaillés sans analyse plus poussée, par exemple.

B.2.6.6 Document de référence

- [26] CARD, Alan J. WARD, James R. and CLARKSON, P. John. Beyond FMEA: The structured what-if technique (SWIFT)

B.3 Techniques de détermination des sources, causes et facteurs de risque

B.3.1 Généralités

La compréhension des causes des événements possibles et des facteurs de risque peut être utilisée pour mettre au point des stratégies permettant d'éviter les conséquences défavorables ou pour renforcer celles qui sont positives. Souvent, il existe une hiérarchie des causes composée de plusieurs niveaux avant d'atteindre la cause initiale. D'une manière générale, les causes sont analysées jusqu'à ce que des actions puissent être déterminées et justifiées.

Les techniques d'analyse des causes peuvent explorer les perceptions d'une cause dans une série de rubriques prédéfinies comme dans la méthode d'Ishikawa (B.3.3), ou elles peuvent adopter une approche qui s'appuie davantage sur la logique comme dans l'analyse par arbre de panne et dans l'analyse par arbre de réussite (voir B.5.7).

L'analyse "nœud papillon" (voir B.4.2) peut être utilisée pour représenter les causes et les conséquences de manière graphique, et pour montrer de quelle manière elles sont maîtrisées.

Plusieurs de ces techniques, décrites dans l'IEC 62740 [16], peuvent être utilisées de manière proactive pour analyser les causes possibles des événements qui pourraient survenir ultérieurement, ainsi que ceux qui se sont déjà produits. Ces techniques ne sont pas répétées ici.

B.3.2 Approche cindynique

B.3.2.1 Vue d'ensemble

La cindynique signifie littéralement la science du danger. L'approche cindynique identifie les sources et les facteurs de risque intangibles qui pourraient donner lieu à des conséquences nombreuses et variées. En particulier, elle définit et analyse:

- les incohérences, les ambiguïtés, les omissions, les lacunes (appelées "déficits"); et
- les divergences entre les parties prenantes (appelées "dissonances").

L'approche cindynique démarre par une collecte d'informations sur le système ou l'organisation à l'étude, ainsi que sur la situation cindynique définie par un espace géographique, temporel et chronologique et par un ensemble de réseaux ou de groupes de parties prenantes.

Elle utilise ensuite des entretiens semi-structurés (voir B.1.5) pour rassembler des informations à différents moments (t_1 , t_2 , ..., t_i) concernant l'état de la connaissance et l'état d'esprit de chaque partie prenante, par rapport aux cinq critères cindyniques ci-dessous:

- les objectifs (but principal de l'organisation);
- les valeurs (que les parties prenantes tiennent en haute estime);
- les règles (droits, normes, procédures, etc. qui régissent ses accomplissements);
- les données (sur lesquelles s'appuie la prise de décision);

- les modèles (techniques, organisationnels, humains, etc. qui utilisent les données pour les prises de décisions).

NOTE Les éléments qui caractérisent les contextes internes et externes peuvent être rassemblés selon les cinq critères cindyniques.

Cette approche tient compte des perceptions autant que des faits.

Lorsque ces informations sont obtenues, la cohérence entre les objectifs à atteindre et les cinq critères cindyniques est analysée, et des tableaux sont créés pour répertorier les déficits et les dissonances.

B.3.2.2 Utilisation

L'objet de l'approche cindynique est de comprendre pourquoi, malgré toutes les mesures de contrôle prises pour les éviter, des sinistres continuent de se produire. L'approche a ensuite été élargie pour améliorer l'efficacité économique des organisations. Cette technique recherche les sources et facteurs de risque systémiques au sein d'une organisation, lesquels peuvent avoir des conséquences très variées. Elle s'applique à un niveau stratégique et peut être utilisée pour identifier les facteurs qui agissent de manière favorable ou défavorable pendant l'évolution du système pour atteindre de nouveaux objectifs.

Elle peut également être utilisée pour valider la cohérence de tout projet, et elle est particulièrement utile dans l'étude des systèmes complexes.

B.3.2.3 Entrées

Les informations décrites ci-dessus. L'analyse implique habituellement une équipe multidisciplinaire qui comprend des personnes ayant une réelle expérience opérationnelle, ainsi que les personnes qui déploient les moyens de traitement pour lutter contre les sources de risques identifiées.

B.3.2.4 Résultats

Les résultats sont des tableaux qui indiquent les déficits et les dissonances entre les parties prenantes (voir exemples ci-dessous). Le Tableau B.2 représente une matrice qui indique les déficits de chaque partie prenante par rapport aux cinq axes d'analyse (objectif, valeurs, règles, modèles et données). En comparant les informations rassemblées sous forme d'entrées entre les situations aux moments t_1 , t_2 , ..., t_i , il est possible d'identifier les déficits entre différentes situations.

Tableau B.2 – Tableau des déficits pour chaque partie prenante

| Partie prenante | Critère d'analyse | | | | |
|-----------------|---|--|---------------------------------------|--|---|
| | Objectifs | Valeurs | Règles | Données | Modèles |
| S1 | | Met l'accent sur un nombre de valeurs restreint | Absence de référence aux procédures | Absence de référence aux mesures | Absence de référence aux modèles |
| S2 | Incohérence entre les objectifs et les règles | Manque de hiérarchie entre les valeurs | Manque de hiérarchie entre les règles | Ignorance de l'expérience et du retour des autres pays | Ignorance des modèles spécifiques |
| S3 | Incohérence entre les objectifs et les normes | Met l'accent sur une valeur spécifique (par exemple, l'emploi) | Manque de hiérarchie entre les règles | Aucune attention aux données spécifiques (par exemple, les accidents du travail) | Manque de hiérarchisation lors du choix des modèles |

Le Tableau B.3 est une matrice où les parties prenantes pertinentes sont représentées sur les deux axes et où les différences de point de vue entre les parties prenantes (dissonances) apparaissent dans les cellules de la matrice. Ces tableaux permettent d'établir un programme de réduction des déficits et des dissonances.

Tableau B.3 – Tableau des dissonances entre les parties prenantes

| Partie prenante | Partie prenante | | | |
|-----------------|-----------------|---|--|--|
| | S1 | S2 | S3 | S4 |
| S1 | | S1 et S2 ne partagent pas les mêmes objectifs | S1 et S3 ne partagent pas les mêmes valeurs | S1 et S4 ne partagent pas les mêmes systèmes de mesure |
| S2 | | | S2 et S3 ne s'accordent pas dans l'interprétation des procédures | S2 et S4 ne s'accordent pas sur les données |
| S3 | | | | S3 et S4 sont en désaccord sur l'interprétation des règles |
| S4 | | | | |

B.3.2.5 Avantages et limites

Les avantages de l'approche cindynique incluent ce qui suit.

- Il s'agit d'une approche systémique, multidimensionnelle et multidisciplinaire.
- Elle fournit une connaissance du potentiel de risque d'un système et de sa cohérence.
- Elle tient compte des aspects humains et organisationnels des risques à tous les niveaux de responsabilité.
- Elle intègre les notions d'espace et de temps.
- Elle produit des solutions pour réduire les risques.

Les limites incluent ce qui suit.

- Elle ne tente pas de hiérarchiser les sources de risques ni les risques.
- L'industrie vient à peine de commencer à utiliser cette approche. Par conséquent, elle ne bénéficie pas de la maturité acquise par les approches classiques au cours des développements passés.
- Selon le nombre de parties prenantes impliquées, elle peut mobiliser beaucoup de temps et de ressources.

B.3.2.6 Documents de référence

[27] KERVERN, G-Y. Elements fondamentaux des cindyniques

[28] KERVERN, G-Y. Latest advances in cindynics

[29] KERVERN, G-Y. & BOULENGER, P. Cindyniques – Concepts et mode d'emploi

B.3.3 Méthode d'Ishikawa (diagramme en arêtes de poisson)

B.3.3.1 Vue d'ensemble

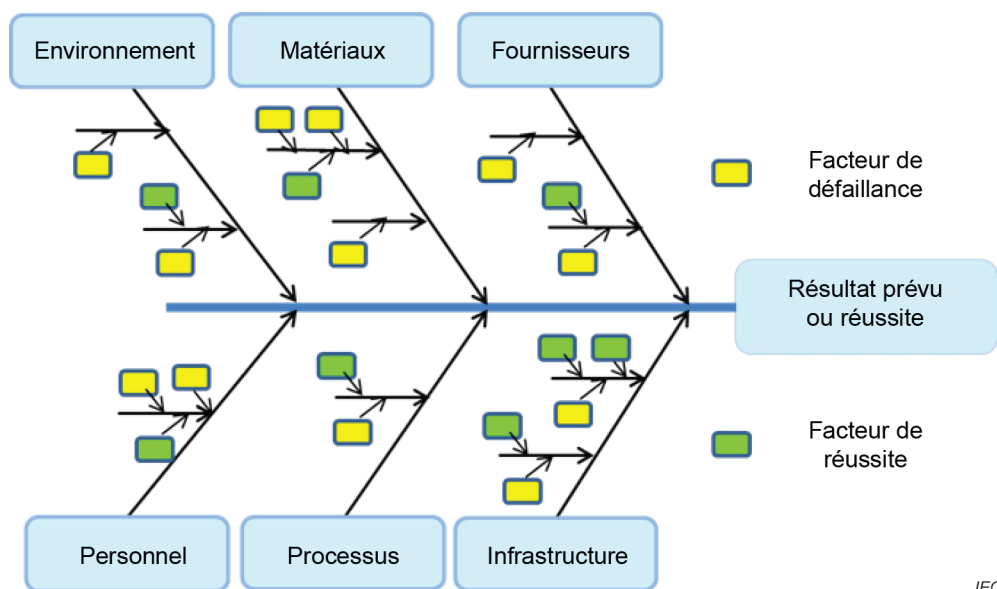
L'analyse d'Ishikawa s'appuie sur une approche en équipe pour identifier les causes possibles d'un effet, d'un événement, d'une question ou d'une situation souhaitable ou non souhaitable. Les facteurs contributifs sont classés en grandes catégories afin de couvrir les causes humaines, techniques et organisationnelles. Les informations sont représentées sous la forme

d'un diagramme en arêtes de poisson, également appelé "diagramme d'Ishikawa" (voir Figure B.1). Les principales étapes de réalisation de l'analyse sont les suivantes:

- Établir l'effet à analyser et le mettre dans une case en tête du diagramme en arêtes de poisson. L'effet peut être positif (un objectif) ou négatif (un problème).
- S'accorder sur les principales catégories de causes. Exemples de catégories couramment utilisées:
 - 6 M, par exemple méthodes, machines, milieu, matières, main d'œuvre, moyens;
 - matières, méthodes et processus, environnement, équipement, personnes, mesures;

NOTE Tous les ensembles de catégories convenus en fonction des circonstances analysées peuvent être utilisés. La Figure B.1 représente une autre possibilité.

- Demander "pourquoi?" et "comment cela pourrait-il se produire?" de manière répétitive pour explorer les causes et les facteurs influents dans chaque catégorie, et les ajouter aux arêtes du poisson.
- Revoir tous les nœuds pour vérifier la cohérence et l'exhaustivité et s'assurer que les causes s'appliquent au principal effet.
- Identifier les facteurs les plus importants en fonction de l'avis de l'équipe et des preuves disponibles.



IEC

Figure B.1 – Exemple de diagramme d'Ishikawa (en arêtes de poisson)

Le diagramme est souvent établi selon un scénario d'atelier.

B.3.3.2 Utilisation

L'analyse d'Ishikawa peut être utilisée pour l'analyse de cause initiale d'événements qui ont eu lieu ou pour identifier les facteurs qui pourraient contribuer à des résultats qui n'ont pas encore été obtenus. La méthode peut être utilisée pour examiner des situations à tous les niveaux d'une organisation et sur toutes les échelles de temps.

Les diagrammes sont en général utilisés de manière qualitative. Il est possible d'attribuer des probabilités attribuées aux causes génériques, puis aux sous-causes en fonction du degré de conviction sur leur pertinence. Toutefois, les facteurs contributifs interagissent souvent et participent aux effets de manière complexe, et il peut y avoir des causes non identifiées, ce qui rend la quantification non valide.

B.3.3.3 Entrée

Les entrées sont l'expertise et l'expérience des participants, ainsi que la compréhension de la situation examinée.

B.3.3.4 Résultat

Les résultats sont les causes perçues de l'effet analysé, normalement présentées dans un diagramme en arêtes de poisson ou diagramme d'Ishikawa. Le diagramme d'Ishikawa est structuré en représentant les catégories principales par les lignes partant de la colonne vertébrale du poisson, avec des nœuds et des sous-nœuds décrivant les sous-causes plus spécifiques se trouvant dans ces catégories.

B.3.3.5 Avantages et limites

Les avantages de la technique d'Ishikawa incluent ce qui suit.

- Elle encourage la participation et utilise les connaissances du groupe.
- Elle fournit une approche concentrée pour le "brainstorming" ou d'autres techniques d'identification semblables.
- Elle peut s'appliquer à des situations très variées.
- Elle offre une analyse structurée de la cause, avec un résultat graphique facile à lire.
- Elle permet à chacun de signaler les problèmes dans un environnement neutre.
- Elle peut être utilisée pour identifier les facteurs contributifs à l'origine des effets souhaités et non souhaités.

NOTE Une atmosphère positive peut encourager une plus grande implication et participation.

Les limites incluent ce qui suit.

- La classification des facteurs de causalité en catégories principales a lieu au début de l'analyse et, de ce fait, les interactions entre les catégories pourraient ne pas être prises en compte de manière adéquate.
- Les causes potentielles qui ne sont pas couvertes par les catégories choisies ne sont pas identifiées.

B.3.3.6 Document de référence

[30] ISHIKAWA, K. Guide to Quality Control

Voir aussi l'IEC 62740 [16] pour trouver d'autres techniques d'analyse des causes.

B.4 Techniques d'analyse des moyens de maîtrise**B.4.1 Généralités**

Les techniques décrites dans l'Article B.4 peuvent être utilisées pour vérifier que les moyens de maîtrise sont appropriés et adéquats.

L'analyse "nœud papillon" (B.4.2) et la méthode LOPA (B.4.4) identifient les barrières entre une source de risque et ses conséquences possibles; elles peuvent être utilisées pour vérifier que les barrières sont suffisantes.

L'analyse HACCP (B.4.3) recherche les points d'un processus où les conditions peuvent être surveillées et où des moyens de maîtrise peuvent être introduits lorsqu'une indication signale que les conditions varient.

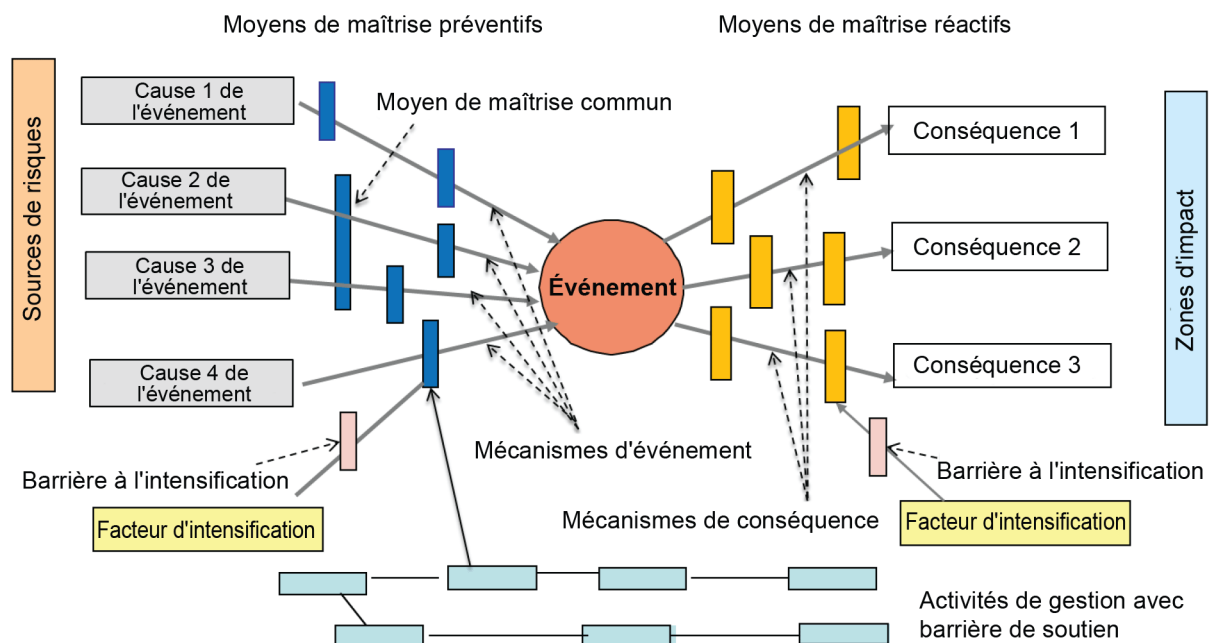
L'analyse par arbre d'événement (B.5.6) peut également être utilisée comme outil d'analyse quantitative des moyens de maîtrise en calculant l'influence des différents moyens de maîtrise sur la probabilité des conséquences.

Toutes les techniques d'analyse de cause peuvent servir de base pour vérifier que chaque cause est maîtrisée.

B.4.2 Analyse "nœud papillon"

B.4.2.1 Vue d'ensemble

Un "nœud papillon" est une représentation graphique de vecteurs allant des causes d'un événement à ses conséquences. Il montre les moyens de maîtrise qui font varier la vraisemblance de l'événement et ceux qui font varier ses conséquences, si l'événement se produit. Il peut être considéré comme une représentation simplifiée d'un arbre de panne ou d'un arbre de réussite (analysant la cause d'un événement) et d'un arbre d'événement (analysant ses conséquences). Les diagrammes "nœud papillon" peuvent être conçus à partir d'arbres de pannes et d'événements, mais sont le plus souvent établis directement par une équipe selon un scénario d'atelier.



IEC

Figure B.2 – Exemple de "nœud papillon"

La procédure est la suivante.

- L'événement pris en compte est représenté par le nœud central du nœud papillon, voir Figure B.2.
- Les sources de risques (ou de dangers/menaces dans le contexte de la sécurité) sont situées à gauche du nœud et reliées au nœud par des lignes qui représentent les différents mécanismes par lesquels les sources de risques peuvent conduire à l'événement.
- Les barrières ou les moyens de maîtrise correspondant à chaque mécanisme sont représentés par des barres verticales qui traversent les lignes.
- À droite du nœud, des lignes sont tracées de l'événement à chaque conséquence potentielle.
- Après l'événement, les barres verticales représentent les moyens de maîtrise ou les barrières utilisé(e)s en réaction pour faire varier les conséquences.

- Les facteurs qui pourraient être à l'origine de la défaillance des moyens de maîtrise (facteurs d'intensification) sont ajoutés, ainsi que les moyens de maîtrise relatifs aux facteurs d'intensification.
- Les fonctions de gestion qui prennent en charge les moyens de maîtrise (formation et inspection par exemple) peuvent être représentées dans le diagramme "nœud papillon" et reliées au moyen de maîtrise correspondant.

Certains niveaux de quantification d'un diagramme "nœud papillon" peuvent être possibles si les vecteurs sont indépendants, si la probabilité d'une conséquence ou d'un résultat particulier est connue et si la probabilité qu'un moyen de maîtrise soit défaillant peut être chiffrée. Toutefois, dans de nombreux cas, les vecteurs et barrières ne sont pas indépendants, et les moyens de maîtrise peuvent être procéduraux et leur efficacité incertaine. La quantification est souvent plus appropriée en utilisant l'analyse par arbre de panne (B.5.7) et l'analyse par arbre d'événement (B.5.6) ou la méthode LOPA (B.4.4).

B.4.2.2 Utilisation

L'analyse "nœud papillon" est utilisée pour afficher et communiquer des informations concernant les risques dans les situations où les causes et les conséquences d'un événement sont diverses. Elle peut être utilisée pour explorer en détail les causes et les conséquences d'événements enregistrés sous une forme simple, dans un registre des risques (B.10.2). Elle est utilisée en particulier pour analyser les événements qui ont les conséquences les plus graves. Un "nœud papillon" est utilisé pendant l'évaluation des moyens de maîtrise pour vérifier que chaque vecteur allant de la cause à l'événement et de l'événement à la conséquence dispose d'un moyen de maîtrise efficace, et que les facteurs pouvant faire échouer ces moyens de maîtrise (y compris les défaillances des systèmes de gestion) sont reconnus. Il peut servir de base aux moyens d'enregistrer les informations concernant un risque qui ne correspond pas à la représentation linéaire simple d'un registre des risques. Il peut être utilisé proactivement pour envisager les événements potentiels et aussi rétrospectivement pour modéliser les événements qui se sont déjà produits.

L'analyse "nœud papillon" est utilisée lorsque la situation ne justifie pas la complexité d'une analyse par arbre de panne et par arbre d'événement complète, mais qu'elle est plus complexe que ce qu'un vecteur cause-événement-conséquence simple peut représenter.

Dans certaines situations, une analyse "nœud papillon" en cascade peut être développée; les conséquences d'un événement deviennent alors les causes de l'événement suivant.

B.4.2.3 Entrée

Les entrées comprennent des informations concernant les causes et les conséquences de l'événement prédéfini, et les moyens de maîtrise pouvant les faire varier. Ces informations peuvent être dérivées soit du résultat des techniques utilisées pour identifier les risques et les moyens de maîtrise, soit de l'expérience des personnes.

B.4.2.4 Résultat

Le résultat est un diagramme simple qui représente les principaux vecteurs de risque, les moyens de maîtrise en place et les facteurs qui pourraient être à l'origine de la défaillance des moyens de maîtrise. Il montre également les conséquences potentielles et les mesures qui peuvent être prises après la survenance de l'événement, afin de les faire varier.

B.4.2.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse "nœud papillon" incluent ce qui suit.

- Elle est simple à comprendre et donne une représentation graphique claire d'un événement et de ses causes et conséquences.

- Elle concentre l'attention sur les moyens de maîtrise supposés mis en place et sur leur efficacité.
- Elle peut être utilisée pour les conséquences souhaitables ou non souhaitables.
- Son utilisation ne nécessite pas un niveau élevé d'expertise.

Les limites incluent ce qui suit.

- L'analyse "nœud papillon" ne peut pas représenter une situation où les vecteurs allant des causes à l'événement ne sont pas indépendants (c'est-à-dire où l'arbre de panne contiendrait des portes ET).
- Elle peut simplifier de manière excessive des situations complexes, particulièrement en cas de quantification.

B.4.2.6 Documents de référence

- [31] LEWIS, S. SMITH, K., *Lessons learned from real world application of the bow-tie method* [31]
- [32] HALE, A. R., GOOSSENS L.H.J., ALE, B.J.M., BELLAMY L.A. POST J. *Managing safety barriers and controls at the workplace*
- [33] MCCONNELL, P. and DAVIES, M. *Scenario Analysis under Basel II*

B.4.3 Analyse des dangers – points critiques pour leur maîtrise (HACCP)

B.4.3.1 Vue d'ensemble

La méthode HACCP (Analyse des dangers – points critiques pour leur maîtrise) a été mise au point pour garantir la salubrité alimentaire du programme spatial de la NASA, mais elle peut être utilisée pour les processus et les activités non alimentaires. Cette technique offre une structure permettant d'identifier les sources de risques (dangers ou menaces) et de mettre en place des moyens de maîtrise dans toutes les parties pertinentes d'un processus pour l'en protéger. La méthode HACCP est utilisée aux niveaux opérationnels, bien que ses résultats puissent soutenir la stratégie générale d'une organisation. L'analyse HACCP prévoit de limiter les risques par le biais de moyens de surveillance et de maîtrise tout au long d'un processus, au lieu de procéder à une inspection à la fin du processus.

L'analyse HACCP repose sur les sept principes suivants:

- 1) identification des dangers, des facteurs qui influencent le risque et des mesures préventives possibles;
- 2) détermination des étapes du processus où la surveillance est possible et où le processus peut être maîtrisé pour limiter les menaces (points de maîtrise critiques ou PCC);
- 3) définition de limites critiques pour les paramètres à surveiller. En d'autres termes, pour assurer la maîtrise du risque, il convient que chaque PCC respecte un certain nombre de paramètres spécifiques;
- 4) définition des procédures de surveillance des limites critiques de chaque PCC à intervalles déterminés;
- 5) mise en place d'actions correctives à utiliser lorsque le processus sort des limites établies;
- 6) mise en place des procédures de vérification;
- 7) tenue des archives et procédures de documentation correspondant à chacune des étapes.

B.4.3.2 Utilisation

L'analyse HACCP est une exigence dans la plupart des pays, en ce qui concerne les organisations officiant dans toute la chaîne alimentaire, de la récolte à la consommation, pour maîtriser les risques liés aux polluants physiques, chimiques ou biologiques.

Son utilisation a été étendue à la fabrication des produits pharmaceutiques et des appareils médicaux, ainsi qu'à d'autres secteurs où les risques biologiques, chimiques et physiques sont inhérents à l'organisation.

La technique consiste à identifier les sources de risques liées à la qualité de la production d'un processus, et à définir les points de ce processus où les paramètres critiques peuvent être surveillés et où les sources de risques peuvent être maîtrisées. Elle peut être généralisée à de nombreux autres processus, y compris par exemple aux processus financiers.

B.4.3.3 Entrées

Les entrées sont les suivantes:

- un organigramme de base ou un schéma de procédé;
- des informations sur les sources de risques susceptibles d'avoir un impact sur la qualité, la sécurité ou la fiabilité du produit ou du résultat du processus;
- des informations sur les points du processus, où les indicateurs peuvent être surveillés et où des moyens de maîtrise peuvent être introduits.

B.4.3.4 Résultats

Les résultats comprennent des archives incluant une fiche d'analyse de danger et un plan HACCP.

Les listes de fiches d'analyse de danger répertorient les éléments ci-dessous pour chaque étape du processus:

- les dangers susceptibles de se produire, d'être maîtrisés ou aggravés à cette étape;
- si les dangers représentent un risque important (basés sur l'étude des conséquences et de la probabilité d'occurrence et déterminés en s'appuyant sur l'expérience, les données et des documents techniques);
- les raisons du niveau d'importance attribué;
- les possibles mesures de prévention pour chaque danger;
- si les mesures de surveillance ou de maîtrise peuvent être appliquées à cette étape (en d'autres termes, s'il s'agit d'un PCC).

Le plan HACCP détermine la procédure à suivre pour contrôler une conception, un produit, un processus ou un mode opératoire spécifique. Le plan comprend une liste de tous les PCC, et pour chacun d'eux:

- les limites critiques correspondant à des mesures de prévention;
- les activités de surveillance et de maîtrise continue (notamment les éléments qui vont être surveillés et contrôlés, comment et quand ils vont l'être, et par qui);
- les actions correctives si des écarts par rapport aux limites critiques sont détectés;
- les activités de vérification et de tenue des archives.

B.4.3.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse HACCP incluent ce qui suit.

- L'analyse HACCP est un processus structuré témoignant de la réalisation du contrôle qualité, ainsi que de l'identification et de la réduction des risques.
- Elle porte sur les aspects pratiques liés à la manière dont les sources de risques peuvent être localisées dans un processus, et le risque maîtrisé.

- Elle offre un contrôle des risques tout au long d'un processus, plutôt qu'un contrôle du produit fini.
- Elle attire l'attention sur les risques liés aux actions humaines et sur la manière de les maîtriser à l'endroit même où ils peuvent se produire, ou ultérieurement.

Les limites incluent ce qui suit.

- La méthode HACCP nécessite d'identifier les dangers, les risques qu'ils représentent et leur importance, perçus comme des entrées dans le processus. Il est également nécessaire de définir des moyens de maîtrise appropriés. La méthode HACCP pourrait nécessiter d'être combinée à d'autres outils permettant d'obtenir ces entrées.
- Il convient que les variations progressives des paramètres de maîtrise qui ont une importance statistique donnent lieu à une action, mais elles peuvent y échapper lorsque l'action est déclenchée seulement par le dépassement des limites définies pour ces paramètres.

B.4.3.6 Documents de référence

- [34] ISO 22000, *Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires – Exigences pour tout organisme appartenant à la chaîne alimentaire*
- [35] *Systèmes de qualité et de sécurité sanitaire des aliments – Manuel de formation sur l'hygiène alimentaire et le Système d'analyse des risques – Points critiques pour leur maîtrise (HACCP)*

B.4.4 Méthode LOPA

B.4.4.1 Vue d'ensemble

La méthode LOPA analyse la réduction du risque obtenue par un ensemble de moyens de maîtrise. Elle peut être considérée comme un cas particulier de l'analyse par arbre d'événement (B.5.6), et est parfois utilisée à la suite de la méthode HAZOP (B.2.4).

Une paire cause-conséquence est choisie dans une liste de risques identifiés et les niveaux de protection indépendants (IPL) sont identifiés. Un IPL est un dispositif, un système ou une action capable d'empêcher un scénario d'évoluer vers sa conséquence non souhaitable. Il convient que chaque IPL soit indépendant de l'événement de causalité ou de tout autre niveau de protection associé au scénario. Il convient également que chaque IPL soit auditable. Les IPL comprennent:

- les fonctions de conception;
- les dispositifs de protection physique;
- les systèmes de verrouillage et d'arrêt;
- les alarmes critiques et l'intervention manuelle;
- la protection physique après l'événement;
- les systèmes d'intervention d'urgence.

Les procédures et/ou les inspections normalisées n'ajoutent pas directement de barrières contre les défaillances. Par conséquent, il convient de ne pas les considérer comme des IPL. La probabilité de défaillance de chaque IPL est estimée et un ordre d'amplitude est calculé pour déterminer si la protection globale permet de réduire le risque à un niveau tolérable.

La fréquence d'occurrence de la conséquence non souhaitable peut être déterminée en combinant la fréquence de la cause initiatrice aux probabilités de défaillance de chaque IPL en tenant compte de chaque élément de modification conditionnel. (Par exemple, le fait qu'une personne soit présente et puisse être affectée est un élément de modification conditionnel.) Des ordres d'amplitude sont utilisés pour connaître les fréquences et les probabilités.

B.4.4.2 Utilisation

La méthode LOPA peut être utilisée de manière qualitative pour revoir les niveaux de protection entre un événement de causalité et une conséquence. Elle peut également être utilisée de manière quantitative pour allouer des ressources aux traitements, en analysant la réduction du risque obtenue par chaque niveau de protection. Elle peut s'appliquer aux systèmes avec un horizon temporel à court ou long terme; elle est habituellement utilisée pour traiter des risques opérationnels.

La méthode LOPA peut également être utilisée de manière quantitative pour la spécification des IPL et des niveaux d'intégrité de sécurité (SIL) pour les systèmes instrumentés décrits dans l'IEC 61508 (toutes les parties) et dans l'IEC 61511 (toutes les parties), ainsi que pour démontrer qu'un SIL spécifié a été atteint.

NOTE Un SIL est un niveau discret (parmi quatre niveaux possibles) permettant de spécifier le degré de fiabilité exigé pour un système lié à la sécurité. Le niveau 4 est associé au plus haut degré d'intégrité et le niveau 1 au degré le plus bas.

B.4.4.3 Entrées

Les entrées de la méthode LOPA sont les suivantes:

- les informations de base sur les sources, causes et conséquences des événements;
- les informations relatives aux moyens de maîtrise en place ou aux traitements suggérés;
- la fréquence de l'événement de causalité, les probabilités de défaillance des niveaux de protection, la mesure des conséquences et une définition du risque tolérable.

B.4.4.4 Résultats

Les résultats sont des recommandations de traitements supplémentaires et des estimations du risque résiduel.

B.4.4.5 Avantages et limites

Les avantages de la méthode LOPA incluent ce qui suit.

- Elle demande moins de temps et de ressources qu'une analyse par arbre d'événement ou qu'une appréciation du risque intégralement quantitative, mais elle est plus rigoureuse que des opinions qualitatives subjectives.
- Elle aide à identifier et à mettre l'accent sur les ressources des niveaux de protection les plus critiques.
- Elle permet d'identifier les opérations, les systèmes et les processus dont les dispositifs de protection sont insuffisants.
- Elle met l'accent sur les conséquences les plus graves.

Les limites de la méthode LOPA incluent ce qui suit.

- Elle met l'accent sur une paire cause-conséquence et un scénario à la fois; les interactions complexes entre les risques ou entre les moyens de maîtrise ne sont pas couvertes.
- Lorsqu'elle est utilisée de manière quantitative, elle pourrait ne pas tenir compte des défaillances de mode commun.
- Elle ne s'applique pas à des scénarios très complexes composés de plusieurs paires cause-conséquence ou d'un ensemble de conséquences ayant un impact sur les différentes parties prenantes.

B.4.4.6 Documents de référence

[36] IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

[37] IEC 61511 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation*

[38] *Layer of protection analysis – Simplified process risk assessment*

B.5 Techniques permettant de comprendre les conséquences et la vraisemblance

B.5.1 Généralités

Les techniques décrites dans l'Article B.5 visent à améliorer la compréhension des conséquences et de leur vraisemblance. D'une manière générale, les conséquences peuvent être explorées selon les méthodes suivantes:

- l'expérimentation, comme les études sur les cellules pour explorer les conséquences de l'exposition à des toxines, et dont les résultats sont appliqués aux risques sanitaires pour l'homme et pour l'environnement;
- les recherches concernant les événements passés, y compris les études épidémiologiques;
- la modélisation visant à déterminer la manière dont les conséquences se développent après un déclencheur, et comment celui-ci dépend des moyens de maîtrise en place. Il peut s'agir de modèles mathématiques ou technologiques et de méthodes logiques comme l'analyse par arbre d'événement (B.5.6);
- les techniques encourageant la pensée imaginative comme l'analyse de scénario (B.2.5).

La vraisemblance d'un événement ou d'une conséquence particulière peut être estimée par:

- l'extrapolation à partir des données de l'historique (à condition que l'historique contienne suffisamment de données pertinentes pour que l'analyse soit valable du point de vue statistique). Cela concerne particulièrement les occurrences nulles, où le fait qu'un événement ou une conséquence ne se soit encore jamais produit(e) ne permet pas de retenir l'hypothèse qu'il/elle se produira pas dans un avenir proche;
- la synthèse des données relatives au taux de défaillance ou de réussite des composants du système: à l'aide de techniques comme l'analyse par arbre d'événement (B.5.6), l'analyse par arbre de panne (B.5.7) ou l'analyse causes-conséquences (B.5.5);
- les techniques de simulation pour générer, par exemple, la probabilité des défaillances des équipements et des structures du fait du vieillissement et d'autres processus de dégradation.

Des experts peuvent être appelés à exprimer leur opinion sur les vraisemblances et les conséquences, en tenant compte des informations pertinentes et des données de l'historique. Il existe un certain nombre de méthodes formelles permettant d'obtenir des avis experts en rendant l'utilisation du jugement visible et explicite (voir l'Article B.1).

Une conséquence et sa vraisemblance peuvent être combinées pour donner un niveau de risque. Celui-ci peut être utilisé pour évaluer l'importance d'un risque en comparant le niveau de risque à un critère d'acceptabilité, ou pour classer les risques par ordre d'importance.

Les techniques permettant de combiner les valeurs qualitatives des conséquences et la vraisemblance comprennent les méthodes utilisant un indice (B.8.6) et les matrices conséquence/vraisemblance (B.10.3). Une mesure unique du risque peut également être produite à partir de la distribution de la probabilité des conséquences (voir par exemple VaR (B.7.2) et CVaR (B.7.3) et les courbes en S (B.10.4)).

B.5.2 Analyse bayésienne

B.5.2.1 Vue d'ensemble

Il est courant de rencontrer des problèmes qui présentent, à la fois, des données et des informations subjectives. L'analyse bayésienne permet d'utiliser les deux types d'informations pour prendre des décisions. L'analyse bayésienne s'appuie sur un théorème attribué au Révérend Thomas Bayes (1760). Dans sa forme la plus simple, le théorème de Bayes fournit une base probabiliste permettant de changer d'avis à la lumière de nouvelles preuves. Elle est généralement exprimée selon la Formule (1):

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(B|A)\Pr(A)}{\Pr(B)} \quad (1)$$

où

$\Pr(A)$ est l'appréciation a priori de la probabilité de A ;

$\Pr(B)$ est l'appréciation a priori de la probabilité de B ;

$\Pr(A|B)$ est la probabilité de A étant donné que B s'est produit (appréciation a posteriori);

$\Pr(B|A)$ est la probabilité de B étant donné que A s'est produit.

Le théorème de Bayes peut être élargi pour englober plusieurs événements dans un espace échantillon donné.

Par exemple, l'hypothèse retenue est que nous souhaitons utiliser certaines données, D , afin d'enrichir notre compréhension (ou manque de compréhension) d'un risque. L'objectif est d'utiliser ces données pour apprécier le mérite relatif d'un nombre (N) d'hypothèses concurrentes et sans point commun, désigné par H_n (où $n = 1, 2, \dots, N$). Le théorème de Bayes peut alors être utilisé pour calculer la probabilité de la j^{e} hypothèse en utilisant la Formule (2):

$$\Pr(H_j | D) = \Pr(H_j) \left[\frac{\Pr(D | H_j)}{\sum \Pr(H_n) \Pr(D | H_n)} \right] \quad (2)$$

où $j = 1, 2, \dots, n$.

Cela montre qu'après la prise en compte des nouvelles données, la probabilité de l'hypothèse j [c'est-à-dire $\Pr(H_j|D)$] est obtenue en multipliant sa probabilité a priori $\Pr(H_j)$ par la fraction entre parenthèses.

Le numérateur de cette fraction est la probabilité d'obtenir ces données si la j^{e} hypothèse est vraie. Le dénominateur provient d'une "loi de la probabilité totale" (probabilité d'obtenir ces données si, l'une après l'autre, chaque hypothèse se vérifiait). Le dénominateur est le facteur de normalisation.

Une probabilité bayésienne peut être mieux appréhendée si elle est considérée comme le degré de croyance d'une personne en un certain événement, par opposition à la théorie classique reposant sur la preuve physique.

B.5.2.2 Utilisation

L'analyse bayésienne est un moyen de déduction qui s'appuie sur des données à la fois basées sur le jugement et empiriques. Les méthodes bayésiennes peuvent être développées pour permettre de déduire les paramètres au sein d'un modèle de risque mis au point pour un

contexte particulier, par exemple, la probabilité d'un événement, l'importance d'un événement ou la durée jusqu'à un événement.

Les méthodes bayésiennes peuvent être utilisées pour fournir une estimation a priori du paramètre considéré en fonction des croyances subjectives. Une distribution de la probabilité a priori est habituellement associée aux données subjectives, car elle représente des incertitudes dans l'état des connaissances. Un a priori peut être construit à partir de données subjectives uniquement ou en utilisant des données pertinentes provenant de situations semblables. Une estimation a priori peut offrir une prévision probabiliste de la vraisemblance d'un événement et cela peut être utile pour l'appréciation du risque, lorsqu'il n'existe aucune donnée empirique.

Les données observées concernant un événement peuvent être combinées avec la distribution a priori à l'aide de l'analyse bayésienne, afin de fournir une évaluation a posteriori du paramètre de risque considéré.

Le théorème de Bayes est utilisé pour intégrer de nouvelles preuves aux croyances a priori, afin de former une évaluation mise à jour.

L'analyse bayésienne peut fournir des estimations ponctuelles et d'intervalles pour le paramètre considéré. Ces évaluations capturent les incertitudes associées à la fois à la variabilité et à l'état de connaissance. L'analyse bayésienne est une alternative à l'approche fréquentiste classique qui représente la variation statistique aléatoire de la variable prise en compte.

Le modèle de probabilité qui étaye une analyse bayésienne dépend de l'application. Par exemple, un modèle de probabilité de Poisson pourrait être utilisé pour les événements comme les accidents, la non-conformité ou les retards de livraison, ou un modèle de probabilité binomiale pourrait être utilisé pour les éléments exceptionnels. Il est de plus en plus courant de construire un modèle de probabilité pour représenter les liens de causalité entre les variables sous la forme d'un réseau bayésien (B.5.3).

B.5.2.3 Entrées

Les entrées de l'analyse bayésienne sont les données basées sur le jugement et empiriques nécessaires pour structurer et pour quantifier le modèle de probabilité.

B.5.2.4 Résultats

Comme pour les statistiques classiques, l'analyse bayésienne fournit des évaluations, soit sous forme de chiffres simples, soit sous forme d'intervalles, du paramètre considéré; elle peut s'appliquer à des résultats très divers.

B.5.2.5 Avantages et limites

Les avantages sont les suivants.

- Les exigences inférentielles sont faciles à comprendre.
- Elle offre un mécanisme permettant d'utiliser les croyances subjectives concernant un problème.
- Elle offre un mécanisme permettant de combiner les croyances a priori avec de nouvelles données.

Les limites sont les suivantes.

- Elle peut produire des distributions a posteriori qui dépendent fortement du choix de l'a priori.

- La résolution de problèmes complexes peut avoir un coût élevé en matière de statistique et mobiliser de nombreuses ressources humaines.

B.5.2.6 Documents de référence

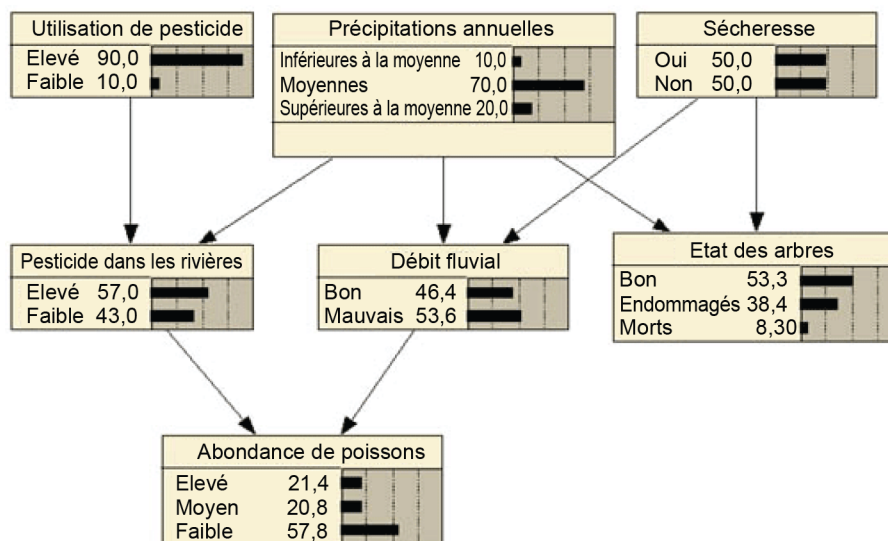
- [39] GHOSH, J., DELAMPADY, M. and SAMANTA, T. *An introduction to Bayesian analysis*, New York Springer-Verlag, 2006
- [40] QUIGLEY, J.L., BEDFORD, T.J. and WALLS, L.A. *Prior Distribution Elicitation*

B.5.3 Réseaux bayésiens et diagrammes d'influence

B.5.3.1 Vue d'ensemble

Un réseau bayésien (réseau de Bayes ou BN pour "Bayes' net") est un modèle graphique dont les nœuds représentent les variables aléatoires (discrètes et/ou continues) (Figure B.3). Les nœuds sont reliés par des arcs dirigés qui représentent les dépendances directes (qui sont souvent des relations de causalité) entre les variables.

Les nœuds qui pointent vers un nœud X sont appelés ses parents, et sont désignés $pa(X)$. La relation entre les variables est quantifiée par les distributions conditionnelles de la probabilité (DCP) associées à chaque nœud, désignées $P(X|pa(X))$, où l'état des nœuds enfants dépend de la combinaison des valeurs des nœuds parents. Dans la Figure B.3, les probabilités sont indiquées par des estimations ponctuelles.



IEC

Figure B.3 – Réseau bayésien montrant une version simplifiée d'un problème écologique réel: modélisation des populations de poissons autochtones dans l'Etat de Victoria en Australie

B.5.3.2 Utilisation

Un BN de base contient des variables qui représentent des événements incertains; il peut être utilisé pour estimer la vraisemblance ou le risque des conséquences spécifiées ou pour déduire les principaux facteurs de risque qui en sont à l'origine.

Un BN peut être élargi pour inclure les décisions, les actions et les valeurs, ainsi que les incertitudes, auquel cas il s'agit d'un diagramme d'influence qui peut être utilisé pour apprécier l'impact du moyen de maîtrise ou de la limitation des risques ou pour estimer les options d'intervention.

Un modèle de BN peut être construit comme une représentation qualitative d'un problème par les parties prenantes puis quantifié à l'aide de données pertinentes, même basées sur le

jugement (par exemple, une analyse du risque dans un centre de distribution de médicaments), ou un modèle de BN peut s'instruire à l'aide de données empiriques uniquement (par exemple, les moteurs de recherche sur Internet, les risques financiers). Quelle que soit la forme du BN, le mécanisme de déduction sous-jacent s'appuie sur le théorème de Bayes et possède les propriétés générales de l'analyse bayésienne (B.5.2).

Les BN sont utilisés dans une grande variété d'applications: y compris pour la prise de décision en matière d'environnement, pour les diagnostics médicaux, pour la prolongation de la durée de vie des infrastructures critiques, pour les risques de la chaîne logistique, pour la modélisation en image du développement d'un nouveau produit ou processus, pour la génétique, pour la reconnaissance vocale, pour l'économie, pour l'exploration spatiale et pour les moteurs de recherche sur Internet.

D'une manière générale, les BN offrent des modèles visuels qui favorisent l'articulation des problèmes et la communication entre les parties prenantes. Les modèles de BN permettent d'effectuer une analyse de sensibilité afin d'explorer les scénarios de type "que se passerait-il si?". La construction de la structure du BN qualitatif peut s'appuyer sur l'utilisation de la cartographie causale (B.6.1) et un BN peut être associé à une analyse de scénario (B.2.5) et à une analyse d'impacts croisés (B.6.2).

Les BN sont utiles pour obtenir les avis et l'accord des parties prenantes aux fins des décisions qui présentent des niveaux élevés d'incertitude et de divergence de points de vue entre les parties prenantes. La représentation est facilement compréhensible, bien qu'il soit exigé qu'elle soit produite par un expert.

Les BN peuvent être utiles pour cartographier des analyses de risques au bénéfice des parties prenantes non techniciennes, car ils favorisent la transparence des hypothèses et du processus, et traitent l'incertitude de manière mathématiquement correcte.

B.5.3.3 Entrées

Pour les BN, les entrées nécessitent une connaissance des variables d'un système (nœuds), les liens de causalité entre elles (arcs dirigés) et les probabilités a priori et conditionnelles de ces relations.

Dans le cas des diagrammes d'influence, les valeurs sont également nécessaires (par exemple, perte financière, blessures, etc.).

B.5.3.4 Résultats

Les BN offrent des distributions conditionnelles et marginales, dans un résultat graphique, généralement considérées comme des modèles à boîte noire faciles à interpréter, du moins par rapport à d'autres. Le modèle BN et les données peuvent facilement être modifiés pour visualiser aisément les relations et explorer la sensibilité des paramètres à différentes entrées.

B.5.3.5 Avantages et limites

Les avantages des BN incluent ce qui suit:

- Il existe des logiciels disponibles et relativement faciles à utiliser à comprendre.
- Leur cadre organisationnel est transparent et ils peuvent rapidement exécuter les scénarios et analyser la sensibilité du résultat aux différentes hypothèses.
- Ils peuvent inclure des croyances subjectives concernant un problème, ainsi que des données.

Les limites incluent ce qui suit.

- La définition de toutes les interactions est difficile dans les systèmes complexes, et elle peut devenir insoluble d'un point de vue informatique lorsque les tableaux de probabilité conditionnelle deviennent trop grands.
- Les BN sont souvent statiques et ne comprennent habituellement pas de boucle de rétroaction. Toutefois, l'utilisation de BN dynamiques est en augmentation.
- La définition des paramètres exige d'avoir connaissance de nombreuses probabilités conditionnelles qui sont généralement fournies par le jugement d'un expert. Les BN peuvent fournir des réponses uniquement à partir de ces hypothèses (une limite qui est commune à d'autres techniques de modélisation).
- Le résultat peut donner une réponse convaincante alors que l'utilisateur a saisi une erreur; la vérification des extrémités peut aider à localiser les erreurs.

B.5.3.6 Documents de référence

- [41] NEIL, Martin and FENTON, Norman. *Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks* CRC Press, 2012
- [42] JENSEN, F.V., NIELSEN T. D. *Bayesian Networks and Decision Graphs*, 2nd ed. Springer, New York, 2007
- [43] NICHOLSON, A., WOODBERRY O and TWARDY C, The "Native Fish" Bayesian networks. *Bayesian Intelligence Technical Report 2010/3*, 2010
- [44] NETICA TUTORIAL

B.5.4 Analyse d'impact sur l'activité (AIA)

B.5.4.1 Vue d'ensemble

L'analyse d'impact sur l'activité propose d'analyser la manière dont les incidents et les événements pourraient avoir un impact sur les opérations d'une organisation, et d'identifier et de quantifier les aptitudes nécessaires à leur gestion. De manière spécifique, l'AIA propose une compréhension convenue:

- du caractère critique des processus métier clés, des fonctions et des ressources associées et des principales interdépendances qui existent au sein d'une organisation;
- de l'impact d'un sinistre sur la capacité et la possibilité d'atteindre des objectifs commerciaux essentiels;
- de la capacité et des aptitudes nécessaires pour gérer l'impact d'un sinistre et pour retrouver des volumes d'opérations acceptables.

L'AIA peut être entreprise à l'aide de questionnaires, d'entretiens, d'ateliers structurés ou d'une combinaison de ces trois éléments.

B.5.4.2 Utilisation

L'analyse d'impact sur l'activité permet de déterminer le caractère critique et les calendriers de remise en état pour les processus et les ressources associées (par exemple, les personnes, l'équipement et les technologies d'information), afin de pouvoir planifier correctement les opérations en cas d'événement paralysant. L'AIA facilite également la détermination des interdépendances et des relations entre les processus, les parties internes et externes et les liens de la chaîne logistique.

Elle peut également être utilisée dans le cadre de l'analyse des conséquences, pour la prise en compte des conséquences des événements paralysants.

L'AIA fournit des informations qui aident l'organisation à déterminer et à choisir les stratégies de continuité d'activité adéquates, permettant une réponse et une remise en état efficaces après un événement paralysant.

B.5.4.3 Entrées

Les entrées sont les suivantes:

- des informations concernant les objectifs, l'orientation stratégique, l'environnement, les actifs et les interdépendances de l'organisation;
- une vue d'ensemble des produits et services de l'organisation et de leur relation avec les processus métier;
- une appréciation des priorités d'après la revue de gestion des événements précédents;
- les caractéristiques des activités et opérations de l'organisation, y compris les processus, les ressources, les relations avec les autres organisations, les chaînes logistiques, les conventions d'externalisation et les différentes parties prenantes;
- des informations permettant d'apprécier les conséquences financières, légales et opérationnelles de la perte de processus critiques;
- un questionnaire préparé ou tout autre moyen de rassembler des informations;
- les résultats des autres appréciations de risques et analyses d'événements critiques liées aux résultats des incidents paralysants;
- la liste des personnes appartenant aux services pertinents de l'organisation et/ou des différentes parties prenantes à contacter.

B.5.4.4 Résultats

Les résultats sont les suivants:

- la liste des produits et services de l'organisation, par ordre de priorité;
- les documents qui décrivent les informations collectées comme entrées;
- une liste des processus critiques et des interdépendances associées, par ordre de priorité;
- les impacts documentés liés à une perte de processus critiques, y compris les impacts financiers, juridiques, environnementaux et opérationnels;
- les informations concernant les ressources et activités de soutien nécessaires pour rétablir les processus critiques;
- une appréciation des impacts au fil du temps, en cas d'arrêt de la fourniture de ces produits et services à court terme, à moyen terme et à long terme;
- les échéances concernant la reprise de la fourniture de ces produits et services à un niveau minimal spécifié, par ordre de priorité, en tenant compte des délais au-delà desquels les impacts de la non-reprise de la fourniture deviendraient inacceptables;
- les calendriers d'indisponibilité des processus critiques et les calendriers de remise en état des technologies d'information associées.

B.5.4.5 Avantages et limites

Les avantages de la méthode AIA incluent ce qui suit:

- une compréhension approfondie des processus critiques qui permettent à une organisation d'atteindre ses objectifs et qui indiquent les domaines où l'activité peut être améliorée;
- les informations nécessaires pour planifier la réponse d'une organisation en cas d'événement paralysant;
- la compréhension des principales ressources exigées en cas de sinistre;
- l'opportunité de redéfinir les processus opérationnels d'une organisation afin de contribuer à favoriser la résilience de l'organisation.

Les limites incluent ce qui suit:

- L'AIA s'appuie sur les connaissances et les perceptions des participants qui remplissent les questionnaires, ou qui assistent aux entretiens ou ateliers. Ceci peut conduire à des attentes simplistes ou trop optimistes concernant les exigences de remise en état.
- La dynamique de groupe peut avoir un impact négatif sur l'analyse exhaustive d'un processus critique.
- Les attentes concernant les exigences de remise en état peuvent être simplistes ou trop optimistes.
- Le niveau de compréhension adéquat des opérations et activités de l'organisation peut être difficile à obtenir.

B.5.4.6 Documents de référence

- [45] ISO/TS 22317, *Sécurité sociétale – Systèmes de management de la continuité d'activité – Lignes directrices pour l'analyse d'impact sur l'activité*
- [46] ISO 22301, *Sécurité sociétale – Systèmes de management de la continuité d'activité – Exigences*

B.5.5 Analyse causes-conséquences (ACC)

B.5.5.1 Vue d'ensemble

Dans certains cas, un événement qui pourrait être analysé par un arbre de panne est mieux couvert par l'ACC. Par exemple,

- s'il est plus facile de développer les séquences des conséquences que les relations causales;
- si l'AAP peut devenir trop volumineuse;
- si plusieurs équipes distinctes s'occupent des différentes parties de l'analyse.

En pratique, ce n'est souvent pas l'événement de tête qui est défini en premier, mais les événements potentiels à l'interface entre le domaine fonctionnel et le domaine technique.

L'événement "perte d'équipage ou de véhicule" lors d'une mission spatiale est pris comme exemple. Au lieu de construire un arbre de panne de grandes dimensions à partir de cet événement de tête, les événements non souhaitables intermédiaires comme la défaillance de la mise à feu ou la défaillance de la poussée peuvent être définis comme événements de tête et analysés comme des défaillances distinctes. Ces événements de tête sont ensuite utilisés comme entrées dans les arbres d'événements pour analyser leurs conséquences opérationnelles.

Deux types d'ACC peuvent être distingués, selon la partie de l'analyse qui est la plus pertinente pour les circonstances. Lorsque les causes décrites sont exigées, mais qu'une description plus générale de la conséquence est acceptable, alors la partie arbre de panne de l'analyse est développée et l'analyse est désignée par ACC-PEGP (petit arbre d'événement, grand arbre de panne). Lorsqu'une description détaillée des circonstances est exigée, mais que les causes peuvent être prises en compte moins en détail, l'analyse est désignée par ACC-GEPP (grand arbre d'événement, petit arbre de panne). La Figure B.4 représente un diagramme conceptuel d'une analyse causes-conséquences typique.

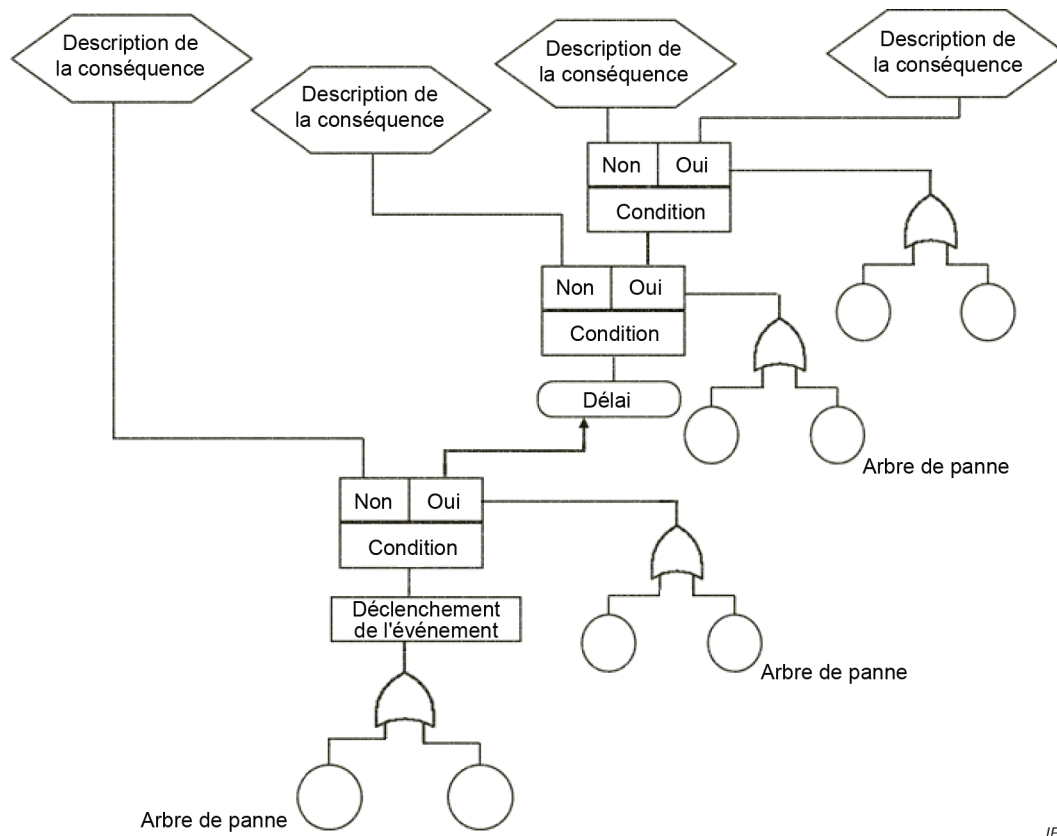
B.5.5.2 Utilisation

Comme l'analyse par arbre de panne, l'analyse causes-conséquences permet de représenter la logique de défaillance donnant lieu à un événement critique, mais ajoute à la fonctionnalité d'un arbre de panne en permettant l'analyse des défaillances chronologiques. La méthode permet également d'incorporer des actions différées dans l'analyse des conséquences, cela n'étant pas possible dans les arbres d'événements. Elle analyse les différents chemins dont dispose un système à la suite d'un événement critique en fonction du comportement de sous-systèmes particuliers (les systèmes d'intervention d'urgence, par exemple).

Si elle est quantifiée, l'analyse causes-conséquences donne une estimation de la probabilité des différentes conséquences possibles à la suite d'un événement critique.

Dans la mesure où chaque séquence dans un diagramme causes-conséquences est une combinaison de sous-arbres de pannes, l'analyse causes-conséquences peut être utilisée pour élaborer des arbres de pannes de grande taille.

Puisque la génération et l'utilisation des diagrammes sont complexes, cette technique a tendance à être appliquée lorsque l'amplitude des conséquences potentielles de défaillance justifie un effort important.



IEC

Figure B.4 – Exemple de diagramme causes-conséquences

B.5.5.3 Entrées

Une bonne compréhension du système, ainsi que de ses modes et scénarios de défaillance, est nécessaire.

B.5.5.4 Résultats

Les résultats de l'ACC sont les suivants:

- une représentation graphique du déroulement d'une défaillance potentielle d'un système, et montrant les causes et les conséquences;
- une estimation de la probabilité d'occurrence de chaque conséquence potentielle, en fonction de l'analyse des probabilités d'occurrence de conditions particulières à la suite d'un événement critique.

B.5.5.5 Avantages et limites

En plus des avantages des arbres de pannes et d'événements, l'ACC est plus à même de représenter simultanément les causes et les conséquences d'un événement d'intérêt, ainsi que les dépendances temporelles, que ces autres techniques.

L'ACC présente toutefois l'inconvénient d'être plus complexe que les arbres de pannes et d'événements, en ce qui concerne la conception et dans la manière de traiter les dépendances lors de la quantification.

B.5.5.6 Documents de référence

- [47] ANDREWS J.D, RIDLEY L.M. 2002. *Application of the cause consequence diagram method to static systems*
- [48] NIELSEN D.S. *The Cause/Consequence Diagram Method as a Basis for Quantitative Accident Analysis*

B.5.6 Analyse par arbre d'événement (AAE)

B.5.6.1 Vue d'ensemble

L'AAE est une technique graphique qui représente les séquences mutuellement exclusives des événements qui pourraient survenir à la suite d'un événement initiateur, selon le fonctionnement ou non des différents systèmes conçus pour en faire varier les conséquences. L'arbre peut être quantifié afin de donner les probabilités des différents résultats possibles (voir Figure B.5).

L'arbre commence par l'événement initiateur, puis des lignes sont tracées pour représenter la réussite ou la défaillance de chaque moyen de maîtrise. La probabilité de défaillance ou de réussite peut être assignée à chaque moyen de maîtrise, à partir du jugement de l'expert, des données ou d'analyses par arbre de panne individuelles. Les probabilités sont des probabilités conditionnelles. Par exemple, la probabilité pour qu'un élément fonctionne n'est pas la probabilité obtenue à partir des essais en conditions normales, mais la probabilité pour qu'il fonctionne dans les conditions de l'événement initiateur.

La fréquence des différents résultats est représentée par le produit des probabilités conditionnelles individuelles et de la probabilité ou fréquence de l'événement initiateur, étant donné que les différents événements sont indépendants. La Figure B.5 prend pour hypothèse une probabilité de déclenchement de l'événement égale à 1.

B.5.6.2 Utilisation

L'AAE peut être utilisée de manière qualitative pour aider à analyser les scénarios et les séquences d'événements possibles après un événement initiateur, afin d'explorer comment les résultats sont affectés par les différents moyens de maîtrise. Elle peut être appliquée à tous les niveaux d'une organisation et à tous les types d'événements initiateurs.

L'AAE quantitative peut être utilisée pour étudier l'acceptabilité des moyens de maîtrise et l'importance relative de différents moyens de maîtrise pour le niveau de risque global. L'analyse quantitative nécessite que les moyens de maîtrise fonctionnent ou non (autrement dit elle ne peut pas tenir compte des moyens de maîtrise dégradés) et que les moyens de maîtrise soient indépendants. Tel est principalement le cas pour les problèmes opérationnels. L'AAE peut être utilisée pour modéliser les événements initiateurs à l'origine de pertes ou de gains. Toutefois, les circonstances de recherche des vecteurs d'optimisation des gains sont plus souvent modélisées dans un arbre de décision (B.9.3).

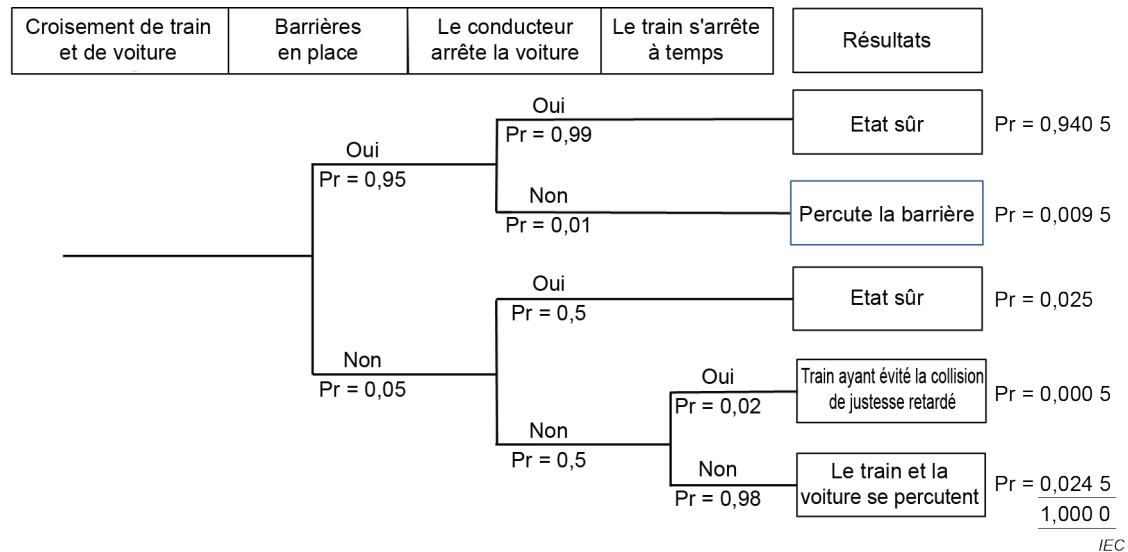


Figure B.5 – Exemple d'analyse par arbre d'événement

B.5.6.3 Entrées

Les entrées sont les suivantes:

- un événement initiateur spécifique;
- les informations concernant les barrières et les moyens de maîtrise et, pour l'analyse quantitative, les probabilités de défaillance;
- une compréhension des scénarios possibles.

B.5.6.4 Résultats

Les résultats de l'analyse par arbre d'événement sont les suivants:

- descriptions qualitatives des résultats possibles découlant des événements initiateurs;
- estimations quantitatives des taux/fréquences ou probabilités des événements et importance relative des différentes séquences de défaillance et des événements contributifs;
- évaluations quantitatives de l'efficacité des moyens de maîtrise.

B.5.6.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse par arbre d'événement incluent ce qui suit.

- Les scénarios possibles après un événement initiateur sont analysés et l'influence de la réussite ou de la défaillance des moyens de maîtrise est montrée clairement dans un diagramme qui peut être quantifié, si besoin.
- Elle identifie des événements finaux qui pourraient autrement rester imprévus.
- Elle identifie les potentielles défaillances localisées, les zones de vulnérabilité du système et les contre-mesures peu avantageuses, et peut donc être utilisée pour améliorer l'efficacité des moyens de maîtrise.
- Elle tient compte de la temporalité et des effets domino qui gênent la modélisation sous forme d'arbres de pannes.

Les limites incluent ce qui suit.

- Pour que l'analyse soit exhaustive, il est nécessaire d'identifier tous les événements initiateurs possibles. Il existe toujours un risque d'oublier certains événements initiateurs importants ou certaines séquences d'événements.

- Seuls les états de réussite et de défaillance d'un système sont traités, et il est difficile d'y intégrer des moyens de maîtrise qui fonctionnent partiellement, des réussites à retardement ou des événements de remise en état.
- Tous les vecteurs sont conditionnels pour les événements se produisant sur des nœuds précédents le long du vecteur. La plupart des dépendances le long des vecteurs possibles sont donc résolues. Toutefois, certaines dépendances (comme les composants, les systèmes utilitaires et les opérateurs) pourraient être ignorées, ce qui donnerait lieu à des estimations optimistes de la vraisemblance de certaines conséquences particulières.
- Pour les systèmes complexes, l'arbre d'événement peut être difficile à créer de toutes pièces.

B.5.6.6 Documents de référence

- [49] IEC 62502, *Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Analyse par arbre d'événement (AAE)*
- [50] IEC TR 63039, *Probabilistic risk analysis of technological systems – Estimation of final event rate at a given initial state* (disponible en anglais seulement)

B.5.7 Analyse par arbre de panne (AAP)

B.5.7.1 Vue d'ensemble

La technique AAP permet d'identifier et d'analyser les facteurs qui contribuent à un événement non souhaitable spécifié (appelé "événement de tête"). L'événement de tête est analysé d'abord en identifiant ses causes immédiates et nécessaires. Il peut s'agir de défaillances matérielles ou logicielles, d'erreurs humaines ou de tout autre événement pertinent. La relation logique entre ces causes est représentée par un certain nombre de portes comme ET et OU. Chaque cause est ensuite analysée de manière séquentielle en utilisant la même méthode jusqu'à ce qu'une nouvelle analyse devienne improductive. Le résultat est représenté de manière graphique sous la forme d'une arborescence (voir Figure B.6), qui est la représentation graphique d'une équation booléenne.

B.5.7.2 Utilisation

L'AAP est utilisée principalement au niveau opérationnel et pour les problèmes à court ou moyen terme. Elle est utilisée de manière qualitative pour identifier les causes et les vecteurs possibles qui mènent à l'événement de tête, ou de manière quantitative pour calculer la probabilité de l'événement de tête. Une logique stricte doit être suivie pour l'analyse quantitative. C'est-à-dire que les événements saisis en entrée des portes ET doivent être à la fois nécessaires et suffisants pour causer l'événement au-dessus d'eux, et que les événements des portes OU représentent toutes les causes possibles de l'événement au-dessus d'eux, chacun d'entre eux pouvant en être la seule cause. Les techniques qui s'appuient sur des diagrammes de décision binaires ou sur l'algèbre booléenne sont ensuite utilisées pour représenter les modes de défaillance en double.

L'AAP peut être utilisée pendant la conception pour choisir entre différentes options, ou pendant les opérations pour identifier comment les défaillances majeures peuvent se produire, ainsi que l'importance relative des différents vecteurs qui mènent à l'événement de tête.

L'arbre des causes, utilisé rétrospectivement pour analyser les événements qui se sont déjà produits, et l'arbre de réussite, où l'événement de tête est une réussite, sont des techniques très proches. La dernière est utilisée pour étudier les causes d'une réussite, afin d'obtenir d'autres réussites ultérieures.

Les probabilités ont tendance à être plus élevées dans un arbre de réussite que dans un arbre de panne et, lors du calcul de la probabilité de l'événement de tête, il convient de tenir compte de la possibilité que les événements ne soient pas mutuellement exclusifs.

B.5.7.3 Entrées

Les entrées pour l'analyse par arbre de panne sont les suivantes.

- Une bonne compréhension du système et des causes de la défaillance ou de la réussite est exigée, ainsi qu'une compréhension technique de la manière dont le système se comporte dans différentes circonstances. Des diagrammes détaillés sont utiles pour faciliter l'analyse.
- Pour tous les événements de base, l'analyse quantitative d'un arbre de panne exige des données sur les taux de défaillances, la probabilité d'un état de panne ou la fréquence des pannes et, le cas échéant, les taux de réparation/remise en état, etc.
- Pour les situations complexes, un logiciel est recommandé, ainsi qu'une compréhension de la théorie des probabilités et de l'algèbre booléenne afin que les entrées soient saisies correctement dans le logiciel.

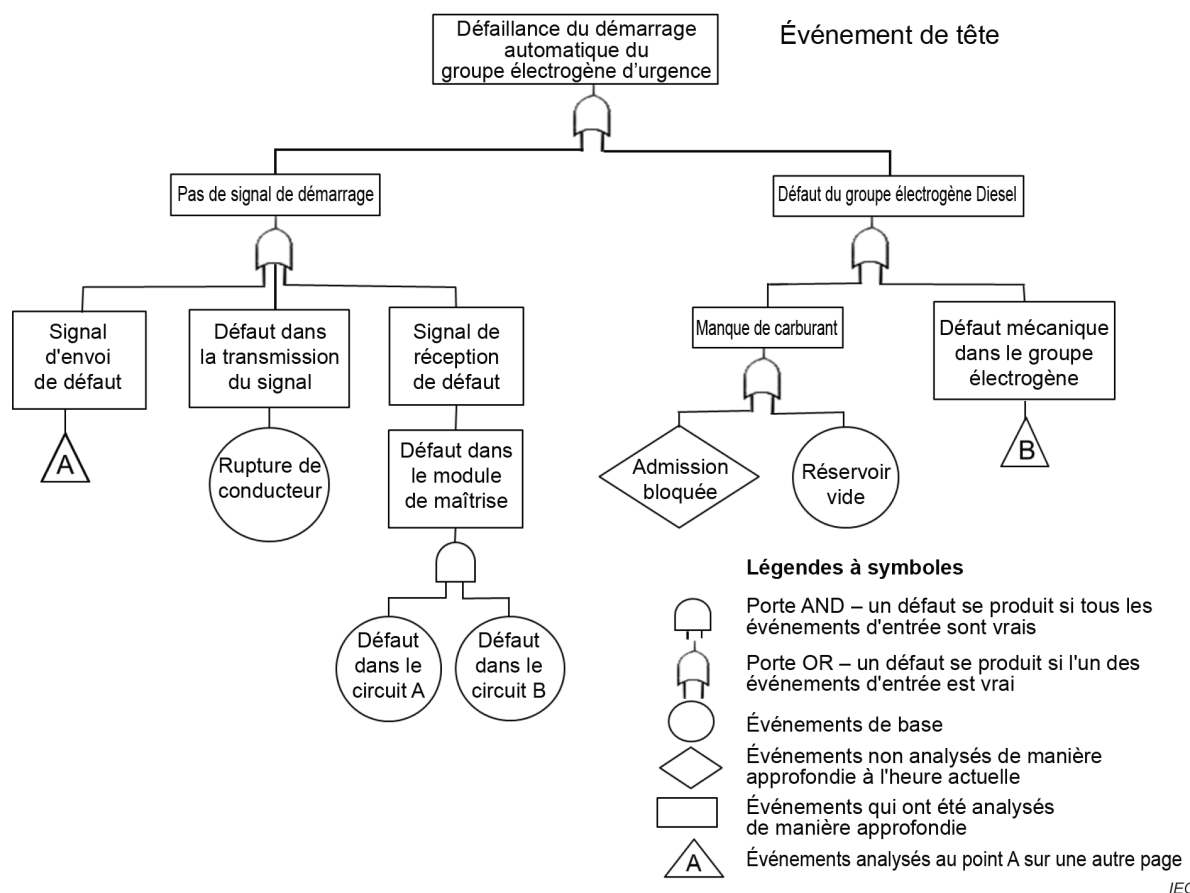


Figure B.6 – Exemple d'arbre de panne

B.5.7.4 Résultats

Les résultats de l'analyse par arbre de panne sont les suivants:

- une représentation graphique du déroulement de l'événement de tête, présentant les vecteurs d'interaction, dont chacun provoque la survenue de deux événements (de base) ou plus;
- une liste des coupes minimales (vecteurs individuels vers la défaillance) avec, si les données sont disponibles, la probabilité de survenue de chacune d'elles;
- dans le cas de l'analyse quantitative, la probabilité de l'événement de tête et l'importance relative des événements de base.

B.5.7.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse par arbre de panne incluent ce qui suit.

- Elle constitue une approche disciplinée et hautement systématique, mais également suffisamment souple pour permettre d'analyser différents facteurs, y compris les interactions humaines et les phénomènes physiques.
- Elle est particulièrement utile à l'analyse de systèmes disposant de nombreuses interfaces et interactions.
- Elle fournit une représentation graphique qui conduit à une meilleure compréhension du comportement du système et des facteurs impliqués.
- L'analyse logique des arbres de pannes et la définition des coupes sont utiles pour identifier les vecteurs de défaillance simples dans un système très complexe, dans lequel des combinaisons particulières d'événements et de séquences d'événements donnant lieu à l'événement de tête pourraient être ignorées.
- Elle peut s'adapter aux problèmes simples ou complexes avec un niveau d'effort qui dépend de la complexité.

Les limites incluent ce qui suit.

- Dans certains cas, il peut être difficile d'établir que tous les vecteurs importants menant vers l'événement de tête sont inclus; par exemple, inclure toutes les sources d'allumage dans l'analyse d'un incendie. Dans ces cas, il n'est pas possible de calculer la probabilité de l'événement de tête.
- Les interdépendances temporelles ne sont pas traitées.
- L'AAP traite seulement les états binaires (réussite/défaillance).
- Les erreurs humaines peuvent être intégrées dans un arbre de panne, mais la nature et l'étendue de ces défaillances peuvent être difficiles à définir.
- L'AAP analyse un seul élément de tête. Elle n'analyse pas les défaillances secondaires ou accessoires.
- Une AAP peut devenir très volumineuse pour les systèmes à grande échelle.

B.5.7.6 Documents de référence

[51] IEC 61025, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

[16] IEC 62740, *Analyse de cause initiale (RCA)*

B.5.8 Analyse de fiabilité humaine (AFH)

B.5.8.1 Vue d'ensemble

L'AFH désigne un groupe de techniques qui vise à évaluer la contribution d'un individu à la fiabilité et à la sûreté d'un système en identifiant et en analysant son potentiel d'actions incorrectes. Bien qu'elle soit le plus souvent appliquée aux performances dégradées des opérateurs dans le contexte de la sécurité, des méthodes semblables peuvent s'appliquer aux niveaux de performances améliorés. L'AFH s'applique au niveau tactique, à des tâches spécifiques pour lesquelles il est essentiel que les performances soient correctes.

D'abord, une analyse hiérarchique des tâches identifie les étapes et les sous-étapes d'une activité donnée. Les mécanismes d'erreur potentiels sont identifiés pour chaque sous-étape, souvent à l'aide d'un ensemble d'invites sous forme de mots clés (par exemple, trop tôt, trop tard, objet incorrect, action incorrecte, objet correct).

Les sources de ces erreurs (distraction, délai imparti trop court, etc.) peuvent être identifiées, et ces informations peuvent être utilisées pour réduire la vraisemblance d'erreur dans cette tâche. Les facteurs inhérents à l'individu lui-même, à l'organisation ou à l'environnement et qui influencent la probabilité d'erreur (facteurs de performance, FP) sont également identifiés.

La probabilité d'une action incorrecte peut être estimée par différentes méthodes, y compris en utilisant une base de données des tâches semblables ou le jugement d'un expert. Habituellement, un taux d'erreur nominal pour un type de tâche est défini, puis un multiplicateur est appliqué pour représenter les facteurs comportementaux ou environnementaux qui augmentent ou réduisent la probabilité de défaillance. Différentes méthodes ont été mises au point pour appliquer ces étapes de base.

Les premières méthodes mettaient beaucoup l'accent sur l'estimation de la vraisemblance de défaillance. Les méthodes qualitatives récentes se concentrent sur les causes cognitives des variations des performances humaines, avec une analyse qui porte davantage sur la manière dont les performances sont modifiées par les facteurs externes, et moins sur les tentatives de calcul des probabilités de défaillance.

B.5.8.2 Utilisation

L'AFH qualitative peut être utilisée:

- pendant la conception, pour que les systèmes soient conçus de manière à réduire le plus possible les probabilités d'erreur des opérateurs;
- pendant une modification du système pour vérifier si les performances humaines sont susceptibles d'être influencées dans un sens ou dans l'autre;
- pour améliorer les procédures afin de réduire les erreurs;
- pour aider à identifier et à réduire les facteurs d'erreur au sein des arrangements environnementaux ou organisationnels.

L'AFH quantitative est utilisée pour fournir des données sur les performances humaines qui serviront d'entrées pour les méthodes par arbre logique ou pour d'autres techniques d'appréciation du risque.

B.5.8.3 Entrées

Les entrées sont les suivantes:

- informations permettant de définir les tâches qu'il convient que les personnes réalisent;
- expérience concernant les types d'erreurs ou de performances extraordinaires qui surviennent en pratique;
- expertise concernant les performances humaines et les facteurs qui les influencent;
- expertise concernant la ou les technique(s) à utiliser.

B.5.8.4 Résultats

Les résultats comprennent:

- une liste d'erreurs ou de performances extraordinaires qui peuvent se produire et des méthodes permettant de les améliorer en reprenant la conception du système;
- les modes de performances humaines, leurs types, leurs causes et leurs conséquences;
- une appréciation qualitative ou quantitative du risque posé par les différences de performances.

B.5.8.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse de fiabilité humaine incluent ce qui suit.

- Elle propose un mécanisme formel permettant d'inclure les performances humaines dans la prise en compte des risques liés aux systèmes dans lesquels l'intervention humaine joue un rôle prépondérant.

- La prise en compte formelle des modes et des mécanismes des performances humaines, à partir d'une compréhension des mécanismes cognitifs, peut aider à identifier des moyens de modifier les risques.

Les limites incluent ce qui suit.

- Ces méthodes sont mieux adaptées aux tâches routinières effectuées dans des environnements bien maîtrisés. Elles sont moins utiles pour les tâches complexes ou lorsque les actions doivent s'appuyer sur des sources d'informations multiples et potentiellement contradictoires.
- De nombreuses activités ne disposent pas de mode réussite/échec simple. L'AFH a du mal à traiter les impacts partiels sur les performances comme la qualité des actions ou des décisions.
- La quantification a tendance à dépendre largement de l'opinion d'expert, car très peu de données vérifiées sont disponibles.

B.5.8.6 Documents de référence

- [51] IEC 62508, *Lignes directrices relatives aux facteurs humains dans la sûreté de fonctionnement*
- [52] BELL Julie, HOLROYD Justin, *Review of human reliability assessment method*
- [53] OCDE, *Establishing the Appropriate Attributes in Current Human Reliability Assessment Techniques for Nuclear Safety*

B.5.9 Analyse de Markov

B.5.9.1 Vue d'ensemble

L'analyse de Markov est une technique quantitative qui peut s'appliquer à tous les systèmes pouvant être décrits selon un ensemble d'états discrets et de transitions entre ces états, à condition que l'évolution par rapport à leur état en cours ne dépende pas de leur état à tout moment du passé.

L'hypothèse habituelle est que les transitions entre les états ont lieu à des intervalles spécifiés, avec les probabilités de transition correspondantes (chaîne de Markov discrète). En pratique, cela se produit le plus souvent si le système est examiné à des intervalles réguliers pour déterminer son état. Dans certaines applications, les transitions sont gouvernées par des périodes aléatoires réparties de façon exponentielle avec les taux de transition correspondants (chaîne de Markov à temps continu). Cette chaîne est couramment utilisée pour les analyses de la sûreté de fonctionnement, voir IEC 61165.

Les états et leurs transitions peuvent être représentés dans un diagramme de Markov, comme à la Figure B.7. Ici, les cercles représentent les états et les flèches représentent les transitions entre les états et les probabilités de transitions correspondantes. Cet exemple comporte seulement quatre états: bon (S1), assez bon (S2), médiocre (S3) et défaillant (S4). L'hypothèse retenue est que le système est inspecté chaque matin et classé dans l'un de ces quatre états. Si le système est défaillant, il est toujours réparé le jour même et remis à l'état "bon".

Le système peut également être représenté par une matrice de transition, comme dans le Tableau B.4. Noter que dans ce tableau, la somme de chaque ligne est 1, étant donné que les valeurs représentent les probabilités de toutes les transitions possibles dans chaque cas.

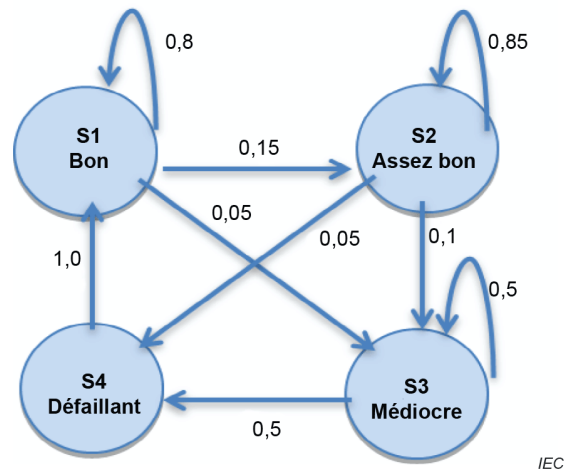


Figure B.7 – Exemple de diagramme de Markov

Tableau B.4 – Exemple de matrice de Markov

| | | Etat suivant la transition | | | |
|-------------|----------------|----------------------------|---------------|--------------|----------------|
| | | S1, Bon | S2, Assez bon | S3, Médiocre | S4, Défaillant |
| Etat actuel | S1, Bon | 0,8 | 0,15 | 0,05 | 0 |
| | S2, Assez bon | 0 | 0,85 | 0,1 | 0,05 |
| | S3, Médiocre | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 |
| | S4, Défaillant | 1 | 0 | 0 | 0 |

B.5.9.2 Utilisation

L'analyse de Markov peut être utilisée pour évaluer:

- la probabilité à long terme qu'un système se trouve dans un état spécifié; par exemple, il pourrait s'agir des chances qu'une machine fonctionne comme exigé, qu'un composant soit défaillant ou qu'un niveau d'approvisionnement tombe sous un seuil critique;
- le moment attendu pour la première défaillance d'un système complexe (temps de premier passage), ou la durée attendue avant qu'un système retourne à un état spécifié (temps de retour).

Le Tableau B.5 donne des exemples de systèmes, d'états et de transitions dans différents domaines.

Tableau B.5 – Exemples de systèmes auxquels l'analyse de Markov peut s'appliquer

| Systèmes | Etats | Transitions |
|---------------------|----------------------------|--|
| Systèmes techniques | Etat des machines | Détérioration, panne, réparation |
| Production | Niveau de production | Exploitation, nettoyage, redémarrage |
| Marketing | Achat de marque | Fidélité à une marque, changement de marque |
| Comptabilité | Etat des comptes débiteurs | Paieement, amortissement, extension |
| Soins médicaux | Etat des patients | Infection, rémission, traitement, récédive |
| Réservoir | Quantité d'eau | Débit entrant, débit sortant, évaporation |
| Ressources humaines | Catégories d'emplois | Mouvements d'une catégorie d'emplois à une autre |

B.5.9.3 Entrées

Dans une analyse de Markov, les entrées sont un ensemble d'états discrets où le système peut se trouver, une compréhension de toutes les transitions possibles qu'il est nécessaire de modéliser et des estimations des probabilités de transition ou des taux de transition (dans le cas d'une chaîne de Markov à temps continu CTMC).

B.5.9.4 Résultats

L'analyse de Markov génère des estimations de la probabilité qu'un système se trouve dans un état donné. Elle vient à l'appui de nombreuses décisions concernant le type d'interventions qu'un responsable pourrait entreprendre dans un système complexe (par exemple, pour faire varier les états du système et les transitions entre ces états).

B.5.9.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse de Markov incluent ce qui suit.

- Elle peut être utilisée pour modéliser des systèmes dynamiques à états multiples.
- Les diagrammes de transition d'état fournissent des structures simples et faciles à communiquer.

Les limites incluent ce qui suit.

- Les hypothèses pourraient ne pas s'appliquer à tous les systèmes considérés; en particulier les probabilités de transition ou les taux de transmission entre les états peuvent varier au fil du temps selon la détérioration et l'adaptation du système.
- Une modélisation fidèle peut exiger qu'un grand nombre de données soient rassemblées et validées.
- Si le nombre de données est trop élevé, la réponse est réduite à une moyenne.

B.5.9.6 Documents de référence

[54] IEC 61165, *Application des techniques de Markov*

[55] OXLEY, ALAN. *Markov Processes in Management Science*

B.5.10 Simulation de Monte-Carlo**B.5.10.1 Vue d'ensemble**

Certains calculs réalisés pendant l'analyse de risques impliquent des distributions. Toutefois, il n'est pas facile de réaliser des calculs comprenant des distributions, car souvent, les

solutions analytiques ne sont pas déductibles à moins que la forme des distributions soit bien spécifiée, et seulement avec des restrictions et des hypothèses qui pourraient ne pas être réalistes. Dans ces circonstances, les techniques comme la simulation de Monte-Carlo fournissent un moyen d'entreprendre ces calculs et de développer les résultats. La simulation implique habituellement de prendre des valeurs d'échantillon aléatoires dans chacune des distributions de l'entrée, de faire des calculs pour déduire une valeur de résultat, puis de répéter le processus dans une série d'itérations afin de construire la distribution des résultats. Le résultat peut être donné sous la forme d'une simple distribution de probabilité ou de statistiques comme la valeur moyenne.

Les systèmes peuvent être développés à l'aide d'une feuille de calcul et d'autres outils conventionnels, mais des outils informatiques plus sophistiqués sont disponibles pour répondre aux exigences plus complexes.

B.5.10.2 Utilisation

D'une manière générale, la simulation de Monte-Carlo peut s'appliquer à tous les systèmes où:

- un ensemble d'entrées interagit pour définir un résultat;
- la relation entre les entrées et les résultats peut s'exprimer comme un ensemble de dépendances;
- les techniques analytiques ne sont pas en mesure de fournir des résultats pertinents ou lorsqu'il existe une incertitude dans les données d'entrée.

La simulation de Monte-Carlo peut être utilisée dans le cadre de l'appréciation du risque avec deux finalités distinctes:

- projection de l'incertitude sur des modèles d'analyse conventionnels;
- calculs probabilistes lorsque les techniques d'analyse ne s'appliquent pas ou ne sont pas réalisables.

Les applications incluent, entre autres, la modélisation et l'appréciation de l'incertitude des prévisions financières, des résultats en matière d'investissement, des prévisions liées au coût et à la planification du projet, des interruptions du processus métier et des exigences liées au recrutement.

B.5.10.3 Entrées

Les entrées de la simulation de Monte-Carlo sont les suivantes:

- un modèle de système qui retrace la relation entre différentes entrées, et entre les entrées et les résultats;
- des informations sur les types d'entrées ou sur les sources d'incertitudes qui doivent être représentées;
- la forme de résultat exigée.

Les données d'entrée liées à l'incertitude sont représentées comme des variables aléatoires dont les distributions sont plus ou moins réparties selon le niveau des incertitudes. Des distributions uniformes, triangulaires, normales et log-normales sont souvent utilisées à cette fin.

B.5.10.4 Résultats

Il peut s'agir d'une seule valeur, il peut être exprimé sous la forme d'une distribution des probabilités ou des fréquences, ou il peut s'agir de l'identification des principales fonctions du modèle dont l'impact sur le résultat est le plus important.

D'une manière générale, le résultat d'une simulation de Monte-Carlo est soit l'ensemble de la distribution des résultats, soit les mesures clés issues d'une distribution, comme:

- la probabilité d'un résultat défini;
- la valeur d'un résultat, dont les personnes concernées par le problème ont un certain niveau de confiance qu'elle ne sera pas dépassée. Par exemple, il peut s'agir d'un coût pour lequel les chances qu'il soit dépassé sont inférieures à 10 % ou d'une durée qui sera dépassée avec une certitude de 80 %.

Une analyse des relations entre les entrées et les résultats peut éclairer la signification relative de l'incertitude dans les valeurs d'entrée et identifier les cibles utiles susceptibles d'influencer l'incertitude du résultat.

B.5.10.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse de Monte-Carlo incluent ce qui suit.

- En principe, la méthode peut concilier toutes les distributions dans une variable d'entrée, y compris les données empiriques déduites des observations de systèmes connexes.
- Les modèles sont relativement simples à développer et peuvent être étendus à mesure de l'évolution des besoins.
- Toutes les influences ou relations peuvent être représentées, y compris les effets tels que les dépendances conditionnelles.
- L'analyse de sensibilité peut être appliquée pour distinguer les influences importantes de celles qui le sont moins.
- Les modèles peuvent être aisément compris étant donné que la relation entre les entrées et les résultats est transparente.
- Elle fournit une mesure de l'exactitude d'un résultat.
- Des logiciels sont facilement disponibles.

Les limites incluent ce qui suit.

- L'exactitude des solutions dépend du nombre de simulations pouvant être réalisées.
- L'utilisation de cette technique repose sur l'aptitude à représenter les incertitudes liées aux paramètres par une distribution valide.
- Il peut être difficile de créer un modèle qui représente adéquatement la situation.
- Des modèles volumineux et complexes peuvent faire concurrence au programme de modélisation et rendre le début du processus difficile pour les différentes parties prenantes.
- Cette technique a tendance à réduire le plus possible les risques de type "conséquences élevées/faible probabilité".

L'analyse de Monte-Carlo évite de donner trop de poids aux résultats improbables aux conséquences élevées, en reconnaissant que tous ces résultats ont peu de chances de se produire simultanément au sein d'un ensemble de risques. Elle peut aussi avoir pour effet d'éliminer les événements extrêmes de la prise en compte, en particulier lorsque l'ensemble de risques pris en compte est étendu. Le décideur peut y puiser une confiance injustifiée.

B.5.10.6 Document de référence

- [56] Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl 1: *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM: 1995) – Propagation de distributions par une méthode de Monte-Carlo*

B.5.11 Analyse d'impact sur la vie privée (PIA) / analyse d'impact sur la protection des données (DPIA)

B.5.11.1 Vue d'ensemble

Les méthodes d'analyse d'impact sur la vie privée (PIA) (également appelée appréciation de l'impact sur la vie privée) et d'analyse d'impact sur la protection des données (DPIA) permettent d'analyser la manière dont les incidents et les événements pourraient avoir un impact sur la vie privée d'une personne, et d'identifier et de quantifier les aptitudes nécessaires à leur gestion. Le processus PIA/DPIA consiste à évaluer une proposition afin d'identifier les effets possibles sur la vie privée et les données personnelles d'une personne.

Les analyses PIA et DPIA permettent aux organisations d'identifier, d'évaluer et de traiter les risques pour la vie privée associés aux activités de traitement des données. Elles sont particulièrement importantes au moment de l'introduction d'un nouveau processus, système ou technologie de traitement des données. Les analyses PIA et DPIA font partie intégrante de l'adoption d'une approche de confidentialité intrinsèque.

Les DPIA aident également les organisations à satisfaire aux exigences des organismes de réglementation en matière de protection des données (par exemple, le Règlement général sur la protection des données (RGPD) de l'Union européenne) et à démontrer que les mesures appropriées ont été prises pour assurer cette conformité.

Le processus consiste plus spécifiquement à:

- analyser les conséquences potentielles d'une violation de la vie privée pour une personne physique (étude des risques de base);
- prendre en compte le fait qu'un traitement donné d'informations personnelles présente ou non un risque élevé en cas d'incident de confidentialité;
- effectuer une analyse approfondie des risques dans le cadre du traitement des données permettant d'identifier une personne.

Une PIA/DPIA peut être entreprise à l'aide de questionnaires, d'entretiens, d'ateliers structurés ou d'une combinaison de ces trois éléments, en s'appuyant sur les recommandations du Groupe de travail Article 29 et sur plusieurs modèles développés, par exemple, par l'ICO (Royaume-Uni), la CNIL (France) ou la NOREA (Pays-Bas).

B.5.11.2 Utilisation

Une PIA/DPIA est utilisée pour déterminer les conséquences de risques élevés sur les processus et les ressources associées (par exemple, les personnes, l'équipement et les technologies de l'information), afin de limiter les effets négatifs potentiels du traitement de l'information pour la vie privée des personnes.

Elle peut également être utilisée dans le cadre de l'analyse des conséquences, pour la prise en compte des conséquences du traitement de l'information d'une manière plus générale.

B.5.11.3 Entrées

Les entrées sont les suivantes:

- des informations concernant les objectifs, l'orientation stratégique, l'environnement, les actifs et les interdépendances de l'organisation;
- une appréciation des priorités d'après la précédente étude des risques de base;
- les caractéristiques des activités et opérations de l'organisation lors du traitement d'informations personnelles, y compris les processus, les ressources, les relations avec les autres organisations, les chaînes logistiques, les conventions d'externalisation et les différentes parties prenantes;

- des informations permettant d'apprécier les conséquences financières, légales et opérationnelles d'une fuite ou d'une perte d'informations personnelles sensibles (et plus particulièrement d'informations personnelles hautement sensibles);
- un questionnaire préparé ou tout autre moyen de rassembler des informations;
- les résultats des autres appréciations du risque et des analyses d'incidents critiques concernant les conséquences d'incidents pertinents (en particulier une fuite de données ou une perte de données, ainsi que tout autre incident impliquant la sécurité de l'information qui peut affecter le traitement prévu des données);
- la liste des personnes appartenant aux services pertinents de l'organisation et/ou des différentes parties prenantes à contacter.

B.5.11.4 Résultats

Les résultats comprennent:

- les documents qui décrivent les informations collectées comme entrées;
- une liste des processus d'informations critiques et des interdépendances associées, par ordre de priorité;
- un ensemble de scénarios présentant un risque élevé dans le cadre du traitement escompté des données à caractère personnel;
- les impacts documentés d'une fuite ou d'une perte d'informations personnelles sur une personne physique;
- les informations concernant les ressources et activités nécessaires pour limiter les conséquences potentielles sur les personnes concernées;
- la liste des produits et services concernés de l'organisation, par ordre de priorité;
- une appréciation des impacts dans le temps et de moyens de ne pas garantir la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité des données personnelles (à haut risque), ainsi que des conséquences pour les personnes concernées;
- les durées d'interruption observées pour prendre des mesures de confinement et/ou de récupération des informations, et pour soumettre une déclaration aux autorités compétentes et, dans certains cas, à la ou aux personne(s) concernée(s).

B.5.11.5 Avantages et limites

Les avantages des méthodes PIA/DPIA incluent ce qui suit:

- une compréhension approfondie des processus critiques qui traitent des informations personnelles (sensibles) au sein de l'organisation ou en son nom;
- une appréciation de la mise en œuvre des principes de la confidentialité intrinsèque et par défaut;
- les informations nécessaires pour planifier la réponse d'une organisation en cas d'incident impliquant des données personnelles;
- la compréhension des principales ressources exigées en cas de fuite ou de perte de données personnelles;
- l'opportunité de redéfinir et revoir le traitement opérationnel des données personnelles par une organisation;
- dans le cas d'une obligation légale (par exemple, Règlement général européen sur la protection des données), une documentation visant à informer les autorités nationales avant le début d'une activité de traitement de données personnelles présentant un risque élevé.

Les limites incluent ce qui suit.

- Le calcul de la gravité potentielle d'un risque pour la vie privée d'une personne peut être simpliste ou sous-estimé pendant la phase initiale (étude des impacts sur la vie privée).

- La PIA/DPIA s'appuie sur les connaissances et les perceptions des participants qui remplissent les questionnaires, ou qui assistent aux entretiens ou ateliers.
- La dynamique de groupe et la pression des délais peut avoir un impact négatif sur l'analyse exhaustive d'un processus critique.
- Le niveau de compréhension adéquat des opérations et activités de l'organisation peut être difficile à obtenir lors du traitement de données personnelles.

B.5.11.6 Documents de référence

[57] UE: *Règlement général sur la protection des données* (Journal officiel de l'Union européenne, 4 mai 2016)

[58] ICO (Royaume-Uni): *Data protection impact assessments*

[59] CNIL (FR), *Privacy Impact Assessment (PIA)*

B.6 Techniques d'analyse des dépendances et des interactions

B.6.1 Cartographie causale

B.6.1.1 Vue d'ensemble

La cartographie causale capture les perceptions individuelles sous la forme de chaînes d'arguments dans un graphe orienté destiné à être examiné et analysé. Les événements, les causes et les conséquences peuvent être représentés sur la carte.

Habituellement, les cartes sont développées dans des ateliers où les participants provenant de différentes disciplines se voient attribuer les tâches de recueillir les informations, de les structurer et de les analyser. Les perceptions sont enrichies d'informations provenant de documents, si nécessaire. Les entrées peuvent être collectées à l'aide de différents outils allant des notes adhésives aux logiciels spécialisés d'aide à la prise de décision de groupe. Le dernier cas permet d'entrer directement les problèmes, ce qui peut représenter un moyen de travail hautement productif. Il convient que les outils choisis permettent de collecter les problèmes de manière anonyme afin de pouvoir créer un environnement ouvert et non conflictuel permettant de favoriser la discussion ciblée sur les relations de causalité.

D'une manière générale, le processus commence en générant des contributions qui ont un impact ou qui provoquent des événements liés au problème à l'étude. Elles sont ensuite regroupées selon leur contenu, puis explorées de manière à fournir une couverture complète.

Les participants examinent ensuite la manière dont chacun des événements pourrait avoir un impact sur les autres. Cela permet de relier les événements discrets entre eux pour former des parcours de raisonnement basés sur la causalité dans la carte. Le processus vise à favoriser le partage de connaissances concernant les événements incertains et à provoquer d'autres contributions par le biais du processus explicatif mis en place, ce qui est nécessaire pour construire les chaînes d'arguments qui décrivent comment un événement en affecte un autre. Il existe des règles claires concernant la collecte des nœuds qui représentent les événements et les relations, afin de garantir une modélisation fiable et complète.

Après l'élaboration du réseau d'événements dans le but de former une carte complète, il peut être analysé afin de déterminer les propriétés qui peuvent être utiles au management du risque: par exemple, pour définir les nœuds centraux qui correspondent aux événements dont la survenue est centrale et qui peuvent avoir des effets systémiques considérables; ou pour déterminer les boucles de rétroaction qui peuvent provoquer des comportements dynamiques et destructeurs.

B.6.1.2 Utilisation

La cartographie causale identifie les liens et les interactions entre les risques et les thèmes au sein d'une liste de risques.

Elle peut être utilisée rétrospectivement pour développer la carte causale d'un événement qui s'est produit (par exemple, un projet qui dépasse les délais et les budgets impartis, une défaillance d'un système). Les cartes causales rétrospectives peuvent révéler des déclencheurs, des conséquences et des dynamiques. Elles permettent de déterminer la causalité, ce qui pourrait être essentiel pour les réclamations.

Les cartes causales peuvent également s'utiliser de manière proactive pour obtenir une appréciation complète et systémique des scénarios d'événements. La carte peut ensuite être examinée pour permettre l'approfondissement des connaissances et pour servir de base à l'analyse quantitative des risques afin d'aider à définir les priorités.

Elles permettent de mettre au point un programme de traitement intégré plutôt que de prendre chaque risque en compte séparément.

Des ateliers d'analyse causale peuvent avoir lieu à intervalle régulier pour que la nature dynamique des risques soit appréciée et traitée de manière appropriée.

B.6.1.3 Entrées

Les données permettant d'orienter le développement des cartes causales peuvent provenir de différentes sources comme les entretiens individuels, où les cartes produites donnent une représentation circonstanciée de ce qui s'est produit ou pourrait se produire. Les données peuvent aussi être tirées de la documentation (rapports, documents constitutifs d'une réclamation, etc.). Ces données peuvent être exploitées directement ou être utilisées pour orienter le processus d'analyse des chaînes d'arguments liées aux événements par les participants à un atelier.

B.6.1.4 Résultats

Les résultats sont les suivants:

- les cartes causales qui fournissent une représentation graphique des événements liés au risque et des relations systémiques entre ces événements;
- les résultats d'une analyse des cartes causales utilisées pour identifier les groupes d'événements émergents, les événements critiques du fait de leur position centrale, les boucles de rétroaction, etc.;
- un document qui traduit les cartes en texte, qui rapporte les résultats clés et qui explique le choix des participants et du processus utilisé pour développer les cartes.

Il convient que les résultats fournissent des informations pertinentes pour les décisions relatives au management du risque, ainsi qu'un journal d'audit du processus utilisé pour générer ces informations.

B.6.1.5 Avantages et limites

Les avantages des cartes causales incluent ce qui suit.

- Les risques pertinents pour le problème considéré sont pris en compte selon les perspectives multiples des participants.
- La nature divergente et ouverte du processus permet d'explorer le risque en réduisant les chances de négliger des événements ou des relations critiques.
- Le processus permet de capturer efficacement les interactions entre les événements et de comprendre leurs relations.
- Le processus de détermination du réseau d'événements qui forme la carte peut construire le langage et la compréhension partagés qui sont essentiels à une gestion efficace du risque.

Les limites incluent ce qui suit.

- Le processus de cartographie n'est pas facile à apprendre, car il demande non seulement un savoir-faire en matière de cartographie, mais aussi l'aptitude à diriger des groupes tout en travaillant avec l'outil de cartographie;
- Les cartes sont de nature qualitative et lorsqu'une quantification est exigée, il est nécessaire que les cartes soient utilisées comme une entrée dans d'autres modèles appropriés.
- Le contenu de la carte est déterminé par les sources et il est donc essentiel de choisir soigneusement les participants, sans quoi des domaines cruciaux peuvent être oubliés.

B.6.1.6 Documents de référence

- [60] BRYSON, J. M., ACKERMANN, F., EDEN, C., & FINN, C. *Visible thinking unlocking causal mapping for practical business results*
- [61] ACKERMANN, F, HOWICK, S, QUIGLEY, J, WALLS, L, HOUGHTON, T. *Systemic risk elicitation: Using causal maps to engage stakeholders and build a comprehensive view of risks*

B.6.2 Analyse d'impacts croisés

B.6.2.1 Vue d'ensemble

L'analyse d'impacts croisés est le nom générique donné à une famille de techniques conçues pour évaluer les variations de la probabilité d'un ensemble d'événements donné, après la survenue de l'un d'entre eux.

L'analyse d'impacts croisés consiste à construire une matrice pour montrer l'interdépendance des différents événements. Les lignes donnent la liste de l'ensemble des événements ou des tendances qui pourraient se produire et les colonnes donnent les événements ou les tendances qui seraient potentiellement affectés par les événements des lignes. Ensuite, il est exigé que les experts estiment:

- la probabilité de chaque événement (indépendamment des autres) à un horizon temporel donné;
- la probabilité conditionnelle de chaque événement si chacun des autres événements se produit, c'est-à-dire que pour la paire d'événements i/j , les experts estiment
 - $P(i/j)$ – la probabilité de i si j se produit,
 - $P(i/\text{non } j)$ – la probabilité de i si j ne se produit pas.

Ces éléments sont entrés dans un ordinateur en vue de leur analyse.

Il existe plusieurs méthodes différentes de calcul des probabilités d'un événement en tenant compte de tous les autres événements. Quelle que soit la méthode utilisée, la procédure habituelle consiste à réaliser une simulation de Monte-Carlo où le modèle informatique choisit systématiquement des ensembles d'événements cohérents et répète l'opération un certain nombre de fois. À mesure que le nombre de répétitions augmente, une nouvelle probabilité a posteriori de survenue de chaque événement est générée.

Une analyse de sensibilité est réalisée en choisissant une estimation de la probabilité initiale ou une estimation de la probabilité conditionnelle pour laquelle il existe une incertitude. Ce jugement est modifié et la matrice est exécutée à nouveau.

B.6.2.2 Utilisation

L'analyse d'impacts croisés est utilisée pour les études de prévision et comme technique analytique pour prévoir comment différents facteurs influencent les décisions futures. Elle peut être combinée avec l'analyse de scénario (B.2.5) pour décider lesquels des scénarios produits sont les plus probables. Elle peut être utilisée lorsque les risques d'interaction sont multiples, par exemple, pour les projets complexes, ou pour gérer les risques pour la sécurité.

L'horizon temporel de l'analyse d'impacts croisés s'étend généralement du moyen au long terme; il peut s'étaler du présent à cinq ans ou jusqu'à 50 ans dans l'avenir. Il convient de mentionner l'horizon temporel de manière explicite.

La matrice des événements et leurs interdépendances peuvent être utiles pour les décideurs en tant que contexte général, même sans la probabilité calculée à partir de l'analyse.

B.6.2.3 Entrées

Cette méthode exige le recours à des experts qui connaissent bien les problèmes étudiés, qui ont la capacité d'envisager les futurs développements et qui sont capables d'estimer les probabilités de manière réaliste.

Des logiciels de soutien sont nécessaires pour calculer les probabilités conditionnelles. Cette technique exige une connaissance spécifique de la modélisation si l'utilisateur veut comprendre comment les données sont traitées par les logiciels. Le développement et l'exploitation des modèles nécessitent habituellement beaucoup de temps (plusieurs mois).

B.6.2.4 Résultat

Le résultat est une liste de tous les futurs scénarios possibles avec leur interprétation. Chaque exploitation du modèle produit un historique synthétique de l'avenir, ou un scénario, qui comprend la survenue de certains événements et la non-survenue des autres. D'après le modèle d'impacts croisés appliqué, les scénarios produits visent à générer le scénario le plus probable ou un ensemble de scénarios cohérents du point de vue statistique, ou bien un ou plusieurs scénarios possibles parmi l'ensemble complet.

B.6.2.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse d'impacts croisés incluent ce qui suit.

- Il est relativement simple de mettre en œuvre un questionnaire d'impacts croisés.
- Elle attire l'attention sur les chaînes de causalité (*a* affecte *b*; *b* affecte *c*, etc.).
- Elle peut clarifier et améliorer les connaissances sur les futurs développements.
- Elle est utile pour explorer une hypothèse et pour trouver les points d'accord et de divergence.

Les limites incluent ce qui suit.

- Le nombre d'événements pouvant être inclus est limité en pratique par le logiciel et par le temps nécessaire aux experts. Le nombre d'exploitations exigé et le nombre de probabilités conditionnelles à estimer augmentent rapidement en même temps que le nombre d'événements inclus (par exemple, avec un ensemble de dix événements, un expert a besoin de fournir 90 jugements de probabilité conditionnelle).
- Une étude réaliste exige un travail considérable de la part des experts et le taux d'abandon observé est souvent élevé.
- Il est difficile de définir les événements à inclure et toute influence non comprise dans l'ensemble d'événements est entièrement exclue de l'étude; à l'inverse, l'inclusion d'événements non pertinents peut compliquer inutilement l'analyse finale des résultats.
- Comme pour d'autres techniques qui s'appuient sur le recours aux connaissances des experts, cette méthode repose sur le niveau d'expertise des personnes interrogées.

B.6.2.6 Document de référence

[62] CENTRE COMMUN DE RECHERCHE, COMMISSION EUROPÉENNE; *Cross impact analysis*; [consulté le 14 septembre 2017]

B.7 Techniques utilisées pour produire une mesure du risque

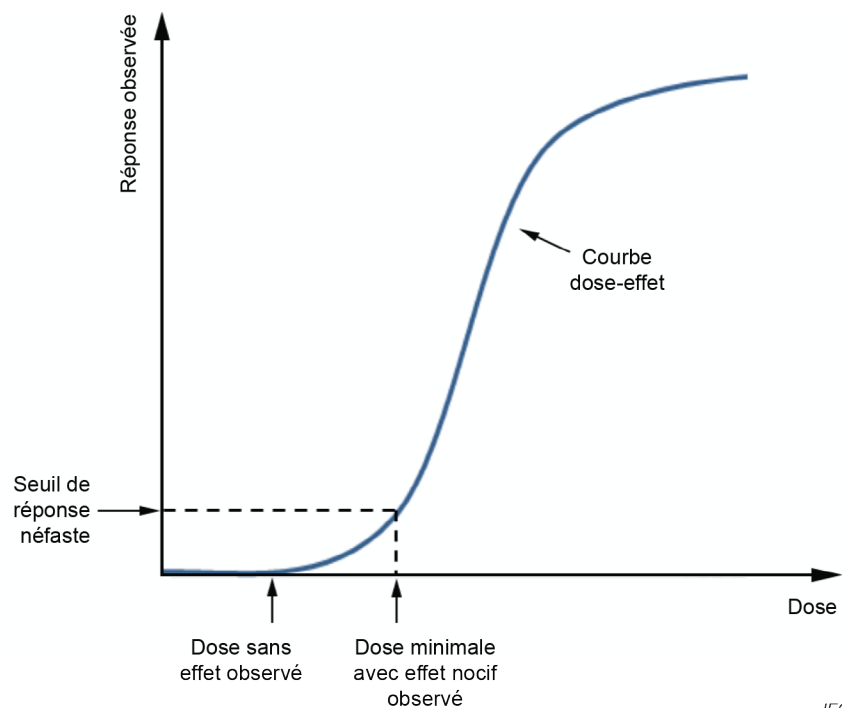
B.7.1 Appréciation du risque toxicologique

B.7.1.1 Vue d'ensemble

L'appréciation du risque dans le contexte des risques pour les végétaux, les animaux, les domaines écologiques et les êtres humains à la suite de leur exposition à une série de dangers environnementaux comprend les étapes suivantes.

Les risques pour les végétaux, les animaux, les domaines écologiques et les êtres humains peuvent être dus à des agents physiques, chimiques et/ou biologiques entraînant une altération de l'ADN, des malformations congénitales, une propagation de maladies, une contamination des chaînes alimentaires et une contamination de l'eau. L'appréciation de tels risques peut exiger l'application d'une diversité de techniques au cours des étapes suivantes.

- a) Formulation du problème: il s'agit de définir le contexte de l'appréciation en déterminant l'objectif de l'appréciation, l'étendue des populations ciblées et les types de dangers pris en compte.
- b) Identification et analyse des dangers: il s'agit d'identifier toutes les sources possibles de nuisance auxquelles est exposée la population ciblée dans le domaine d'application de l'étude et de comprendre la nature de ces dangers et comment ils interagissent avec la cible. Par exemple, en cas d'exposition d'une personne à un produit chimique, les conséquences envisagées peuvent inclure le risque de lésion de l'ADN, de cancer ou de malformations congénitales. En principe, l'identification et l'analyse des dangers reposent sur l'expertise et une revue de la documentation disponible.
- c) Evaluation dose-effet: les effets sur la population ciblée dépendent habituellement du niveau d'exposition ou de la dose. Des courbes dose-effet sont habituellement créées à partir d'essais sur les animaux, ou en s'appuyant sur des systèmes expérimentaux comme la culture des tissus. Pour les dangers liés aux micro-organismes ou aux espèces introduites, par exemple, la courbe dose-effet peut être déterminée à partir de données d'exploitation et d'études épidémiologiques. Le mécanisme produisant l'effet est déterminé dans la mesure du possible. La Figure B.8 montre une courbe dose-effet simplifiée.



IEC

Figure B.8 – Exemple de courbe dose-effet

- d) Appréciation de l'exposition: la dose qui sera reçue en pratique par la population ciblée est estimée. Cela implique souvent une analyse du cheminement, qui tient compte des différents vecteurs de propagation du danger, des barrières qui pourraient protéger la cible et des facteurs pouvant influencer le niveau d'exposition. Par exemple, en considérant un risque provenant d'une projection chimique: l'analyse d'exposition tiendrait compte de facteurs comme l'ampleur de la projection, les conditions de sa survenue, déterminerait si des personnes ou des animaux ont été directement exposés, la quantité de résidu déposée sur les végétaux, l'évolution dans l'environnement de tout pesticide infiltré dans le sol, s'il peut s'accumuler dans le corps des animaux, s'il se diffuse dans les nappes phréatiques, etc.
- e) Caractérisation du risque: les informations obtenues aux étapes précédentes sont rassemblées pour estimer la vraisemblance des conséquences particulières lorsque les effets de tous les vecteurs sont combinés.

B.7.1.2 Utilisation

Cette méthode fournit une mesure de l'amplitude du risque pour la santé humaine ou pour l'environnement. Elle est utilisée dans les énoncés des incidences environnementales pour indiquer si le risque lié à une exposition donnée est acceptable. Elle est également utilisée comme base pour définir les limites du risque acceptable.

B.7.1.3 Entrées

Les entrées sont les informations concernant les dangers toxicologiques, l'écosystème ciblé (y compris la santé humaine) et, dans la mesure du possible, les mécanismes impliqués. Habituellement, des mesures physiques sont exigées pour l'estimation des expositions.

B.7.1.4 Résultats

Le résultat est une estimation du risque pour la santé humaine ou écologique, exprimée de manière quantitative ou selon le mélange d'informations qualitatives et quantitatives fourni. Le résultat peut contenir les limites à utiliser pour définir les limites acceptables concernant le danger environnemental, comme la dose sans effet observé (voir Figure B.8).

B.7.1.5 Avantages et limites

Les avantages de cette forme d'analyse incluent ce qui suit.

- Elle permet de bien comprendre la nature du risque et les facteurs augmentant le risque.
- L'analyse des vecteurs est un outil très utile, adapté à tous les domaines de risque, pour identifier comment et dans quelle mesure il peut être possible d'améliorer les moyens de maîtrise ou d'en introduire de nouveaux.
- L'analyse peut servir de base à des règles simples concernant l'exposition acceptable, éligibles pour une application générale.

Les limites incluent ce qui suit.

- Elle exige d'obtenir les bonnes données, mais celles-ci ne sont peut-être pas immédiatement disponibles et d'importantes recherches pourraient donc être nécessaires.
- Son application nécessite un niveau élevé d'expertise.
- Un niveau élevé d'incertitude est souvent associé aux courbes dose-effet et aux modèles utilisés pour les créer.
- Lorsque la cible est écologique plutôt qu'humaine, et que le danger n'est pas chimique, les systèmes concernés pourraient être mal compris.

B.7.1.6 Documents de référence

[63] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, *Boîte à outils d'appréciation du risque pour la santé humaine: Dangers chimiques*

[64] US EPA, *Guidelines for ecological risk assessment*

B.7.2 Valeur en risque (VaR)

B.7.2.1 Vue d'ensemble

La valeur en risque (VaR) est couramment utilisée dans le secteur de la finance pour fournir un indicateur du montant de perte possible dans un portefeuille d'actifs financiers dans une période spécifique et jusqu'à un certain niveau de confiance. Les pertes supérieures à la VaR sont subies seulement avec une faible probabilité spécifiée.

La distribution des pertes et profits est habituellement déduite selon une méthode choisie parmi trois méthodes possibles.

- La simulation de Monte-Carlo (voir B.5.10) est utilisée pour modéliser les facteurs de variabilité dans le portefeuille et pour déduire la distribution. Cette approche est particulièrement utile, car elle fournit des informations sur les risques aux queues de distribution, et elle permet d'émettre des hypothèses de corrélations qui feront l'objet d'essais.
- Les modèles de simulation historique opèrent des projections en examinant rétrospectivement les résultats et les distributions observés. Cette approche est simple, mais elle peut être très trompeuse si les développements futurs ne correspondent pas à l'expérience passée, ce qui représente une limite importante en période de tensions sur le marché.
- Les méthodes analytiques s'appuient sur des hypothèses selon lesquelles les facteurs sous-jacents du marché ont une distribution normale multivariable. Avec cette méthode, les pertes et profits, qui ont aussi une distribution normale, peuvent être déterminés.

De nombreuses organisations financières utilisent une combinaison de ces approches.

Certains secteurs exigent que la VaR soit calculée sur la base de tensions sur le marché et de conditions de volatilité élevée, afin de fournir un ensemble crédible de résultats de type "scénario le plus défavorable".

Les mesures de la VaR sont couramment liées aux pertes à des horizons d'une journée et de deux semaines, avec des probabilités de pertes de 1 % et 5 %. Par convention, la VaR est exprimée sous la forme d'un nombre positif, bien qu'elle fasse référence à une perte.

Par exemple, la Figure B.9 montre la distribution de la valeur d'un portefeuille d'actifs financiers sur une période donnée, avec la distribution indiquée de manière cumulative. La Figure B.10 montre la zone où le portefeuille subit une perte, avec des valeurs de VaR de 1,6 million à 1 % (probabilité de perte de 0,01) et 0,28 million à 5 % (probabilité de perte de 0,05).

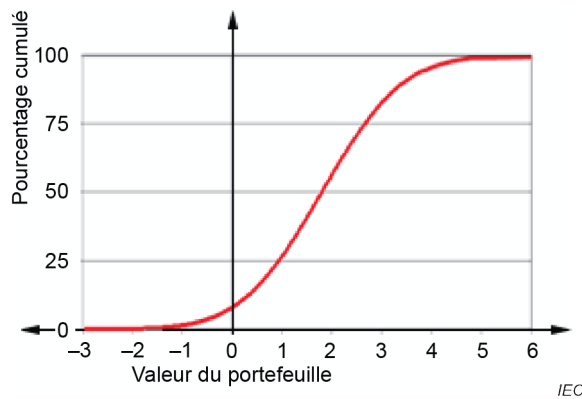


Figure B.9 – Distribution de la valeur

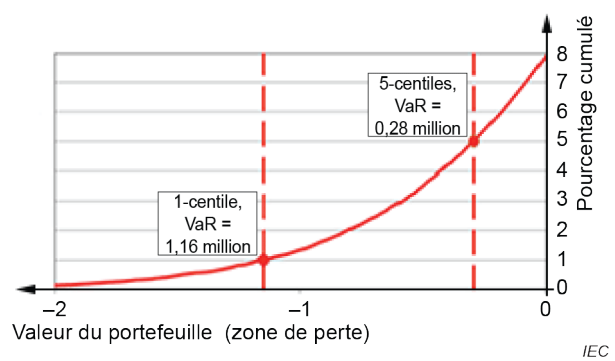


Figure B.10 – Détail des valeurs de la VaR dans la zone de pertes

B.7.2.2 Utilisation

La VaR se compose de trois paramètres: un montant des pertes possibles, la probabilité de ce montant de pertes et la période à laquelle la perte pourrait survenir. Elle est utilisée aux fins suivantes:

- pour fixer les limites à respecter par le gestionnaire de portefeuille concernant la perte maximale d'un portefeuille, en convenant d'une tolérance au risque ou d'un goût du risque;
- pour surveiller le "potentiel de risque" d'un portefeuille d'actifs à un moment donné, ainsi que les tendances concernant le "potentiel de risque";
- pour déterminer quelle part de capital économique, prudentiel ou réglementaire il peut être nécessaire de réserver pour un portefeuille spécifié;
- pour les déclarations aux organismes de réglementation.

B.7.2.3 Entrées

Les entrées sont les facteurs de marché qui affectent la valeur du portefeuille, par exemple les taux de change, les taux d'intérêt et les cours des actions. Habituellement, elles sont identifiées en décomposant les instruments du portefeuille en instruments plus simples liés directement aux facteurs de risque de base du marché, puis en interprétant les instruments réels comme des portefeuilles de ces instruments simplifiés. Les bailleurs de fonds et les organismes de réglementation peuvent exiger l'adoption de méthodes spécifiques pour apprécier les variables d'entrée.

B.7.2.4 Résultat

Sur une période donnée, la VaR calcule la perte potentielle d'un portefeuille d'actifs financiers pour une probabilité spécifiée. L'analyse peut également révéler la probabilité pour un montant de perte spécifié.

B.7.2.5 Avantages et limites

Les avantages incluent ce qui suit.

- Cette approche est directe et acceptée (ou exigée) par les organismes de réglementation financière.
- Elle peut être utilisée pour calculer les exigences relatives au capital économique, quotidiennement si nécessaire.

- Elle offre un moyen de fixer des limites pour un portefeuille boursier, conformément à un goût du risque convenu, et de surveiller les performances par rapport à ces limites, ce qui favorise la gouvernance.

Les limites incluent ce qui suit.

- La VaR est un indicateur et non une estimation spécifique de la perte possible. La perte maximale possible pour une situation donnée n'est pas clairement exprimée par un simple chiffre correspondant à la VaR avec une vraisemblance de perte de 1 % ou 5 % déduite de l'analyse de la VaR.
- La VaR présente plusieurs propriétés mathématiques non souhaitables. Par exemple, la VaR est une mesure de risque cohérente lorsqu'elle s'appuie sur une distribution elliptique comme la distribution normale habituelle, mais pas dans d'autres circonstances. A la queue de la distribution, les calculs sont souvent instables et peuvent s'appuyer sur des hypothèses spécifiques concernant les formes de distribution et les corrélations qui peuvent être difficiles à justifier, et qui pourraient ne pas perdurer en période de tensions sur le marché.
- Les modèles de simulation peuvent être complexes et prendre beaucoup de temps à appliquer.
- Les organisations peuvent avoir besoin de systèmes informatiques sophistiqués pour collecter les informations concernant le marché, sous une forme facile à utiliser et dans les délais, aux fins des calculs de la VaR.
- Il est nécessaire de prendre des valeurs d'hypothèse pour un ensemble de paramètres qui sont alors fixes dans le modèle. Si la situation varie et que ces hypothèses ne sont plus pertinentes, la méthode ne donnera pas de résultats raisonnables. Par conséquent, ce modèle de risque ne peut pas être utilisé en conditions d'instabilité.

B.7.2.6 Documents de référence

- [65] CHANCE, D., BROOKS, R. (2010). *An introduction to derivatives and risk management*
- [66] THOMAS J. and PEARSON Neil D. Value at risk. *Financial Analysts Journal* 2000 **56**, 47-67

B.7.3 Valeur en risque conditionnelle (CVaR) ou "expected shortfall" (ES)

B.7.3.1 Vue d'ensemble

La valeur en risque conditionnelle (CVaR), également appelée "expected shortfall" (ES), est une mesure de la perte attendue d'un portefeuille financier dans la tranche de a % des scénarios les plus défavorables. Cette mesure est très semblable à la VaR, mais est plus sensible à la forme de la queue inférieure (perte) de la distribution de valeur du portefeuille. La $CVaR(a)$ est la perte attendue selon les pertes qui ne surviennent que dans un certain pourcentage des cas. Par exemple, sur la Figure B.10, lorsque a vaut 5, alors la $CVaR(5)$ est la valeur attendue des pertes représentées par la courbe, à gauche de la ligne verticale qui traverse le repère des 5 %, c'est-à-dire la moyenne de toutes les pertes supérieures à 0,28 million.

B.7.3.2 Utilisation

Les techniques de calcul de la CVaR ont été appliquées à la mesure des risques de crédits, ce qui donne aux prêteurs un aperçu des variations du risque extrême dans tous les secteurs depuis le début de la crise financière. Figure B.11 montre le mieux la différence entre la CVaR et la VaR pour un portefeuille dans une situation de risque.

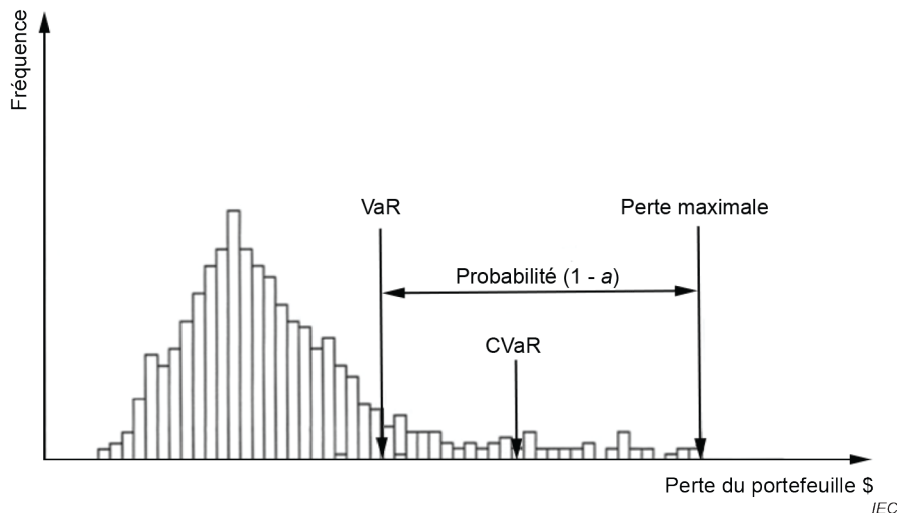


Figure B.11 – VaR et CVaR pour un portefeuille présentant une perte possible

B.7.3.3 Entrées et résultats

Voir la description de la valeur en risque (VaR) en B.7.2.

B.7.3.4 Avantages et limites

Les avantages incluent ce qui suit.

- La CVaR est plus sensible à la forme de la queue de distribution que la VaR.
- La CVaR évite certaines limites mathématiques inhérentes à la VaR.
- La CVaR est une mesure plus conservatrice que la VaR, car elle met l'accent sur les résultats à l'origine des plus grandes pertes.

Les limites incluent ce qui suit.

- La CVaR est un indicateur de perte potentielle, et non une estimation de la perte maximale possible.
- Comme pour la VaR, la CVaR est sensible aux hypothèses fondamentales concernant la volatilité de la valeur des actifs.
- La CVaR s'appuie sur des mathématiques complexes et exige une grande variété d'hypothèses.

B.7.3.5 Documents de référence

[67] CHOUDHRY, M. *An introduction to Value at Risk*

[68] *Value at Risk*. New York University. [consulté le 14 septembre 2017]. Disponible à l'adresse:
<http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/VAR.pdf>

B.8 Techniques d'évaluation de l'importance d'un risque

B.8.1 Généralités

Les techniques traitées dans l'Article B.8 sont utilisées au sein d'un processus qui implique de décider si un risque doit être traité et de quelle manière le traiter. Certaines peuvent être utilisées pour décider si un risque particulier est tolérable ou acceptable, d'autres pour indiquer l'importance relative d'un risque ou pour classer les risques par ordre de priorité.

B.8.2 Critères ALARP et SFAIRP

B.8.2.1 Vue d'ensemble

ALARP et SFAIRP sont des acronymes qui contiennent le principe du "raisonnablement possible". Ils représentent les critères selon lesquels l'essai d'acceptabilité ou de tolérabilité d'un risque repose sur le fait qu'il soit possible, de manière raisonnable, d'agir pour réduire encore le risque. Le critère ALARP exige généralement que le niveau de risque soit réduit à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (*as low as reasonably practicable*). Le critère SFAIRP exige généralement que la sécurité soit garantie dans la mesure où cela est raisonnablement possible (*so far as is reasonably practicable*). Le terme "raisonnablement possible" a été défini par la législation ou par la jurisprudence dans certains pays.

Les critères SFAIRP et ALARP visent à obtenir le même résultat, bien qu'ils divergent sur le point sémantique. ALARP garantit la sécurité en rendant le risque aussi faible que raisonnablement possible, tandis que SFAIRP ne fait aucune référence au niveau de risque. SFAIRP est habituellement interprété comme un critère permettant d'apprécier les moyens de maîtrise afin de déterminer si des traitements supplémentaires sont possibles; puis, lorsqu'ils sont possibles, s'ils sont réalisables. ALARP et SFAIRP font la part des choses pour arrêter les traitements du risque sur la base de coûts vraiment disproportionnés par rapport aux avantages gagnés, mais la mesure de cette possibilité dépend de la juridiction compétente. Par exemple, dans certaines juridictions, les études coûts-bénéfices (voir B.9.2) peuvent être utilisées pour étayer l'argument selon lequel le critère ALARP ou SFAIRP a été atteint.

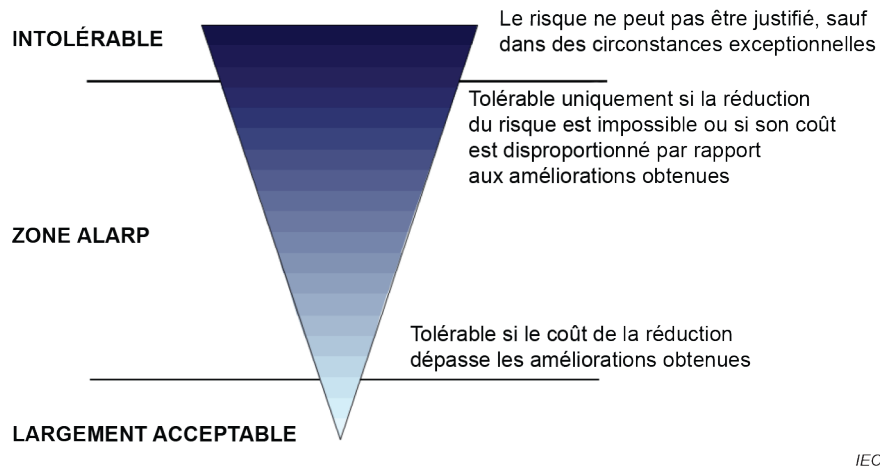
Le concept du critère ALARP, exprimé à l'origine par le Health and Safety Executive, au Royaume-Uni, est décrit à la Figure B.12. Dans certaines juridictions, des niveaux de risque quantifiés sont placés sur les limites entre les zones "intolérable", "ALARP" et "largement acceptable".

B.8.2.2 Utilisation

Les critères ALARP et SFAIRP sont utilisés pour décider si un risque nécessite d'être traité. Ils sont le plus souvent utilisés pour les risques liés à la sécurité et sont utilisés par les législateurs dans certaines juridictions.

Le modèle ALARP peut être utilisé pour classer les risques dans l'une des trois catégories suivantes:

- une catégorie de risque intolérable où le risque ne peut pas être justifié, sauf dans des circonstances exceptionnelles;
- une catégorie de risque largement acceptable où le risque est si faible qu'une réduction supplémentaire du risque peut ne pas être envisagée (mais pourrait être mise en œuvre si elle était réalisable et raisonnable);
- une zone intermédiaire entre ces limites (la zone ALARP) où il convient de mettre en œuvre une réduction supplémentaire du risque si cela est raisonnablement possible.



IEC

Figure B.12 – Diagramme ALARP

B.8.2.3 Entrées

Informations concernant:

- la source de risque et le risque associé;
- les critères relatifs aux limites de la zone ALARP;
- les moyens de maîtrise en place et les autres moyens de maîtrise possibles;
- les conséquences potentielles;
- la vraisemblance de ces conséquences;
- le coût des traitements possibles.

B.8.2.4 Résultat

Le résultat est une décision sur le fait qu'un traitement soit exigé et le traitement à appliquer.

B.8.2.5 Avantages et limites

Les avantages des critères ALARP/SFAIRP incluent ce qui suit.

- Ils fixent une norme commune de précautions, selon la jurisprudence et la législation, qui appuie le principe d'équité au sens où chaque individu a droit au même niveau de protection contre les risques, jugé par la loi, par opposition à une variable jugée tolérable ou acceptable par son organisation.
- Ils viennent à l'appui du principe d'utilité, car il convient que la réduction du risque n'exige pas davantage d'efforts que ce qui est raisonnablement possible.
- Ils permettent de fixer des objectifs de manière non prescriptive.
- Ils soutiennent l'amélioration continue vers l'objectif de la réduction des risques.
- Ils offrent une méthodologie transparente et objective pour examiner et définir les risques acceptables ou tolérables par le biais d'une concertation des parties prenantes.

Les limites incluent ce qui suit.

- L'interprétation du critère ALARP ou SFAIRP peut être difficile, car elle exige que les organisations comprennent le contexte législatif du raisonnablement possible et qu'elles exercent leur jugement vis-à-vis de ce contexte.
- L'application du critère ALARP ou SFAIRP aux nouvelles technologies peut être problématique, car les risques et les traitements possibles pourraient ne pas être connus ou bien compris.

- Les critères ALARP et SFAIRP fixent une norme commune de précautions que les organisations modestes peuvent ne pas pouvoir se permettre financièrement; ce qui peut les conduire à prendre des risques ou à cesser une activité.

B.8.2.6 Documents de référence

- [69] HSE, 2010a, *HID'S Approach To 'As Low As Reasonably Practicable' (ALARP) Decisions*
- [70] HSE, 2010b, *Guidance on (ALARP) decisions in control of major accident hazards (COMAH)*
- [71] HS, *Principles and guidelines to assist HSE in its judgments that duty-holders have reduced risk as low as reasonably practicable*

B.8.3 Diagrammes fréquence-nombre (F-N)

B.8.3.1 Vue d'ensemble

Un diagramme F-N est un type particulier de matrice conséquence/vraisemblance quantitative (B.10.3). Dans cette application, l'axe X représente le nombre cumulé de décès et l'axe Y la fréquence à laquelle ils se produisent. Les deux échelles sont logarithmiques pour s'adapter aux données usuelles. Les critères de risque sont généralement représentés sous forme de droites sur le graphique; plus la pente de la droite est importante, plus un nombre élevé de décès est évité par rapport à un nombre plus faible.

B.8.3.2 Utilisation

Les diagrammes F-N sont utilisés soit en tant qu'archives des résultats des incidents ayant impliqué la perte d'une vie humaine, soit pour afficher les résultats d'une analyse quantitative du risque de perte de vie par rapport à des critères d'acceptabilité prédéfinis.

La Figure B.13 montre deux exemples de critères désignés A et A-1, et B et B-1. Ils font la distinction entre une zone intolérable (au-dessus de A ou B), une zone largement acceptable (au-dessous de A-1 et B-1) et une zone entre les lignes où les risques sont acceptables s'ils sont aussi faibles que raisonnablement possible (ALARP) B.8.2). Les critères B présentent à la fois une pente plus importante (c'est-à-dire une tolérance plus faible aux décès multiples) et des limites globalement plus conservatrices. Six points se trouvent également sur la ligne C. Ils représentent les résultats d'une analyse quantitative du niveau de risque à comparer aux critères.

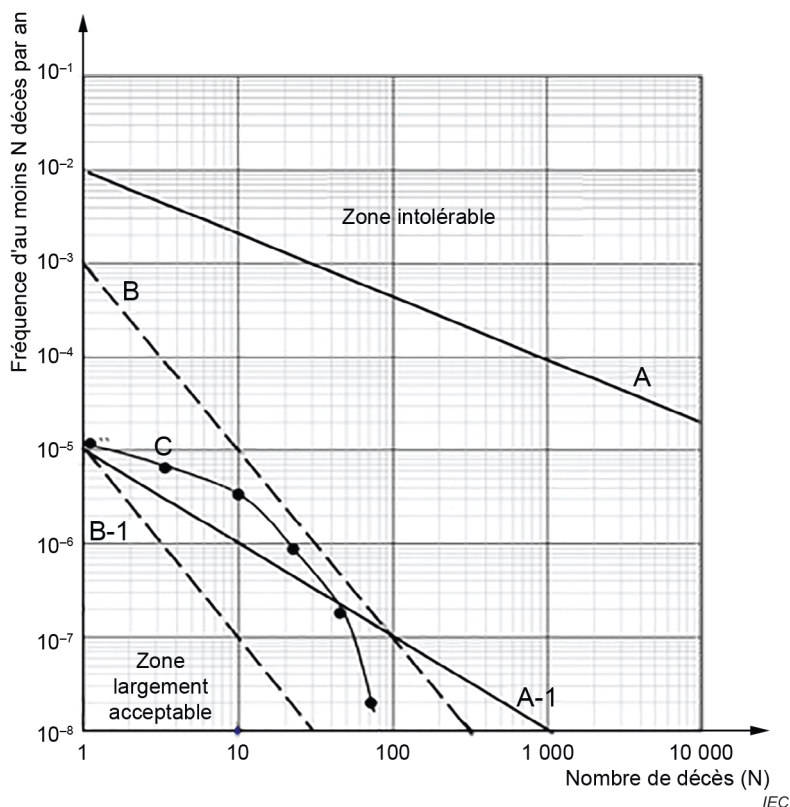


Figure B.13 – Exemple de diagramme F-N

L'application la plus courante est la représentation du risque sociétal provenant des sites de dangers majeurs suggérés, aux fins de l'aménagement du territoire ou d'autres évaluations de sécurité semblables.

NOTE Le risque sociétal fait référence à des préoccupations sociétales dues à la survenance de plusieurs décès au cours d'un même événement.

B.8.3.3 Entrées

Les données d'incidents ou les résultats de l'analyse quantitative du risque, qui permettent de prévoir la probabilité des décès.

B.8.3.4 Résultat

Une représentation graphique des données par rapport aux critères prédéfinis.

B.8.3.5 Avantages et limites

Les avantages des diagrammes F-N incluent ce qui suit.

- Ils offrent un résultat facile à comprendre sur lequel les décisions peuvent s'appuyer;
- L'analyse quantitative nécessaire pour développer un graphique F/N permet de bien comprendre le risque, ses causes et ses conséquences.

Les limites incluent ce qui suit.

- Les calculs permettant de produire les graphiques sont souvent complexes et comprennent de nombreuses incertitudes.
- Une analyse complète exige que tous les scénarios d'accidents majeurs possibles soient analysés. Cela demande beaucoup de temps et exige un degré élevé d'expertise.

- Les diagrammes F-N ne pouvant pas être comparés facilement entre eux afin de réaliser un classement (par exemple, pour décider quel développement représente le risque sociétal le plus élevé).

B.8.3.6 Documents de référence

[72] Understanding and using F-N Diagrams, *Annex in Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria*

[73] EVANS, A. *Transport fatal accidents and FN-curves*

B.8.4 Diagrammes de Pareto

B.8.4.1 Vue d'ensemble

Un diagramme de Pareto (voir Figure B.14) est un outil permettant de choisir un nombre limité de tâches qui produiront un effet global significatif. Il utilise le principe de Pareto (également connu sous le nom de loi des 80/20) qui correspond à l'idée que 80 % des problèmes sont produits par 20 % des causes et qu'en faisant 20 % du travail, 80 % des bénéfices peuvent être générés

La création d'un diagramme de Pareto pour le choix des causes à traiter comprend les étapes suivantes:

- identifier les problèmes et en dresser une liste;
- identifier la cause de chaque problème;
- regrouper les problèmes selon leur cause commune;
- additionner les scores pour chaque groupe;
- dessiner un diagramme en colonnes qui représente les causes, en faisant apparaître en premier celles qui ont le score le plus élevé.

Le principe de Pareto s'applique au nombre de problèmes et ne tient pas compte de leur importance. C'est-à-dire que des problèmes ayant de graves conséquences peuvent ne pas être associés aux causes les plus courantes de problèmes moins graves. Pour compenser, une pondération peut être apportée en affectant un score aux problèmes en fonction de leurs conséquences. Une analyse de Pareto est une approche ascendante et peut fournir des résultats quantitatifs. Bien que l'application de cette technique ne nécessite aucun outil sophistiqué, ni aucune formation ou compétence particulière, une certaine expérience est très utile pour éviter les limites et les erreurs courantes.

NOTE Les chiffres de 80 % et 20 % sont donnés à titre d'illustration: le principe de Pareto représente le manque de symétrie qui apparaît souvent entre le travail fourni et les résultats obtenus. Par exemple, 13 % du travail pourraient générer 87 % du rendement. Ou 70 % des problèmes pourraient être résolus en traitant 30 % des causes.

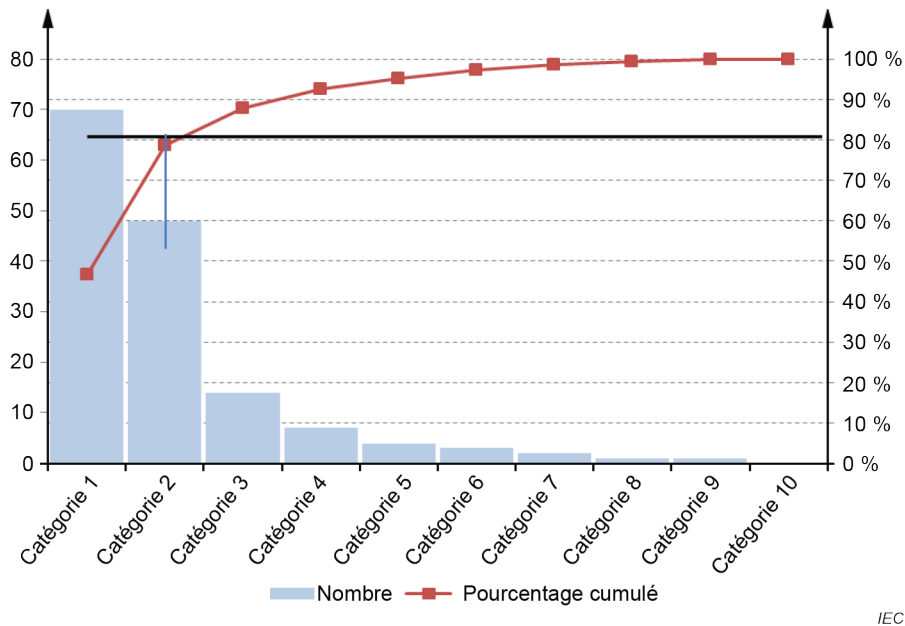


Figure B.14 – Exemple de diagramme de Pareto

B.8.4.2 Utilisation

L'analyse de Pareto est utile au niveau opérationnel, lorsque de nombreux plans d'action sont en concurrence. Elle peut s'appliquer lorsqu'une forme de hiérarchisation est nécessaire. Par exemple, elle peut être utilisée pour aider à décider quelles causes sont les plus importantes à traiter ou quels traitements du risque sont les plus avantageux.

La représentation habituelle d'une analyse de Pareto est un diagramme en barres, où l'axe horizontal représente les catégories considérées (par exemple, les types de matériaux, les dimensions, les codes de rejet, les centres de traitement), plutôt qu'une échelle continue (par exemple, de 0 à 100). Les catégories sont souvent les "défauts", les sources de défauts, ou les entrées dans un processus. L'axe vertical représente un type de comptage ou de fréquence (par exemple, faits, incidents, pièces, temps). Une courbe des pourcentages cumulés est ensuite tracée.

Les catégories à gauche de l'endroit où le cumul des pourcentages croise le repère des 80 % sont celles qui sont traitées.

B.8.4.3 Entrées

Données à analyser, par exemple, les données liées aux réussites et aux échecs passés, ainsi qu'à leurs causes.

B.8.4.4 Résultats

Le résultat est un diagramme de Pareto qui démontre quelles catégories sont les plus significatives, de manière à pouvoir concentrer les efforts sur les zones où les améliorations seront les plus grandes. Un diagramme de Pareto peut aider à déterminer visuellement quelles catégories sont les "quelques éléments essentiels" et lesquelles sont les "nombreux éléments sans importance". Bien que l'analyse soit quantitative, le résultat est une catégorisation des problèmes, des causes, etc. par ordre d'importance.

Si la première analyse contient de nombreux problèmes peu importants ou rares, ils peuvent être regroupés dans la catégorie "autres". Ce groupe apparaît en dernier sur le diagramme de Pareto (même s'il ne s'agit pas de la barre la plus courte). La courbe des contributions en pourcentage cumulé (la somme consécutive des contributions de chaque catégorie sous la forme d'une fraction du total) peut également y figurer.

B.8.4.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse de Pareto incluent ce qui suit.

- L'analyse de Pareto permet d'examiner les causes communes des risques individuels, ce qui servira de base à l'élaboration d'un plan de traitement.
- Elle fournit un résultat graphique qui indique clairement où les gains peuvent être les plus importants.
- Le temps et les efforts nécessaires pour obtenir des résultats sont probablement modérés à faibles.

Les limites incluent ce qui suit.

- Les coûts ou les difficultés relatives liés au traitement de chaque cause sous-jacente ne sont pas pris en compte.
- Il est nécessaire que les données applicables à la situation analysée soient disponibles.
- Il est nécessaire que les données puissent se diviser en catégories et correspondre à la loi des 80/20 pour que la méthode soit valable.
- Il est difficile de construire des importances relatives lorsque les données sont inadéquates.
- Généralement, seules les données historiques sont prises en compte et aucun changement potentiel n'est envisagé.

B.8.4.6 Documents de référence

[74] *Pareto Chart, Excel Easy*

[75] *Pareto Chart*

B.8.5 Maintenance basée sur la fiabilité (MBF)

B.8.5.1 Vue d'ensemble

La maintenance basée sur la fiabilité (MBF) est une technique d'appréciation basée sur les risques utilisée pour identifier les règles et les tâches de maintenance appropriées pour un système et ses composants, afin d'atteindre de manière efficace et efficiente le niveau de sécurité, de disponibilité et d'économie exigé pour le fonctionnement de tous les types d'équipements. Elle comprend toutes les étapes du processus d'appréciation du risque, y compris l'identification du risque, l'analyse du risque et l'évaluation du risque.

La procédure de base d'un programme MBF est la suivante:

- initiation et planification;
- analyse de défaillance fonctionnelle;
- choix de la tâche de maintenance;
- mise en œuvre;
- amélioration continue.

Dans le cadre de la MBF, l'analyse fonctionnelle est le plus souvent réalisée selon la méthode AMDEC (analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité, B.2.3) en mettant l'accent sur les situations où les défaillances potentielles peuvent être éliminées ou réduites en fréquence et/ou en conséquences par le biais de tâches de maintenance. Les conséquences sont établies en définissant les effets de la défaillance, puis le risque est analysé en estimant la fréquence de chaque mode de défaillance lorsque la maintenance est omise. Une matrice de risque (B.10.3) permet d'établir des catégories de niveaux de risque.

Les règles de gestion des défaillances appropriées sont alors choisies pour chaque mode de défaillance. Habituellement, le choix des tâches les plus appropriées suit une logique de normalisée.

Un plan est préparé pour mettre en œuvre les tâches de maintenance recommandées. Il définit en détail les tâches, les intervalles entre les tâches, les procédures impliquées, les pièces détachées exigées et les autres ressources nécessaires pour effectuer les tâches de maintenance. Le Tableau B.6 donne un exemple.

L'ensemble du processus MBF est abondamment documenté pour référence et revue ultérieures. La collecte de données liées à la défaillance et à la maintenance permet de surveiller les résultats et la mise en œuvre des améliorations.

B.8.5.2 Utilisation

La MBF est utilisée pour permettre de réaliser une maintenance efficace et effective. Elle est généralement appliquée pendant la phase de conception et de développement d'un système, puis mise en œuvre pendant l'exploitation et la maintenance. Il est plus avantageux de cibler l'analyse sur les cas où les défaillances auraient de graves effets au niveau de la sécurité, de l'environnement, de l'économie ou de l'exploitation.

La MBF est commencée lorsqu'une analyse de criticité de haut niveau a identifié un système et un équipement exigeant des tâches de maintenance à déterminer. Elle peut avoir lieu soit pendant la phase initiale de la conception, soit plus tard, pendant l'utilisation, si elle n'a pas eu lieu de manière structurée avant ou si la maintenance a besoin d'être revue ou améliorée.

B.8.5.3 Entrée

La réussite de l'application de la MBF nécessite une bonne compréhension des équipements et de la structure, de l'environnement d'exploitation et des systèmes, des sous-systèmes et éléments de l'équipement associés, ainsi que des défaillances possibles et leurs conséquences.

Ce processus exige une équipe disposant des connaissances et de l'expérience nécessaires, sous le contrôle d'un animateur formé et expérimenté.

B.8.5.4 Résultat

Le résultat final du processus est un avis relatif à la nécessité de réaliser une tâche de maintenance ou une autre action telle que des modifications fonctionnelles.

Les résultats sont des règles de gestion des défaillances appropriées pour chaque mode de défaillance, par exemple la surveillance des conditions, la recherche de défaillance, la planification de la restauration, le remplacement à intervalle fixe (selon le calendrier, le nombre d'heures d'utilisation ou le nombre de cycles, etc.) ou l'exploitation jusqu'à la défaillance. La reprise de conception, la modification des procédures d'exploitation ou de maintenance ou une formation supplémentaire sont d'autres actions possibles pouvant découler de l'analyse. Le Tableau B.6 donne un exemple.

Un plan est préparé pour la mise en œuvre des tâches de maintenance recommandées. Il décrit les tâches, les intervalles entre les tâches, les procédures concernées, les pièces détachées exigées et les autres ressources nécessaires pour effectuer les tâches de maintenance.

Tableau B.6 – Exemple de choix des tâches avec la MBF

| Défaillance fonctionnelle: protection du compresseur et mise à l'arrêt défaillantes | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|--|
| Equipement | Mode de défaillance | Intervalle de défaillance (heures) | Détection de la défaillance | Causes | Type de tâche | Description de la tâche | Intervalle entre les tâches en heures |
| Transmetteur de pression – pression d'huile dans le compresseur | Sortie inexacte | 80 000 | Evidente | Hors tolérance | Conditionnée par le temps | Vérifier l'étalonnage | 16 000 |
| Capteur de vibrations – vibration du compresseur | Ne fournit pas la sortie correcte | 40 000 | Evidente | Défaillance du détecteur/ capteur | Conditionnée par l'état | Vérifier l'exactitude en cas de variation des vibrations | En permanence sur le panneau de commande |
| Contacteur de niveau – faible niveau d'huile dans le compresseur | Ne change pas d'état à la demande | 80 000 | Cachée | Défaillance du détecteur/ capteur | Recherche de défaillance | Essai fonctionnel sur le contacteur de niveau | 8 000 |
| Capteur et câblage – température de l'huile du compresseur | Sortie élevée | 160 000 | Evidente | Circuit ouvert | Conditionnée par le temps | Rechercher les raccords desserrés | 8 000 |
| Transmetteur de niveau – réservoir de glycol | Sortie inexacte | 40 000 | Cachée | Hors tolérance | Conditionnée par le temps | Etalonner le transmetteur après avoir vérifié le niveau de remplissage de glycol | 8 000 |
| Transmetteur de pression – pression d'aspiration/de refoulement du compresseur | Sortie inexacte | 80 000 | Evidente | Hors tolérance | Conditionnée par le temps | Vérifier l'étalonnage | 16 000 |
| Capteur et câblage – température d'aspiration/de refoulement du compresseur | Sortie élevée | 160 000 | Evidente | Circuit ouvert | Conditionnée par le temps | Rechercher les raccords desserrés | 8 000 |
| Capteur de vibrations – vibration du refroidisseur | Ne fournit pas la sortie correcte | 40 000 | Evidente | Défaillance du détecteur/ capteur | Conditionnée par l'état | Vérifier l'exactitude en cas de variation des vibrations | En permanence sur le panneau de commande |

B.8.5.5 Avantages et limites

Les avantages incluent ce qui suit.

- Ce processus permet d'utiliser l'ampleur du risque pour prendre des décisions concernant la maintenance.
- Les tâches sont choisies suivant leur applicabilité, c'est-à-dire si elles permettront d'obtenir le résultat escompté.
- Les tâches sont évaluées pour s'assurer que leur application sera rentable et utile.
- Les actions de maintenance inutiles sont éliminées et leur élimination est correctement justifiée.
- Le processus et les décisions sont documentés pour revue ultérieure.

Les limites incluent ce qui suit.

- Pour être efficace, le processus prend généralement du temps.
- Le processus repose grandement sur la présence d'un animateur formé et expérimenté.
- L'équipe doit avoir toute l'expertise nécessaire et l'expérience de la maintenance pour que ses décisions soient valables.
- Il peut y avoir une tendance à prendre des raccourcis pendant le processus, ce qui affecte la validité des décisions prises.
- Les tâches potentielles à l'étude seront limitées par les connaissances relatives aux techniques disponibles, par exemple celles qui concernent la surveillance des conditions.

B.8.5.6 Document de référence

[76] IEC 60300-3-11, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-11: Guide d'application – Maintenance basée sur la fiabilité*

B.8.6 Indices de risque

B.8.6.1 Vue d'ensemble

Les indices de risque fournissent une mesure des risques déduite à l'aide d'une approche de pointage et d'échelles ordinales. Les facteurs réputés comme ayant de l'influence sur l'ampleur du risque sont identifiés, notés et combinés à l'aide d'une équation qui vise à représenter leurs relations. Dans les formules les plus simples, les facteurs qui augmentent le niveau de risque sont multipliés entre eux et divisés par ceux qui réduisent le niveau de risque. Dans la mesure du possible, les échelles et la manière dont elles sont combinées s'appuient sur des preuves et sur des données.

Il est important d'assurer la cohérence et la relativité internes des pointages de chaque partie du système.

Les formules mathématiques ne peuvent pas être appliquées aux échelles ordinales. Par conséquent, après le développement du système de pointage, il convient de valider le modèle en l'appliquant à un système qui est bien compris.

Le développement d'un indice est une approche itérative, et il convient d'essayer plusieurs systèmes différents de combinaisons des pointages pour valider la méthode.

B.8.6.2 Utilisation

En substance, les indices de risque représentent une approche qualitative ou semi-quantitative du classement et de la comparaison des risques. Ils peuvent être utilisés pour les risques internes et externes d'un domaine d'application limité ou étendu. Ils sont souvent spécifiques à un type de risque particulier et utilisés pour comparer différentes situations où ce risque survient. Les nombres sont utilisés simplement pour tenir compte de la

manipulation. Dans les cas où le modèle ou le système sous-jacent n'est pas bien connu ou ne peut pas être représenté, il est habituellement plus avantageux d'utiliser une approche plus ouvertement qualitative qui n'implique pas un niveau d'exactitude qui est impossible avec les échelles ordinales.

EXEMPLE 1 Un indice de risque de maladie est utilisé pour estimer le risque pour un individu de contracter une maladie particulière en combinant les notes de plusieurs facteurs de risque connus identifiés dans les études épidémiologiques, en tenant compte de la force de l'association entre le facteur de risque et la maladie.

EXEMPLE 2 Les cotes de danger de feux de brousse comparent le risque d'incendie sur plusieurs jours en tenant compte des conditions prévues comme l'humidité, la force du vent, la sécheresse du paysage et la charge de combustible.

EXEMPLE 3 Les prêteurs calculent les risques de crédits pour leurs clients en utilisant des indices qui représentent les composants de leur stabilité financière.

B.8.6.3 Entrées

Les entrées sont déduites de l'analyse du système. Cela exige une bonne compréhension de toutes les sources du risque et de la manière dont les conséquences peuvent survenir.

Les outils comme l'AAP (B.5.7), l'AAE (B.5.6) et l'ACM (B.9.5) peuvent être utilisés, ainsi que les données historiques pour venir à l'appui du développement des indices de risques.

Etant donné que le choix de l'échelle ordinale utilisée est, dans une certaine mesure, arbitraire, des données suffisantes sont nécessaires à la validation de l'indice.

B.8.6.4 Résultat

Le résultat est une série de nombres (indices composites) liée à un risque particulier et pouvant être comparée aux indices développés pour d'autres risques à l'intérieur du même système.

B.8.6.5 Avantages et limites

Les avantages des indices de risques incluent ce qui suit.

- Ils peuvent être un outil de pointage simple et facile à utiliser pour le classement des différents risques.
- Ils permettent d'intégrer plusieurs facteurs ayant un impact sur le niveau de risque dans un seul pointage numérique.

Les limites incluent ce qui suit.

- Si le processus (modèle) et son résultat ne sont pas correctement validés, les résultats peuvent être dépourvus de sens.
- Le fait que le résultat soit une valeur numérique du risque peut prêter à interprétation et utilisation erronées, dans l'analyse coût/bénéfice subséquente, par exemple.
- Dans la plupart des cas, lorsque les indices sont utilisés, aucun modèle fondamental ne permet de déterminer si les échelles individuelles des facteurs de risque sont linéaires, logarithmiques ou autre, ni de déterminer la manière dont il convient de combiner ces facteurs. Dans ces situations, le classement est naturellement peu fiable et la validation par rapport à des données réelles est particulièrement importante.
- Il est souvent difficile d'obtenir des preuves suffisantes pour valider les échelles.
- L'utilisation de valeurs numériques peut entraîner un niveau d'exactitude qui ne peut pas être justifié.

B.8.6.6 Document de référence

[77] MACKENZIE Cameron A. *Summarizing risk using risk measures and risk indices*

B.9 Techniques de choix parmi des options

B.9.1 Généralités

Les techniques de l'Article B.9 sont utilisées pour aider les décideurs à choisir parmi des options qui impliquent de multiples risques et où il est nécessaire de faire des compromis. Ces techniques aident à fournir une base logique pour justifier les raisons d'une décision. Puisque chaque méthode correspond à une philosophie différente, il peut être utile d'explorer les options en utilisant plus d'une méthode.

Avec l'analyse par arbre de décision et l'analyse coût/bénéfice, les décisions s'appuient sur les pertes ou les gains financiers attendus. L'analyse à critères multiples permet de pondérer différents critères et de faire des compromis. L'analyse de scénario (voir B.2.5) peut également être utilisée pour explorer les conséquences possibles si différentes options sont suivies. Cette méthode est particulièrement utile en présence d'un niveau élevé d'incertitude. Les problèmes décisionnels peuvent également être modélisés à l'aide de diagrammes d'influence (B.5.3).

B.9.2 Analyse coût/bénéfice (ACB)

B.9.2.1 Vue d'ensemble

L'analyse coût/bénéfice met en balance les coûts totaux attendus des options en des termes monétaires et leurs bénéfices totaux attendus, afin de choisir l'option la plus rentable ou la plus avantageuse. Elle peut être qualitative ou quantitative, ou bien combiner des éléments quantitatifs et qualitatifs, et elle peut s'appliquer à tous les niveaux d'une organisation.

Les parties prenantes qui pourraient subir des coûts ou recevoir des bénéfices (tangibles ou intangibles) sont identifiées avec les bénéfices et les coûts directs et indirects qui les concernent.

NOTE Les coûts directs sont les coûts directement associés à l'action. Les coûts indirects sont les coûts supplémentaires d'opportunité, tels que la perte d'utilité, le risque de gaspiller du temps de gestion ou le détournement du capital loin d'autres investissements potentiels.

Dans l'ACB quantitative, une valeur monétaire est assignée à tous les coûts et bénéfices tangibles et intangibles. Il arrive souvent que le coût soit engagé sur une courte période (par exemple, un an) et que les bénéfices affluent pendant une longue période. Il est alors nécessaire d'actualiser les coûts et les bénéfices pour les ramener en "monnaie courante" de manière à pouvoir obtenir une comparaison valide entre les coûts et les bénéfices. La valeur actualisée de tous les coûts (VAC) et la valeur actualisée de tous les bénéfices (VAB) vis-à-vis de toutes les parties prenantes peuvent être combinées pour générer une valeur actualisée nette (VAN): $VAN = VAB - VAC$.

Une VAN positive indique que l'action pourrait être une option convenable. L'option qui présente la VAN la plus élevée n'est pas nécessairement l'option la plus avantageuse. Le rapport le plus élevé entre la VAN et la valeur actualisée des coûts est un indicateur utile pour connaître l'option la plus avantageuse. Il convient de combiner un choix basé sur l'ACB avec un choix stratégique entre des options satisfaisantes qui pourraient offrir individuellement des coûts de traitement inférieurs, des bénéfices plus importants ou un résultat plus avantageux (meilleur rendement du capital investi). Un tel choix stratégique peut être exigé au niveau des politiques et au niveau opérationnel.

L'incertitude liée aux coûts et aux bénéfices peut être prise en compte en calculant la moyenne pondérée par la probabilité des bénéfices nets (la valeur actualisée nette attendue ou VANA). Dans ce calcul, il est admis par hypothèse que l'utilisateur n'a pas de préférence entre une faible récompense avec une forte probabilité de récurrence et une récompense élevée avec une faible probabilité de récurrence, dès lors que les deux options ont la même valeur attendue. Les calculs de la VAN peuvent également être combinés avec des arbres de décision (B.9.3) pour modéliser l'incertitude dans les décisions à venir et leurs résultats. Dans certains cas, il est possible de reporter certains coûts jusqu'à ce que de meilleures

informations soient disponibles concernant les coûts et les bénéfices. Cette possibilité a une valeur qui peut être estimée à l'aide de l'analyse par les options réelles.

L'ACB qualitative ne tente pas d'attribuer une valeur pécuniaire aux coûts irrécupérables, et plutôt que de fournir une seule valeur cumulant les coûts et les bénéfices, elle examine d'un point de vue qualitatif les relations et les compromis qui existent entre les différents coûts et bénéfices.

Une technique connexe est une analyse coût-efficacité. Elle prend pour hypothèse qu'un avantage ou un résultat donné est souhaité, et qu'il existe plusieurs moyens alternatifs pour l'obtenir. L'analyse ne s'intéresse qu'aux coûts et cherche à identifier la manière la moins onéreuse d'obtenir l'avantage envisagé.

Bien que les valeurs intangibles soient souvent traitées en leur attribuant une valeur pécuniaire, un facteur de pondération peut également être appliqué aux autres coûts, par exemple pour donner plus de poids aux avantages de sécurité qu'aux avantages financiers.

Une variante de l'ACB – analyse coût/bénéfice/risque (ACBR) – met davantage l'accent sur les risques. Contrairement à l'ACB qui utilise des distributions ponctuelles ou binaires, dans le modèle ACBR la valeur du risque peut également prendre en compte des distributions de probabilités complètes couvrant les conséquences négatives et positives [78].

B.9.2.2 Utilisation

L'ACB est utilisée au niveau opérationnel et au niveau stratégique pour aider à choisir entre plusieurs options. Dans la plupart des cas, ces options contiendront une incertitude. La variabilité de la valeur actualisée attendue des coûts et des bénéfices, ainsi que la possibilité d'événements imprévus nécessitent d'être prises en compte dans les calculs. Une analyse de sensibilité ou une analyse de Monte-Carlo (B.5.10) peut être utilisée à cet effet.

L'ACB peut aussi être utilisée pour la prise de décision concernant les risques et leur traitement, par exemple:

- comme entrée pour décider s'il convient de traiter ou non un risque;
- pour choisir les meilleures formes de traitement du risque;
- pour comparer les options de traitement à long terme et à court terme.

B.9.2.3 Entrées

Les entrées comprennent des informations sur les coûts et bénéfices vis-à-vis des parties prenantes correspondantes et sur les incertitudes liées à ces coûts et bénéfices. Il convient de tenir compte des coûts récupérables et irrécupérables et des bénéfices. Les coûts comprennent toutes les ressources qui pourraient être consommées, y compris les coûts directs et indirects, les frais généraux attribuables et les impacts négatifs. Les bénéfices comprennent les impacts positifs et l'évitement des coûts (qui peut résulter du traitement du risque). Les coûts irrécupérables déjà engagés ne font pas partie de cette analyse. Une simple analyse par feuille de calcul ou une discussion qualitative ne demande pas d'effort substantiel, mais l'application aux problèmes les plus complexes implique de passer beaucoup de temps à collecter les données nécessaires et à estimer une valeur pécuniaire convenable pour les valeurs intangibles.

B.9.2.4 Résultat

Le résultat d'une analyse coût-bénéfice est une information sur les coûts et bénéfices relatifs en fonction de différentes options ou actions. Il peut être exprimé de manière quantitative par une valeur actualisée nette (VAN), par le meilleur rapport (VAN/VAC) ou par le rapport de la valeur actualisée des bénéfices à la valeur actualisée des coûts.

Le résultat qualitatif se traduit généralement par un tableau de comparaison des coûts et des bénéfices de différents types tenant particulièrement compte des compromis.

B.9.2.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse ACB incluent ce qui suit.

- L'ACB permet de comparer les coûts et les bénéfices selon une métrique simple (généralement numéraire).
- Elle offre la transparence des informations utilisées pour orienter les décisions.
- Elle encourage la collecte d'informations détaillées concernant tous les aspects possibles de la décision (ce qui peut être utile pour révéler les lacunes et pour transmettre les connaissances).

Les limites incluent ce qui suit.

- L'ACB exige une bonne compréhension des bénéfices probables, ce qui la rend mal adaptée aux situations nouvelles ayant un niveau élevé d'incertitude;
- L'analyse coût/bénéfice quantitative peut produire des chiffres significativement différents en fonction des hypothèses et des méthodes utilisées pour attribuer des valeurs économiques à des avantages non économiques et intangibles.
- Pour certaines applications, il est difficile de définir un taux d'actualisation valide pour les coûts et bénéfices futurs.
- Les bénéfices dont profite une large population sont difficiles à estimer, notamment ceux liés au bien-être public qui ne fait pas l'objet d'échange sur les marchés. Toutefois, combinés à la "volonté de payer ou d'accepter", ces bénéfices externes ou sociétaux peuvent être pris en compte.
- Selon le taux d'actualisation choisi, la pratique de l'actualisation signifie que les bénéfices obtenus sur le long terme peuvent avoir une influence négligeable sur les décisions, ce qui décourage l'investissement à long terme.
- L'ACB traite mal l'incertitude concernant la temporalité de la survenue des coûts et des bénéfices ou la souplesse dans les prises de décision futures.

B.9.2.6 Documents de référence

[79] *The Green book, Appraisal and Evaluation in Central Government*

[80] ANDOSEH, S., et al. *The case for a real options approach to ex-ante cost-benefit analyses of agricultural research projects*

B.9.3 Analyse par arbre de décision

B.9.3.1 Vue d'ensemble

Un arbre de décision modélise les cheminements possibles qui suivent une décision initiale qui doit être prise (par exemple, suivre le Projet A ou le Projet B). À mesure du déroulement des deux projets hypothétiques, différents événements pourraient se produire et il sera nécessaire de prendre différentes décisions prévisibles. Ce processus est représenté dans une arborescence s'apparentant à un arbre d'événement. La probabilité des événements peut être estimée, ainsi que la valeur attendue ou l'utilité du résultat final de chaque cheminement.

Logiquement, les informations relatives au meilleur cheminement de décision sont celles qui produisent la meilleure valeur probable, calculée comme le produit de toutes les probabilités conditionnelles tout au long du cheminement et de la valeur du résultat.

B.9.3.2 Utilisation

L'arbre de décision peut être utilisé pour structurer et résoudre des problèmes décisionnels séquentiels, et il est particulièrement avantageux lorsque la complexité du problème croît. Il permet à une organisation de quantifier les résultats possibles des décisions, et aide donc les décideurs à choisir les meilleures actions lorsque les résultats sont incertains. L'affichage graphique peut également permettre de mieux transmettre les raisons justifiant des décisions.

Il est utilisé pour évaluer une décision suggérée, souvent à l'aide d'une estimation subjective des probabilités des événements, et aide les décideurs à dépasser les partis pris qui leur sont propres, concernant l'échec ou la réussite. Il peut être utilisé pour les problèmes à court, moyen et long terme, au niveau opérationnel ou stratégique.

B.9.3.3 Entrées

Le développement d'un arbre de décision exige un plan du projet avec des points de décision, des informations concernant les résultats possibles de ces décisions et concernant les éventuels événements qui pourraient affecter les décisions. Une expertise est nécessaire pour mettre l'arbre en place correctement, en particulier dans les situations complexes.

Selon la construction de l'arbre, des données quantitatives ou des informations suffisantes sont nécessaires pour justifier l'avis d'expert concernant les probabilités.

B.9.3.4 Résultats

Les résultats comprennent:

- une représentation graphique du problème décisionnel;
- un calcul de la valeur prévue pour chaque cheminement possible;
- une liste hiérarchisée des résultats possibles en fonction de la valeur attendue ou du cheminement recommandé à suivre.

B.9.3.5 Avantages et limites

Les avantages de l'analyse par arbre de décision incluent ce qui suit.

- Elle offre une représentation graphique claire des détails d'un problème décisionnel.
- L'exercice du développement de l'arbre de décision peut conduire à une meilleure connaissance du problème.
- Elle favorise la clarté de la réflexion et de la planification.
- Elle permet de calculer le meilleur cheminement pour résoudre une situation, ainsi que le résultat attendu.

Les limites incluent ce qui suit.

- Les arbres de décision de grande taille peuvent se révéler trop complexes et rendre de ce fait la communication difficile.
- On peut avoir tendance à simplifier exagérément la situation pour pouvoir la représenter dans une arborescence.
- Elle s'appuie sur des données historiques qui pourraient ne pas s'appliquer à la décision modélisée.
- Elle simplifie les résultats des problèmes décisionnels qui la discrétisent, ce qui élimine les valeurs extrêmes.

B.9.3.6 Document de référence

[81] KIRKWOOD Craig, *Decision Tree Primer*

B.9.4 Théorie des jeux

B.9.4.1 Vue d'ensemble

B.9.4.1.1 Généralités

La théorie des jeux est un moyen de modéliser les conséquences de différentes décisions possibles selon un certain nombre de situations futures possibles. Les situations futures peuvent être déterminées par un décideur différent (par exemple, un concurrent) ou par un événement externe comme l'échec ou la réussite d'une technologie ou d'un essai. Par hypothèse, la tâche consiste à déterminer le prix d'un produit en tenant compte des différentes décisions qui pourraient être prises par les différents décideurs (appelés joueurs) à différents moments. La rentabilité pour chaque joueur participant au jeu, par rapport à la période concernée, peut être calculée et la stratégie qui présente la récompense optimale pour chaque joueur peut être choisie. La théorie des jeux peut également être utilisée pour déterminer la valeur des informations concernant l'autre joueur ou les différents résultats possibles (par exemple, la réussite d'une technologie).

Il existe différents types de jeux, par exemple coopératifs/non coopératifs, symétriques/asymétriques, à somme nulle/à somme non nulle, simultanés/séquentiels, à information parfaite/à information imparfaite, les jeux combinatoires, les résultats stochastiques.

B.9.4.1.2 Communication et jeux coopératifs/non coopératifs

Le fait que la communication entre les joueurs soit possible, admise ou non est un facteur important. Un jeu est coopératif si les joueurs peuvent prendre des engagements à caractère obligatoire. Dans les jeux non coopératifs, cela n'est pas possible. Les jeux hybrides contiennent des éléments coopératifs et non coopératifs. Par exemple, les joueurs forment des coalitions dans un jeu coopératif, mais ils jouent de manière non coopérative.

L'exemple classique des jeux sans communication entre les joueurs est le "dilemme du prisonnier". Il montre que dans certains cas, le fait que chaque joueur agisse en vue d'améliorer son propre résultat sans se soucier de l'autre peut entraîner la situation la plus défavorable pour les deux. Ce type de jeu a été utilisé pour analyser les conflits et la coopération entre deux joueurs lorsque le manque de communication peut conduire à une situation instable, qui pourrait entraîner le résultat le plus défavorable possible pour les deux joueurs. Dans le jeu du dilemme du prisonnier, par hypothèse, deux personnes ont commis un crime ensemble. Elles sont séparées et ne peuvent pas communiquer. La police propose un marché. Si chaque prisonnier admet sa culpabilité et témoigne contre l'autre, il recevra une sentence amoindrie, mais l'autre prisonnier verra sa peine augmentée. Un prisonnier reçoit la peine maximale s'il refuse d'avouer et de témoigner, mais que l'autre accepte. Ainsi, pour améliorer leur situation, les deux sont tentés d'avouer et de témoigner, mais dans ce cas, les deux recevront la peine maximale. Leur meilleure stratégie consisterait à refuser le marché et ne rien avouer. Dans ce cas, ils recevraient tous les deux la peine minimale.

B.9.4.1.3 Jeux à somme nulle/à somme non nulle et symétriques/asymétriques

Dans un jeu à somme nulle, un joueur gagne ce que l'autre perd. Dans un jeu à somme non nulle, la somme des résultats peut varier en fonction des décisions. Par exemple, le fait de réduire les prix peut coûter davantage à un joueur qu'à l'autre, mais cela peut augmenter le volume du marché pour les deux.

B.9.4.1.4 Jeux simultanés/séquentiels

Dans certains jeux, le calcul concerne seulement une interaction entre les joueurs. Mais, dans les jeux séquentiels, les joueurs interagissent plusieurs fois et peuvent changer de stratégie d'une partie à l'autre.

Par exemple, des simulations ont été réalisées pour étudier les effets de la triche sur un marché. Chaque joueur a deux possibilités. Le fournisseur peut livrer ou ne pas livrer et le client peut payer ou ne pas payer. Parmi les quatre résultats possibles, le résultat normal avantage les deux joueurs (le fournisseur livre et le client paye). Le résultat où le fournisseur ne livre pas et où le client ne paye pas est une occasion manquée. Les deux dernières possibilités entraînent une perte pour le fournisseur (le client ne paye pas) ou pour le client (le fournisseur ne livre pas). La simulation a permis de soumettre à essai différentes stratégies comme le fait de toujours jouer honnêtement, le fait de toujours tricher ou le fait de tricher de manière aléatoire. La simulation a permis de déterminer que la stratégie optimale consistait à jouer honnêtement lors de la première interaction et à copier le comportement de l'autre joueur au tour suivant (jouer honnêtement ou tricher).

NOTE Dans la réalité, le fournisseur démasquerait probablement le client tricheur, et il arrêterait de jouer avec lui.

B.9.4.2 Utilisation

La théorie des jeux permet d'évaluer le risque dans les cas où le résultat d'un certain nombre de décisions dépend de l'action d'un autre joueur (par exemple, un concurrent) ou d'un certain nombre de résultats possibles (par exemple, si une nouvelle technologie fonctionnera ou pas). Les exemples suivants montrent les informations qui peuvent être obtenues grâce à l'analyse par la théorie des jeux.

Le Tableau B.7 montre une situation où une entreprise peut choisir entre trois technologies différentes. Mais les bénéfices dépendront de l'action d'un concurrent (action 1, 2 ou 3). L'action que le concurrent choisira est inconnue, mais les probabilités sont estimées selon les indications. Les bénéfices, en millions d'unités monétaires (UM), sont calculés dans le tableau.

Tableau B.7 – Exemple de matrice de jeu

| | Concurrent | | | Bénéfices attendus | Bénéfices garantis | Regret maximal |
|----------------------|------------|----------|----------|--------------------|--------------------|----------------|
| | Action 1 | Action 2 | Action 3 | | | |
| Probabilité | 0,4 | 0,5 | 0,1 | | | |
| Technologie 1 | 0,10 | 0,50 | 0,90 | 0,38 | 0,10 | 0,50 |
| Technologie 2 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,40 |
| Technologie 3 | 0,60 | 0,60 | 0,30 | 0,57 | 0,30 | 0,60 |

Les informations suivantes peuvent être extraites du tableau pour appuyer la décision.

Clairement, la technologie 3 est la meilleure, avec des bénéfices attendus de 0,57 million d'UM. Mais il convient de tenir compte de sa sensibilité à l'action du concurrent. La colonne des bénéfices garantis indique que pour une technologie donnée, les bénéfices seront indépendants de ce que fait le concurrent. Ici, la technologie 2 est la meilleure, avec des bénéfices garantis de 0,50 million d'UM. Il convient de se demander s'il est pertinent de choisir la technologie 3 pour gagner seulement 0,07 million d'UM en risquant de perdre 0,20 million d'UM.

Le regret maximal peut en outre être calculé, c'est-à-dire la différence entre les bénéfices obtenus en choisissant une technologie donnée et les bénéfices possibles en connaissant l'action du concurrent. Ce calcul donne les bénéfices pécuniaires dérivés d'une meilleure connaissance de la décision du concurrent. Cette meilleure connaissance peut être obtenue par le biais d'une négociation ou par d'autres moyens légaux. Dans cet exemple, la valeur du supplément d'informations est la plus grande pour la technologie 3.

B.9.4.3 Entrées

Pour que le jeu soit entièrement défini, les éléments suivants doivent être spécifiés comme entrées, au minimum:

- les joueurs ou les alternatives qui constituent le jeu;
- les informations et les actions disponibles pour chaque joueur à chaque point de décision.

B.9.4.4 Résultat

Le résultat est la récompense pour chaque option du jeu, généralement prise pour représenter l'utilité de chaque joueur. Souvent, dans les situations de modélisation, les récompenses représentent de l'argent, mais d'autres résultats sont possibles (par exemple, une part de marché ou le retard d'un projet)

B.9.4.5 Avantages et limites

Les avantages de la théorie des jeux incluent ce qui suit.

- Elle développe un cadre organisationnel permettant d'analyser la prise de décision lorsque plusieurs décisions sont possibles, mais que le résultat dépend de la décision d'un autre joueur ou du résultat d'un événement futur.
- Elle développe un cadre organisationnel permettant d'analyser la prise de décision dans les situations où l'interdépendance des décisions prises par différentes organisations est prise en compte.
- Elle donne un aperçu de plusieurs concepts moins connus survenant en cas de conflit d'intérêts; par exemple, elle décrit et explique les phénomènes du marchandage et de la formation de coalitions.
- Dans les jeux à somme nulle entre deux organisations au moins, la théorie des jeux expose les grandes lignes d'une technique quantitative scientifique qui peut être utilisée par les joueurs pour parvenir à une stratégie optimale.

Les limites incluent ce qui suit.

- Il est pris pour hypothèse que les joueurs ont connaissance de leurs propres récompenses et que les actions et récompenses des autres pourrait manquer de réalisme.
- Les techniques de résolution des jeux où les stratégies sont mixtes (en particulier pour une matrice contenant des récompenses élevées) sont très compliquées.
- Tous les problèmes liés à la concurrence ne peuvent pas être analysés à l'aide de la théorie des jeux.

B.9.4.6 Documents de référence

[82] MYERSON, ROGER B., *Game Theory: Analysis of Conflict*

[83] MARYNARD, SMITH JOHN, *Evolution and Theory of Games*

[84] ROSENHEAD, J. and MINGER, J. (Eds), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*

B.9.5 Analyse à critères multiples (ACM)

B.9.5.1 Vue d'ensemble

L'ACM utilise différents critères pour apprécier et comparer de manière transparente les performances globales d'un ensemble d'options. D'une manière générale, l'objectif est de produire un ordre de préférence pour un ensemble d'options. L'analyse implique l'élaboration d'une matrice d'options et de critères qui sont classés et agrégés pour fournir un pointage global pour chaque option. Ces techniques sont également connues sous le nom de prise de décision multiattribut (ou à attributs multiples) ou multiobjectif. Il existe de nombreuses variantes de cette technique, et de nombreuses applications logicielles à l'appui.

En règle générale, une personne ou un groupe de parties prenantes bien informées réalise le processus suivant:

- définition de l'objectif/des objectifs; détermination des attributs (critères ou mesures de performance fonctionnelle) liés à chaque objectif;
- structuration des attributs selon une hiérarchie des exigences nécessaires et souhaitées;
- détermination de l'importance de chaque critère et attribution des facteurs de pondération de chacun;
- obtention du consensus des parties prenantes concernant la hiérarchie pondérée;
- évaluation des alternatives concernant les critères (cela peut se représenter sous forme d'une matrice de pointages);
- combinaison de plusieurs pointages à attribut simple en un pointage global pondéré à attributs multiples;
- évaluation des résultats pour chaque option;
- appréciation de la fiabilité du classement des options en effectuant une revue de la sensibilité afin d'explorer l'impact d'une modification des pondérations de la hiérarchie des attributs.

Différentes méthodes permettent d'obtenir la pondération pouvant être appliquée à chaque critère et les différentes manières d'agréger les pointages relatifs aux critères pour chaque option en un seul pointage à attributs multiples. Par exemple, les pointages peuvent être agrégés par une somme pondérée ou un produit pondéré, ou en utilisant une méthode de hiérarchie multicritère (il s'agit d'une technique de stimulation en faveur des facteurs de pondération et des pointages, fondée sur des comparaisons par paires). Toutes ces méthodes prennent pour hypothèse que la préférence accordée à un critère ne dépend pas des valeurs des autres critères. Lorsque cette hypothèse n'est pas valide, différents modèles sont utilisés.

Dans la mesure où les pointages sont subjectifs, l'analyse de sensibilité permet d'examiner la mesure dans laquelle les facteurs de pondération et les pointages ont un effet sur les préférences globales accordées aux différentes options.

B.9.5.2 Utilisation

L'ACM peut être utilisée pour:

- comparer plusieurs options dans le cadre d'une première analyse pour déterminer les options préférentielles et inadéquates;
- comparer les options lorsque les critères sont multiples, et parfois en contradiction;
- parvenir à un consensus sur une décision lorsque les objectifs ou les valeurs des différentes parties prenantes sont en contradiction.

B.9.5.3 Entrées

Les entrées sont un ensemble d'options d'analyse et de critères, selon les objectifs, pouvant être utilisés pour apprécier les performances des options.

B.9.5.4 Résultats

Les résultats peuvent être les présentés dans:

- un classement ordonné des options préférentielles, des meilleures aux moins bonnes;
- une matrice où les axes représentent la pondération des critères et le pointage des critères pour chaque option.

La présentation des résultats dans une matrice permet d'éliminer les options qui ne répondent pas aux critères ayant le plus de poids ou à un critère nécessaire.

B.9.5.5 Avantages et limites

Les avantages de l'ACM incluent ce qui suit.

- Elle peut fournir une structure simple pour une prise de décision efficace et une présentation des hypothèses et des conclusions.
- Elle peut rendre plus gérables les problèmes décisionnels complexes qui ne peuvent pas faire l'objet d'une analyse coût/bénéfice.
- Elle peut envisager les problèmes de manière rationnelle lorsqu'il est nécessaire de faire des compromis.
- Elle peut aider à parvenir à un accord lorsque les parties prenantes ont des objectifs divergents, et de ce fait, des valeurs et des critères différents.

Les limites incluent ce qui suit.

- L'ACM peut être affectée par les partis pris et par un mauvais choix des critères de décision.
- Les algorithmes d'agrégation qui calculent les facteurs de pondération des critères à partir des préférences déclarées ou qui agrègent différents points de vue peuvent masquer le véritable fondement de la décision;
- Le système de pointage peut simplifier exagérément le problème décisionnel.

B.9.5.6 Documents de référence

- [85] EN 16271:2012, *Management par la valeur – Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel – Exigences pour l'expression et la validation du besoin à satisfaire dans le processus d'acquisition ou d'obtention d'un produit*

NOTE L'EN 16271:2012 présente les approches permettant de réconcilier les besoins contradictoires des parties prenantes, les méthodes qui peuvent être utilisées pour déduire les exigences en matière de performances fonctionnelles et des recommandations permettant de fixer la granularité de l'analyse à critères multiples avant de comparer les options.

- [86] DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, *Multi-criteria analysis: a manual* 2009
- [87] RABIHAH MHD.SUM (2001), *Risk Management Decision Making*
- [88] VELASQUEZ, M., HESTER, P. *An Analysis of Multi-criteria Decision Making Methods*

B.10 Techniques d'enregistrement et de consignation

B.10.1 Généralités

L'Article B.10 couvre les techniques utilisées pour rapporter et consigner les informations générales concernant les risques. Les exigences relatives aux rapports détaillés sont traitées en 6.6.

Une approche commune de la manière de rapporter et de consigner les informations concernant les risques consiste à entrer les informations de base concernant chaque risque dans un registre des risques, par exemple une feuille de calcul ou une base de données (voir B.10.2). Certains risques peuvent exiger une description plus complexe que ce qui entre dans un registre de risques classique. Par exemple, il se peut qu'il soit nécessaire qu'une description inclue plusieurs sources de risques menant à un seul événement, plusieurs résultats découlant d'un même événement ou d'une même source, de répercussions et de possibles défaillances des moyens de maîtrise. Le diagramme "nœud papillon" est un exemple d'outil pouvant être utilisé pour organiser et pour transmettre ce type d'informations (voir B.4.2).

Les informations concernant l'amplitude du risque peuvent aussi être rapportées de différentes manières. La méthode la plus courante utilise une matrice conséquence/vraisemblance (voir B.10.3). Comme la vraisemblance, la conséquence et le

niveau de risque indiqués par leur position dans la matrice, des informations supplémentaires comme la nature des moyens de maîtrise, la mesure dans laquelle les traitements ont été mis en œuvre, etc. peuvent être fournies par la taille des points qui marquent le risque ou leur couleur.

Dans la matrice conséquence/vraisemblance, il est exigé qu'un risque puisse être représenté par une seule paire conséquence/vraisemblance. Les risques, lorsque ce n'est pas le cas, peuvent parfois être représentés par une fonction de distribution de la probabilité ou par une fonction de distribution cumulative (voir B.10.4).

B.10.2 Registres des risques

B.10.2.1 Vue d'ensemble

Un registre des risques rassemble les informations concernant les risques afin d'informer les personnes exposées à ces risques et celles qui ont la responsabilité de leur gestion. Il peut s'agir d'un document papier ou d'une base de données, qui contient généralement:

- une brève description du risque (par exemple, un nom, les conséquences et la séquence d'événements qui mène aux conséquences, etc.);
- une déclaration concernant la vraisemblance que les conséquences surviennent;
- les sources ou les causes du risque;
- les actions actuelles visant à maîtriser le risque.

Les risques peuvent être classés en différentes catégories pour faciliter la création du rapport (B.2.2).

Les risques sont généralement répertoriés de manière individuelle comme des événements séparés, mais il convient de signaler les interdépendances.

En consignait les informations concernant les risques, il convient d'établir clairement la distinction entre les risques (les effets potentiels de ce qui pourrait se produire), les sources de risques (comment ou pourquoi cela pourrait se produire) et les moyens de maîtrise qui pourraient être défaillants. Il peut également être utile de mentionner les signes précurseurs indiquant que l'événement pourrait être imminent.

Souvent, les registres des risques contiennent également un classement d'importance du risque, une mention indiquant si un risque est réputé acceptable ou tolérable, ou si un traitement supplémentaire est nécessaire, ainsi que les raisons de cette décision. Si un classement d'importance est appliqué à un risque du fait de ses conséquences et de leur vraisemblance, il convient qu'il tienne compte de la possibilité de défaillance des moyens de maîtrise. Il convient de ne pas attribuer de niveau de risque à la défaillance d'un moyen de maîtrise comme s'il s'agissait d'un risque indépendant.

Les risques dont les conséquences sont positives peuvent être consignés dans le même document que ceux dont les conséquences sont négatives ou séparément. Les opportunités (c'est-à-dire les circonstances ou les idées qui pourraient être exploitées par opposition aux événements fortuits) sont généralement consignées séparément et analysées de manière à tenir compte des coûts, des avantages et de toute conséquence négative possible. Ce document peut parfois être appelé registre de la valeur et des opportunités.

B.10.2.2 Utilisation

Un registre des risques est utilisé pour consigner et pour tracer les informations concernant chaque risque et la manière dont il est contrôlé. Il peut être utilisé pour transmettre des informations concernant les risques pour les parties prenantes et pour mettre en évidence les risques particulièrement importants. Il peut être utilisé au niveau de l'organisation, du service, de l'opération ou du projet, où un grand nombre de risques, de moyens de maîtrise et de

traitements ont besoin d'être suivis. Les informations extraites d'un registre des risques peuvent être fusionnées pour fournir des informations à la haute direction.

Un registre des risques peut servir de base au suivi de la mise en œuvre des traitements suggérés, et peut donc contenir des informations concernant les traitements et la manière dont ils seront mis en œuvre, ou bien faire référence à d'autres documents ou bases de données qui contiennent ces informations. (Ces informations peuvent inclure les propriétaires de risques, les actions, les propriétaires des actions, les résumés des analyses de rentabilité des actions, les budgets et les délais, etc.). Une forme de registre des risques peut être exigée dans certaines situations.

B.10.2.3 Entrées

Les entrées d'un registre des risques sont généralement les résultats des techniques d'appréciation du risque décrites dans les Articles B.1 à B.4, complétés par l'historique des défaillances.

B.10.2.4 Résultats

Les résultats sont des archives d'informations et des rapports concernant les risques.

B.10.2.5 Avantages et limites

Les avantages des registres des risques incluent ce qui suit.

- Les informations concernant les risques sont rassemblées sous une forme qui permet d'identifier et de tracer les actions exigées.
- Les informations concernant les différents risques sont présentées dans un format comparable pouvant être utilisé pour indiquer les priorités et relativement facile à interroger.
- Habituellement, les personnes impliquées dans la construction d'un registre des risques sont nombreuses, ce qui permet une sensibilisation générale à la nécessité de gérer les risques.

Les limites incluent ce qui suit.

- Les risques collectés dans les registres des risques s'appuient habituellement sur des événements, ce qui peut compliquer la caractérisation exacte de certaines formes de risque (voir 4.2).
- L'apparente facilité d'utilisation peut rendre faussement confiant vis-à-vis des informations, car il peut être difficile de décrire les risques de manière cohérente et les confusions entre les sources de risques, les risques et les faiblesses des moyens de maîtrise du risque sont courantes.
- Les manières de décrire un risque sont nombreuses et la priorité allouée dépendra de la manière dont le risque est décrit et du niveau de désagrégation du problème.
- L'effort exigé pour maintenir un registre des risques à jour est considérable (par exemple, il convient d'intégrer tous les traitements suggérés à la liste des moyens de maîtrise en vigueur après leur mise en œuvre, d'ajouter continuellement les nouveaux risques et de supprimer ceux qui n'existent plus).
- Les risques sont habituellement collectés individuellement dans les registres des risques. Il peut donc être difficile de fusionner les informations pour développer un programme de traitement global.

B.10.2.6 Documents de référence

Aucun document de référence n'est disponible pour cette technique.

B.10.3 Matrice conséquence/vraisemblance (matrice de risque ou carte thermique)

B.10.3.1 Vue d'ensemble

La matrice conséquence/vraisemblance (également appelée "matrice de risque" ou "carte thermique") est une manière d'afficher les risques en fonction de leur conséquence et de leur vraisemblance, et de combiner ces caractéristiques afin d'afficher un classement d'importance du risque.

Des échelles de conséquence et de vraisemblance sur mesure sont définies pour les axes de la matrice. Les échelles peuvent contenir n'importe quel nombre de points (les échelles à trois, quatre ou cinq points sont les plus courantes) et elles peuvent être qualitatives, semi-quantitatives ou quantitatives. Si des descriptions numériques sont utilisées pour définir les graduations des échelles, il convient qu'elles soient cohérentes avec les données disponibles et que les unités soient données. D'une manière générale, pour être cohérent avec les données, chaque point des deux échelles nécessitera d'avoir un ordre d'amplitude supérieur au précédent.

L'échelle (ou les échelles) des conséquences peut (peuvent) représenter des conséquences positives ou négatives. Il convient de relier directement les échelles aux objectifs de l'organisation et de les étendre de la conséquence maximale crédible à la conséquence minimale considérée. Un exemple partiel pour les conséquences non souhaitables est représenté à la Figure B.15.

| Caractéristique assignée | Financière | Hygiène et sécurité | Environnement et communauté | Etc. |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---|------|
| a | Perte maximale crédible (\$) | Décès multiples | Important préjudice irréversible, outrage à la communauté | |
| b | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| c | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| d | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| e | Minimum considéré (\$) | Premiers secours exigés seulement | Dommages temporaires mineurs | |



IEC

Figure B.15 – Exemple partiel de tableau définissant les échelles de conséquences

NOTE L'utilisation d'exemples partiels empêche l'utilisation directe des exemples, afin d'insister sur le fait qu'il convient toujours de personnaliser les échelles.

Des catégories supplémentaires ou moins de catégories peuvent être utilisées, et les échelles peuvent contenir plus ou moins de cinq points, selon le contexte. La colonne de classement des conséquences peut contenir des mots, des chiffres ou des lettres.

Il convient que l'échelle de vraisemblance couvre la plage pertinente pour les données concernant le risque à évaluer. Un exemple partiel d'échelle de vraisemblance est représenté à la Figure B.16.

| Caractéristique assignée | Descripteur | Signification du descripteur |
|--------------------------|---|---|
| 5 | Probable | Attendu dans les prochaines semaines |
| 4 |  |  |
| 3 | | |
| 2 | | |
| 1 | Vague possibilité | Possible en théorie, mais très improbable |

IEC

Figure B.16 – Exemple partiel d'échelle de vraisemblance

L'échelle de classement de la vraisemblance peut contenir plus ou moins de cinq points et les rangs peuvent être donnés sous forme de mots, de chiffres ou de lettres.

Il convient d'adapter l'échelle de vraisemblance à la situation, et il peut être nécessaire qu'elle couvre une plage différente pour les conséquences positives et négatives. Si la conséquence la plus élevée est réputée tolérable selon une vraisemblance relativement faible, il convient que l'échelon le plus bas de l'échelle de vraisemblance représente une vraisemblance acceptable pour la conséquence ayant la définition la plus élevée (faute de quoi toutes les activités aux conséquences les plus élevées sont définies comme intolérables et ne peuvent pas devenir tolérables). Pour définir la vraisemblance tolérable d'un risque aux conséquences élevées seul, il convient de tenir compte du fait que plusieurs risques peuvent entraîner la même conséquence.

Une matrice est tracée, la conséquence et la vraisemblance étant placées sur leur axe respectif en respectant les échelles définies. Un classement de priorité peut être lié à chaque cellule. L'exemple présenté contient cinq rangs de priorité, indiqués ici par des chiffres romains. Les cases sont généralement associées à une couleur indiquant l'ampleur du risque. Les règles de décision (comme le niveau d'attention dans la gestion ou l'urgence de la réponse) peuvent être liées aux cellules de la matrice. Elles dépendront des définitions utilisées pour les échelles et de l'attitude de l'organisation face au risque. Il convient que la conception permette de fonder l'ordre de priorité d'un risque sur la mesure dans laquelle le risque mène à des résultats extérieurs aux seuils de performances définis par l'organisation pour ses objectifs.

La matrice peut être configurée pour donner une pondération supplémentaire aux conséquences (voir Figure B.17) ou à la vraisemblance, ou peut être symétrique, selon l'application.

| | | | | | | |
|----------------------------------|---|------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| ↑ Classement des conséquences | a | III | III | II | I | I |
| | b | IV | III | III | II | I |
| | c | V | IV | III | II | I |
| | d | V | V | IV | III | II |
| | e | V | V | IV | III | II |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | → Classement des vraisemblances | | | | |

IEC

Figure B.17 – Exemple de matrice conséquence-vraisemblance**B.10.3.2 Utilisation**

Une matrice conséquence/vraisemblance est utilisée pour évaluer et pour communiquer l'amplitude relative des risques en fonction de la paire conséquence/vraisemblance habituellement associée à un événement central.

Pour classer les risques, l'utilisateur recherche en premier lieu le descripteur de conséquence correspondant le mieux à la situation, puis définit la vraisemblance d'occurrence de ces conséquences. Un point est placé dans la case qui combine ces valeurs, puis le niveau de risque et la règle de décision associée sont annoncés en fonction de la matrice.

Les risques ayant des conséquences potentiellement élevées sont souvent les plus inquiétants pour les décideurs, même lorsque la vraisemblance est très faible, mais les conséquences cumulées ou à long terme d'un risque fréquent dont l'impact est faible peuvent être élevées. Il peut être nécessaire d'analyser les deux types de risques, car les traitements du risque qui leur sont appliqués respectivement peuvent être tout à fait différents.

Lorsqu'il est possible qu'un même événement entraîne plusieurs valeurs de conséquence, la vraisemblance de toute conséquence particulière sera différente de la vraisemblance de l'événement à l'origine de cette conséquence. La vraisemblance de la conséquence spécifiée est généralement utilisée. Il convient que les modalités d'interprétation et d'utilisation de la vraisemblance soient cohérentes sur l'ensemble des risques comparés.

La matrice peut être utilisée pour comparer les risques ayant différents types de conséquences potentielles; elle a des applications à tous les niveaux d'une organisation. Elle est habituellement utilisée comme un outil de dépistage lorsque de nombreux risques ont été identifiés (pour définir les risques qu'il est nécessaire de signaler à un niveau hiérarchique plus élevé, par exemple). Elle peut également être utilisée pour aider à déterminer si un risque donné est largement acceptable ou inacceptable selon sa position dans la matrice. Elle peut être utilisée lorsque les données d'analyse détaillée ne sont pas suffisantes ou que la situation ne garantit pas le temps et les efforts nécessaires pour procéder à une analyse approfondie ou quantitative. Une forme de matrice conséquence/vraisemblance peut être utilisée pour l'analyse de criticité de la méthode AMDEC (B.2.3) ou pour définir les priorités à la suite d'une analyse HAZOP (B.2.4) ou SWIFT (B.2.6).

B.10.3.3 Entrées

Il est nécessaire que la mise au point d'une matrice conséquence/vraisemblance soit adaptée au contexte. Pour ce faire, certaines données sont exigées pour établir des échelles réalistes. Des projets de matrices nécessitent d'être soumis à essai afin de vérifier que les actions suggérées par la matrice correspondent à l'attitude de l'organisation face au risque et que les utilisateurs comprennent bien l'application des échelles.

L'utilisation de la matrice implique d'avoir à disposition des personnes (l'idéal serait une équipe) qui comprennent les risques à l'étude et toutes les données disponibles pour faciliter le jugement concernant les conséquences et leurs vraisemblances.

B.10.3.4 Résultat

Le résultat est un affichage représentant la vraisemblance relative et le niveau de risque des conséquences de différents risques, ainsi qu'un classement d'importance pour chaque risque.

B.10.3.5 Avantages et limites

Les avantages incluent ce qui suit.

- L'utilisation est relativement simple.
- Elle permet de classer rapidement les risques en différents niveaux d'importance.
- Elle offre un affichage visuel clair de l'importance d'un risque qui correspond à sa conséquence, à sa vraisemblance ou à son niveau de risque.
- Elle peut être utilisée pour comparer des risques ayant des conséquences de type différent.

Les limites incluent ce qui suit.

- Une bonne maîtrise est exigée pour pouvoir créer une matrice valable.
- Il peut être difficile de définir des échelles communes pour les appliquer à un éventail de circonstances pertinentes pour l'organisation.
- Il est difficile de définir les échelles sans ambiguïté afin de permettre aux utilisateurs de pondérer la conséquence et la vraisemblance de manière cohérente.
- La validité des classements de risques dépend de la qualité des échelles développées et de leur étalonnage.
- Une seule valeur indicative est exigée pour définir la conséquence, alors que dans de nombreuses situations, plusieurs valeurs de conséquence sont possibles et le classement du risque dépend de la valeur choisie.
- Une matrice étalonnée correctement contiendra des niveaux de vraisemblance très faibles pour de nombreux risques individuels qui sont difficiles à conceptualiser.
- Son utilisation est très subjective et différentes personnes attribuent souvent des classements très différents au même risque. Ceci l'expose à des manipulations.
- Il n'est pas possible d'agréger directement les risques (par exemple, il n'est pas possible de définir si un certain nombre de risques faibles, ou un risque faible identifié un certain nombre de fois, équivaut à un risque moyen).
- Il est difficile de combiner ou de comparer le niveau de risque de différentes catégories de conséquences.
- Pour être valable, un classement exige une formulation des risques cohérente (ce qui est difficile à obtenir).

- Chaque classement dépendra de la manière dont un risque est décrit et du niveau de détail donné (c'est-à-dire que plus l'identification est détaillée, plus le nombre de scénarios consignés est grand, et plus la vraisemblance de chacun est faible). Dans le cadre de la description du risque, il convient que la manière dont les scénarios sont regroupés soit cohérente et définie avant le classement.

B.10.3.6 Documents de référence

[89] ELMONSTRI, Mustafa, *Review of the strengths and weaknesses of risk matrices*

[90] BAYBUTT, Paul, *Calibration of risk matrices for process safety*

B.10.4 Courbes en S

B.10.4.1 Vue d'ensemble

Lorsqu'un risque peut avoir plusieurs valeurs de conséquence, elles peuvent être affichées sous la forme d'une distribution de la probabilité des conséquences (FDP). Voir par exemple la courbe continue de la Figure B.18. Les données peuvent aussi être relevées sous la forme d'une distribution cumulative (FDC), parfois appelée courbe en S (courbe en pointillé dans la Figure B.18). La FDP peut être paramétrique ou non paramétrique.

La probabilité qu'une conséquence dépasse une valeur particulière peut être annoncée directement à partir de la courbe en S. Par exemple, la Figure B.18 indique que la probabilité que les conséquences ne dépasseront pas la valeur de conséquence C est de 90 %.

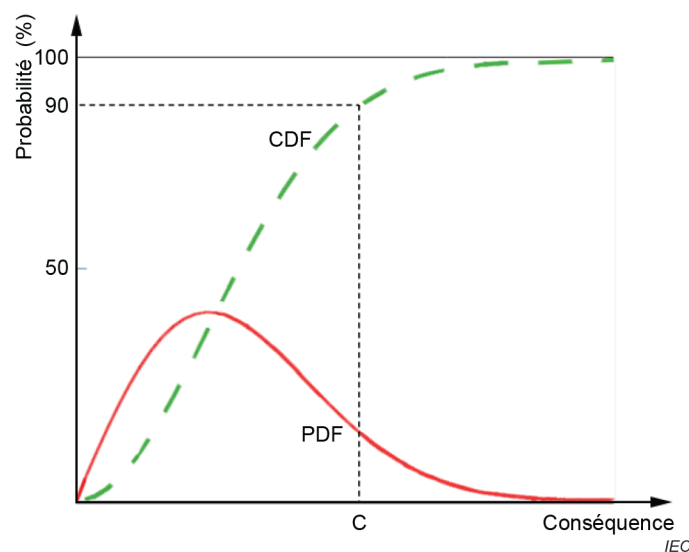


Figure B.18 – Fonction de distribution de la probabilité et fonction de distribution cumulative

Dans certains cas, la forme de la distribution est connue pour des raisons théoriques. Dans d'autres cas, la forme de la distribution peut être obtenue à partir de données, ou bien elle est le résultat d'un modèle.

Il est également possible d'utiliser le jugement d'un expert pour estimer le point le plus bas de l'éventail de conséquences, le centre probable et le point le plus haut de l'éventail. Plusieurs formules peuvent ensuite être utilisées pour déterminer la valeur moyenne des conséquences et la variance, et une courbe peut être tracée à partir de ces informations.

B.10.4.2 Utilisation

Une fdp indique la vraisemblance de différentes valeurs de conséquence sous une forme visuelle qui montre la valeur la plus probable, l'étendue de la variabilité et dans quelle mesure un événement extrême est probable.

Dans certaines circonstances, il peut être utile d'obtenir une seule valeur représentative au sein de la distribution de la probabilité, par exemple, pour la comparer aux critères d'évaluation. Souvent la valeur attendue (équivalente à la moyenne) est utilisée pour représenter la meilleure estimation de l'amplitude des conséquences. (Elle est équivalente à la somme des probabilités et de la conséquence représentée sur la courbe.) D'autres mesures comprennent la variance de la distribution ou une certaine plage de percentiles comme l'écart interquartile (la portion de l'échelle comprise entre le 25e percentile et le 75e percentile) ou le 5e et le 95e percentile (voir par exemple la VaR en B.7.2). Toutefois, l'accent mis par ces mesures sur la possibilité des conséquences extrêmes pourrait être encore insuffisant, alors qu'elles peuvent être importantes pour les décisions à prendre. Par exemple, pour choisir un investissement, le rendement attendu et les fluctuations de rendement sont pris en compte; pour prévoir les interventions en cas d'incendie, il est nécessaire de prendre en compte les événements extrêmes ainsi que les conséquences attendues.

La courbe en S est un outil utile pour examiner les valeurs des conséquences qui représentent un risque acceptable. La présentation des données permet de visualiser plus facilement la probabilité que les conséquences dépasseront une valeur particulière.

B.10.4.3 Entrées

La création d'une courbe en S exige des données ou des jugements pour pouvoir produire une distribution valable. Les distributions peuvent être produites à partir de jugements et avec peu de données, mais plus les données disponibles sont nombreuses, plus la distribution et les statistiques ainsi obtenues seront valides.

B.10.4.4 Résultats

Les résultats sont un diagramme qui peut être utilisé par les décideurs pour examiner l'acceptabilité d'un risque, et différentes statistiques déduites de la distribution qui peuvent être comparées aux critères.

B.10.4.5 Avantages et limites

Les avantages incluent ce qui suit.

- Cette technique représente l'amplitude d'un risque lorsque les conséquences sont distribuées.
- Les experts peuvent habituellement juger la valeur maximale, la valeur minimale et la valeur la plus probable de la conséquence, et produire une estimation raisonnable de la forme probable de la distribution. Un transfert sous la forme d'une distribution cumulative facilite l'utilisation de ces informations par les non-spécialistes. La précision de la courbe s'améliore à mesure qu'augmentent la quantité et la fiabilité des données d'entrée disponibles.

Les limites incluent ce qui suit.

- Cette méthode peut donner une impression d'exactitude qui n'est pas justifiée par le niveau de certitude des données à partir desquelles la distribution a été produite.

- Quelle que soit la méthode d'obtention d'une valeur ponctuelle ou de valeurs permettant de représenter une répartition des conséquences, il existe des hypothèses sous-jacentes et des incertitudes relatives:
 - à la forme de la distribution (par exemple, normale, discrète ou asymétrique);
 - au moyen le plus approprié de représenter cette répartition sous la forme d'une valeur ponctuelle;
 - à la valeur de l'estimation ponctuelle, compte tenu des incertitudes inhérentes aux données à partir desquelles elle est déduite.
- Les distributions et leurs statistiques en fonction de l'expérience ou des données antérieures fournissent toujours peu d'informations sur la vraisemblance des événements futurs ayant des conséquences extrêmes, mais une faible vraisemblance.

B.10.4.6 Document de référence

- [91] GARVEY, P., BOOK S.A., COVERT R.P. *Probability Methods for Cost Uncertainty Analysis: A Systems Engineering Perspective*

Bibliographie

Généralités

- [1] Principe "GAME" (*Globalement au moins équivalent*), *Méthodologie de démonstration, Les guides d'application*. Systèmes de transport public guidés urbains de personnes. 2011
- [2] FEKETE ISTVAN, *Integrated Risk Assessment for supporting Management decisions* Scholars Press, Saarbrücken, Germany 2015
- [3] PEACE, C. The reasonably practicable test and work health and safety-related risk assessments *New Zealand Journal of Employment Relations*. 2017, 42(2), 61-78

Techniques permettant de faire émerger les points de vue des parties prenantes et des experts

- [4] EN 12973, *Management par la valeur*
- [5] PROCTOR, A. *Creative problem solving for managers*. Abingdon: Routledge
- [6] GOLDENBERG, Olga, WILEY, Jennifer. Quality, conformity, and conflict: Questioning the assumptions of Osborn's brainstorming technique, *The Journal of Problem Solving*. 2011, 3(2), 96-108 [consulté 2019-02-13], disponible à l'adresse: <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1093&context=jps>
- [7] ROWE, G. WRIGHT, G. The Delphi technique: Past, present, and future prospects. *Technological forecasting and social change*. 2011, 78, Special Delphi Issue
- [8] MCDONALD, D. BAMMER, G. and DEANE, P. *Research Integration Using Dialogue Methods*, ANU press Canberra. 2009 Chapter 3 Dialogue methods for understanding a problem: integrating judgements. Section 7: Nominal Group Technique [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://press.anu.edu.au/node/393/download>
- [9] HARRELL, M.C. BRADLEY, M.A. 2009 *Data collection methods – A training Manual – Semi structured interviews and focus groups*, RAND National defence research Institute USA [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2009/RAND_TR718.pdf
- [10] GILL, J. JOHNSON, P. *Research methods for managers* 4th ed. 2010 London: Sage Publications Ltd
- [11] SAUNDERS, M. LEWIS, P. THORNHILL, A. *Research Methods for Business Students* 7th ed. 2016 Harlow: Pearson Education Ltd
- [12] UNIVERSITY OF KANSAS COMMUNITY TOOL BOX Section 13 *Conducting surveys*; [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <https://ctb.ku.edu/en/table-of-contents/assessment/assessing-community-needs-and-resources/conduct-surveys/main>

Techniques d'identification du risque

- [13] MATHERLY, Carter *The Red Teaming Essential: Social Psychology Premier for Adversarial Based Alternative Analysis*. 2013 Disponible à l'adresse: <https://works.bepress.com/matherly/6/download/>

- [14] *Pestle analysis* Free Management E books [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://www.free-management-ebooks.com/dldebk/dlst-pestle.htm>
- [15] POPOV, G., LYON, B., HOLLCROFT, B., *Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks*. Hoboken, NJ: Wiley, 2016
- [16] IEC 62740, *Analyse de cause initiale (RCA)*
- [17] BROUGHTON, Vanda. *Essential classification*. Facet Publishing 2015
- [18] BAILEY, Kenneth. Typologies and taxonomies: An introduction to classification technique. *Quantitative applications in the social sciences* Series 7,102 1994 Sage publications
- [19] VDI 2225 Blatt 1, *Konstruktionsmethodik- Technisch-wirtschaftliches Konstruieren - Vereinfachte Kostenermittlung*, 1997 Beuth Verlag
- [20] IEC 60812, *Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE et AMDEC)*
- [21] IEC 61882, *Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application*
- [22] RINGLAND, Gill. *Scenarios in business*, Chichester: John Wiley, 2002
- [23] Van der HEIJDEN, Kees. *Scenarios: The art of strategic conversation*, Chichester; John Wiley, 2005
- [24] CHERMACK, Thomas J. *Scenario planning in organizations*, San Francisco: Berrett Koehler publishers Inc. 2011
- [25] MUKUL PAREEK, *Using Scenario analysis for managing technology risk* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://www.isaca.org/Journal/archives/2012/Volume-6/Pages/Using-Scenario-Analysis-for-Managing-Technology-Risk.aspx>
- [26] CARD, Alan J. WARD, James R. and CLARKSON, P. John. Beyond FMEA: The structured what-if technique (SWIFT) *Journal of Healthcare Risk Management*, 2012, 31,(4) 23–29

Techniques de détermination des sources, causes et facteurs de risque

- [27] KERVERN, G-Y. *Elements fondamentaux des cindyniques*, Editions Economica 1995
- [28] KERVERN, G-Y. *Latest advances in cindynics*, Editions Economica, 1994
- [29] KERVERN, G-Y. & BOULENGER, P. *Cindyniques – Concepts et mode d'emploi*, Edition Economica 2007
- [30] ISHIKAWA, K. *Guide to Quality Control*, Asia Productivity Organization, 1986

Techniques d'analyse des moyens de maîtrise existants

- [31] LEWIS, S. SMITH, K., *Lessons learned from real world application of the bow-tie method. 6th AIChE. Global Congress of Process Safety*, 2010, San Antonio, Texas [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://risktecsolutions.co.uk/media/43525/bow-tie%20lessons%20learned%20-%20aiche.pdf>

- [32] HALE, A. R., GOOSSENS L.H.J., ALE, B.J.M., BELLAMY L.A. POST J. *Managing safety barriers and controls at the workplace. In Probabilistic safety assessment and management*. Editors SPITZER C, SCHMOCKER, U, DANG VN,. Berlin: Springer; 2004. pp. 608–13
- [33] MCCONNELL, P. and DAVIES, M. *Scenario Analysis under Basel II*. [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://www.continuitycentral.com/feature0338.htm>
- [34] ISO 22000, *Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires – Exigences pour tout organisme appartenant à la chaîne alimentaire*
- [35] *Systèmes de qualité et de sécurité sanitaire des aliments – Manuel de formation sur l'hygiène alimentaire et le Système d'analyse des risques – Points critiques pour leur maîtrise (HACCP)* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://www.fao.org/docrep/W8088E/w8088e05.htm>
- [36] IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*
- [37] IEC 61511 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation*
- [38] CENTRE FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY OF THE AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS New York 2001. *Layer of protection analysis – Simplified process risk assessment*

Techniques permettant de comprendre les conséquences et la vraisemblance

- [39] GHOSH, J., DELAMPADY, M. and SAMANTA, T. *An introduction to Bayesian analysis*, New York Springer-Verlag, 2006
- [40] QUIGLEY, J.L., BEDFORD, T.J. and WALLS, L.A. Prior Distribution Elicitation. In: *Encyclopaedia of Statistics in Quality and Reliability*. Wiley. 2008 ISBN 9780470018613
- [41] NEIL, Martin and FENTON, Norman. *Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks*. CRC Press, 2012
- [42] JENSEN, F.V., NIELSEN T. D. *Bayesian Networks and Decision Graphs*, 2nd ed. Springer, New York, 2007
- [43] NICHOLSON, A., WOODBERRY O and TWARDY C, *The “Native Fish” Bayesian networks*. Bayesian Intelligence Technical Report 2010/3, 2010
- [44] NETICA TUTORIAL Introduction to Bayes Nets: What is a Bayes Net? [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse https://www.norsys.com/tutorials/netica/secA/tut_A1.htm
- [45] ISO/TS 22317, *Sécurité sociétale – Systèmes de management de la continuité d'activité – Lignes directrices pour l'analyse d'impact sur l'activité*
- [46] ISO 22301, *Sécurité sociétale – Systèmes de management de la continuité d'activité – Exigences*
- [47] ANDREWS J.D, RIDLEY L.M. 2002. Application of the cause consequence diagram method to static systems, *Reliability engineering and system safety* 75(1) 47-58. Disponible à l'adresse: <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/695/1/01-22.pdf> [consulté 2019-02-13]

- [48] NIELSEN D.S. The Cause/Consequence Diagram Method as a Basis for Quantitative Accident Analysis, Danish Atomic Energy Commission, RISO-M-1374, May 1971
- [49] IEC 62502, *Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Analyse par arbre d'événement (AAE)*
- [50] IEC TR 63039:2016, *Probabilistic risk analysis of technological systems – Estimation of final event rate at a given initial state* (disponible en anglais seulement)
- [51] IEC 62508, *Lignes directrices relatives aux facteurs humains dans la sûreté de fonctionnement*
- [52] BELL Julie, HOLROYD Justin, *Review of human reliability assessment methods*. Health and Safety Executive UK, HMSO 2009 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr679.pdf>
- [53] OCDE, Establishing the Appropriate Attributes in Current Human Reliability Assessment Techniques for Nuclear Safety, NEA/CSNI/R 2015 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=NEA/CSNI/R\(2015\)1&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=NEA/CSNI/R(2015)1&docLanguage=En)
- [54] IEC 61165, *Application des techniques de Markov*
- [55] OXLEY, ALAN. Markov Processes in Management Science, published by Applied Probability Trust, 2011 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <https://studylib.net/doc/8176892/markov-processes-in-management-science>
- [56] Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995) – Supplément 1: Propagation de distributions par une méthode de Monte Carlo*
- [57] UE: Règlement général sur la protection des données (Journal officiel de l'Union européenne, 4 mai 2016)
- [58] ICO (Royaume-Uni): *Conducting privacy impact assessments code of practice* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <https://ico.org.uk/media/about-the-ico/consultations/2052/draft-conducting-privacy-impact-assessments-code-of-practice.pdf>
- [59] CNIL (FR), *Privacy Impact assessment (PIA)* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <https://www.cnil.fr/en/privacy-impact-assessment-pia>

Techniques d'analyse des dépendances et des interactions

- [60] BRYSON, J. M., ACKERMANN, F., EDEN, C., & FINN, C. (2004). *Visible thinking unlocking causal mapping for practical business results*. Chichester: John Wiley & Sons
- [61] ACKERMANN, F, HOWICK, S, QUIGLEY, J, WALLS, L, HOUGHTON, T. Systemic risk elicitation: Using causal maps to engage stakeholders and build a comprehensive view of risks, *European Journal of Operational Research* 2014, 238(1), 290-299
- [62] CENTRE COMMUN DE RECHERCHE, COMMISSION EUROPÉENNE; *Cross-impact analysis* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/2_design/meth_cross-impact-analysis.htm

Techniques utilisées pour produire une mesure du risque

- [63] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ Boîte à outils d'évaluation des risques pour la santé humaine: Dangers chimiques. 2010 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/255614/1/9789242548075-fre.pdf?ua=1>
- [64] US EPA *Guidelines for ecological risk assessment* 1998 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/eco_risk_assessment1998.pdf
- [65] CHANCE, D., BROOKS, R. *An introduction to derivatives and risk management*, (9th ed.). Publié par Mason, Ohio: South-Western Cengage Learning 2013
- [66] THOMAS J. and PEARSON Neil D. *Value at risk. Financial Analysts Journal* 2000 56, 47-67
- [67] CHOUDHRY, M. *An introduction to Value at Risk*, Ed. 5, John Wiley and Sons, Chichester UK, 2013
- [68] *Value at Risk* New York University. [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
<http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/VAR.pdf>

Techniques d'évaluation de l'importance d'un risque

- [69] UK HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2010a: *HID'S Approach To 'As Low As Reasonably Practicable' (ALARP) Decisions* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarpglance.htm>
- [70] UK HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2010b: *Guidance on (ALARP) decisions in control of major accident hazards (COMAH)*, [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid_circs/permissioning/spc_perm_37/
- [71] UK HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2014: *Principles and guidelines to assist HSE in its judgments that duty-holders have reduced risk as low as reasonably practicable* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
<http://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarp1.htm>
- [72] AMERICAN INSTITUTE FOR CHEMICAL ENGINEERS: *Understanding and using F-N Diagrams: Annex A in Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria*. New York. John Wiley 2009
- [73] EVANS, A. *Transport fatal accidents and FN-curves: 1967-2001*. Health and Safety Executive Research Report RR 073 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20101111125221/http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/rr073.pdf>
- [74] *Pareto Chart, Excel Easy* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
<http://www.excel-easy.com/examples/pareto-chart.html>
- [75] *Pareto Chart* [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
<http://www.uphs.upenn.edu/gme/pdfs/Pareto%20Chart.pdf>
- [76] IEC 60300-3-11, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-11: Guide d'application – Maintenance basée sur la fiabilité*

- [77] MACKENZIE Cameron A. *Summarizing risk using risk measures and risk indices. Risk Analysis*, 34,12 2143-2163 2014

Techniques de choix parmi des options

- [78] KHOJASTEH, P, (2016). Application of benefit-cost-risk formula and key change indicators to meet project objectives [consulté 2019-02-19]. Disponible à l'adresse: <https://www1.bournemouth.ac.uk/sites/default/files/asset/document/Mon%205.1%20Khojasteh%20Pejman%20Risk.pdf>
- [79] The Green book, Appraisal and Evaluation in Central Government; 2011 Treasury Guidance LONDON: TSO London
- [80] ANDOSEH, S., et al. The case for a real options approach to ex-ante cost-benefit analyses of agricultural research projects. *Food policy* 44, 2014, 218-226 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaec758.pdf
- [81] KIRKWOOD, CRAIG. Decision Tree Primer University of Arizona in *Decision Analysis and System Dynamics resources* 2002 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/DASTuff/decisiontrees/>
- [82] MYERSON, ROGER B., *Game Theory: Analysis of Conflict*, Harvard University Press, 1991
- [83] MAYNARD SMITH, JOHN *Evolution and Theory of Games*, Cambridge University Press 1982
- [84] ROSENHEAD, J. and MINGER, J. (Eds), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*, 2nd ed. Wiley, Chichester UK, 2001
- [85] EN 16271:2012, *Management par la valeur – Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel – Exigences pour l'expression et la validation du besoin à satisfaire dans le processus d'acquisition ou d'obtention d'un produit*
- [86] DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, *Multi-criteria analysis: a manual* 2009 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <https://www.gov.uk/government/publications/multi-criteria-analysis-manual-for-making-government-policy>
- [87] RABIHAH MHD.SUM *Risk Management Decision Making*, 2001 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: <http://www.isahp.org/uploads/47.pdf>
- [88] VELASQUEZ, M., HESTER, P. An Analysis of Multi-criteria Decision Making Methods, *International Journal of Operations Research*, 10 (2), 55-66, 2013 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse: http://www.orstw.org.tw/ijor/vol10no2/ijor_vol10_no2_p56_p66.pdf

Techniques d'enregistrement et de consignation

- [89] ELMONSTRI, Mustafa, *Review of the strengths and weaknesses of risk matrices*, Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 4 (1), 49-57, 2014 [consulté 2019-02-13]. Disponible à l'adresse:
http://www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=11718
 - [90] BAYBUTT, Paul, *Calibration of risk matrices for process safety. Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 38, 163-168, 2015
 - [91] GARVEY, P., BOOK S.A., COVERT R.P. *Probability Methods for Cost Uncertainty Analysis: A Systems Engineering Perspective*, Ed 2 Annex E Unravelling the S curve. CRC 2016
-