



HAL
open science

NOE : générateur de situations incertaines

Sammy Abdelghani Teffali

► **To cite this version:**

Sammy Abdelghani Teffali. NOE : générateur de situations incertaines. Gestion et management. Université de Technologie de Troyes, 2019. Français. NNT : 2019TROY0014 . tel-04709903

HAL Id: tel-04709903

<https://theses.hal.science/tel-04709903v1>

Submitted on 26 Sep 2024

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

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

Thèse
de doctorat
de l'UTT

Sammy Abdelghani TEFFALI

NOE : générateur de situations incertaines

Champ disciplinaire :
Sciences pour l'Ingénieur

2019TROY0014

Année 2019



THESE

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR

de l'UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE TROYES

EN SCIENCES POUR L'INGENIEUR

Spécialité : SYSTEMES SOCIOTECHNIQUES

présentée et soutenue par

Sammy Abdelghani TEFFALI

le 27 mai 2019

NOE : générateur de situations incertaines

JURY

M. P. LACLÉMENCE	PROFESSEUR	Président
Mme D. LOURDEAUX	MAITRE DE CONFERENCES - HDR	Rapporteure
M. F. VANDERHAEGEN	PROFESSEUR DES UNIVERSITES	Rapporteur
M. J.-L. ERMINE	PROFESSEUR EMERITE	Examineur
M. D. JOUBERT	DOCTEUR	Examineur
M. É. CHÂTELET	PROFESSEUR DES UNIVERSITES	Directeur de thèse
Mme N. MATTA	PROFESSEURE	Directrice de thèse

RESUME

Une crise est une situation complexe, unique, sporadique et imprévue produite par un événement dangereux. Dans ce genre de situations surviennent énormément d'incertitude due à leurs durées, leurs intensités ainsi qu'à leurs impacts. En plus, ils ne sont pas linéaires. Ce nombre important de facteurs limite notre capacité d'intervenir dans la crise et surtout de faire de la prédiction. Cela indique des limites quant au déterminisme cartésien. La théorie de chaos essaye de donner des explications sur des phénomènes naturels qu'on remarque tous les jours. Dans nos travaux, nous tentons de représenter les dimensions suivantes dans une situation de crise : Le changement d'un ou de plusieurs facteurs ayant conduit à une situation de crise peut la modifier. La situation de crise est définie dans un espace limité et elle est unique dans chaque point de cette espace. Les différentes visions perçues lors d'une situation de crise en utilisant des échelles différentes. Ces études ont permis de considérer une représentation proche de la réalité, pour appréhender les incertitudes dans une situation de crise et améliorer l'efficacité des individus chargés de la gestion de crise par l'apprentissage. Nous avons appliqué ces préceptes sur l'impact de stress durant la gestion de situation de crise, jugé facteur important générant de l'incertitude. Un générateur de situation de crise dénommé «NOÉ» est proposé. Il utilise les concepts de la théorie de la logique floue et se base sur le retour d'expérience et les activités de collaboration des individus en charge de la gestion de crise. «NOÉ» pourra être utilisé dans le cadre de l'apprentissage des intervenants chargés de la gestion de crise.

ABSTRACT

A crisis is a complex situation produced by a dangerous event that generates a great deal of uncertainty due to their duration, intensity and impact. In addition, they are not linear. This large amount of uncertainty limits our ability to intervene in the crisis and especially to make predictions. This indicates limits of the Cartesian determinism. The theory of chaos tries to give explanations of natural phenomena that are noticed every day. In our work, we try to represent the following dimensions in a crisis situation: The change of one or more factors that led to a crisis situation can modify it. The crisis situation is defined in a limited space and is unique in every point of this space. The different visions perceived during a crisis situation using different scales. These studies made it possible to consider a representation close to reality, to apprehend the uncertainties in a crisis situation and to improve the efficiency of individuals in charge of crisis management through learning. We applied these precepts on the impact of stress during crisis management, it's considered an important factor to generate uncertainty. A crisis situation generator called "NOÉ" is proposed. It uses the concepts of fuzzy logic and is based on feedback and collaborative activities of individuals in charge of crisis management. "NOE" can be used as part of the training of crisis management stakeholders.

Je dédie ce travail et ce manuscrit à mon défunt père Mohamed qui vient de nous quitter.

« Papa, tu attendais ce moment avec impatience, mais la vie a fait que tu n'assistes pas à ma soutenance et que tu ne vois pas ce manuscrit. J'étais toujours ta fierté et j'espère que là où tu es maintenant tu es encore plus fière de moi. »

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Domitile Lourdeaux et Frederic Vanderheagen d'avoir rapporté mes travaux. Leurs analyses, observations et leurs commentaires m'ont permis de me reprendre pour la préparation de la soutenance. Je remercie également Jean Louis Ermine et Didier Joubert d'avoir accepté d'examiner mes travaux et de prendre part au jury de ma soutenance de thèse. Les différents échanges durant ce beau moment ont été fructueux et très constructifs pour ma part. Je remercie Patrick Laclemece d'avoir accepté de présider ce jury et d'avoir assuré une répartition équitable des temps de parole dans ce jury.

Nada tu as et tu auras toujours ma gratitude et ma reconnaissance, grâce à toi j'ai pu connaître le monde de l'exploration, de la découverte, de l'ouverture d'esprit et de la recherche. Cette thèse a été une belle aventure. Eric tu as été d'un grand apport dans ce projet, je te remercie pour ta rigueur, ta sérénité et aussi pour toutes les belles choses que j'ai découvertes à travers les lectures de Morin, Le Moigne, Zadeh et Gleick. je ne pourrais jamais exprimer toute ma gratitude à vous deux à travers quelques lignes qui ne peuvent qu'effleurer ce sentiment. Merci d'avoir toujours cru en moi. Merci de m'avoir soutenu quand je doutais.

Je pense également évidemment à toutes les personnes avec qui j'ai pu collaborer, échanger et partager au sein de l'équipe Tech-Cico. En particulier, je remercie Myriam, Hassen, Sabiha, Khoulood, Amer (le roi des selfies), Samer (le commandant Cousteau) et Romain. Merci à Hocine pour son soutien indispensable à la fin de la thèse. Je remercie aussi, Pascale Denis qui a cru en mon projet et m'a soutenu. Je tiens aussi à remercier les deux assistantes du département HETIC, Sophie et Christine. Un grand remerciement pour tous les personnels de l'UTT et particulièrement ceux de l'École Doctorale.

Je tiens à remercier vivement ma mère pour son soutien moral. Ma mère avec qui je partage beaucoup de choses. J'essaie, comme je peux, de concrétiser certains de ces espoirs et de ces rêves. Je tiens à remercier mon épouse Asmae pour sa patience, son engagement, son soutien et d'avoir cru en ce projet. Je remercie nos enfants (El-Hachemi, Chiraz, Batoul, Yasmine, Narjiss et bien entendu mon adorable petit Ayoub) qui ont été privées de beaucoup de choses, mais qui ont énormément cru qu'un jour ce projet aboutira et qu'on pourra se réunir de nouveau et continuer vers un avenir meilleur et prospère. Enfin, un grand remerciement à mes frères et sœurs, particulièrement à Nadir et Chahinez, pour leur soutien surtout durant les moments difficiles que j'avais passés et pu surmontés.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	12
A. PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE	13
B. HYPOTHESE DE RECHERCHE ET PROPOSITION	14
C. CONTEXTE D'ETUDE	16
D. ORGANISATION DU MANUSCRIT	17
PARTIE I : RISQUE, MODELISATION, INCERTITUDE ET INTELLIGIBILITE	20
INTRODUCTION	21
CHAPITRE 1 : L'APPROCHE SYSTEMIQUE	23
1. POURQUOI LA SYSTEMIQUE	23
2. PRECEPTES SYSTEMIQUES	24
3. PARADIGME SYSTEMIQUE	24
4. OBJET DE LA DEMARCHE SYSTEMIQUE	25
5. THEORIE DU SYSTEME GENERALE	25
6. LA RETROACTION DANS LA SYSTEMIQUE	26
CHAPITRE 2 : LES CINDYNIQUES	28
1. DEFINITION DES CINDYNIQUES	28
2. SOCLE DES CINDYNIQUES	28
A. LES AXIOMES DE L'EPISTEMOLOGIE CONSTRUCTIVE	28
B. LES AXIOMES FONDATEURS DU CONCEPT DE REASON	29
C. LES AXIOMES CINDYNIQUES	29
D. SITUATION CINDYNIQUE ET HYPERESPACE CINDYNIQUE	30
1) SITUATION CINDYNIQUE	30
2) HYPERESPACE CINDYNIQUE OU DU DANGER	30
E. CONCEPT DE DEFICITS SYSTEMIQUES CINDYNOGENES (DSC) ET DE DISSONANCES	31
1) DEFICIT SYSTEMIQUE CINDYNOGENES (DSC)	32
2) L'ENSEMBLE DE DISSONANCE.	32
F. LE CONCEPT D'INTENSITE CINDYNIQUE	32
G. CYCLE DE DECISION DANS LES CINDYNIQUES	33
H. LES CINDYNIQUES ET LA THEORIE DU CHAOS	34
1) LA RETROACTION	34
CHAPITRE 3 : LA THEORIE DU CHAOS	35
A. LE DETERMINISME	35
B. LA NOTION DE HASARD	36
C. LA THEORIE DU CHAOS ET SON APPARITION	37
D. LE CONCEPT DU CHAOS	41
E. THEORIE DU CHAOS ET LA SITUATION DE CRISE	42
CHAPITRE 4 : THEORIE DES CATASTROPHES	43
A. HISTORIQUE	43
B. OBJET DE LA THEORIE DES CATASTROPHES	43
C. INTERPRETATION DE LA THEORIE DES CATASTROPHES	43
D. SINGULARITE DE LA THEORIE DES CATASTROPHES	45
E. INTERPRETATION LINGUISTIQUE DES SINGULARITES	46
F. APPLICATION SUR LES SINGULARITES	49

G.	CATASTROPHE, SITUATION DE CRISE ET THEORIE DE CATASTROPHE	50
H.	THEORIE DES CATASTROPHES ET SITUATION DE STRESS	50
CONCLUSION		51
PARTIE II : CRISE, GESTION DE CRISE ET IMPACT DU STRESS		54
INTRODUCTION		55
CHAPITRE 5 : CRISE ET GESTION DE CRISE		58
A.	NOTION DE CRISE	58
B.	LA GESTION DE CRISE	60
C.	LA GESTION DE CRISE COMME ACTIVITE COLLABORATIVE	63
1)	LA COMMUNICATION	63
2)	LA COOPERATION	63
3)	LA COORDINATION	64
D.	FACTEURS AIDANT A L'ORGANISATION DE LA GESTION DE CRISE	65
CHAPITRE 6 : LE STRESS ET L'IMPACT DU STRESS EN GESTION DE CRISE		68
A.	LE STRESS	68
B.	DIFFERENTS MODELES DU STRESS	69
1)	MODELE BASE SUR LA REPOSE	69
2)	MODELE BASE SUR LE STIMULUS	69
3)	MODELE PSYCHOLOGIQUE AVEC UNE VISION INTERACTIONNISTE	70
4)	MODELE PSYCHOLOGIQUE AVEC UNE VISION TRANSACTIONNELLE	71
C.	INDICATEUR DE L'IMPACT DU STRESS EN GESTION DE CRISE	75
D.	INDICATEURS DU STRESS AYANT UN IMPACT SUR LA DECISION	79
E.	IMPACTS DU STRESS LIE AUX 3 C	79
F.	TECHNIQUES DE GESTION DE STRESS	81
CHAPITRE 7 : LE RETOUR D'EXPERIENCE		82
A.	DEFINITION DU RETOUR D'EXPERIENCE	82
B.	UTILISATION DU REX	83
C.	LES APPROCHES DU REX	83
D.	REPRESENTATION GENERIQUE DU REX	84
E.	LE RETOUR D'EXPERIENCE EN CINDYNIQUE	85
1.	UTILISATION DU REX EN CINDYNIQUE	85
2.	MISE EN PLACE DU RETOUR D'EXPERIENCE EN CINDYNIQUE	86
3.	ANALYSE DE LA DEMARCHE CINDYNIQUE	87
F.	LA GESTION DE CRISE ET LE REX	89
G.	PROPOSITION SUR DE NOUVELLES APPROCHES DU REX	89
CONCLUSION		91
PARTIE III : REPRESENTATION DES CONNAISSANCES ET ONTOLOGIES		93
INTRODUCTION		94
CHAPITRE 8 : LA REPRESENTATION DES CONNAISSANCES		95
A.	LES DIFFERENTES FORMES DE CONNAISSANCES A REPRESENTER	96
1)	LES RESEAUX SEMANTIQUES	96
B.	L'INGENIERIE DES CONNAISSANCES	97
C.	LA REPRESENTATION DE SITUATION	98

CHAPITRE 9 : LES ONTOLOGIES	100
A. DEFINITION DE L'ONTOLOGIE	100
B. PARTICULARITE DES ONTOLOGIES	100
C. DIFFERENTS TYPES D'ONTOLOGIES	101
1) L'ONTOLOGIE DE HAUT NIVEAU	101
2) LES ONTOLOGIES DU DOMAINE ET DE TACHE	101
3) L'ONTOLOGIE D'APPLICATION	102
D. LES ONTOLOGIES DE GESTION DE CRISE	102
E. LES DOMAINES LIES A LA GESTION DE CRISE	104
F. ONTOLOGIE RELATIVE A LA COLLABORATION	105
CHAPITRE 10 : ONTOLOGIE D'APPLICATION SUR L'IMPACT DU STRESS EN GESTION DE CRISE	107
A. LE RECUEIL	107
B. LE CONCEPT « OBJET »	107
C. LE CONCEPT « CONSTRUIT_MENTAL »	109
1) REPRESENTATION DE L'IMPACT DU STRESS SUR L'ACTIVITE COLLABORATIVE	114
CONCLUSION	119
PARTIE IV : APPRENTISSAGE ET GENERATION DE SITUATIONS DE CRISE	121
INTRODUCTION	122
CHAPITRE 11 : APPRENTISSAGE	123
A. L'APPRENTISSAGE	123
1) MODELES D'APPRENTISSAGES	123
2) LES NIVEAUX D'APPRENTISSAGE	125
B. APPRENTISSAGE AU SEIN DES ORGANISATIONS	125
1) FONDEMENT DE L'APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL	126
2) NIVEAU D'APPRENTISSAGE	126
3) APPROCHE SYSTEMIQUE DE L'APPRENTISSAGE	127
C. L'APPRENTISSAGE EN GESTION DE CRISE	128
D. LE CONCEPT DU RHIZOME	130
CHAPITRE 12 : GENERATION DE SITUATION DE CRISE	133
A. CHOIX DU MODELE MATHEMATIQUE.	133
1) LES RESEAUX DE PETRI	133
2) LES RESEAUX DE NEURONES.	133
3) LES RESEAUX NEURO-FLOUS.	134
4) LA LOGIQUE FLOUE.	134
B. LA THEORIE DE LA LOGIQUE FLOUE.	135
1) DEFINITIONS ET NOTIONS	135
2) LOGIQUE MULTIVALENTE OU N-AIRE	136
3) QUANTIFICATEURS FLOUS	136
4) LES MODIFICATEURS LINGUISTIQUES	136
5) DECISION MULTI-OBJECTIFS	137
CHAPITRE 13 : NOE GENERATEUR DE SITUATIONS DE CRISE, PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT	139
A. LES PRINCIPES	139
B. ARCHITECTURE DE « NOÉ » GENERATEUR DE SITUATIONS DE CRISE INCERTAINE	140
1) CONCEPT « ÉTAT » NOMME S	140

2)	LE CONCEPT « ÉVÉNEMENT » NOMME E	141
3)	LE CONCEPT « INFLUENCE » NOMME G	141
4)	LE CONCEPT « TEMPS » NOMME T	141
5)	LA SITUATION DE CRISE O	141
C.	CONCEPTS DE NOÉ	142
D.	ALGORITHME DE NOÉ	143
E.	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE NOÉ	143
F.	PREMIERE IMPLEMENTATION DE NOÉ	146
CONCLUSION		149
PARTIE V : APPLICATION DE CAS SUR NOE		151
INTRODUCTION		152
CHAPITRE 14 : APPLICATION DE NOE		153
I.	CAS D'APPLICATION N° 1	153
A.	LE CONTEXTE	153
B.	LE RECIT	153
C.	ANALYSE DU RECIT	154
D.	APPLICATION SUR NOÉ	154
1)	DEFINITION DES PARAMETRES	154
2)	DEROULEMENT DE L'APPRENTISSAGE AVEC NOÉ	156
II.	CAS D'APPLICATION N° 2	176
A.	LE CONTEXTE	176
B.	LE RECIT	176
C.	ANALYSE DU RECIT.	176
D.	APPLICATION SUR NOÉ	177
1)	LE FORMATEUR	177
2)	DEROULEMENT DU PROCESSUS DE NOÉ	177
3)	LE FORMATEUR	178
4)	L'APPRENANT	178
5)	DEROULEMENT DU PROCESSUS DE NOÉ	179
6)	L'APPRENANT	179
7)	DEROULEMENT DU PROCESSUS DE NOÉ	179
CONCLUSION		187
CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES		189
A.	CONCLUSION	190
B.	LIMITES ET PERSPECTIVES.	192
PUBLICATIONS		194
BIBLIOGRAPHIE		196

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Principales théories abordées dans la thèse.	19
Figure 2: Risque, Modélisation, Incertitude et Modélisation	22
Figure 3 : La rétroaction positive et négative	27
Figure 4 : L'hyperespace cindynique (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991)	30
Figure 5 : Classification de l'impact des conséquences en cindynique	32
Figure 6 : Cycle de décision en cindynique (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991)	33
Figure 7 : L'attracteur de Lorenz (Lorenz 2000)	39
Figure 8 : Flocons de neige de KOCH (Von Koch 1906)	40
Figure 9: singularité de la théorie des catastrophes (Pernot 2014)	46
Figure 10 : Liste des morphologies (Thom 1970)	48
Figure 11 : Interprétation spatiale et temporelle (Pernot 2014)	48
Figure 12 : exemple. la Fronce (Boutot 1986)	49
Figure 13 : Premiers éléments de notre théorie	53
Figure 14 : démarche suivie pour la partie 2	55
Figure 15 : Phases de crise (Heiderich 2010)	60
Figure 16 : Représentation de la gestion de crise	62
Figure 17 : Activité collaborative dans la gestion de crise	65
Figure 18 : Modèle basé sur la réponse (Steiler, Rosnet 2011)	69
Figure 19 : Modèle basé sur le stimulus	70
Figure 20 : Modèle interactionniste du stress	70
Figure 21: Modèle de Karasek	71
Figure 22 : Évaluation et coping d'une situation de stress	74
Figure 23 : Processus du REX	85
Figure 24 : exemple de réseaux sémantiques	97
Figure 25 : Représentation d'une crise	99
Figure 26 : Classification des ontologies de Guarino (Maffezzini 2006)	101
Figure 27 : ontologie de collaboration (Oliveira, Antunes, Guizzardi 2007)	106
Figure 28 : Le concept « OBJET »	108
Figure 29: Le concept « Ressources »	109
Figure 30 : Le concept « Construction_Mental »	109
Figure 31 : Le concept « Qualitatif »	110
Figure 32 : Le concept « Comportement »	112
Figure 33 : Le concept « État »	113
Figure 34 : Le concept « Evènement »	113
Figure 35 : Impact du concept « Communication » sur les victimes	114
Figure 36 : Impact du concept « Communication » sur les ressources	115
Figure 37 : Impact du concept « Actions » sur les victimes	116
Figure 38 : Impact du concept « Actions » sur les ressources	116
Figure 39 : Impact du concept « Agression » sur victimes et les ressources	117
Figure 40 : Impact du concept « Coopération sur les victimes	117
Figure 41 : Impact du concept « Coopération sur les Ressources	118
Figure 42: la rétroaction dans l'apprentissage (Crossan, Lane, White 1999)	128
Figure 43 : NOÉ générateur de situations de crise incertaines	142
Figure 44: cas d'utilisation de NOÉ	144
Figure 45 : cas rétroaction négative	145
Figure 46 : Diagramme de séquence de NOÉ	146
Figure 47 : interface pour le formateur	146
Figure 48 : interface pour l'apprenant	147
Figure 49 : Choix des paramètres	147
Figure 50 : choix de la situation initiale	147
Figure 51 : choix de l'évènement	148
Figure 52 : génération d'états	148
Figure 53 : choix de l'évènement	148
Figure 54 : NOÉ support d'apprentissage	150
Figure 55 : Déroulement de NOÉ avec le contexte 1	169
Figure 56: Déroulement de NOÉ avec le contexte 1'	175

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Correspondance métier, latitude	71
Tableau 2 : Indicateurs verbaux et non verbaux (Hermann 1979)	76
Tableau 3 : Indices verbaux et non verbaux (Hermann 1979)	78
Tableau 4 : impact du stress et les 3 C	80
Tableau 5: récapitulatifs des modèles mathématiques	135

INTRODUCTION

A. Problématique de recherche

Depuis l'apparition de l'homme sur notre planète, la compréhension de l'univers et des phénomènes qui l'entourent a été l'une de ses préoccupations. Ces phénomènes sont soit naturels soit le produit de certains facteurs que l'homme a lui-même mis en place, mais dont il ne connaît pas les conséquences. Il s'est ainsi posé des millions de questions à ce sujet. Il a pu à travers la science qu'il a lui-même développée, donné certaines explications pour certains phénomènes simples, alors que pour les plus complexes, il a mis en place des définitions, des théories et des arguments. Cela a plus servi à combler un certain nombre d'incertitudes. Ces théories et explications demandent des vérifications et des confirmations. Ces vérifications ne peuvent pas se faire, dans beaucoup de cas, soit parce que l'avancée des technologies scientifiques ne le permet pas encore ou que des chercheurs sont passés à côté pour diverses raisons et considérations (politiques, religieuses, sociétales, etc.).

Pour y remédier certains scientifiques ont procédé à la simplification de l'objet à étudier en ne tenant compte que de certains paramètres ou en supprimant d'autres. Newton, en procédant de cette manière, était arrivé à prédire, le mouvement des planètes par la loi qu'il avait proposée (Newton 1687). Mais quelques siècles plus tard, d'autres scientifiques reconnaissaient la difficulté de prédire le mouvement de certaines planètes voire de certains phénomènes (la lune, comètes, vents, cours d'eau, etc.) en utilisant cette même loi. D'autres comme Laplace ont considéré que dans les mêmes conditions, les phénomènes reproduisaient les mêmes effets. C'est ce qui est appelé le déterminisme de Laplace (marquis de Laplace 1799), alors que cela ne peut s'appliquer à tous les phénomènes. Ainsi, certains scientifiques avaient introduit la notion de hasard dans la représentation de l'incertain. Cela leur permettait d'expliquer certaines incertitudes et surtout de confirmer certaines causes finales (Pascal 1654).

C'est cette difficulté des études des incertitudes sur les phénomènes qui nous entourent qui a été traitée par la théorie du chaos (Gleick 1989). Cette théorie s'intéresse aux phénomènes naturels qui sont autour de nous. Elle prend en compte la notion du temps et surtout les incertitudes que caractérise une situation. Ces incertitudes rendent complexe toute possibilité de faire des prédictions. Cette théorie considère qu'une situation est incertaine ou chaotique si elle présente un certain nombre de propriétés, à savoir :

- la dépendance sensible aux conditions initiales,
- l'existence d'un espace limité et que chaque point de cette espace est unique,
- la multiplication de situations,
- la possibilité d'avoir plusieurs visions.

Ces phénomènes naturels présentent des discontinuités et des changements de forme. Ils ont la particularité d'être observables et palpables par nos sens. On peut même leur attribuer des qualificatifs, c'est-à-dire un sens, une sémantique. L'étude de ces phénomènes a été rendue possible grâce à la théorie des catastrophes (Thom 1976). En effet, la particularité de cette théorie est de rendre intelligibles les phénomènes naturels. Cette intelligibilité peut aussi être traduite à travers une ontologie (Uschold, Gruninger 1996). En effet, une ontologie permet de caractériser un vocabulaire à travers des concepts, des propriétés et des relations.

La complexité de ces phénomènes naturels nous incite à vouloir comprendre leur mode de fonctionnement. Cela conduit à développer des modes de compréhension et de modélisation. Cette modélisation met en relief les différents composants du phénomène ainsi que les interactions qui existent entre les composants formant le phénomène d'une part et entre les différents phénomènes entre eux. D'autres part, cette modélisation peut se faire à travers la systémique (Le Moigne 1994). Elle est une approche qui considère qu'un système ait composé de plusieurs sous-systèmes, que le système est complexe et qu'il évolue dans le temps. La systémique permet ainsi de modéliser un système.

Une particularité de ces phénomènes naturels est leur évolution, leur multiplication, leur changement ou leur transmutation. Le chemin suivi n'est pas défini préalablement. Il n'est ni linéaire ni circulaire, il ne ressemble pas à une forme géométrique connue. Ce chemin pris n'est pas aléatoire et ne relève pas du hasard. Il est unique. Il s'approche plutôt de celui que décrit un rhizome (Deleuze, Guattari 2013). Ces changements dans les cas des phénomènes ne permettent pas l'équilibration, ils donnent naissance à d'autres phénomènes ou à d'autres situations pour le même phénomène. Ce genre de changement de situation est traité par la rétroaction systémique (Morin 2007). Cette dernière considère qu'il existe deux types de rétroactions. La première est négative et concerne la régulation des systèmes alors que la seconde est positive et elle donne naissance à un nouveau système.

Partant de ce constat, un certain nombre de questions se sont posées d'elles-mêmes, à savoir :

- **Est-il possible de représenter des situations incertaines ?**
- **Est-il possible d'attribuer des qualificatifs à des situations incertaines ?**
- **Comment fournir des guides pour gérer des situations incertaines ?**

B. Hypothèse de recherche et proposition

Parmi les phénomènes qui nous entourent, certains présentent des risques ou du danger aussi bien pour l'environnement que pour l'homme. Ces risques engendrent des incertitudes quant à leurs types, leurs intensités et leurs durées. Ils créent des situations complexes voire incontrôlables. Ce genre de situation est communément appelé crise.

La crise est une situation difficile à définir. Elle est une rupture, une discontinuité, une explosion, un changement brusque et inattendu par rapport à un certain ordre préétabli par la nature ou par l'être humain. Elle peut être causée par un tout petit changement qui affecte une situation normale. Elle est « une situation qui semble poser des problèmes urgents et quasi insurmontables, ou tout au moins très difficiles » (Lagadec 1991). Ces dernières décennies, l'être humain n'a jamais eu à gérer autant de situations de crise. On trouve aussi bien des crises économiques, politiques, environnementales, technologiques, etc. Elles peuvent parfois être corrélées. A titre d'exemple, Un tsunami peut entraîner une catastrophe industrielle, sanitaire, économique comme ce fut le cas au Japon en 2011. Ces différents types de crises sont aussi le fait de notre vision de la crise. Un économiste n'a pas la même vision de ce type de situation qu'un juriste, ou un sociologue ou un politicien, etc. Chacun d'entre eux possède sa définition, sa conception de la crise, les causes ayant conduit à la crise et les modes de sortie de la crise. En plus de cela, pour une même crise, des spécialistes d'une même discipline peuvent avoir des visions différentes sur cette même crise.

Cette recrudescence est due à plusieurs facteurs, nous pouvons citer entre autres les effets du changement climatique, la complexité des systèmes industriels et technologiques ainsi qu'une forte contestation contre les inégalités partout dans le monde. Les incertitudes que présentent ces crises sont tellement nombreuses que ces dernières ont tendance dans certains cas à se démultiplier. En effet, une crise peut engendrer d'autres crises. Ces crises sont dans la majorité des cas limitées dans l'espace, dans le temps, dans leurs natures. En effet, toutes les crises connues ont eu une fin, ont été délimitée dans un espace et en plus nous n'avons jamais vu des grandes crises multiples se présenter en même temps et au même endroit. Par exemple avoir en même temps une guerre, l'éruption d'un volcan, un tsunami qui arrive, la chute d'une météorite, etc.

Ces crises demandent une gestion bien spécifique compte tenu de la spécificité de la situation de crise. Une crise est, dans la majorité des cas, gérée par des individus relevant d'organisations hétéroclites avec des objectifs, des niveaux d'expertises, des visions et des modes de fonctionnements différents. Ils sont de ce fait confrontés à l'incertitude qu'engendrent la situation et leur gestion. En effet, chaque décision prise ou non prise a des retombées et des conséquences importantes. Les individus en charge de la gestion de crise possèdent, dans la plupart des cas, des procédures et des règles prédéfinies soit par les constructeurs soit par des commissions en interne. Mais chaque crise est unique et a sa propre origine et sa propre gestion, « Il n'existe pas de règles fixes. Ces règles ne peuvent être établies que selon les circonstances » (Tzu 2012). Ces individus font pour cela des similitudes par rapport à des situations vécues, racontées et étudiées à travers des cours reçus dans le cadre de leurs apprentissages ou à travers des documentaires ou des films regardés. Ils font aussi appel à leurs expériences personnelles. Pour cela, ils essayent de mettre en place des représentations pour

trouver des solutions ou au moins atténuer l'impact de la crise. Ils pourront de cette manière faire face à cette incertitude due soit aux facteurs déclencheurs, soit aux événements parvenus durant la gestion de la situation et aux comportements des personnes impliqués.

Tout ceci nous a interpellés pour trouver des réponses à nos questions, en prenant en compte la situation de crise comme étant une situation incertaine ou chaotique. Effectivement, il est question pour nous de mettre en place **un système qui puisse générer des situations incertaines ou chaotiques pour l'exploration. Ce système doit provoquer une rétroaction que nous souhaitons positive. En effet, c'est la rétroaction positive qui permet à une situation de se développer voire de changer. Ce système doit aussi intégrer l'expérience vécue pour d'une part délimiter cette exploration des situations incertaines et pour fournir une plausibilité de l'environnement généré et s'approcher le plus possible du réalisme d'une situation de crise d'autre part.**

Pour répondre à cette hypothèse, **nous proposons un générateur de situations incertaines.** Ce dernier est un outil d'apprentissage destiné aux individus en charge de la gestion de crise. Il permet de générer des situations de crises incertaines en utilisant la rétroaction positive et prend comme support le retour d'expérience. Il est dynamique à travers les différentes interactions qu'il provoque. Il a la particularité de ne pas dérouler de scénario puisqu'il est plus orienté vers une exploration rhizomique.

C. Contexte d'étude

Pendant la gestion de crise les différents acteurs et quels que soient leurs appartenances et leurs degrés de responsabilité procèdent à des activités collaboratives. Ces dernières se font à travers des moyens techniques et humains. Ces acteurs utilisent pour cela des mots, des expressions, des règles sous forme de textes, des logiciels, etc. Pour notre thèse, nous nous intéressons aux activités liées à la communication, la coordination et la coopération. Ils ont la particularité d'être interdépendants et importants pendant ces situations (Martin, Nolte, Vitolo 2016). Ils sont le nerf de cette gestion. Une bonne activité collaborative peut être un des facteurs de réussite de la gestion de crise.

Ces acteurs sont, durant ces moments difficiles, confrontés au facteur temps. Chaque minute qui passe est précieuse quant à la possibilité de venir en aide aux sinistrés et de sauver la vie du plus grand nombre de personnes possible. L'intervention des hiérarchies des hommes politiques et des médias tend à rendre la mission des acteurs en charge de la gestion de crise difficile et parfois la fragilise lorsque des incohérences et des imperfections sont relevées et diffusées sur la place publique. Il ne faut pas aussi oublier que ces acteurs sont des êtres humains qui possèdent dans leurs vies courantes des problèmes familiaux, professionnels. Tous ces facteurs sont susceptibles d'handicaper ces acteurs dans la prise de décision lors de la gestion de situation de crise. Aussi, ces facteurs constituent parfois des freins qui engendrent du stress chez ces individus et ce, quelque soient leurs degrés de

professionnalisme ou d'expérience. Il existe un grand nombre de définitions du stress dans la littérature. Pour notre part nous considérons que le stress est le résultat du déséquilibre entre les exigences internes ou externes et les ressources de l'individu pour y faire face (Lazarus, Folkman 1984). Notre étude s'intéresse au stress ressenti par ces acteurs pendant la gestion de crise, mais ce qui nous interpelle le plus c'est l'impact du stress pendant ce genre de situations. Dans cette thèse, nous nous focalisons sur l'impact du stress généré par l'activité collaborative. Hermann (Hermann 1979) avait identifié un certain nombre d'indicateurs verbaux et non verbaux résultant du stress durant la gestion de crise. Ils sont observables et ressentis par les acteurs. Ces impacts du stress engendrent eux-mêmes d'autres impacts sur la gestion de crise. Seulement ces impacts du stress ne sont pas, pour un grand nombre, quantifiables. C'est par là que nous les considérons comme générateurs de situations incertaines importants à simuler dans notre travail.

Pour cette étude, nous allons donc prendre pour domaine d'application, le stress que subissent les acteurs en charge de la gestion de crise et particulièrement l'impact du stress présent lors de l'activité collaborative.

D. Organisation du manuscrit

Ce document est divisé en quatre parties. La première partie s'intéresse en premier lieu à la systémique. C'est une approche scientifique différente de l'approche cartésienne. Elle considère que tout système est complexe et composé de plusieurs sous-systèmes qui sont en interaction entre eux (Le Moigne 1994). Ce système évolue dans le temps et possède une rétroaction positive et une autre négative. La rétroaction négative est plus une régulation du système alors que la rétroaction positive permet l'émergence d'un nouveau système ou nouvel ordre. Un certain nombre de disciplines se sont intéressées à la systémique, et même, certaines ont pour socle cette approche. Parmi ces disciplines scientifiques la cindynique. C'est la science qui étudie le danger avec une vision systémique (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991). Elle permet l'analyse du danger sur cinq espaces à savoir : l'espace épistémique (les modèles), l'espace déontologique (les règles), l'espace téléologique (les finalités), l'espace statistique (faits et chiffres) et l'espace axiologique. Cette dimension d'analyse est appelée l'hyperespace cindynique. C'est la comparaison entre deux hyperespaces cindyniques qui détermine la nature du danger et sa cause. Nous exposons ces théories pour identifier des techniques de modélisation et de représentation de systèmes incertains.

L'objet de notre étude « l'incertain » nous conduit à aborder la théorie du chaos. Cette théorie tente de donner des explications sur des phénomènes naturels (Gleick 2011). Elle propose un certain nombre de principes que nous avons énuméré plus haut et que nous avons pris en considération pour notre étude comme la sensibilité, la bifurcation, la délimitation de l'espace et la vision fractale. À la fin de cette partie, nous allons aborder la théorie des catastrophes (Thom 1983) recommandant

d'identifier des expressions sémantiques pour la représentation des incertitudes.

La seconde partie de ce manuscrit est consacrée au contexte de notre étude qui est l'impact du stress durant une situation de gestion de crise. Dans cette partie, la crise est définie comme étant une situation qui constitue une menace majeure pour un ou plusieurs objectifs, ainsi que pour d'autres valeurs du groupe connaissant la crise (Hermann 1969). Cette crise demande une gestion qui est assurée par des acteurs qui proviennent d'organisations différentes avec des profils, des compétences et des niveaux de responsabilités différents. Ces acteurs utilisent des outils et des moyens pour collaborer entre eux comme mentionnés déjà. Ils sont soumis à différents types de contraintes, dont le stress. Le stress est un phénomène psychologique qui affecte les individus de plusieurs manières, mais ce qui nous intéresse le plus dans notre thèse est l'impact du stress lié à l'activité collaborative pendant une situation de crise.

Dans la troisième partie de ce manuscrit, nous abordons la représentation des connaissances. Pour cela, nous nous intéressons à l'ingénierie des connaissances. Elle est un ensemble de techniques et méthodes qui permettent de recueillir, modéliser et formaliser des fragments de connaissances (Jouve 1992 ; Aussenac-Gilles, Charlet, Reynaud 2012). Elle permet de faire des représentations de la connaissance. Cette partie de notre thèse nous a permis de faire une représentation de la situation de crise. Cette dernière intègre la rétroaction comme élément important dans cette représentation et prend en compte la notion État/Évènement (Sediri, Matta, Lorette, Hugerot 2012).

Parmi les représentations de connaissances recommandées en Ingénierie des connaissances figurent les ontologies. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux ontologies liées à la gestion de crise. L'une d'entre elles s'approchait de notre vision. Il s'agit de l'ontologie RestOn (Chehade et al, 2018). Nous avons spécialisé cette ontologie afin de caractériser les influences du stress en considérant les dimensions collaboratives en gestion de crise.

La quatrième partie du manuscrit est surtout consacrée à NOÉ, notre générateur de situations incertaines. Cet outil utilise comme modèle mathématique la logique floue. Il prend en compte le retour d'expérience et s'inspire du concept philosophique du rhizome (Deleuze, Guattari 2013), qui répond le mieux à notre vision sur l'apprentissage par exploration. Cela permet à NOÉ de ne pas suivre de scénarios bien définis avec un début et une fin. Dans le cadre de cette thèse, nous avons appliqué NOÉ pour la gestion de crise. Pour cela, nous étudions les principes d'apprentissage et notamment l'organisationnel et le causal (Kolb 1984) inspiré du constructivisme de Piaget (Piaget 1937).

À la fin de la quatrième partie, nous appliquons NOÉ sur deux cas de crises différentes. La

première concerne une attaque terroriste alors que la seconde concerne une manifestation qui a débordé. Nous montrons à travers le déroulement de NOÉ la faisabilité de notre approche. Cela a permis de conforter NOÉ dans son approche rhizomique et exploratrice.

La dernière partie de ce document est quant à elle consacrée à la conclusion que nous avons tirée de cette étude, des limites rencontrées ainsi que les perspectives que donne cette recherche.

Le schéma ci-dessous, permet de donner une vision globale de cette étude (Figure 1).

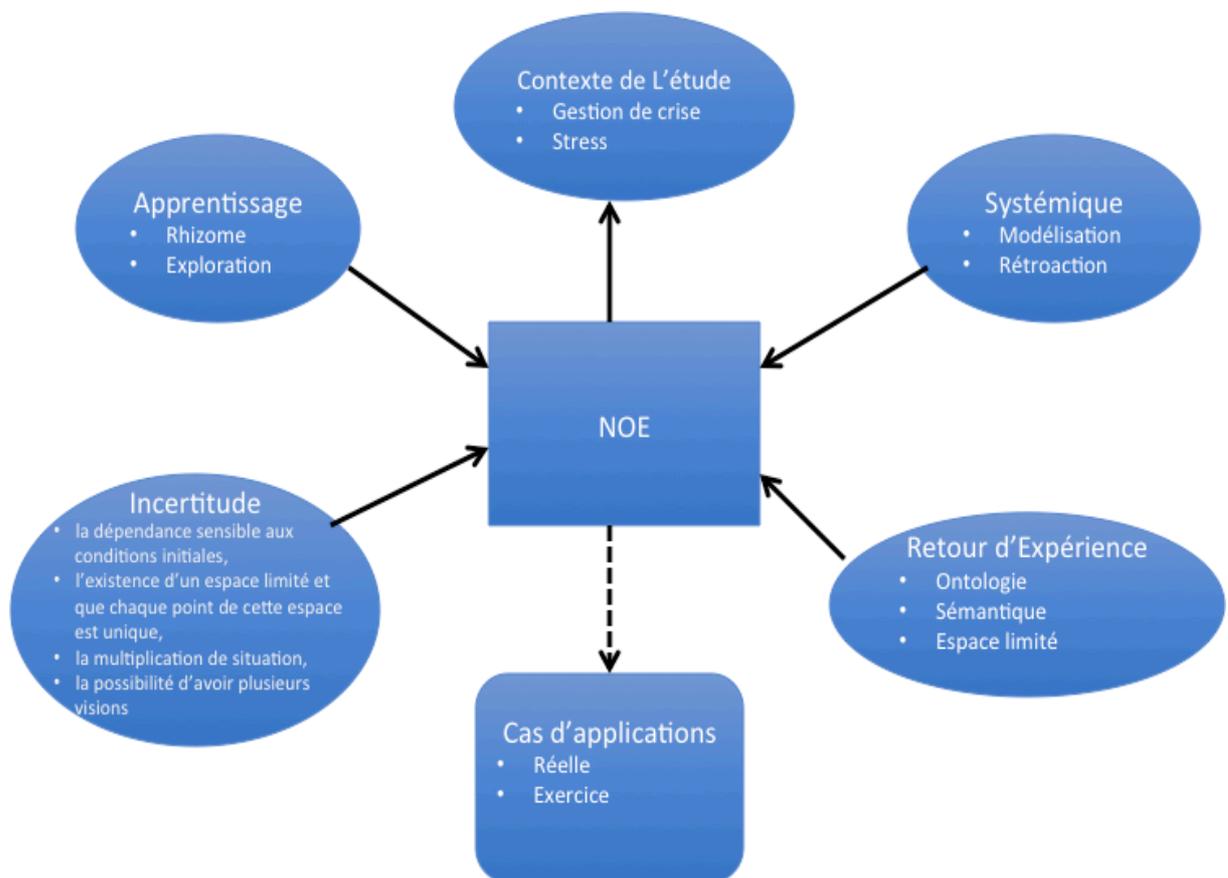


Figure 1: Principales théories abordées dans la thèse.

PARTIE I : RISQUE, MODELISATION, INCERTITUDE ET INTELLIGIBILITE

Introduction

Une crise est une période durant laquelle un phénomène transitoire apparaît (Delbeque, Combalbert 2012). Elle est « une situation où de multiples organisations, aux prises avec des problèmes critiques, soumises à de fortes pressions externes, d'après tensions internes se trouvent projetées brutalement et pour une longue durée sur le devant de la scène » (Lagadec 1991). C'est l'instant critique, dangereux, délicat, difficile, grave (Heiderich 2010). D'après ces différentes définitions, une crise est une situation complexe, unique, sporadique et imprévue produite par un événement dangereux. Cette définition nous a amenés à nous pencher dans ce premier chapitre de cette thèse à ces différents aspects liés à la situation de crise. C'est ce qui nous conduit à nous pencher sur la systémique. On sait que pour cette dernière l'univers est un tissu d'objets ou d'éléments hétérogènes, liés entre eux et surtout s'autorégulant. Donc tout est complexe, s'autorégule et modélisable avec des visions différentes. Cette vision et approche a donné naissance à une nouvelle science dite science des cindyniques ou du danger qui s'intéresse à la crise, ses origines ainsi qu'à sa gestion (Kervern 2005). En effet, cette nouvelle science apporte une nouvelle approche ou vision sur la situation de crise et son étude. Elle considère que ce genre d'évènement doit être pris dans sa globalité, sans le dissocier des facteurs ou paramètres ayant conduit à son émergence (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991). Ceci dit, la situation de crise est considérée par les cindyniciens comme complexe, vision inspirée de la systémique. La modélisation reflète pour les cindyniques les dysfonctionnements ayant conduit à ce genre de problème (Kervern, Pateyron 1995). On va donc dans cette première partie de ce chapitre aborder la systémique, le principe de la régulation et la modélisation. Par la suite on aura à définir les cindyniques. On va voir les axiomes sur lesquels repose cette science. La situation cindynique ainsi que l'hyperespace cindynique seront par la suite abordés.

Ce genre d'événements sont donc imprévisibles, il y a énormément d'incertitudes quant à leurs survenues, leurs durées, leurs intensités ainsi qu'à leurs impacts. En plus, ils ne sont pas linéaires, ils ne suivent pas un processus bien défini. C'est ce qui nous a amenés à étudier la théorie du chaos. L'une des caractéristiques de cette dernière, est qu'elle essaye de donner des explications sur des phénomènes naturels qu'on remarque tous les jours tels que l'écoulement des fleuves, les transitions de phases, l'évolution des formes, des matières et être vivants (Gleick 2011), etc. Cette théorie récente s'approche plus de la réalité sur l'étude des phénomènes qui nous entourent. Pour être plus clair, le nombre incroyable de facteurs, dont la capacité d'intervenir dans une crise ou une situation météorologique ainsi que leur complexité, limitent nos possibilités à pouvoir faire de la prédiction. Cela est dû à plusieurs facteurs entre autres nos moyens de calcul qui sont toujours insuffisants et aussi aux différentes sciences, méthodes, approches et théories qui ne sont pas parvenues à élucider voir à comprendre comment certains phénomènes agissent ou surviennent. La science est encore loin de pouvoir expliquer tous les phénomènes naturels. Cela indique des limites quant au déterminisme cartésien. Il s'agit pour nous de voir et de pouvoir expliquer dans cette thèse comment:

- Le changement d'un ou de plusieurs facteurs ayant conduit à une situation de crise peut la modifier (la dépendance sensible aux conditions initiales) ?
- La situation de crise est définie dans un espace limité et qu'elle est unique dans chaque point de cet espace (attracteur de Lorenz) ?
- On peut avoir différentes visions lors d'une situation de crise en utilisant des échelles différentes (géométrie fractale)?
- La situation de crise se multiplie en plusieurs situations différentes les unes des autres (bifurcation) ?

C'est dans cet esprit que la théorie du chaos est abordée dans cette thèse. Elle met en exergue quatre axiomes importants à savoir : *la dépendance sensible aux conditions initiales, l'attracteur de Lorenz, la bifurcation et la géométrie fractale*. Ce qui répond à nos questions.

En règle générale les phénomènes naturels sont en équilibre, mais pour des raisons ou des facteurs soit endogènes soit exogènes, ils présentent des changements de forme et des discontinuités. Et ce qui est encore frappant, c'est qu'ils sont dans la majorité des cas observables, palpables par nos sens (ouïe, vue, touché), voire qualifiables. C'est ce qui nous a amenés à étudier la théorie des catastrophes. Celle-ci s'intéresse aux phénomènes naturels qui présentent des discontinuités et qui changent de forme. Elle permet aussi de donner un sens linguistique ou qualificatif à ces changements.

La théorie du chaos et des catastrophes associées à la pensée systémique et aux cindyniques a inspiré notre approche de représentation, d'intelligibilité et de simulation de phénomènes incertains en situation de crise (Figure 2).

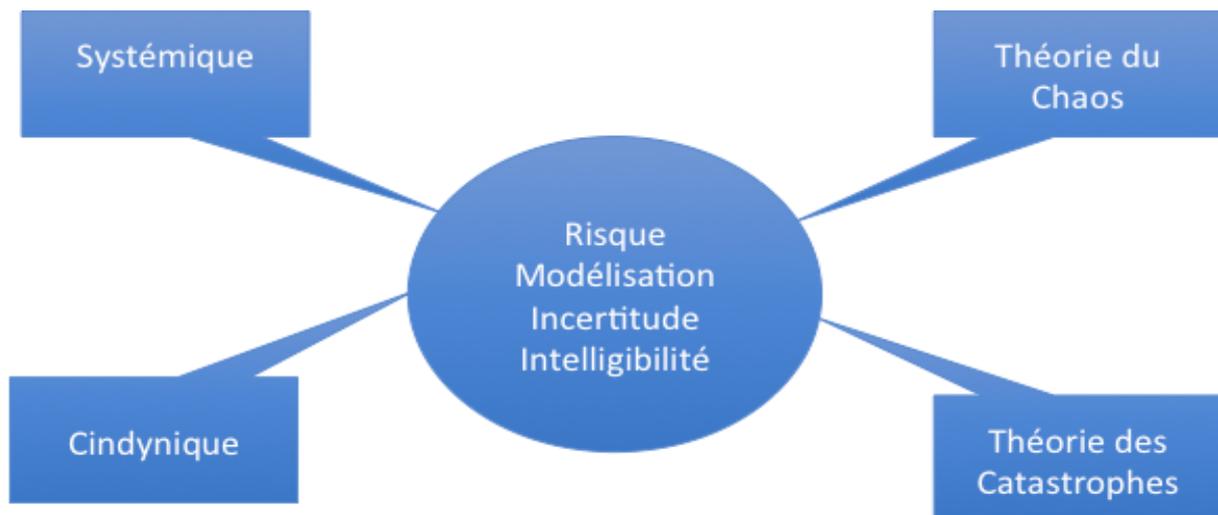


Figure 2: Risque, Modélisation, Incertitude et Modélisation

Chapitre 1 : L'approche systémique

1. Pourquoi la systémique

Le discours de la méthode de Descartes (Descartes, Gilson 1987) a été considéré comme l'accélérateur qui avait permis aux sciences d'évoluer. Ces dernières se sont inspirées de cette méthode pour leurs différents travaux. Les principes de cette méthode sont la disjonction, la réduction et l'abstraction. Ces principes ont de ce fait séparé la philosophie des sciences. Ceci a ainsi limité l'évolution des sciences. Mieux encore, la disjonction a isolé et séparé trois grandes disciplines à savoir la physique, la biologie ainsi que la science de l'homme. Ceci avait donné naissance à une spécialisation des sciences. Cela a été une des causes ayant défiguré et réduit notre vision du monde réel qui nous entoure et de notre univers complexe. C'est cette complexité par rapport à notre raisonnement acquis qui nous a conduits à hiérarchiser ces éléments, les sélectionner, les distinguer. En quelque sorte faire un peu d'ordre dans tout cela. Notre raisonnement, basé sur cette méthode, a obstrué une partie de notre vision et de notre développement. D'autres travaux de recherches établis par des scientifiques de renommées tels que Vico (Vico 1981) ou Paul Valéry (Valéry 1919) préconisaient d'autres méthodes qui associent pratique et théorie. Le manuscrit de P. Valéry « L'introduction de la méthode de Leonard de Vinci » publié en 1895, montre bien que ce personnage exceptionnel « élaborait conjointement pratiques et théories en une permanente réflexion récursive, chacune irriguant l'autre à la manière d'une vis sans fin » (Le Moigne 1994a). Ce qui tend à rendre cette méthode différente de la cartésienne et ce bien avant que cette dernière ne se répande. Sur ce, la méthode cartésienne a été considérée par Le Moigne comme imprécise et implicite (Le Moigne 1994a). Morin a considéré cette méthode comme un frein, qui n'a pas permis à l'être humain de se rapprocher de son univers réel, il a ainsi identifié quatre facteurs bloquant cette évolution (Morin 1990) :

1. L'organisation de notre savoir.
2. Le développement de la science.
3. L'usage dégradé de la raison.
4. Le progrès aveugle et incontrôlé de la science

Malgré cela, et grâce à des érudits, les connaissances de l'être humain ont connu ces deux derniers siècles une évolution incroyable. Cette évolution a permis de faire avancer les sciences et aussi de voir l'apparition de nouvelles sciences et disciplines qui n'existaient pas auparavant. Ainsi il a été découvert en physique le concept d'irréversibilité des phénomènes physiques (second principe de la thermodynamique) (Von Bertalanffy 1968; Boltzmann, Brillouin 1902; Prigogine 1967). Ce principe a permis de rendre à l'évidence que l'univers n'est pas une machine parfaite et huilée. Mais, qu'il est sujet à des transformations, organisations, désorganisations, régulations, etc. Aussi, cet univers est composé de systèmes clos et ouverts en même temps, lui permettant de se régénérer et maintenir un certain équilibre. Tous ces phénomènes, comme il a été déjà énoncé, sont liés d'où la difficulté de la

pensée complexe. Cette pensée a cette particularité de « distinguer sans disjoindre et associer sans identifier ou réduire » (Morin 1990).

La complexité a été définie comme étant « un tissu d'évènements, actions, interactions, rétroactions, déterminations, aléas, qui constituent notre monde phénoménal » (Morin 2015). Tous les éléments d'un système sont hétérogènes, inséparables et liés par un jeu d'interaction. Ce dernier crée de l'ordre et du désordre en même temps. Donc ce passage de la chose compliquée à la chose complexe implique un changement de méthode intellectuelle voire d'un nouveau discours sur la méthode (Le Moigne 1994a). C'est cet état d'esprit et de fait qui a donné naissance à la systémique.

La systémique provient du mot grec « systéma » qui veut dire « ensemble organisé » est une méthode qui a vu le jour au milieu du 20^e siècle. Elle est mieux adaptée à l'étude des systèmes complexes que la méthode cartésienne par son approche. Elle est plutôt globalisante dans son approche. Elle étudie un objet dans son environnement, avec ses différentes interactions.

2. Préceptes systémiques

Pour mieux cerner la systémique, Le Moigne avait défini quatre principaux préceptes pour ce nouveau discours (Le Moigne 1990) :

1. Le précepte de pertinence : Tout objet se définit par rapport aux intentions implicites ou explicites du modélisateur.
2. Le précepte du globalisme : Considérer l'objet à connaître comme une partie immergée et active au sein d'un plus grand tout.
3. Le précepte téléologique : Interpréter l'objet par son comportement seulement, sans l'expliquer.
4. Le précepte de l'agrégativité : Toute représentation est partisane.

Ces quatre préceptes, de la méthode systémique, ont donné naissance par la suite au paradigme systémique.

3. Paradigme systémique

Bertalanffy, biologiste renommé, étudiait l'organisme vivant. Il avait alors proposé deux hypothèses, en prenant pour source le paradigme structuraliste et le paradigme cybernétique (Von Bertalanffy 1968).

- Hypothèse téléologique : Comme tout organisme vivant, un objet est doté d'une finalité par rapport à laquelle il pourra être interprété.
- Hypothèse d'ouverture : Tout objet est ouvert sur son environnement.

Ces deux hypothèses posées ont donné naissance au paradigme systémique qui stipule qu'il faut « représenter un objet dans son environnement et ouvert ».

Ce paradigme a donné naissance par la suite à deux théories :

1. La théorie générale qui est une conception d'un univers considéré comme une seule entité.
2. La théorie de la modélisation est la théorie du système générale. Elle permet de modéliser un objet.

4. Objet de la démarche systémique

La démarche systémique a évolué vers l'étude de la complexité des systèmes biologiques, humains artificiels ou l'univers. Elle a donné naissance à plusieurs applications dans divers domaines tels que la sociologie (Lugan 2009), les sciences de l'éducation (Lebrun 2011), la psychologie (Widlöcher 1994), la médecine (Rauly, Gallois 2014), l'aménagement urbain (Vilmin 1999), la sécurité (Piwowar, Chatelet, Laclemece 2007), etc.

Pour notre étude nous allons nous pencher sur le concept de la théorie du système générale et le concept de rétroaction.

5. Théorie du système générale

Cette théorie sert à définir un objet, à le doter de propriétés, à vérifier la cohérence de ses propriétés et enfin à l'utiliser comme représentation pour d'autres objets. Partant ces caractéristiques, Le Moigne a défini un « objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il ne perde pour autant son identité unique » (Le Moigne 1994a).

La description de l'objet dépend, comme cela avait été mentionné précédemment, d'une conjonction de trois modèles spécifiques.

- Le modèle fonctionnel (ce qu'il fait).
- Le modèle organique (ce qu'il est)
- Enfin le modèle historique (ce qu'il devient).

Ces modèles sont propres à l'observateur qui doit les communiquer d'une façon intelligible, mais sans imposer ses évidences ou son objectivité. En effet, l'observateur a tendance à modéliser des objets pour lui avec ses propres finalités, ce qui nous amène à dire que pour chaque modélisation il existe une interaction modélisateur/objet qui doit être prise en compte pour mieux comprendre l'objet modélisé. À notre sens, il n'y a pas de modèle sans arrière-pensée ou neutre. Pour cela, la description ou modélisation faite doit être communicable par l'observateur, tout en faisant la différence entre le perçu et le conçu. Il est à souligner que la position de l'observateur par rapport à l'objet à décrire est importante.

6. La rétroaction dans la systémique

Les organisations ou systèmes sont vivants. Ils comportent en eux la notion de temps. Ils sont, en effet, nés dans le temps. Ils évoluent dans le temps et enfin ils meurent ou sont désintégrés par le temps. Ces changements à travers le temps sont identifiés. Ils sont dus à des interactions endogènes ou exogènes au système, lesquelles interactions créent l'ordre et le désordre. Ce désordre produit l'ordre et l'organisation à partir d'interactions. Les interactions font partie du système et ont pour caractéristique d'être complémentaires, concurrentes ou antagonistes. Cet antagonisme est présent et nécessaire dans toutes les organisations. C'est lui qui génère de la régulation (Morin 2013). La notion de régulation est apparue avec l'introduction de dispositifs informationnels permettant de détecter et corriger des erreurs dans les machines. C'est ce qui est appelé la rétroaction. Elle forme alors une boucle rétroactive considérée comme fondamentale.

La rétroaction génère une régulation voire une stabilité. La régulation permet d'annuler les différentes perturbations ou déviations qui apparaissent par rapport soit à un processus total soit à l'organisation et cela est vrai aussi bien pour les organisations, les êtres vivants que pour l'univers. Ils comportent tous en eux une régulation. Piaget a défini deux paliers de régulation. Le premier, interne à l'organisation donne lieu à un autorégulation. Alors que, le second externe à l'organisation permet la construction d'autres organisations plus grandes englobant la première ou la précédente organisation (Piaget 1966).

Morin a défini deux types de rétroaction, l'une positive et l'autre négative (Morin 2013) :

- La rétroaction négative : n'affecte pas les structures ou composants de l'organisation. Seuls les paramètres des structures ou composants de l'organisation sont modifiés pour avoir une régulation ou stabilisation. Ce type de rétroaction intéresse énormément la cybernétique. Pour celle-ci la rétroaction négative de type organique ou artificiel fonctionne sur le même principe et conduit à l'homéostasie ou à la régulation de l'action.
- La rétroaction positive : celle-ci affecte l'organisation. Elle peut soit modifier la structure de l'organisation par une expansion indéfinie (explosion), qui donnerait lieu à la mort de l'organisation ou à la génération d'une nouvelle organisation. Soit carrément bloquer l'activité de l'organisation et donc blocage de son évolution.

Ces deux types de rétroactions sont antagonistes, complémentaires et ne peuvent pas être dissociés dans n'importe quels types d'organisation (Figure 3).

Dans notre approche nous exploitons la rétroaction. Celle dite négative pour stabiliser les conséquences d'une situation de crise, en exploitant le retour d'expérience des personnels chargés de la gestion de crise et surtout ceux ayant vécu des situations difficiles de crise. Toutefois une

rétroaction positive est possible par l'adaptation de l'organisation associée à la gestion de crise, cela peut être le cas quand une gestion prévue devient inopérante, une résilience émergente pouvant prendre le relais, c'est particulièrement le cas dans des situations catastrophiques dont l'ampleur dépasse toute prévision.

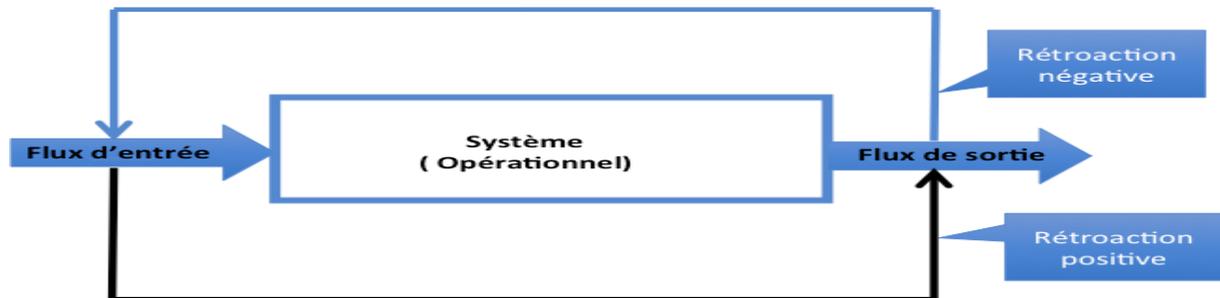


Figure 3 : La rétroaction positive et négative

Chapitre 2 : Les Cindyniques

1. Définition des cindyniques

La complexité des systèmes et la survenue de grandes catastrophes durant la fin du dernier siècle ont démontré que le postulat, représentant le risque comme étant le produit d'un événement dangereux et la probabilité qu'il se produise, n'était plus d'actualité. Il fallait chercher un autre moyen pour analyser et gérer ce genre de situation. Kervern a alors proposé une démarche, voire une méthode ainsi que des outils qui portent le nom de cindynique (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991; Kervern, Pateyron 1995).

Les cindyniques venant du mot grec « Kindinos » signifient danger. C'est une formalisation globale des risques et des dangers (Wybo 2002). Elle a été définie comme étant « une science visant à rendre intelligibles et donc prévisibles, les dangers, les risques qui en découlent, endogènes et exogènes au sein d'un système et de permettre de les réduire » (Kervern, Boulenger 2007). Cette nouvelle science étudie donc le danger, détermine les lois qui décrivent la fabrication de ce danger, de le rendre intelligible, de prévoir sa manifestation et enfin de le réduire (Kervern, Boulenger 2007). Elle a été mise en application pour l'étude des accidents et des catastrophes aussi bien naturelles, humaines que technologiques (Van Meenen 2014; Bertrand, Anselme, Becu 2014; Fumey 2001). Cette science associe deux démarches, l'une inductive et l'autre déductive (Guarnieri 2003) :

1. L'inductive : elle associe des faits particuliers reliés entre eux comme point de départ, extrait à partir d'une proposition générale et énonce la possibilité que des associations similaires puissent se reproduire.
2. La déductive : elle prend pour socle une proposition de portée générale et tire des conclusions sur des cas particuliers.

2. Socle des cindyniques

Les cindyniques reposent sur trois socles axiomatiques (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991; Reason, Brand 1975) à savoir :

- Les axiomes de l'épistémologie constructive ;
- Les axiomes fondateurs du concept « Reason » ;
- Les axiomes cindyniques.

A. Les axiomes de l'épistémologie constructive

Cet axiome repose sur l'approche constructiviste radicale de Von Glassersfeld (Von Glasersfeld 1984). Il a lui-même pour origine une pensée dite constructivisme, datant du 18^e siècle, qui prône que la connaissance repose sur l'idée que notre image est le produit de l'esprit humain en interaction avec la réalité (Vico 1725). Cette vision permet d'inclure des connaissances dont la valeur ne fait pas référence à des méthodes scientifiques conventionnelles (Avenier 2011). L'axiome lui-même donne les principes de modélisation d'une situation à partir des connaissances acquises (Le Moigne 1994b).

Elle est établie par les différents acteurs externes et internes à l'organisation. Elle met en évidence les différentes interactions et leurs évolutions dans le temps entre plusieurs niveaux d'organisation, les organisations entre elles, les organisations et les acteurs ou entre les acteurs.

B. Les axiomes fondateurs du concept de Reason

Ce second axiome a pour source le modèle d'accident dit « Swiss cheese model » du psychologue James Reason (Reason, Brand 1975). Il aborde le principe de conjonction des modèles élaborés par les différents acteurs, ainsi que de l'unicité des symboles pour une bonne communication et représentation des lacunes pouvant engendrer une défaillance. Il s'agit de modèles établis par différents acteurs, présentant des lacunes dues à diverses origines (humaines, techniques, managériales). Leur alignements et compositions font apparaître un danger potentiel qui peut porter atteinte à l'intégrité physique, économique ou structurelle du système (Larouzée, Guarnieri 2014).

C. Les axiomes cindyniques

Ce dernier axiome est fondateur de la notion de situation cindynique. Il aborde la manière dont sont établies les conventions sur les mesures du risque, ainsi que les différentes ambiguïtés qui peuvent surgir lors de cette estimation par les différents acteurs. Il est important de savoir que chaque acteur a une finalité qui lui est propre et relative à son organisation. Ainsi pour les cindyniciens les accidents, incidents et catastrophes sont des symptômes révélateurs d'ambiguïtés et la crise est une situation liée à une désorganisation dans les réseaux d'acteurs (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991).

Cette désorganisation ou ce désordre donne naissance à une nouvelle organisation de ce réseau après chaque catastrophe ou accident, et ce par la correction ou la mise en place de nouveaux mécanismes liant ces acteurs ou organisations. Dans ce même ordre d'idée, les différentes interactions ou interventions des acteurs lors d'une crise sont soit cindynolytiques (diminuent le danger) soit cindynogènes (augmentent ou créent le danger), ou les deux formes à la fois. Cela dépend du référentiel pris en compte et de l'évolution future de la situation. Comme cette évolution est parfois très sensible aux conditions initiales, elle peut bifurquer vers l'un ou l'autre ou vers les deux en même temps.

Un des objectifs de notre thèse est d'étudier une situation de crise, de pouvoir la modéliser et d'observer le comportement des personnels désignés pour la gestion ou pouvant devenir des « gestionnaires » de façon opportuniste pour d'autres considérations (politique, promotion, se faire valoir, etc.). Les cindyniques à travers ces axiomes répondent clairement à notre objectif. On remarque bien qu'elles permettent de mettre en évidence l'organisation et les acteurs chargés de la gestion d'une crise. Elles s'intéressent aux diverses interactions qui peuvent apparaître ou exister entre les différentes composantes chargées de la crise. Elles donnent aussi, un aperçu sur les moyens et outils

de communications utilisés lors de ce genre d'évènement. Et enfin, elles font émerger les causes qui devraient aboutir à la survenance d'une situation non souhaitable.

D. Situation Cindynique et Hyperspace Cindynique

Ces deux notions sont primordiales dans les cindyniques et leur explication est importante pour une meilleure compréhension de la suite.

1) Situation cindynique

Il s'agit de connaître la nature du phénomène qui s'est produit, ses limites spatiales et temporelles ainsi que les différents réseaux interagissant en son sein. Une situation cindynique est composée ainsi, de trois ensembles (Kervern, Pateyron 1995) :

- Un ensemble spatio-temporel : il prend en compte les notions d'espace géographique et ses limites ainsi que l'espace-temps et sa chronologie.
- Un ensemble de réseaux : ces réseaux comprennent les acteurs et les organisations interagissant.
- Un ensemble d'hyperespaces cindyniques : chaque hyperspace défini dans le temps correspond un réseau.

2) Hyperspace cindynique ou du danger

L'hyperespace cindynique ou du danger est apparu lorsqu'on s'est aperçu que l'espace du danger (probabilité X gravités) n'est qu'un espace de statistique (faits et chiffres) qu'il fallait compléter. Il a été, pour cela, enrichi, par un espace épistémique (les connaissances et leur organisation, histoire, etc), un espace des finalités (objectifs) et des passerelles entre un espace du danger et l'espace ontologique. Ce dernier est composé d'un espace déontologique (les règles) et d'un espace axiologique (les valeurs). Ces espaces sont souvent cités dans les rapports post-catastrophes (Figure 4).

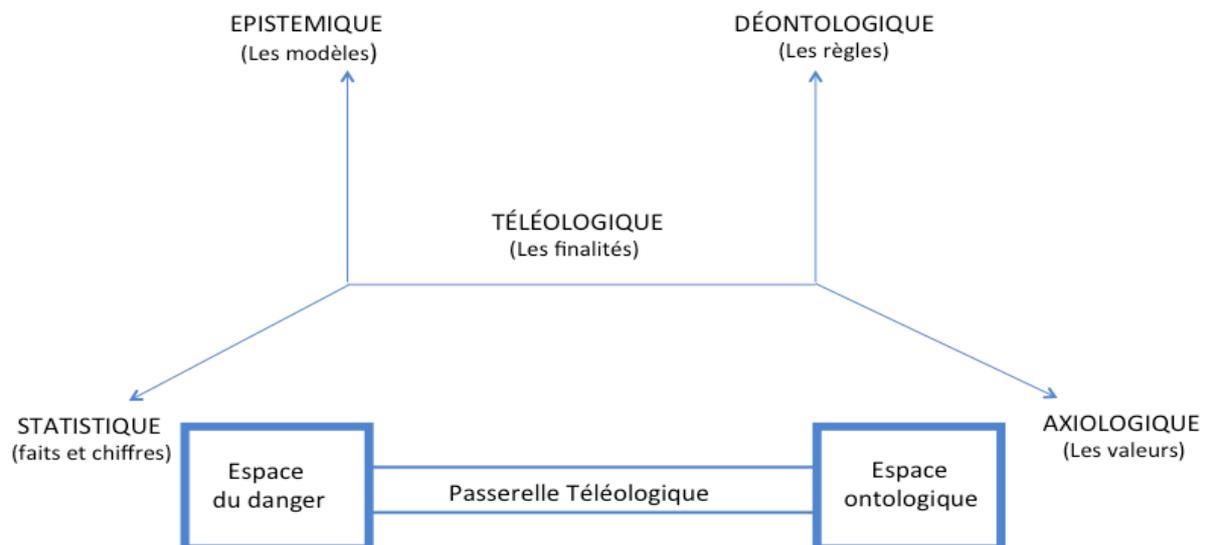


Figure 4 : L'hyperespace cindynique (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991)

L'hyperespace cindynique est donc un outil de description de danger, il est composé du produit de 5 espaces à savoir :

1. **Espace mnésique** ou statistique : ce sont les données et les statistiques issues de la mémoire et de faits.
2. **Espace épistémique** : ce sont les représentations et les modèles élaborés à partir de l'espace mnésique.
3. **Espace téléologique** : c'est l'ensemble des finalités et des objectifs définis par les réseaux d'acteurs associés à l'hyperespace.
4. **Espace axiologique** : c'est le recueil des systèmes de valeur dont le non-respect peut entraîner soit des conflits entre les réseaux soit l'évolution de ces derniers.
5. **Espace déontologique** : c'est le recueil des règles du jeu, des lois, normes, etc. qui servent à réguler les réseaux d'acteurs.

Il est à noter qu'à tout réseau d'acteurs est associé un hyperespace (Kervern, Boulenger 2007).

On remarque ici que la conjonction de cinq espaces différents sert surtout à pouvoir avoir un aperçu sur une situation donnée à un moment « *t* ». Elle donne une certaine vision sur une situation donnée. Cela servira pour la suite de notre thèse dans l'étude de situations de crise à analyser et à étudier.

Comme déjà évoqué, l'hyperespace cindynique permet d'avoir une idée et une modélisation à un instant « *t* ». Or, pour pouvoir affirmer ou infirmer l'apparition d'un danger qui a mené à une situation de crise, les cindyniciens procèdent par la comparaison des deux situations. Cette comparaison doit faire apparaître des divergences entre des éléments d'au moins deux espaces voire d'un espace et entre acteurs (d'un point de vue systémique général il s'agit de contraintes non équilibrées c.-à-d. des relations déséquilibrées, de boucle cybernétique incomplète ou présentant des antagonismes non pilotés, etc.). Ces différences sont appelées pour certains des déficits systémiques cindynogènes et pour d'autres elle porte le nom de dissonances.

E. Concept de Déficits Systémiques Cindynogènes (DSC) et de dissonances

La définition de ces espaces permet d'évaluer la potentiel cindynique d'un ou plusieurs réseaux. Cette potentielle cindynique étant la capacité qu'un système puisse engendrer des incidents, accidents, catastrophes et dysfonctionnements, appelés « situations non souhaitables ». Cette potentielle cindynique a principalement pour origine un ensemble de facteurs dits déficits systémiques cindynogènes (DSC) et les dissonances entre les réseaux d'acteurs. Ces derniers appartiennent à un même système ou à des systèmes différents. Le concept de dissonances par contre permet la représentation du danger. Cette intelligibilité du danger conduit à une tension résultant de l'écart entre

le voulu et le perçu des acteurs par rapport à la situation. De cette tension, résultera une forme d'adaptation en procédant au changement du voulu des acteurs par rapport au perçu.

1) Déficit Systémique Cindynogènes (DSC)

Les cindyniciens ont relevé et classé les déficits systémiques cindynogènes en trois catégories (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991). Une liste a été établie sur la base du retour d'expérience consigné dans les différents rapports et enquêtes élaborés lors d'accidents et incidents:

- ✓ Défis culturels : infaillibilité, simplisme, non-communication, nombrilisme
- ✓ Défis organisationnels : gestion de l'organisation qui prime sur la gestion de la sécurité ou de la sûreté.
- ✓ Défis managériaux : absence de retour d'expérience, de procédure écrite, de formation du personnel, de préparation aux situations de crise.

2) L'ensemble de dissonance.

C'est l'ensemble de résultats de la comparaison de deux hyperespaces des réseaux. Il rend compte des différences entre les domaines statistique, épistémique, téléologique, déontologique et axiologique (Kervern, Boulenger 2007).

F. Le concept d'intensité cindynique

L'intensité cindynique a été classée suivant une échelle simple et croissante dans l'impact (de l'incident vers l'apocalypse), classé en cinq catégories bien définies qui impactent chacune un espace (Figure 5) (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991; Legros 2009). En analysant tout cela, on remarque :

- 1= Incident : Ne touche que les données.
- 2=Accident : Remet en cause les modèles
- 3=Catastrophe : Remet en cause certaines finalités ou certains objectifs
- 4=Catastrophe majeur : Remet en cause les règles
- 5= Apocalypse : Remet en cause les valeurs

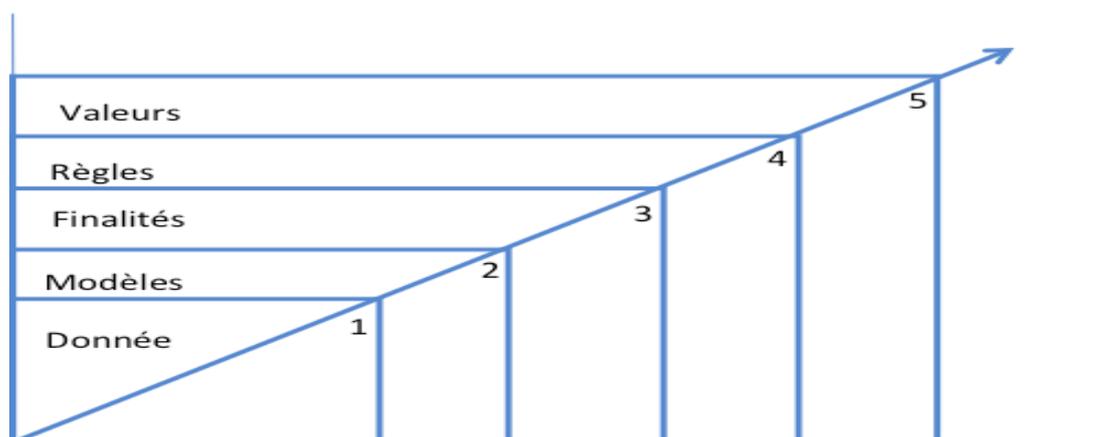


Figure 5 : Classification de l'impact des conséquences en cindynique

G. Cycle de décision dans les cindyniques

La mémorisation du Retour d'Expérience consiste à formaliser chaque accident ou incident, tout en le considérant comme une entité élémentaire. Cette méthode est efficace pour un usage statistique et pour établir une épidémiologie des accidents et incidents. En revanche, elle présente l'inconvénient de la perte d'information importante relative à l'enchaînement des décisions. Or les situations de crises perdurent dans le temps soit par la conjonction de facteurs négatifs extérieurs soit par une succession de décisions inopportunes. Chacun de ces événements significatifs est associé à un cycle de décision.

Le cycle de décision en cindynique est formé de quatre phases :

- La phase de perception : correspond à la collecte des données et à l'observation des événements qui font évoluer la situation.
- La phase d'analyse : correspond à la perception qu'ont les gestionnaires sur l'événement et à leurs décisions.
- La phase d'action : décrit les détails des actions entreprises.
- La phase d'effet : correspond aux effets visibles des différentes actions entreprises.

Ce cycle de décision dénommé atome d'expérience représente pour les cindyniques une petite partie de l'expérience (Figure 6). Il ressemble énormément à la boucle cybernétique. Cette dernière est connue pour être la science du contrôle et de la communication. Cette boucle à l'instar de la précédente possède quatre phases à savoir : mesure, décision, régulation et action. Ces phases ont pour principal objectif la constatation et l'intervention par la modification des paramètres pour un objectif ou une finalité souhaitée ou déjà maîtrisée (Paquette 1987). Ce sont des actions qui forment un ensemble d'éléments pour la prise de décision pour atteindre l'objectif attendu. Ceci nous interpelle quant à la ressemblance de ces deux boucles à travers leurs quatre phases et leurs actions même si les appellations sont plus au moins différentes.

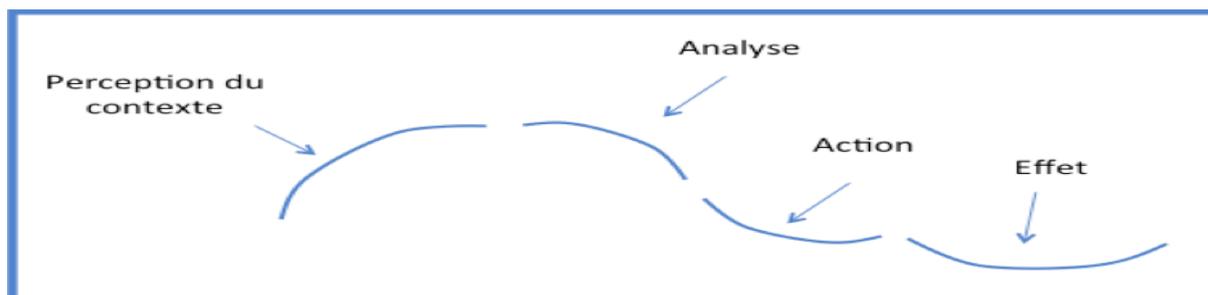


Figure 6 : Cycle de décision en cindynique (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991)

Les cindyniques considèrent la situation de crise qui engendre un danger comme une situation complexe composée de plusieurs facteurs ou système. Lagadec l'avait clairement mentionné en affirmant qu'« une approche systémique des questions de recherches serait à mettre en œuvre. Un accident n'est généralement pas dû à une cause unique, mais à une conjugaison de facteurs. » (Lagadec 1979). Donc les principes fondamentaux des cindyniques sont pour certains basés sur la systémique. Cette dernière est une approche différente de l'approche cartésienne. Elle prône une

vision globale selon différents niveaux d'observations ou d'organisations et qui prend en compte les interactions et les relations qui existent.

H. Les cindyniques et la théorie du chaos

L'un des principaux concepts de la théorie du chaos est la sensibilité aux conditions initiales. Pour les cindyniques, cela correspond à des décisions prises, qu'elles soient cindynogènes (augmentent ou créent le danger) ou cindynolytiques (diminue le danger) avec des situations initiales qui influencent largement l'évolution cindynique. Cela est vrai si on considère qu'une prise de décision relève de plusieurs facteurs et que le fait de modifier l'un d'eux peut en effet changer le cours de la décision et plus particulièrement son impact. Un autre point à soulever est celui de la dissonance. En effet, les points où des changements sont établis pour adapter le voulu par rapport à l'aperçu, par les acteurs, peuvent être considérés comme des points de bifurcations. Ils engendrent des ruptures et un changement d'état qui peuvent donner naissance à d'autres situations. Ces deux points cités montrent bien que la science des cindyniques s'approche des principes de la théorie du chaos.

1) La rétroaction

Le concept de rétroaction n'a pas été abordé par les cindyniques. En effet, pour cette science tout changement dans l'organisation ou ses composantes est considéré comme source de danger sans plus. Elle ne prend en aucun cas, le fait qu'il peut exister des régulations, autorégulation ou carrément destruction de l'organisation par seulement la modification ou la suppression de certains facteurs. A notre avis, cet aspect devrait être pris en compte pour au moins différencier ce qui est dangereux pour l'organisation de ce qui ne l'est pas.

Dans notre étude, nous allons essayer de répondre à certains de ces questionnements d'abord en exploitant le concept de rétroaction. Il pourrait à notre sens aider les organisations, en charge de la gestion de crise. Cette rétroaction si elle est négative, pourrait permettre de corriger les paramètres ayant conduit à la crise, voir de mieux gérer ce genre de situation. Dans le cas contraire, une nouvelle réorganisation ou une disparition de l'organisation est carrément souhaitée. Par la suite la question qui se pose pour nous est de voir dans quelle mesure nous pourrions utiliser et exploiter le retour d'expérience et l'adapter à des situations de crises qui sont dynamiques et incertaines. Aussi, les cindyniques s'approchent dans leur vision de la théorie du chaos et c'est dans ce sens que cette théorie va être étudiée pour voir de quelle manière, il sera possible de l'exploiter et de l'utiliser dans la suite de notre projet.

Chapitre 3 : La théorie du Chaos

A. Le déterminisme

La majorité des scientifiques avaient de tous le temps été persuadés que les phénomènes sont régis par des lois et des règles bien définies. Ces règles étaient pour un grand nombre d'entre eux connus, mais parfois incompréhensibles (cette question est toujours d'actualité). Elles dépassaient dans la majorité des cas les connaissances humaines et cela concerne un grand nombre de phénomènes. Pour ces scientifiques toute évolution d'un système dans le futur est déterminée par son état présent. Les lois de Newton en sont le meilleur exemple. Cette vision qui avait longtemps prédominé dans la communauté scientifique est dite vision déterministe. Laplace avait bien étayé cela « Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui va suivre » (Laplace 1829). Cela fut appelé par la suite « le déterminisme laplacien ». Pour ce dernier, un système déterministe était par nature prédictible. Et c'est alors que la notion du temps fut introduite, tout en sachant que celle-ci fut déjà prise en compte par Aristote mais en termes de causalité (Barreau 1968). Cette notion est primordiale et importante dans l'existence de notre univers. Elle a permis d'énoncer « *l'enchaînement causal selon le temps* ». D'où l'émergence, de cette fameuse notion de « intelligence suprême ». Celle-ci « connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation des êtres qui la composent à un instant t. Rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé, ne serait présent à ses yeux » (Laplace 1829; Paty 2003). En évoquant une intelligence suprême dont le pouvoir anime les forces de la nature, Laplace n'avait-il pas été le précurseur d'une autre nouvelle approche ?

Cette notion du temps par contre, n'a été associée qu'à de simples processus tels la vitesse, la gravité, le frottement, etc. Cette manière de faire avait fait en sorte que dans toutes les branches de la physique il n'y avait pas une distinction entre le passé et le futur. Alors qu'on sait que le temps joue un rôle primordial et différent selon le phénomène que la science étudie. Le temps n'est pas pareil en biologie, en géologie ou en chimie.

Cette distinction entre le passé et le futur a été nommée le paradoxe du temps. Elle avait été mise en lumière par Ludwig Boltzmann vers la fin de la seconde moitié du 19^e siècle, lorsqu'il avait décrit l'évolution des phénomènes physiques à l'instar de Darwin (Boltzmann 1872; 1877). Le développement de la physique de non-équilibre, la naissance de la relativité générale, de la dynamique des systèmes associés à l'idée du chaos ont forcé la révision de la notion du temps (Einstein 1915; Prigogine, Stengers 1996). Ceci a amené des chercheurs à se poser des questions et s'intéresser à l'étude de phénomènes tels que la formation des tourbillons, l'écoulement de l'eau, etc.

L'existence du déterminisme est fondée sur la causalité physique. Il est associé à une connaissance globale à laquelle rien n'échapperait dans l'existence de l'univers (Paty 2003). Par contre, d'autres chercheurs ont essayé de comprendre ou d'étudier le fonctionnement de certains systèmes. Ils ont été confrontés à des incompréhensions, voire une impossibilité de décrire ou d'expliquer certains phénomènes. Cela n'est pas dû au fait qu'ils étaient incompetents, mais à plusieurs facteurs, entre autres :

- La méthode choisie, les données scientifiques à leurs portées ne pouvaient pas traduire ces phénomènes,
- L'objet de la recherche était mal défini, l'intuition existait, mais les chercheurs ne savaient pas quoi chercher.
- Les résultats trouvés n'ont pas de sens au vu des connaissances en leurs possessions,
- Le phénomène a toujours été là, mais il a échappé aux observations.

La vision déterministe omettait la notion de hasard. Lequel est le fait de ne pas pouvoir ou être incapable de prédire de façon univoque l'évolution d'un phénomène. L'envie de comprendre le monde qui nous entoure et de prédire ce qui pourrait nous arriver a donné de l'importance à la vision déterministe.

B. La notion de hasard

Le hasard, ce mot sublime a fait et fait toujours rêver les êtres humains depuis la nuit du temps. Ainsi, pour Aristote le hasard (automaton) est « ce qui se produit sans intervention divine ou humaine et sans un ordre déjà établi ». Cela peut-être un évènement dont on ne peut expliquer ni prévoir l'apparition. Il peut aussi, exprimer un état d'âme d'une personne qui s'attendait à avoir une cause, mais faute de la trouver il la remplace par une autre cause analogue (Sentis 2005). Ce mot dérivé du mot arabe « Az-zahr » est apparu durant la renaissance chez les philosophes. Ainsi, le hasard n'est pas le produit ou la conséquence d'un certain nombre de facteurs ou de causes du système dans lequel on le découvre. Mais, il peut être le fait d'un mécanisme simple dans le système dans lequel il vit et il évolue. C'est vraiment, une composante du système étudié. Les phénomènes régis par le hasard sont apparus, pour les chercheurs, de manière sporadique ou récurrente. Ils sont là, on les observe, mais on ne peut expliquer leurs apparitions, leurs manières d'évoluer ainsi que leurs durées. Pour qualifier cette incompréhension, on avait appelé cela le hasard.

Cette notion s'est développée durant le 17e siècle pour devenir synonyme d'intuition. Elle permettait d'expliquer les incertitudes par rapport à une certaine vision sur le monde et aussi pour confirmer certaines causes finales. Ainsi, certains scientifiques tels que Descartes et Pascal ont en fait à l'époque un dogme pour décrire certains processus par des causes efficientes. Dans le même sillage, Blaise Pascal avait procédé à l'analyse du jeu de hasard et il fut ainsi considéré comme l'un des pionniers dans l'étude de ce phénomène d'une manière scientifique (Pascal 1819). Pour le

comprendre, Pascal avait entrepris une réflexion sur le caractère incertain dans la relation de l'homme avec ses semblables, son environnement et Dieu. Il avait pu alors développer des modes de raisonnement adaptés (Pascal 1897). Il fut le précurseur dans l'établissement des divers concepts du hasard. Ces façons de raisonner ont par la suite été reprises et étudiés par plusieurs chercheurs dans diverses disciplines.

Henri Poincaré avait par la suite abordé le concept du hasard et avait écrit « une cause très petite qui nous échappe détermine un effet considérable que nous ne pouvons pas ne pas voir, et alors nous disons que cet effet est dû au hasard » (Poincaré 1914). Il ne faut pas oublier l'apport de la physique quantique. Elle considère que les particules ont un comportement probabiliste, la théorie est entièrement construite sur cette idée et donc postule l'existence intrinsèque de comportements aléatoires. De plus, des critères rigoureux (mathématiques : inégalité de Bell) confrontés à l'expérience montrent que l'on ne peut pas introduire des paramètres déterministes pour décrire ces comportements. Durant les années vingt du 20e siècle, le Physicien Heisenberg avait trouvé « le principe d'incertitude » ou communément appelé aujourd'hui « l'inégalité de Heisenberg ». Ce principe énonce que « la quantité de mouvement (impulsion) et la position d'un objet physique ne peuvent pas être mesurés avec précision arbitraire en même temps » (Heisenberg 1930). Ce fameux principe avait remis en cause la vision déterministe de la physique classique.

Bien plus tard, Edgar Morin a qualifié le hasard comme un ingrédient indispensable pour tout ce qui apparaît à l'homme comme désordre. Ainsi, pour lui, « le hasard et le désordre sont présents et en même temps actifs dans l'évolution de l'univers. Par contre, il est difficile de résoudre les incertitudes apportées par eux » (Morin 1988). Il rejoint lui aussi, l'idée générale qui stipule que le hasard est utilisé lorsqu'on est incapable de prouver quelque chose non pas par ignorance, mais par manque de connaissance. On peut dire que cette notion de hasard permet de désigner les processus dont les lois déterministes qui les gouvernent ne sont pas connues (Denis, Letellier 2012). La notion de hasard intéresse maintenant aussi bien des disciplines scientifiques dites dures telles que les mathématiques, la physique, la chimie, que les sciences sociales telles que la psychologie qui essaie d'expliquer les comportements humains face à ce phénomène.

C. La théorie du chaos et son apparition

Pour comprendre la théorie du chaos, il est nécessaire de connaître comment est-ce qu'elle est apparue. Les lois de la gravitation et du calcul différentiel de Newton (Newton 1687) ont permis de déterminer la trajectoire d'un corps à partir de l'étude de son mouvement. Par ces dernières, il a été possible de déterminer et prédire les mouvements des planètes, des marées, le passage des comètes telles que celle de Halley, etc. Ceci dit, pour les mathématiciens et les astronomes le monde était réglé comme une horloge. Ainsi les phénomènes qui entourent ce monde devenaient compréhensibles,

simples, et prédictibles. Ceci est en parfaite coordination avec la vision dite déterministe. Or, certains mouvements étaient toujours inexplicables, mais pour certains scientifiques cela était plutôt dû à un manque de moyens de calcul ou à la complexité des calculs. En effet, plusieurs chercheurs de renommée tels que Laplace, Euler, D'Alembert, Lagrange ou encore Clairaut avaient eux-mêmes reconnu la difficulté d'appliquer les lois de Newton en prenant en compte l'influence mutuelle de trois planètes (marquis de Laplace 1799; Euler 1765; d'Alembert 1749; Lagrange 1772; Clairaut 1752). Vers la moitié du 19^e siècle, Charles Delaunay avait calculé la trajectoire possible de la lune soumise à l'influence de la terre et du soleil. Cela lui a pris vingt ans de travail, mais son originalité était d'appliquer les lois de Newton à trois corps au lieu de deux.

Par la suite, Henri Poincaré, en voulant relever le défi pour résoudre le problème des trois corps (Poincaré 1890), avait étudié les trajectoires complexes des corps en mouvement. Cette théorie a pour fondement scientifique l'hypothèse suivante : « étant donné une connaissance approximative des conditions initiales du système et une compréhension des lois de la nature, on peut déterminer le comportement approximatif du système » (Gleick 2011). Il avait découvert que dans le cas des trois corps les équations de Newton n'étaient pas intégrables en général. En fait, il existe des solutions pour certains cas et même une solution générale par développement en série (mais de convergence lente découverte en 1909). Ce qui l'avait amené à aborder le problème par la géométrie pour résoudre ce dilemme. Poincaré était arrivé à la conclusion que la trajectoire de trois planètes qui s'influencent mutuellement était imprévisible à moyen et long terme. Les lois de Newton montrent ainsi leurs limites et l'exemple de la fameuse horloge bien huilée et réglée était remis en question.

Par la suite le physicien Van de Pol avait remarqué que les circuits contenant un tube de l'oscillateur qu'il avait imaginé développaient des oscillations stables qu'il a nommées oscillation de relaxation (Van der Pol 1926). Une fois ces circuits excités à une fréquence proche du cycle limite, le signal de commande impose sa fréquence au courant c'est ce qui est dénommé le couplage (Van der Pol, Van Der Mark 1927). Mais ce qui l'avait étonné et ce qu'il avait découvert c'est que la fréquence de commande quand elle est proche des fréquences naturelles du couplage, un bruit irrégulier apparaissait. Cette découverte est considérée comme l'une des premières qui mettent l'accent sur le déterminisme du chaos (Ginoux, Letellier 2012).

Les années soixante ont été les plus marquantes pour cette théorie. Un météorologue et mathématicien du fameux Massachusetts Institute of Technology (MIT), Edward Lorenz étudiait un modèle simplifié de convection atmosphérique. Laquelle désigne, l'ensemble des mouvements internes de l'atmosphère terrestre résultant d'une instabilité de l'air due à une différence de température verticale ou horizontale. Il avait découvert que le fait de modifier infiniment les données initiales lors d'une simulation sur un système numérique simple (trois équations différentielles non

linéaires) conduisait à des résultats différents. Il pouvait avoir des solutions qui présentent de l'instabilité exponentielle par rapport aux conditions et aussi un comportement non périodique à long terme (Lorenz 1963). Techniquement, c'était la dépendance sensible aux conditions initiales. Cela est le premier axiome de la théorie du chaos. C'est, ce qui est communément appelé, l'effet papillon (Robert 2001).

Lorenz avait expliqué cela par cette fameuse métaphore « si un papillon bat des ailes au dessus du Brésil, il pourrait déclencher deux semaines plus tard une tornade sur le Texas » (Lorenz 1995; 2000). Pour être un peu explicite, une modification infime des données initiales dans un modèle donné produit un énorme changement dans les résultats. Pour Lorenz, la prédiction devenait difficile à réaliser. Pour mieux comprendre ce phénomène, il a eu recours à la fameuse image dite de papillon. Il avait alors découvert le chaos et avait démontré que l'avenir est imprévisible. En plus clair, un système déterministe pouvait avoir un comportement autre que périodique.

Continuant ses recherches sur le phénomène de la convection, Lorenz l'avait simplifié à trois équations de trois variables pour décrire son mouvement. À l'aide de son ordinateur, il avait pu visualiser le comportement des données introduites dans une représentation à trois dimensions. Il avait remarqué que ce phénomène décrivait une courbe continue sous forme de deux spirales qui ressemblaient étrangement à un papillon, mais ce qui l'avait intrigué, c'est que ces dernières ne s'entrecoupaient pas, en plus de cela aucun point ne réapparaissait. Cette courbe représentait en quelque sorte une forme de désordre dans un ordre. Cette double spirale (Figure 7) fut appelée l'attracteur de Lorenz (Lorenz 1995). C'est le deuxième axiome de la théorie du chaos. Pour les scientifiques, cette figure était la première représentation du chaos.

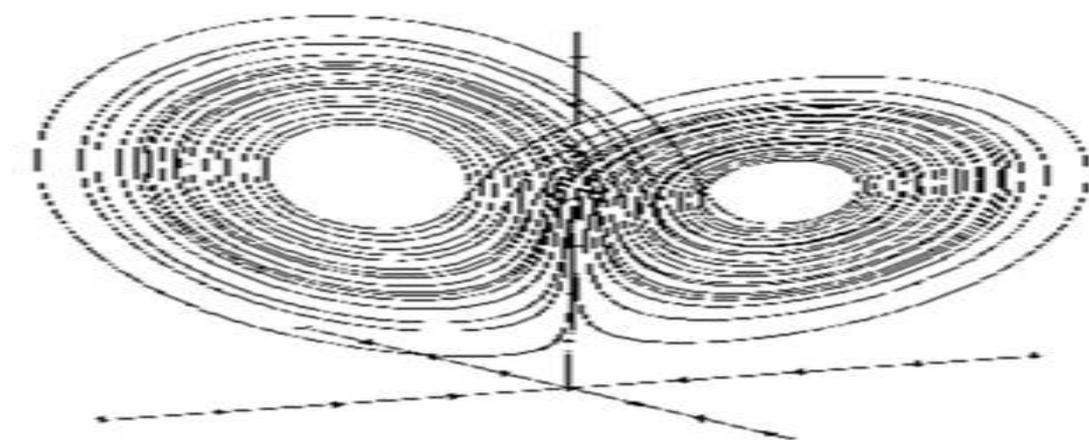


Figure 7 : L'attracteur de Lorenz (Lorenz 2000)

Lorenz ainsi que d'autres chercheurs essayent par la suite de comprendre le modèle géométrique de l'attracteur (Ghys 2010). Ce n'est qu'en 2001 que Tucker avait pu donner une démonstration mathématique rigoureuse de l'attracteur étrange de Lorenz (Tucker 2002). Ainsi ces travaux ont pu

montrer que cet attracteur avait une dimension fractale de Hausdorff de dimension comprise entre 2 et 3 (Douady, Oesterlé 1980).

Quelques années plus tard, un chercheur dénommé Mandelbrot s'intéressait à la notion de dimension (Mandelbrot 1982). C'est une approche géométrique révolutionnaire qui donne un sens et une image plus réaliste de notre environnement par rapport à nos observations. Une plaine n'est pas un terrain plat et lisse, mais plutôt un enchevêtrement de formes géométriques irrégulières. Si un géomètre arpente cette plaine, des formes inattendues vont apparaître pour lui. Cette mesure ne sera pas la même si elle a été faite par un avion ou un satellite. Or, pour la géométrie euclidienne, les formes sont régulières, elles ne présentent pas de déformations ou d'irrégularités. L'irrégularité représente la forme (topologie) de l'objet dans l'espace. D'où est né une nouvelle conception de la dimension dite dimension fractale (Figure 8).

Cette dimension est le troisième axiome de la théorie du chaos. Elle permet de mesurer le degré de rugosité, de fragmentation et d'irrégularité d'un objet (Gleick 2011). C'est une manière « de décrire, de calculer et de penser des formes irrégulières et fragmentées, déchiquetées et disloquées » (Gleick 2011). Mandelbrot a ainsi pu donner des méthodes pour calculer des dimensions fractales et avait énoncé une affirmation sur les motifs irréguliers dans la nature, « le degré d'irrégularité reste constant sur différentes échelles » (Mandelbrot 1977).

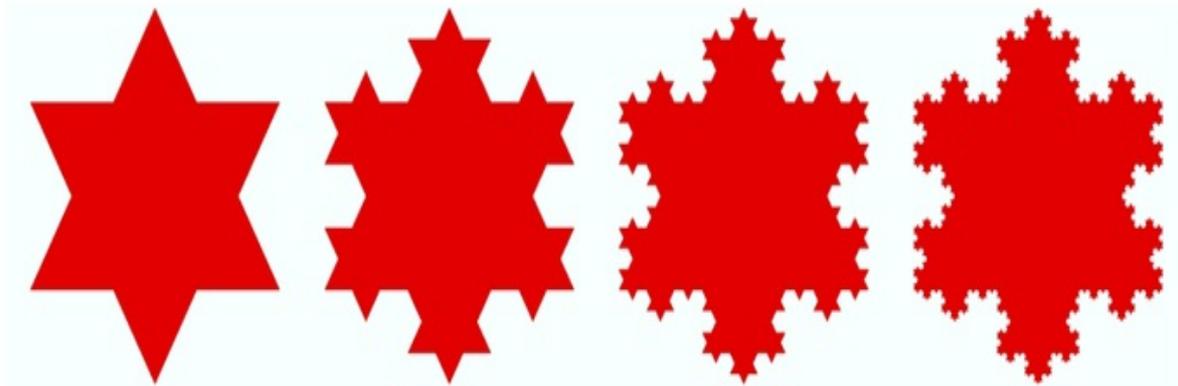


Figure 8 : Flocons de neige de KOCH (Von Koch 1906)

Cette avancée a permis des applications directes liées aux propriétés des contacts des surfaces et surtout de comprendre la forme de la terre (Scholz 2002). D'autres chercheurs ont par la suite utilisé la géométrie fractale pour étudier et expliquer comment certains objets se mélangent, comment ils se divisent et comment ils partent en éclats et ce quelle que soit l'échelle.

Par la suite d'autres chercheurs ont découvert que les formes avaient des régularités de relations dans les petites et grandes échelles (May 1976; Lasota, Yorke 1973). C'est ce qui a été appelé

l'invariance d'échelle. Cette notion a permis d'avoir des visions plus globales de certains phénomènes et de l'introduire dans des théories applicables sur des échelles différentes ou hiérarchiques telles que la théorie de l'évolution.

Libchaber en reproduisant une expérience en mécanique des fluides avait remarqué qu'on augmentant la température le fluide se bifurquait et plus la température augmentait plus la bifurcation apparaissait (d'Humieres, Beasley, Huberman, Libchaber 1982). Il s'agissait d'une modification du comportement du fluide en changeant ces paramètres. C'est ce qui est appelé la bifurcation.

D. Le concept du chaos

Le concept du chaos représente l'évolution naturelle et incertaine d'un système dans un environnement turbulent. Pour Gleick la théorie du chaos a commencé là où les sciences dites classiques se sont arrêtées (Gleick 2011). Cette théorie, comme cela a été expliqué, concerne tous les comportements dits chaotiques, c'est à dire les phénomènes ou systèmes dont le comportement est en général désordonné et irrégulier qui peuvent souvent apparaître comme imprévisibles et aléatoires. Cette théorie soutient que l'univers est instable, désordonné, diversifié et non linéaire (Adams, Stewart 2015). Elle met en évidence l'évolution naturelle d'une situation en pleine turbulence (Dolan, Garcia, Auerbach 2003). Seulement ces phénomènes obéissent réellement à des règles mathématiques très strictes (Boulanger 2006). Cette théorie possède quatre axiomes principaux. Il s'agit de :

- La dépendance sensible aux conditions initiales : les phénomènes ou systèmes dits chaotiques sont composés de divers facteurs dont l'interaction peut amplifier une fluctuation lors de leurs évolutions. Ainsi, une cause, aussi petite soit-elle, peut entraîner des effets indésirables. Cela a mis en évidence la prise en compte de tous les facteurs qui caractérisent un système (ou phénomène) quelques soit leurs importances.
- L'attracteur de Lorenz : le phénomènes ou système dont le comportement apparaît désordonné est en fait ordonné dans un espace défini. L'attracteur est la limite spatiale du phénomène. En effet l'observation de l'attracteur de Lorenz montre bien que les points, représentant l'attracteur, sont organisés dans un espace bien défini sans se répéter sur un même point. Il y a bien un ordre caché dans les systèmes chaotiques.
- La bifurcation : les variations des paramètres des systèmes chaotiques modifient le comportement de ces systèmes et donnent lieu à des bifurcations. Ces systèmes deviennent alors chaotiques.
- La dimension fractale : permet de mesurer des qualités d'un objet tel que le degré de rugosité, de fragmentation et d'irrégularité. Elle donne à l'esprit la possibilité d'avoir une vision à l'infini d'un objet sur des échelles de plus en plus fines. La géométrie fractale a démontré que ces objets forment des continuums.

En définitive, la théorie du chaos souligne la nature paradoxale des circonstances chaotiques. Elle met l'accent sur le désordre et l'imprévisibilité associés au chaos, ainsi que sur les modèles prévisibles et la réorganisation qui émergent du chaos (Sellnow, Seeger, Ulmer 2002).

En plus des sciences dites dures, la théorie du chaos intéresse plusieurs disciplines qui étudient les systèmes complexes ou aperiodiques qui peuvent se transformer sans qu'ils ne puissent retrouver leurs états initiaux (Boulanger 2006). Elle intéresse ainsi la biologie (Anderson, May 1992), la sociologie (Lagauzère 2007; Morin 2013), la médecine (Hamadene 2005 ; Denis, Letellier 2012), la gestion de crise (Piotrowski 2006 ; Adams, Stewart 2015) la géographie (Dauphiné 1995), l'économie et les finances (Hennani 2015; Piccardo 2016), etc.

E. Théorie du chaos et la situation de crise

Plusieurs définitions ont été données à la situation de crise. L'une d'elles la définit comme étant une perturbation qui affecte physiquement un système dans son ensemble (Pauchant, Mitroff 1992). La survenue d'une situation de crise est imprévisible dans le temps et l'espace. On ne peut pas prédire où elle doit se passer ni son ampleur ni le temps qu'elle va durer. Or une situation de crise est un système complexe. Ce système est composé d'une multitude de paramètres dont certains sont facilement identifiables (la température, la vitesse du vent, l'ensoleillement, la position spatiale, le degré de sismicité, de pollution, de contamination, etc.) alors que d'autres le sont moins voire impossible à identifier. Ces paramètres ont tendance à évoluer et interagir entre eux. Mais il suffit qu'un changement brutal surgisse à l'un de ces paramètres pour donner naissance à une situation incontrôlable, voire imprévisible, plus exactement à une situation de crise. Cela correspond parfaitement à l'un des fondements de la théorie du chaos, précédemment énoncé à savoir la dépendance sensible aux conditions initiales.

Une situation de crise ou chaotique a un caractère imprévisible, on ne peut et on ne pourra quasiment jamais avoir deux situations de crise identique. Elles ne peuvent se répéter. Il est impossible de savoir comment elles vont évoluer à chaque instant (Dolan, Garcia, Auerbach 2003). Si on considère la situation de crise comme un point dans un espace, on n'aura jamais deux points identiques dans cet espace limité. Ce qui est en adéquation avec l'attracteur de Lorenz et conforte notre approche de considérer la situation de crise comme une situation chaotique. Murphy avait déclaré dans ce sens que la théorie du chaos constituait un bon modèle pour la situation de crise (Priscilla Murphy 1996). Il est important de signaler que plusieurs chercheurs ont par la suite appliqué la théorie du chaos à la gestion de crise (Dolan, Garcia, Auerbach 2003 ; Piotrowski 2006 ; Seeger 2002 ; Ritchie 2004).

Chapitre 4 : Théorie des catastrophes

A. Historique

La théorie des catastrophes est une théorie de recherche en mathématique conduite par René Thom. Elle concerne la topologie et l'analyse différentielle sur la stabilité structurelle des applications différentiables. Cette théorie est apparue sur la scène scientifique internationale après la publication du livre de René Thom « stabilité structurelle et morphogénèse » (Thom 1972). Elle est rattachée mathématiquement aux travaux déjà entamés par Whitney sur les applications différentielles (Whitney 1944) et ceux de Poincaré et Andronov sur la théorie de la bifurcation des systèmes dynamiques (Arnol'd 2003). La théorie des catastrophes comme toute théorie scientifique déduit des conséquences vérifiables et expérimentables à partir d'hypothèses. Elle est plus une méthode voire un langage qui permet de classer et d'agencer des données empiriques pour leur conférer un sens et les rendre intelligibles (Thom 1975). Cette théorie permet d'étudier les changements discontinus et les sauts qualitatifs. Il est à signaler qu'il existait déjà auparavant des travaux en topologie, en particulier concernant la transformation de formes en d'autres de façon continue, mais l'originalité, ici, est que le changement est lié à des discontinuités c'est-à-dire les différents changements qui ont ou peuvent avoir lieu dans la nature.

B. Objet de la théorie des catastrophes

La théorie des catastrophes a pour étude les « changements continus dans les causes produites, induisent un changement discontinu dans les effets » (Boutot 1986). À l'inverse des autres théories mathématiques, celle-ci n'est pas considérée comme ordinaire. Elle s'intéresse plutôt à la compréhension et à l'interprétation du monde et à la nature. Thom l'avait lui-même paraphrasé dans une formule célèbre « Jusqu'ici les savants n'ont fait que transformer diversement le monde, il s'agit maintenant de l'interpréter » (Lévy-Leblond 1977).

Cette théorie est considérée comme une théorie d'action qui s'intéresse plus aux différentes réactions externes subies par un système qu'au système lui-même. Elle ne donne pas d'informations ou de connaissances sur les stimulus extérieurs et encore moins sur le système. Elle ne s'intéresse qu'aux réponses données par ces deux derniers. Plusieurs disciplines ont pu produire des modèles en utilisant la théorie des catastrophes. Il s'agit pour eux de représenter des phénomènes naturels, à l'instar de la microbiologie (Bazin, Saunders 1979), de la géologie (Henley 1976), de la physique (Stewart 1982) et aussi dans les sciences humaines comme la psychologie (Guastello 2013; Flay 1978). Un exemple de modélisation et d'utilisation de théorie des catastrophes est cité ci-dessous.

C. Interprétation de la théorie des catastrophes

Il s'agit d'une théorie qui s'intéresse aux processus général créateur et destructeur de formes ou de la morphogénèse. Pour Thom la forme se déploie sur un espace substrat de temps qui varie du point de

vue phénoménologique par des discontinuités dans leurs apparences. Ces discontinuités sont représentées par des points. Deux types de points ont été identifiés :

- Des points appelés réguliers : se sont des zones de continuités des processus liés à la morphogénèse ;
- Des points appelés catastrophiques : à l'approche de ces points l'espace temps change et le processus lié à la morphogénèse présente une discontinuité. À ce moment il y a création d'une forme, d'après Thom.

Pour expliquer une forme, on a souvent recours à des forces internes ou externes qui la composent. Or, dans certains cas, ces forces sont difficiles voir impossibles à calculer ou à analyser. Thom propose une nouvelle méthode qui permet d'analyser les morphologies du couple de point régulier et point catastrophique. Il avait utilisé deux règles importantes à savoir la règle du retard et celle de Maxwell. Elles expliquent comment se font les changements de forme. Pour ces règles, quelle que soit la méthode ou règle adoptée, le paramètre pris en compte dans le système franchit la valeur dite catastrophique. Alors, ce dernier change de phase. L'observateur pourra voir ou constater de visu qu'un changement dit quantitatif (valeur du paramètre) se traduira par un changement qualitatif (changement de phase) du système.

Pour cela, Thom avait projeté au-dessus de l'espace substrat de la forme un champ dynamique local. Il a associé à tout point x de ce substrat un système dynamique dépendant de ce point. Celui-ci va permettre de donner les propriétés qualitatives du substrat en ce point. Le système dynamique requiert ainsi, deux éléments :

1. Un espace noté M support de la dynamique ;
2. Un champ de vecteur X , défini sur cet espace.

La dynamique qui est à l'origine de la forme ou la morphologie est dans un espace interne qui permet de paramétrer les propriétés du substrat en chacun de ces points. Cet espace interne M est appelé « espace de comportement ou état » et l'espace support est appelé « espace de contrôle ».

Au début, Thom ne s'intéressait qu'aux systèmes dynamiques simples parmi lesquels le système dynamique gradients $\overrightarrow{X}_x = -\overrightarrow{grad}V_x$. Il supposait qu'à chaque point du substrat la dynamique associée avait atteint un point d'équilibre. Cela lui avait permis de découvrir que sept singularités sont à l'origine de morphologies structurellement stables dans l'espace-temps \mathbb{R}^4 . C'est ce qui est dénommé une catastrophe élémentaire. Il avait par la suite donné des appellations à ces catastrophes par ordre croissant de complexité à savoir : pli, fonce, queue d'aronde, papillon, ombilic hyperbolique, ombilic elliptique et ombilic parabolique. Ces singularités seront décrites ci-dessous. Ces noms correspondent à la forme que prend le lieu des minimas des potentiels dans l'espace $\mathbb{R}^4 \times \mathbb{R}^n$. \mathbb{R}^n Représente l'espace de comportement.

Enfin, Thom avait revendiqué que sa théorie était indépendante du substrat. C'est ce qui a permis aux disciplines scientifiques non formalisables de s'intéresser à cette théorie pour avoir la rigueur mathématique qui leur manquait. Zeeman est considéré comme étant l'un des premiers chercheurs de ces disciplines à s'intéresser à cette théorie. Il a ainsi bâti des modèles dits catastrophiques sur divers phénomènes comme les krachs boursiers, les révoltes des prisonniers, la propagation de l'influx nerveux (Boutot 1986; Zeeman 1977).

D. Singularité de la théorie des catastrophes

Comme il a été annoncé supra, Thom avait donné un nom associé à une forme géométrique pour chaque niveau de catastrophe élémentaire (Figure 9). Ces formes représentent un moyen pour décrire les chemins possibles sur une surface de réponse du système. Nous allons citer et expliquer chacun d'eux :

1. Le pli : est considéré comme étant la première singularité élémentaire de la théorie de la catastrophe. Il y a une seule variable (x) et on est sur l'un des côtés du pli. Il n'existe aussi qu'un seul résultat (a). La valeur du Potentiel V est : $V = x^3 + ax$.
2. La fonce : Il y a deux paramètres en entrée et une seule variable en sortie. La valeur du Potentiel V est : $V = x^4 + ax^2 + bx$ Ce dernier a été utilisé par Zeeman sur le comportement du chien qui passe de la peur (fuite) à l'agressivité (attaque). Ce modèle sera illustré ci-dessous.
3. La queue d'aronde : Il y a trois paramètres en entrée et une seule variable en sortie. Il est en quelque sorte une superposition qui laisse apparaître un déchirement ou une couture. La valeur du Potentiel V est : $V = x^5 + ax^3 + bx^2 + cx$. Ce niveau sert pour des problèmes de superposition, de tension, de recouvrement ou de déchirement.
4. Le papillon : Il y a quatre paramètres en entrée et une variable en sortie. La valeur du Potentiel V est : $V = x^6 + ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx$ C'est une figure dont la surface est cachée et recouverte comme une poche.
5. Ombilic hyperbolique ou vague : Il y a trois paramètres en entrée et deux variables en sortie. La valeur du Potentiel V est : $V = x^3 + y^3 + axy + bx + cy$.
6. Ombilic elliptique. (le poil) : Il y a trois paramètres en entrée et deux variables en sortie. La valeur du Potentiel V est : $V = \frac{x^3}{3} - xy^2 + a(x^2 + y^2) + bx + cy$
7. Ombilic parabolique (le champignon) : Il y a quatre paramètres en entrée et deux variables en sortie. La valeur du Potentiel V est : $V = xy^2 + y^4 + ax^2 + by^2 + cx + dy$.

Ces sept singularités dessinent des formes. Les trois premières (pli, fonce et queue d'aronde) sont les plus connues et les plus familières à notre connaissance. Alors que pour les autres, un simple effort

d'imagination permettrait de les distinguer. Pour Ekeland, toutes les catastrophes imaginables ont pour sources ou bases ces sept singularités et peuvent prendre la forme d'une ou plusieurs d'entre elles en même temps (Ekeland 1977).

singularité	Graphe élémentaire d'interaction
Minimum simple	
Pli	
Fronce	
Queue d'aronde	
Papillon	
Ombilic hyperbolique	
Ombilic elliptique	
Ombilic parabolique	

Figure 9: singularité de la théorie des catastrophes (Pernot 2014)

Il est à remarquer que tous les systèmes peuvent prendre une ou plusieurs formes en même temps et passer de l'une à l'autre et inversement.

E. Interprétation linguistique des singularités

Thom et à l'instar des autres mathématiciens estime qu'une langue est un système formel dont les axiomes définissant les expressions sont bien spécifiés. C'est ce qui a permis le développement de la théorie mathématique des langages formels. Cette théorie est liée à l'algèbre non commutative et au groupe monoïde libre. Pour cela, les chercheurs en mathématiques se sont basés sur les études faites par Ferdinand de Saussure qui considère que le langage est un système de signes (de Saussure 1916).

Pour ce dernier le signe est l'association de deux éléments :

Le signifiant : processus morphologique (spatiale pour l'écriture et sonore pour la parole) ;

Le signifié : c'est le sens de l'expression écrite ou parlée.

Partant de ce concept Thom avait admis « qu'un processus psychique est univoquement défini par la totalité des processus neurophysiologiques qui l'accompagnent » (Thom 1970). Or, grâce au modèle développé par Zeeman, les mathématiciens avaient une représentation mathématique des processus neurophysiologiques. Celle-ci stipule que « l'espace des états d'excitation neuronique est un cube I^N de dimension énorme, et l'évolution de l'état psychique y est décrite par un champ de vecteur X, variant lentement avec le temps ; un "état psychique instantané", une "idée" est décrite par un "attracteur" A structurellement stable de X, qui subsiste isomorphiquement à lui-même pour une petite variation du temps ; après une variation assez grande du champ, l'attracteur A est détruit par "bifurcation" et fait place à un nouvel attracteur qui le capture... etc. » (Thom 1970). C'est ce qui a permis d'avoir un modèle géométrique sur la succession des idées, en définissant la signification d'une idée.

Or, l'une des activités psychiques de l'homme est d'organiser les données de sens (ouïe, vue, tact) par une représentation de son espace environnant immédiat et en respectant le plus possible l'intégrité spatiale. Elle est interprétée comme étant une relation entre le signifiant et le signifié. Cette représentation spatiale de l'extérieur n'est nullement liée à la notion de langage. Même les animaux la possèdent. La description de ce processus spatio-temporel qui a eu lieu au voisinage est considérée comme la première fonction du langage. Elle peut être décrite sur un espace avec l'emploi de coordonnées cartésiennes $d = \frac{\ln(4)}{\ln(3)} \approx 1,26$ et symbolisée par un graphe. Cet espace est appelé espace ou dimension de Hausdorff (Douady, Oesterlé 1980). Ce graphe montre les interactions durant le processus, ce qui est appelé par la linguistique structurelle (Tesnière 1965), « 'les actants' » pendant un laps de temps t. Ce graphe est appelé graphe d'interaction de processus. Thom a ainsi pu identifier et répertorier une liste de morphologies types et à chaque type il a donné une interprétation sémantique (Figure 10). C'est des substantifs pour ceux relatifs aux interprétations spatiales et des verbes pour les interprétations temporelles (Figure 11) (Thom 1970).

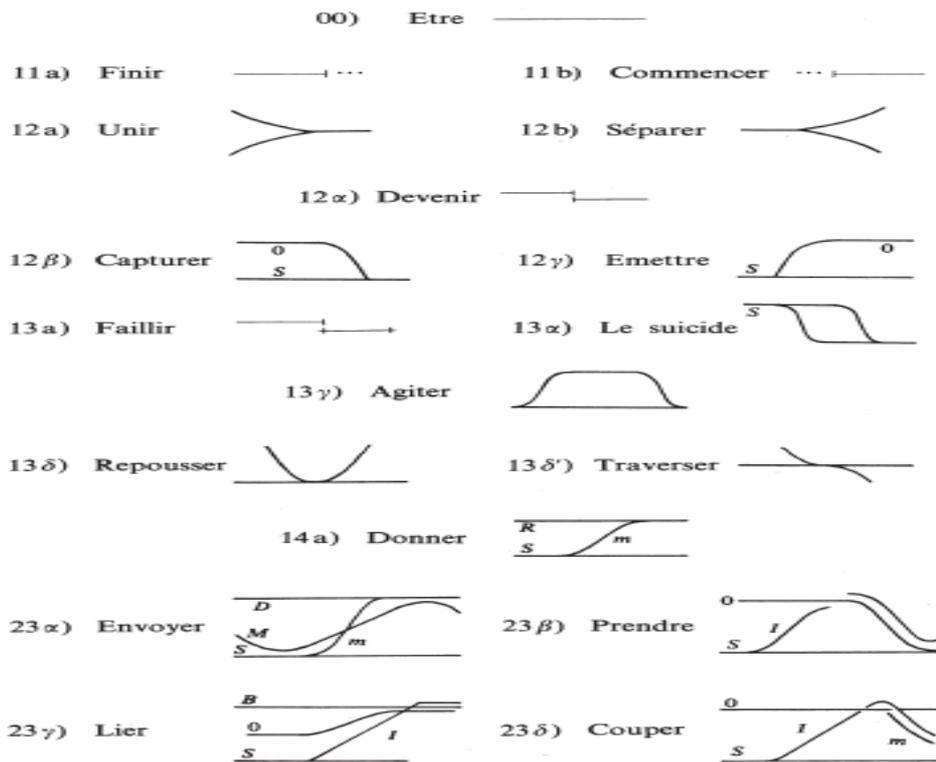


Figure 10 : Liste des morphologies (Thom 1970)

Interprétation spatiale substantif	Interprétation temporelle (verbes)	
	Sens destructif	Sens constructif
Etre Objet	Etre	Durer
Le bord le bout	Fin Finir	commencer
La faille	Capturer casser	Engendrer unir devenir
La fente le coin	Déchirer Fendre	Coudre
La poche l'écaille	S'écailler S'exfolier remplir poche	Donner recevoir Vider poche
Le crêt de la vague La voute	Briser S'effondrer	Recouvrir
L'aiguille la pique	Piquer Pénétrer	Boucher
Le jet d'eau Le champignon la bouche	Briser éjecter lancer Percer couper pincer prendre	Lier Ouvrir Fermer

Figure 11 : Interprétation spatiale et temporelle (Pernot 2014)

F. Application sur les singularités

À ces singularités on peut associer un ou plusieurs modèles comme l'avait fait Zeeman en s'imprégnant des travaux de Lorenz et Fritsch sur le comportement animal (Lorenz, Fritsch 1969). Il avait ainsi étudié l'agressivité d'un chien. Ce dernier avait mentionné que celle-ci dépendait de deux facteurs indépendants et antagonistes à savoir la peur et la colère. Pour lui la peur provoque la fuite et diminue l'agressivité alors que la colère l'augmente. La présence de l'un de ces facteurs chez un animal rend son comportement facilement prévisible. Le problème se pose lorsque ces deux comportements se présentent simultanément sur l'animal. Pour un même état de colère et de peur, deux comportements complètement différents et antagonistes peuvent surgir. À ce moment son comportement devient difficile à prévoir. Cette imprévisibilité a été exprimée par Lorenz d'équiprobabilité (Boutot 1986). Zeeman (Zeeman 1977) considère que la présence de ces deux comportements de bimodale (Figure 12).

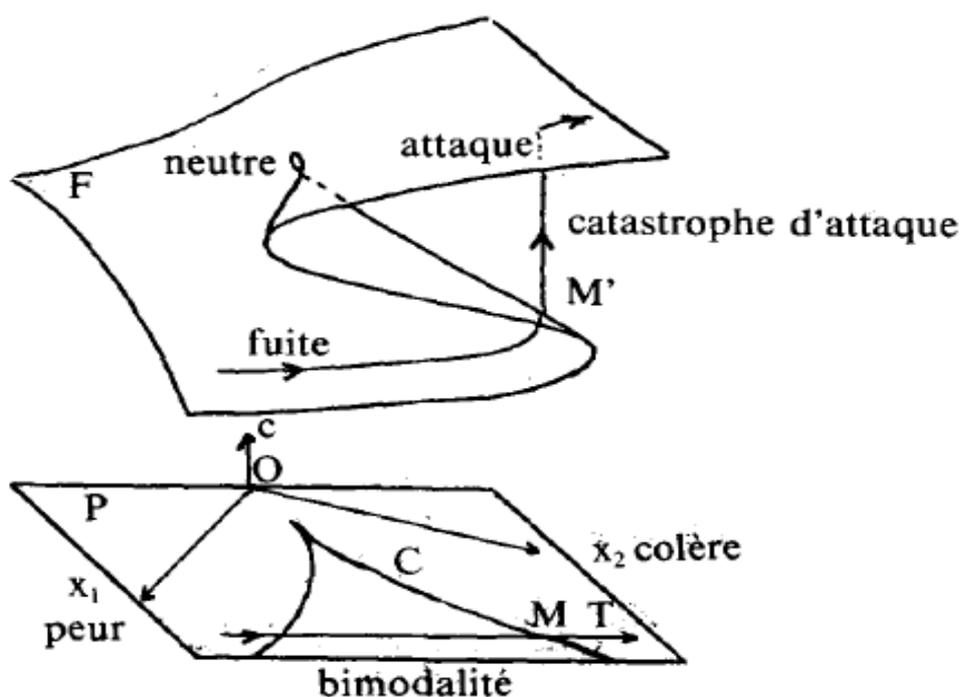


Figure 12 : exemple. la Fronce (Boutot 1986)

Nous remarquons sur le plan de contrôle (P), le comportement du chien qui se déplace sur la variété des équilibres (la fronce F). Le comportement du chien est neutre au voisinage de l'origine. Lorsque la peur ou la colère domine, il existe une forte probabilité que l'animal batte en retraite ou attaque. On remarque que le comportement du chien est bimodal à l'intérieur de la parabole semi-cubique C . Il y a catastrophe de fuite ou d'attaque lorsque l'une ou l'autre des branches de la parabole est franchi sur le plan de contrôlé. Si on suit le trajet T , qui correspond à une diminution continue de la peur doublée d'une augmentation continue de la colère, il viendra un moment où le chien finira par changer brutalement de comportement et passera de la fuite à l'attaque au point M (Boutot 1986).

On remarque dans cet exemple comment Zeeman a pu étudier un comportement animal et comment il a pu le modéliser et lui donner un sens mathématique. Cela n'a été possible que grâce à la théorie des catastrophes de Thom.

G. Catastrophe, Situation de crise et théorie de catastrophe

La catastrophe à l'inverse de la crise est un phénomène visible. Elle est considérée comme un événement tragique entraînant des impacts irréversibles et considérables. Une de ces principales caractéristiques est qu'elle est soit précédée d'une crise, soit elle est sa conséquence. Or, la théorie des catastrophes, dont le nom n'a rien à voir avec les catastrophes, est une théorie mathématique qui décrit la discontinuité des formes à l'aide de modèles continus. Elle permet en plus de cela de donner un sens linguistique aux mathématiques. On peut passer grâce à elle d'une approche quantitative connue et appréciée par les sciences dures à une approche qualitative. Cette approche, comme cela avait été déjà énoncé a été appréciée par certaines sciences (biologie, sociologie, économie, etc.). Elle permet de conforter leurs théories et de donner plus de crédibilité scientifique à leurs recherches. C'est en cela que cette théorie nous intéresse. En effet, il s'agit pour nous dans un premier lieu de voir dans quelle mesure on peut attribuer des qualificatifs à certains modes de collaboration. Ces derniers sont entretenus par les personnels chargés de la gestion de crise sous l'effet du stress ainsi qu'à des phénomènes naturels liés à la situation de crise. Par la suite, on peut intégrer ces qualificatifs à l'aide d'outils mathématiques dans un algorithme pour faire de la prédiction. Et enfin, cet algorithme peut être utilisé dans un simulateur dédié à la formation des personnels chargés de la gestion de crise.

H. Théorie des catastrophes et situation de stress

Les situations de crise engendrent beaucoup de stress aussi bien pour les acteurs chargés de sa gestion que des populations subissant la crise. Ceci pourrait amener ces personnes à faire des erreurs de jugement ou prendre des décisions inadéquates, voire handicapantes vis à vis des contextes. Mais, le problème qui se pose est comment peut-on vraiment gérer son impact chez ces personnes durant cette période ? L'étude de la théorie des catastrophes et des applications menées par Zeeman sur les interprétations du comportement animal, nous ont orientés vers la possibilité d'interpréter le stress et son impact dans notre présente étude. Ceci justifie notre travail sur l'exploitation d'un raisonnement qualificatif pour appréhender la gestion de crise notamment l'influence du stress, pour lui donner un sens intelligible et pouvoir l'utiliser dans la prédiction de situation de crise.

Conclusion

Cette partie a traité les premiers fondements de notre étude. Nous avons ainsi abordé, en premier lieu, la systémique. C'est une nouvelle démarche scientifique qui s'intéresse aux systèmes complexes et est complémentaire à la démarche cartésienne. Cette démarche permet de décrire et de modéliser les systèmes sans en expliquer le fonctionnement. L'un des principes énoncés par la systémique est la rétroaction. Elle est synonyme de régulation lorsqu'elle est négative ou d'explosion voire d'évolution d'un système complexe lorsqu'elle est positive. Pour notre étude la rétroaction négative ou positive est source d'équilibre. Ce qui est intéressant dans ce concept est de voir comment la régulation peut apporter l'équilibre nécessaire à tout système dans un contexte de crise. Cette boucle, dite aussi boucle cybernétique, qui est considérée comme un élément important dans la prise de décision montre que la nature de la rétroaction (organique ou artificielle) n'a pas d'importance. Ce qui est primordial c'est d'arriver à une régulation du système, de l'organisation voire à une homéostasie chez les personnes en charge de la crise dans l'ensemble des actions par la prise de décision. Notre intérêt concernant les approches systémiques relevées dans les études concernant les crises et de leurs managements, nous a conduit à aborder la science des cindyniques. Cette dernière ou la science du risque, nous a permis de voir les méthodes utilisées pour déterminer un risque et de l'évaluer. Il a été aussi intéressant pour nous de voir comment cette science considère une crise avec une approche systémique. Ceci nous a permis par la même occasion de comprendre la modélisation de situations de crises effectuée par les cindyniciens en utilisant les cinq espaces définis par les concepts de Situation Cindynique et d'Hyperespace Cindynique.

Par la suite, nous avons abordé la théorie du chaos. Celle-ci a, à notre sens, révolutionné l'approche scientifique sur l'étude des phénomènes naturels. Elle a d'abord repris en compte la notion de temps qui est un élément primordial pour notre compréhension et pour expliquer l'évolution des différents phénomènes. Elle s'intéresse surtout au comportement des systèmes dits dynamiques non linéaires, plus précisément, à ceux qui sont très sensibles aux conditions initiales. L'effet papillon en est l'illustration. Ainsi que les systèmes non prévisibles à moyen et long termes comme la météo. La théorie du chaos a pu montrer aussi comment notre monde, ainsi que les phénomènes naturels qui le composent dépendent d'un ou de plusieurs facteurs (connus ou encore inconnus) et qu'ils sont régis par eux. Ceux-là interagissent entre eux. Mais, il suffit qu'une seule variation, aussi infime soit-elle, affecte un paramètre pour que le système ou le monde subisse ses répercussions. Ensuite, on a vu comment un phénomène agit d'une manière ordonnée sur un seul point et dans un espace bien délimité appelé l'attracteur de Lorenz, ce qui était inexplicable par rapport à nos connaissances antérieures. Nous avons pu, lors de notre étude, remarquer qu'il existe des attracteurs qui ne sont pas des points, mais des surfaces. Une autre notion révolutionnaire a aussi été abordée, il s'agit de la géométrie fractale. Au-delà de l'eulidienne, on a affaire à des objets qui ont des dimensions non entières (on a l'habitude de parler de dimension 1, 2, 3... alors que par exemple le flocon de Koch a une

dimension fractale. $d = \frac{\ln(4)}{\ln(3)} \approx 1,26$. Elle nous permet d'avoir une vision à l'infini du phénomène ou système à étudier, et ce quelle que soit l'échelle, sans que cela puisse altérer ou modifier son fonctionnement ou sa composition. Plus l'échelle est grande, mieux est notre appréciation du système à visionner, de ses frontières ainsi que des différentes interactions qu'il possède, interne ou externe. Cela pourrait servir à mieux distinguer et apprécier l'évolution de ce dernier).

En dernier, on a abordé une autre théorie aussi importante que la précédente pour notre étude. Il s'agit de la théorie des catastrophes de Thom. Celle-ci traite les discontinuités des formes à l'aide de modèle continu. Elle définit un certain nombre de singularités auxquels Thom a rajouté un sens linguistique pour leur donner des interprétations spatiales et temporelles. Ceci permet une interprétation qualitative de certains phénomènes naturels. Elle montre l'importance des comportements singuliers sur les phénomènes. C'est pour tous ces aspects que cette théorie nous intéresse. Elle nous permet de conforter notre idée qui voudrait qualifier certains facteurs humains et naturels liés à la situation de crise.

Pour résumer tout cela, notre étude s'est intéressée en premier lieu à la systémique. De cette approche scientifique, nous nous sommes plus focalisé sur la complexité des systèmes, de leur modélisation ainsi que de la notion de régulation. Nous avons aussi, pris en compte, les risques et leurs conséquences lors de notre étude sur les cindyniques. Il ne faut pas oublier que cette dernière s'inspire de l'approche systémique. En second lieu, des notions inspirées de l'incertain et plus précisément de la théorie du chaos et des catastrophes, on a pu être mis en exergue. Elles concernent :

- l'existence d'un espace de déviation (attracteur de Lorenz),
- la dépendance aux conditions initiales (effet papillon et bifurcation),
- la modification de la perception des situations (les fractales).

Ces derniers sont liés à la première partie de notre théorie (Figure 13). Aussi, la prise en compte des aspects liés aux raisonnements qualitatifs et l'utilisation de la sémantique pour l'interprétation est considérée comme importantes pour la suite de notre étude. Tout cela nous servira à aborder une seconde partie dédiée à la crise et à sa gestion.

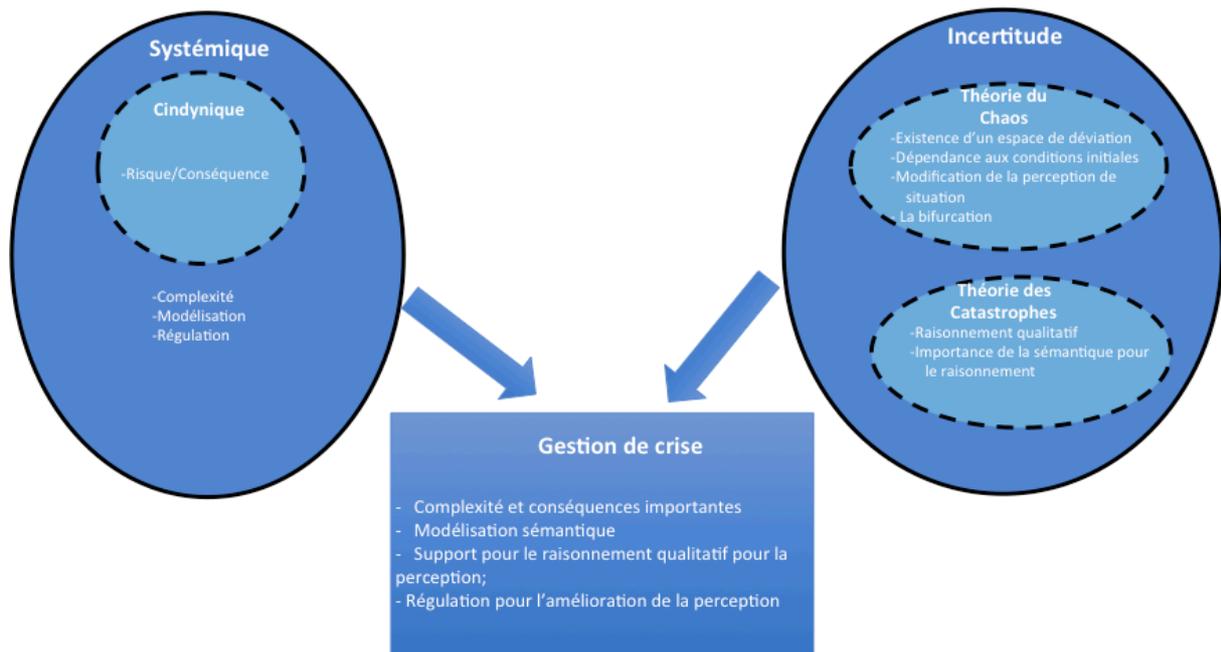


Figure 13 : Premiers éléments de notre théorie

PARTIE II : Crise, Gestion de Crise et impact du stress

Introduction

Dans la partie précédente, nous avons abordé entre autres la théorie du chaos. Elle traite les situations qui possèdent une dépendance aux conditions initiales, d'un espace de déviation limitée, qui peuvent avoir différentes visions et qui peuvent aussi bifurquer dans le cas où il existe une variation des paramètres. Ajoutée à cela, l'étude des systèmes complexes et de leur modélisation nous conduit à l'étude de la situation de crise et de la gestion de crise. La théorie des catastrophes montre bien l'importance de la sémantique, sans oublier qu'elle prend en compte les aspects qualitatifs du raisonnement. Ceci répond largement à notre objectif d'étudier les aspects collaboratifs de la gestion de crise et particulièrement la communication, la coordination et la coopération sous l'influence du stress. Le retour d'expérience et son importance sont un autre volet abordé suite à notre étude des cindyniques. Cette démarche est illustrée par la figure suivante (Figure 14).

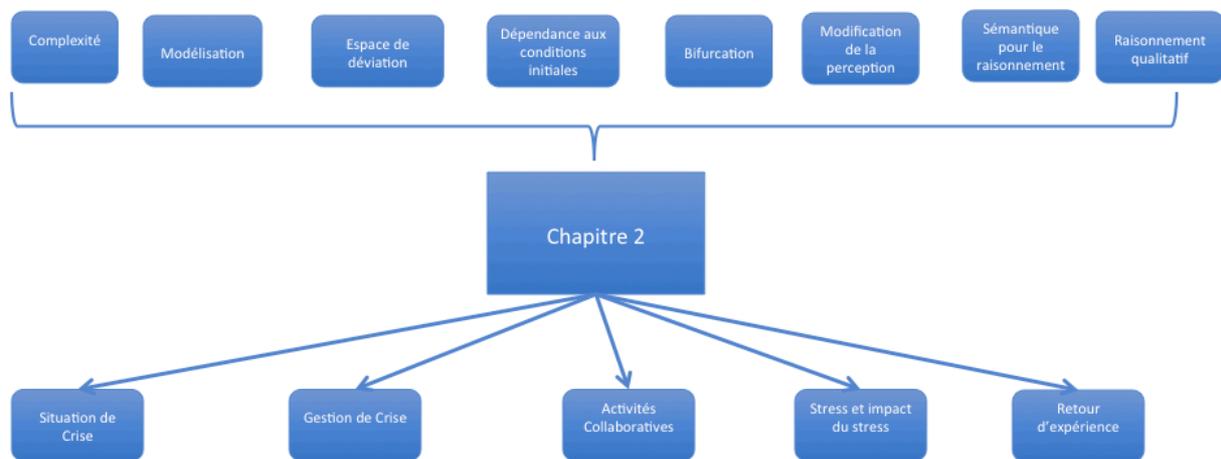


Figure 14 : démarche suivie pour la partie 2

Ainsi, pour (Hermann 1969) une crise est une situation qui constitue une menace majeure pour un ou plusieurs objectifs, ainsi que pour d'autres valeurs du groupe connaissant la crise. Elle est considérée comme une situation peu ordinaire et surtout imprévisible dont les conséquences sont incertaines. Elle est caractérisée par sa singularité. Chaque crise diffère de l'autre même si on essaye de faire des similitudes. C'est cette particularité qui nous a encouragés à nous intéresser à la théorie du chaos (Lorenz 1995). Une crise peut avoir comme déclencheur un ou plusieurs facteurs qui peuvent être soit la conséquence de risques déjà connus, mais sous-évalués, soit la conséquence de risques non pris en compte pour diverses raisons. Pour atténuer son impact et revenir à des situations proches de celle vécue auparavant, des structures composées d'acteurs sont soit créées ou existent déjà. Elles sont là pour la gestion de ce genre d'événement. L'étude de ces situation nous a conduits à nous pencher sur l'étude des cindyniques (Kervern, Boulenger 2007). En effet cette science étudie ce genre de situations ainsi que les risques qui ont conduit à cela.

Ces crises comme les structures dont la gestion leur est assignée sont caractérisées par leurs complexités. Cela est dû d'une part à la présence et à la conjugaison de plusieurs acteurs et

organisations qui correspondent à plusieurs systèmes opérant dans un plus grand système alors plus complexe (Le Moigne 1994a). Et d'autre part, à l'hétérogénéité de ces sous-systèmes qui le composent. Cette complexité et sa compréhension nous avaient conduits à étudier la systémique et la pensée complexe (Morin 1990). En effet, comme cela a déjà été annoncé, la systémique donne une image proche du réel sur ce genre de système par une modélisation ou ce qui est communément appelé dans cette approche par la systémo-graphie (Le Moigne 1994a).

Les organisations chargées de la gestion de crise sont donc gérées par des acteurs provenant de diverses organisations, avec des méthodes de travail, des outils différents et des jugements différents qui sont en plus interprétés sémantiquement, ce qui pourrait donner naissance à d'autres crises ou formes de crises. Ces interprétations ainsi que leurs changements de forme nous ont conduits à exploiter une autre théorie qui est la théorie des catastrophes (Thom 1976; 1983). Ces acteurs humains utilisent un certain nombre de moyens de collaboration. Il s'agit de moyens de communication, de coopération et de coordination, appelés ou connus par les 3 C (Schmidt 2011; Soulier, Zacklad, Ermine 2002). Ils sont indispensables pour ces acteurs lors de la gestion de crise. C'est par eux et à travers eux qu'ils peuvent soit réussir dans leurs missions soit passer à côté pour ne pas dire échouer dans leurs missions avec toutes les conséquences que cela pourrait engendrer. Cette partie importante sera traitée dans ce chapitre. On verra comment les 3 C fonctionnent en mode de crise et leurs importances.

Ces cadres qui gèrent les crises sont des êtres humains qui travaillent dans des conditions parfois difficiles et sont souvent sous l'influence d'aléas tels que le temps, la hiérarchie, les médias, les populations, leurs situations professionnelles voire leurs problèmes d'ordres familiaux. Tout ceci les met sous pression et engendre durant ces moments difficiles un phénomène psychologique connu sous le nom du stress. Il est considéré par la communauté scientifique comme l'un des facteurs prééminents dans la réussite de la gestion de crise (Lagadec 1991). Il peut engendrer le chaos et l'incertitude. Il est une des sources de défaillance de la mission dévolue à ces cadres, s'ils ne sont pas prêts ou n'ont pas été préparés à ce genre de situation. C'est pourquoi on s'est donné comme objectif pour notre thèse l'étude du phénomène du stress et plus particulièrement son impact lors de la gestion de crise. En effet, on va essayer d'étudier l'impact du stress en l'associant seulement aux 3 C. Notre principal rôle n'est pas de traiter le stress et son impact mais, il s'agit de le comprendre et d'aider les acteurs à appréhender ses conséquences en utilisant ce qui a été mis en exergue par certains spécialistes en psychologie, sur des modes de collaboration en situation de crise.

Ces acteurs possèdent tous une expérience à laquelle ils font appel à travers le retour d'expérience. Ce dernier est perçu, collecté, modélisé est utilisé à l'aide de techniques et de méthodes différentes, dont l'objectif est d'éviter les erreurs et gagner du temps. En ce sens nous allons expliquer le retour

d'expérience, voir quelques approches et concepts de ce retour d'expérience et montrer comment il peut être utilisé comme un support soit didactique ou d'aide pour les individus ou les organisations.

Chapitre 5 : Crise et gestion de crise

A. Notion de Crise

Depuis la nuit des temps, l'être humain a été confronté à divers aléas, phénomènes et problèmes. Ils sont de diverses formes (naturels, humains et techniques). Ils sont sporadiques dans leurs apparitions et dans leurs intensités. Ils se sont transformés avec l'évolution de l'homme et de sa science. Ils peuvent dans certains cas porter atteinte à la sécurité voire à la survie de l'homme et de son environnement. Ces situations dites anormales engendrent ce qui est appelé des crises qui sont des situations vécues et ressenties.

Le mot crise vient du grec « krisis » qui signifie décision et jugement. Il en existe plusieurs types tels que :

- la crise économique et financière avec le scandale financier de « sub-primes » (Artus, Bethèze, de Boissieu 2008),
- la crise de l'adolescence en psychologie (Erikson, Nass, Louis-Combet 1972),
- la crise politique telle que crise migratoire dans le monde (Tandonnet 2007)
- la crise technologique à l'instar de l'explosion de la navette spatiale Challenger (Starbuck, Milliken 1988),
- la crise environnementale comme celle vécue en Inde avec l'explosion de l'usine de Bhopal (Shrivastava 1987) ou en ex-Union soviétique avec l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl (Beck 1992).

La crise renvoie vers un malaise, une perturbation dans un environnement ou carrément vers une rupture par rapport à une situation ressentie et vécue auparavant. Elle constitue une période durant laquelle un phénomène transitoire apparaît (Delbeque, Combalbert 2012). Elle est caractérisée par un sens de l'urgence, qui produit souvent le stress (Lagadec 1991). Celle-ci porte plusieurs appellations et est définie suivant sa gravité : incident, accident, désastre, ou bien catastrophe. Ces appellations sont des qualificatifs donnés seulement au début de la situation (Denis 1993). Elle est ou peut être la cause d'un ou de plusieurs problèmes. Elle peut ainsi impacter des personnes, des organisations, des régions, des états voire des continents (Heiderich 2010). Lagadec (Lagadec 1991) a bien décrit cet état, « La crise est une situation où de multiples organisations, aux prises avec des problèmes critiques, soumises à de fortes pressions externes, d'après tensions internes se trouvent projetées brutalement et pour une longue durée sur le devant de la scène ». Elle est pour ainsi dire considérée comme l'instant critique, dangereux, délicat, difficile et grave (Heiderich 2010).

La crise possède ainsi des origines et des éléments déclencheurs. Ils ne surviennent pas d'eux-mêmes. Ces facteurs existent, ils sont présents, mais soit ils n'ont pas été pris en charge par ignorance,

soit ils ont été sous-estimés, soit ils n'ont pas été identifiés. Heiderich a identifié six causes à l'origine des crises (Heiderich 2010) :

- l'ignorance involontaire de la situation,
- l'acceptation et la normalisation de la déviance,
- la croyance en des idées non contrôlées,
- l'instauration d'idéologie fondée sur des idées irréelles,
- le refus de prendre en considération les alarmes,
- l'arrogance par rapport à l'infaillibilité d'un système.

Elle est aussi pour (McKinney 1997) une combinaison de quatre caractéristiques :

- L'incertitude dans le nombre et la fiabilité des sources d'information,
- L'urgence de l'action, et ce quel que soit le degré de gravité,
- Des pertes humaines et des dégâts matériels,
- Un problème de maîtrise et de contrôlabilité.

Pour sa part Heiderich a identifié sept phases dans une crise (Figure 15). C'est ce qu'il a dénommé le cycle de vie de la crise (Heiderich 2010) :

- La situation normale : c'est la situation où tout paraît calme et normal, mais durant laquelle il y a une accumulation d'éléments déclencheurs ;
- La cristallisation : c'est à ce stade que survient l'événement déclencheur ;
- La rupture : ce stade est en fait le moment où on se rend compte qu'il y a rupture dans la continuité et qu'on a basculé dans la crise. C'est l'instant où l'information n'est pas claire sur la situation, où les incertitudes s'installent. C'est le moment durant lequel le passage à la gestion de la crise devient une nécessité ;
- L'impact : c'est la conséquence de la rupture. C'est à ce stade qu'on évalue les effets de la cristallisation. Cette évaluation de la situation est déterminante pour l'organisme chargé de la gestion de crise. En effet une bonne évaluation pourrait aider à prendre les bonnes décisions et gagner du temps pour revenir à une situation nominale ;
- Cinétique : quelle que soit la crise, l'objectif des individus chargés de sa gestion est d'en finir avec elle ou de la dévier de sa trajectoire, et dans les délais les plus courts. Seulement dans beaucoup de cas, son évolution laisse apparaître des bifurcations qui donnent naissance à de nouvelles situations et rend sa gestion très complexe.
- Équilibre : dès le début de la crise, les acteurs chargés de la crise et présents vont essayer d'arriver à un certain équilibre dans leur gestion en traitant les aspects les plus critiques ou urgents. Mais, dès que ces derniers arrivent à ce stade et que le calme semble revenir, de nouvelles questions sur la situation vont se poser, de nouveaux acteurs vont apparaître, il y

aura ingérences des pouvoirs publics et des médias, des revendications des populations affectées vont se poser. Tout ceci va engendrer une « nouvelle crise » ou bien une crise dans la crise.

- Réparation ou destruction : Il est question durant cette phase de réparer tout ce qui a été détruit et de revenir au plus près de la situation vécue auparavant.

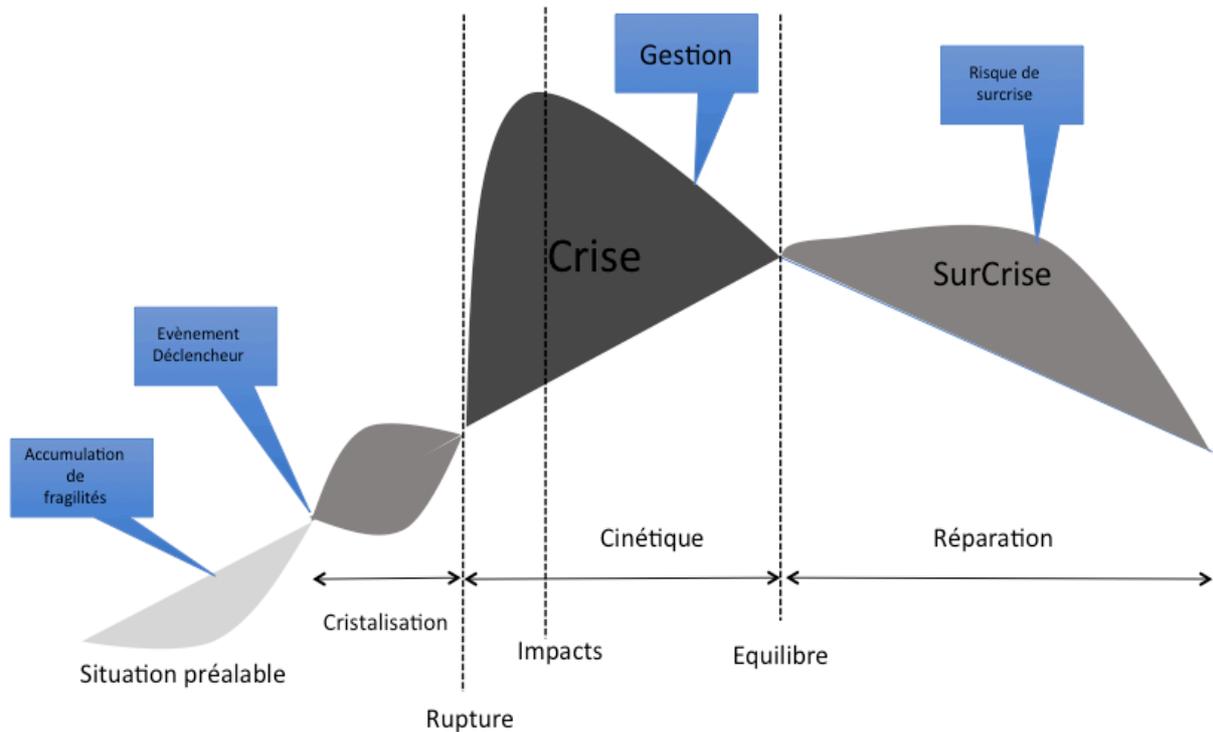


Figure 15 : Phases de crise (Heiderich 2010)

La crise est connue pour être le prélude à un changement profond dans l'organisation, la gouvernance, les procédures ainsi que dans les mœurs et les habitudes des populations (Delbecque, De Saint Rapt 2016). On peut définir une crise comme étant une situation particulière dont l'apparition est rapide et sporadique, limitée dans l'espace, où la notion de temps est importante, son impact génère des pertes et des dégâts et que tout autour agissent une multitude d'aléas.

Partant de ce constat, nous allons nous intéresser à la gestion de ce genre de situation et principalement de la phase dite de « rupture » jusqu'à la phase « équilibre ».

B. La gestion de crise

La crise a été définie comme une situation particulière qui nécessite une gestion particulière. Pour cela un certain nombre de ressources doivent être mises en place comme :

- Les Ressources humaines,
- Les Ressources financières,

- c) Des moyens et ressources logistiques pour assurer l'eau, l'alimentation, l'hébergement, les médicaments, le carburant, etc.
- d) Des moyens techniques tels que les moyens de communication, d'évacuation, de sauvetage, de matériel médical.

Aussi, dès le déclenchement de la crise différents acteurs (pompiers, SAMU, forces de l'ordre, associations, élus et fonctionnaires) sont appelés pour la gérer. Ces acteurs ou individus arrivent avec des cultures et des croyances différentes, des méthodes et des pratiques de travail différentes, des moyens différents et des objectifs différents. Ils doivent communiquer, coopérer, coordonner et échanger leurs propres expériences. Sans oublier que, ces derniers sont soumis à une pression d'ordre multidimensionnel liée entre autres à la présence des médias, aux différentes injonctions de la hiérarchie et des politiques, à la rapidité d'action et de prise de décision, ainsi qu'à d'autres facteurs comme la météo, le lieu de la crise (terre ou mer), et le temps. Durant cet épisode, les individus sont appelés à mettre en œuvre des actions appliquant des décisions. Elles sont de formes variées (organisationnel, procédurale, matériel, financiers, etc.). Ces actions ou décisions peuvent parfois être juste, parfois elles peuvent montrer un manque d'efficacité comme elles peuvent ne pas donner les résultats escomptés. Cela oblige les acteurs à revoir leurs actions et leurs décisions et les à réajuster. Ces réajustements sont ce qui a été nommé précédemment, la rétroaction. Dans la gestion de crise, les deux types de rétroaction énoncée dans le chapitre précédent sont utilisés. S'il utilise la rétroaction négative, alors à ce moment seules les procédures et les moyens sont à revoir. Dans l'autre cas, c'est toute l'organisation qui est soit à revoir, soit c'est une autre structure qui prend le relais pour gérer cette crise. Cet état de fait est bien illustré par (Lagadec 1991) « La pluralité des acteurs, l'importance des conséquences (morts, blessés graves), la complexité et la disparité des situations à gérer et leurs raretés font que les acteurs sont rapidement surchargés et ne parviennent pas à faire face efficacement à ce type d'événement. La gestion de crise consiste à faire face à la complexité et à l'interdépendance des systèmes et en particulier à la combinaison d'événements ».

Les événements en situation de crise sont de deux types. Ceux dits positifs et ceux dits négatifs. Les événements positifs sont toutes les bonnes pratiques et méthodes utilisées, ayant abouti à la bonne marche d'un système. Par contre les événements négatifs sont toutes les incohérences relevées et ayant abouti à des dysfonctionnements. Ces différents événements génèrent deux activités distinctes du retour d'expériences (Beler 2008) :

- Une activité d'alimentation en expérience.
- Une activité d'exploitation de l'expérience par la formation et la mise en place de règles et méthodes.

De ce qui précède, on peut annoncer que la gestion de crise, à l’instar de la situation de crise ou de la situation chaotique, est un système comprenant en son sein un ou plusieurs sous-systèmes (humain, matériel, finances, moyens techniques, etc.) qui interagissent entre eux. Elle est complexe par son incertitude, son comportement aléatoire et son caractère imprédictible. Elle possède un environnement avec une panoplie de facteurs dont certains sont identifiables (économique, financière, politique, etc.) et d’autres non identifiables. La modification d’un de ces facteurs peut engendrer un changement dans la gestion de crise. Elle est donc sensible aux conditions initiales. Ce système a une activité qui est la gestion de crise et une finalité à savoir la sortie de la crise avec le minimum de dégâts et de pertes. Il est dynamique. Il évolue dans le temps. À chaque changement de situation, on se retrouve en face à de nouvelles incertitudes sur la manière dont il évolue. En effet celui-ci, peut dévier de la trajectoire voulue ou carrément sortir de sa trajectoire. Ces déviations peuvent donner lieu à des bifurcations qui génèrent de nouvelles situations chaotiques, voire incontrôlables. Le cas le plus frappant est le tremblement de terre suivi du tsunami qui a frappé de plein fouet la centrale nucléaire de Fukushima en 2011 (Guarnieri, Travadel, Martin, Portelli, Afrouss 2015). Ce système procède à des rétroactions (négatives ou positives) en fonction de la complexité de la crise (Figure 16).

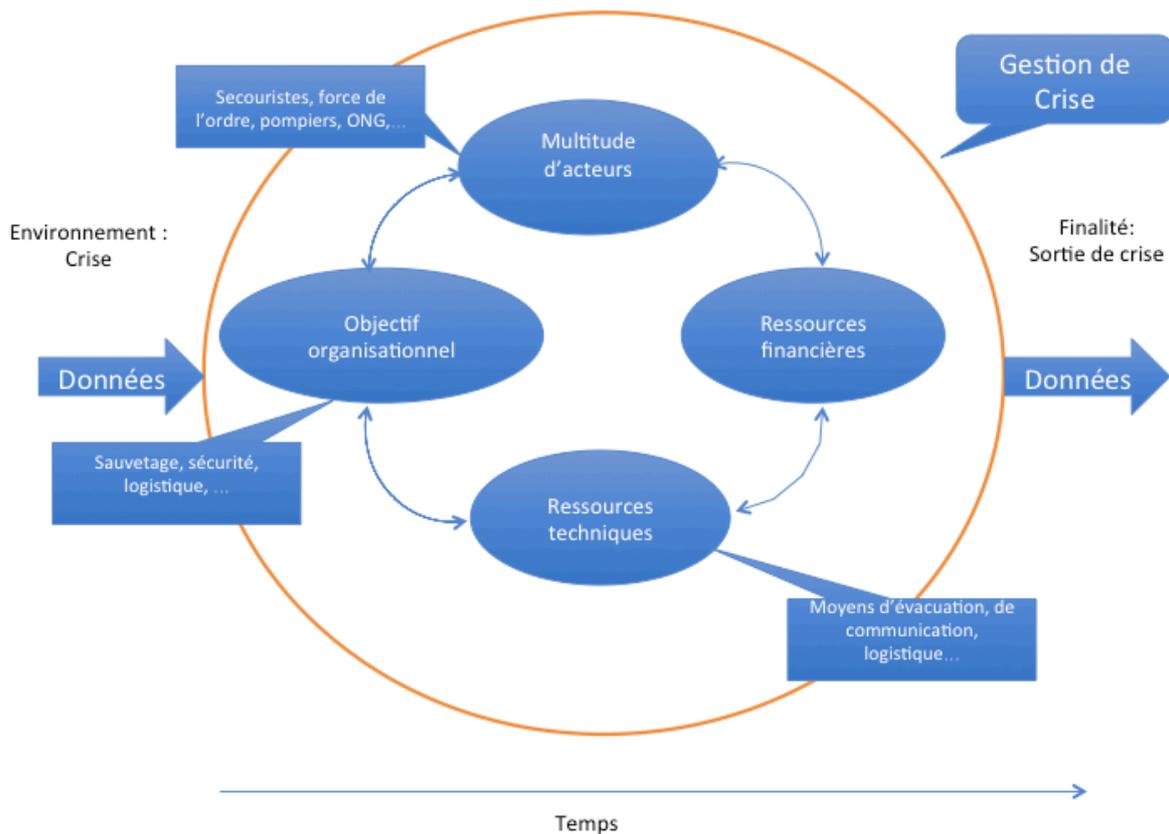


Figure 16 : Représentation de la gestion de crise

Il est intéressant de signaler que ces cellules ou organisations sont dissoutes ou mises en veille une fois que le sentiment que la crise est maîtrisée, ou dépassée, survient.

C. La gestion de crise comme activité collaborative

Avant de parler de l'activité collaborative dans la gestion de crise qui, dans notre étude concerne les aspects liés à la communication, à la coordination et à la coopération. Il faut préciser que plusieurs articles dans la littérature indiquent le rôle de Triple C dans la gestion de crise et leur interdépendance (Martin, Nolte, Vitolo 2016). Pour notre part, il serait plus judicieux de définir chaque composante en premier lieu.

1) La communication

C'est l'acte de transmettre un message d'une personne, un groupe de personne ou une organisation à une autre personne, un groupe de personne, une partie d'une organisation ou carrément à une autre organisation. C'est l'ingrédient essentiel pour une action commune (Kapucu 2006a; 2006b). Une bonne communication requiert la collecte et le partage d'information en situation normale et plus particulièrement dans des situations de catastrophe (Kapucu 2006a). (Nowell, Steelman 2014) ont souligné que la communication et la planification en temps réel sont très importantes lors des catastrophes. La rupture des moyens de communication filaires, cellulaires ou radiophoniques peuvent porter de graves préjudices aux interventions d'urgence (Comfort, Ko, Zagorecki 2004). De nouveaux moyens de communication ont vu le jour avec le développement des TIC, ce qui a permis à ces moyens de communication de se développer lors des catastrophes et des crises (Bevc, Barlau, Passanante 2009). Durant ces périodes de crise, les intervenants se sont approprié les moyens de technologies adéquats (Kapucu 2006a) pour prendre les décisions adéquates (Comfort, Sungu, Johnson, Dunn 2001). Il a été ainsi constaté que le bon fonctionnement des TIC affecte positivement les interventions d'urgence et facilite la coordination entre les organisations (Celik, Corbacioglu 2010), alors que l'échec des communications se répercute sur la coordination (Nowell, Steelman 2014). Un autre aspect est à considérer dans la communication : l'interopérabilité. En effet, à défaut de la présence d'une interopérabilité lexicale et sémantique permettant la compréhension et la représentation des connaissances, la communication entre les différents partenaires serait incompréhensible, voire défectueuse (Favier, Mustafa El Hadi, Vinck 2016).

2) La coopération

La Coopération est le fait de travailler avec un autre. Elle concerne des individus et des organisations ayant des finalités similaires qui poursuivent des objectifs similaires voir atteindre des stratégies similaires. Mais la principale raison pour coopérer avec d'autres individus ou organisations dans des situations d'urgence est de travailler pour une mission commune et d'éviter qu'il y ait des actions disparates pour cette même mission (Kapucu 2006a). Pendant les crises cette action se fait entre des communautés relativement petites et coopératives. Les interlocuteurs se connaissent généralement mutuellement et connaissent éventuellement le fonctionnement de l'autre organisation. À court terme ce genre d'action est souvent lié à des relations informelles et volontaires entre des organisations ou des parties d'une organisation (Brown, Keast 2003; Cigler 2001; Najam 2000;

Ödlund 2010). Il est à souligner que le problème de « compréhension » de l'action de coopération apparaît lorsque des acteurs appartiennent à des organisations différentes, possèdent des cultures différentes et surtout ont des objectifs différents qui sont parfois même contradictoires (en apparence) (Fisher, Lapp, Frey 2011). Un autre problème qui impacte la coopération est la rétention d'information. Celle-ci se fait soit d'une manière inconsciente, soit la communication de l'information voulue n'est pas transmise au moment voulu. Cet état de fait est dû parfois au manque de connaissances de l'activité/métier des acteurs entre eux, à l'esprit de concurrence ou au manque de confiance entre les partenaires (Faguet-Picq 1999).

3) La coordination

La coordination est un processus dans lequel les organisations ou les individus alignent leurs actions avec d'autres individus ou organisations pour atteindre un objectif commun (Ammann 2008; Drabek 1985; Keast, Mandell 2014; May 1985; Morris, Morris, Jones 2007; Tierney 1985; Comfort 2007; Drabek, McEntire 2002). Elle exige souvent de briser des problèmes complexes pour gérer des éléments (Kettl 2003). Elle permet ainsi de mettre en relation des experts et des ressources. Elle crée des procédures pour apprendre (rapidement) des erreurs durant la situation de crise. C'est à travers la coordination que s'établit un partenariat (Kettl 2003). Durant une situation de crise, prendre la responsabilité de la coordination sur plusieurs lieux s'avère difficile (Comfort, Sungu, Johnson, Dunn 2001).

Comme indiqué précédemment, lors d'une crise, les acteurs appartiennent à différentes organisations. Ils travaillent, communiquent, coordonnent, coopèrent et échangent leurs informations, leurs méthodes de travail et surtout leurs expériences. Ainsi, ils utilisent des ressources telles que des moyens non filaires et filaires, des ordinateurs, des plans, des procédures, des schémas, etc. Ils interagissent entre eux pour changer l'état de leur champ commun à savoir la crise. Leur objectif principal est de sortir de la situation de crise et d'en réduire les effets. C'est une activité collaborative « répartie dans le sens où les agents de décision sont semi-autonomes dans leur travail en termes d'éventualités, de critères, de méthodes, de spécialités, de perspectives, d'intérêts, de motifs, etc. » (Schmidt 1994). Cette activité est une activité de régulation et demande aussi qu'elle soit régulée, ce qui permet de réaliser les différents ajustements et corrections (rétroaction) dont les organisations ont besoin. Elle est régulée par des procédures telles que l'administration de la main courante lors d'une crise par l'autorité chargée de sa gestion, le type d'information à échanger, l'autorité habilitée à échanger ainsi que les moyens et les outils techniques permettant l'interopérabilité. C'est cette régulation qui assure la bonne conduite et la réussite de la gestion de crise.

Fuks et al, estiment que la communication consiste en l'échange de message entre les personnes ou les organisations. La coordination consiste en la gestion des ressources et des activités des personnes. La coopération est la production dans l'espace défini par les partenaires (Fuks, Raposo, Gerosa,

Pimentel, Filippo, Lucena 2008). De ce qui précède, on peut donc énoncer que cette activité est une activité de régulation. Elle consiste à envoyer ou à recevoir des informations (Communication), à utiliser des moyens logistiques (Coordination) et à appliquer les procédures, les décisions et l'organisation (Coopération) (Figure 17). On peut aussi ajouter que ces trois activités sont des facteurs qui changent la situation de crise et sa gestion, qui peuvent dans certains cas donner naissance à de nouvelles crises et à de nouvelles méthodes de gestion. Ceci nous permet de dire que ces activités jouent un rôle dans la bifurcation de situations et ont aussi une dépendance aux conditions initiales.

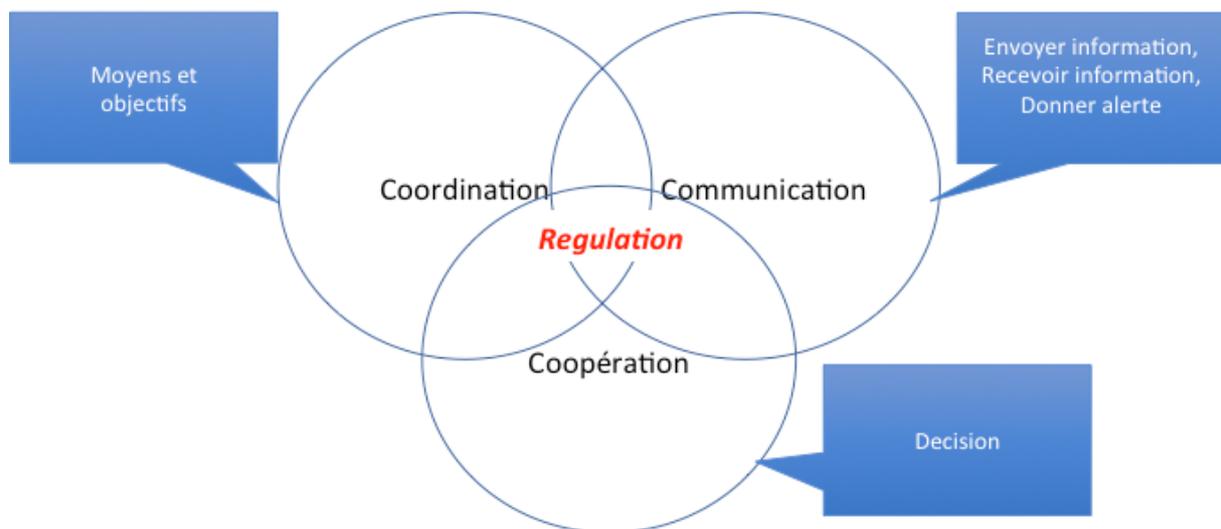


Figure 17 : Activité collaborative dans la gestion de crise

Cette activité collaborative peut faire apparaître des dissonances. Leurs études pourraient permettre d'identifier les éléments qui peuvent conduire à des divergences, qui elles même peuvent faire apparaître des classes de processus. Ces aspects peuvent faire l'objet d'études dans le futur. S'agissant de notre étude, il s'agit plus pour nous d'identifier les facteurs pouvant aider à l'activité collaborative que d'étudier les causes ayant bloqué ou ralenti cette activité. Il est aussi à relever que notre étude n'a pas pris en compte les différents contenus et la qualité de l'activité collaborative entre les individus ou les organisations.

D. Facteurs aidant à l'organisation de la gestion de crise

La complexité ou la gravité d'une crise amène à créer soit une structure chargée de la gestion de crise ou bien de la réactivation d'une structure dans le cas où elle existe déjà. Dans la majorité des cas les organismes chargés de la gestion de crise sont mis en veille dès que la crise est résorbée. L'organisation de ces structures, cellules de crise, comités ad hoc, est proportionnelle à la crise. Elles ont généralement trois niveaux organisationnels (stratégique, tactique et opérationnel). L'organisation de la gestion de crise dépend de beaucoup de facteurs entre autres :

- la gravité de crise, les imprévus résultant de perturbations ou de dysfonctionnements, le triple choc « déferlement-dérèglement-rupture » (Crocq, Huberson, Vraie 2009; Lagadec 1991). A titre illustratif, un accident de la circulation avec peu de pertes est généralement géré au niveau local. Toutefois, dans ce même accident avec la présence d'un camion transportant des produits hautement dangereux, cette crise devient plus complexe et sera gérée au niveau tactique, voire stratégique.
- La dimension spatiale de la crise, le nombre de structures et d'institutions impactées, le manque de ressources (Bronner 2008; Smith, Dowell 2000). Un feu de forêt de petite ampleur, par exemple, circonscrit au niveau de deux ou trois communes est géré par le niveau tactique à savoir la préfecture. Alors que s'il touche plusieurs départements c'est le niveau stratégique qui prend cette crise en charge.
- Le manque d'expérience, le blocage à l'action, le manque de consensus ou l'inefficacité, la mauvaise prise en compte des dispositifs d'urgence, la prise de décision inadéquate et d'actions défailtantes et enfin le temps d'action inadapté par rapport à la nature de la crise (Heiderich 2010; Denis 1993; Dautun 2007; Pearson, Misra, Clair, Mitroff 1997; Loosemore 1998). C'est le cas, par exemple, d'une inondation qui survient dans une commune où les élus locaux sont fraîchement installés et où il existe un certain nombre de dissensions entre eux. Ces derniers manquent d'expérience et certains parmi eux peuvent bloquer certaines actions entreprises. Cet état fait en sorte que la gestion de cette crise passe au niveau supérieur.

La majorité de ces facteurs engendrent chez ces individus un phénomène psychologique appelé le stress. Effectivement, dès la survenue d'une situation de crise et la mise en place (ou réactivation) de la structure chargée de sa gestion, le désarroi et la peur de l'inconnu affectent les acteurs désignés dans celle-ci. Ces personnes comme déjà annoncées sont sous l'emprise de plusieurs facteurs : la hiérarchie, les médias, les populations, leurs situations professionnelles voire leurs problèmes d'ordres familiaux. En plus de cela, le facteur temps joue énormément contre eux. Plus ils perdent du temps plus le nombre des victimes croît. Tout ceci engendre chez eux le stress qui donne lieu à des réactions désordonnées et une inefficacité dans leurs travaux. Crocq et al ont bien décrit cette situation « chaque membre du groupe est exalté et agité, mais n'assume pas le rôle qui lui est dévolu et ne s'intègre pas dans l'équipe (Crocq, Huberson, Vraie 2009). L'esprit d'équipe est dissous ; chacun défend son point de vue particulier, ses idées, ses suggestions, sans écouter les autres ni tenir compte de leurs propositions ; les dissensions et les conflits peuvent en arriver jusqu'aux mains ».

On ne va pas dans notre étude nous consacrer à l'organisation ou la composition des structures et cellules chargées de la gestion de crise. Tel n'est pas le sujet de cette étude, mais on va plus s'intéresser aux comportements de ces individus face aux effets du stress qui sont engendrés durant cette période. Plus précisément à l'impact du stress sur le déroulement de la gestion de crise et de facto

sur la suite de la crise. Ceci va nous aider, par la suite, pour trouver la manière la plus adéquate pour la préparation de ces individus à la gestion de ce genre de situations, et ce dans le cadre des exercices et programmes de formations suivis par eux.

Dans ce qui suit, nous allons aborder le phénomène du stress qui impacte, pour diverses raisons et dans la majorité des cas, les individus chargés de la gestion de crise.

Chapitre 6 : Le stress et l'impact du stress en gestion de crise

Le stress et son impact ont fait l'objet de beaucoup de travaux de recherche. Ces derniers ont pu étudier et essayer de comprendre d'une part le stress et le comportement des individus en général. Un nombre important d'études sur la connaissance du stress en milieu professionnel se sont développées (Aldwin 2007). D'autres, par contre, se sont intéressées spécialement aux individus en charge de la gestion de crise et leurs réactions durant ce genre d'évènement. Les études historiques de crises de politique étrangère (Holsti 1972) soutiennent fortement l'affirmation que les crises sont les sources probables de stress individuel intense.

A. Le stress

Il existe plusieurs définitions du stress. Ainsi, pour Selye « le stress n'est pas un phénomène pathologique, mais une formidable réaction de notre organisme pour s'adapter aux menaces et aux contraintes de notre environnement » (Selye 1956), alors que pour Lazarus et Folkman « c'est une relation particulière entre un "individu" (ses caractéristiques) et son "environnement" spécifique, évalués comme affaiblissant ou excédant ses ressources et mettant en péril son bien-être » (Lazarus, Folkman 1984). C'est une sorte de transaction entre l'individu et son environnement. Pour être explicite dans une situation anormale l'individu ressent que son bien est en danger. Il est en situation de stress. La réponse à cela fait déborder ses capacités. Donc le stress est le résultat du déséquilibre entre les exigences internes ou externes et les ressources de l'individu pour faire face à cette demande (Lazarus, Folkman 1984). Notre étude va surtout s'intéresser au stress dans des conditions de travail un peu particulières à savoir la gestion de crise.

Ainsi, trois principaux modèles ont été élaborés pour définir le stress (Steiler, Rosnet 2011) à savoir :

- un modèle basé sur la réponse au stress ;
- un modèle basé sur le stimulus ;
- un modèle psychologique à deux variantes avec une vision dite transactionnelle et une vision interactionniste.

(Bruchon-Schweitzer, Rasle, Quintard, Nuissier, Cousson, Aguerre 1997) ont pu par ailleurs définir quatre classes d'indicateurs qui influencent les conditions de stress, il s'agit de :

- Conditions de la tâche de travail : charge de travail, horaire de travail, etc.
- Conditions relationnelles : conflit, harcèlement, etc.
- Conditions de travail : mobilité, absence de promotion, etc.
- Interaction privée/profession : mari, épouse, enfants, famille, etc.

B. Différents Modèles du Stress

Il existe plusieurs modèles du stress qui ont été définis. Nous allons nous intéresser à quelques-uns qui répondent à notre préoccupation : aider à appréhender l'impact du stress en gestion de crise.

1) Modèle basé sur la réponse

Dans ce modèle mis en œuvre par (Selye 1974), le stress est considéré comme une demande non spécifique du corps à toute requête qui lui est faite. C'est la réponse de l'individu à un événement qui détermine s'il est stressé ou non. Ce modèle est considéré comme une vision biophysique du stress qui s'est étendue aux réactions physiologiques, émotionnelles et comportementales (Sifakis, Rasclé, Bruchon-Schweitzer 1999). Cette approche a montré ses limites en termes de mesures du fait qu'elle ne distingue pas les différences individuelles face à une situation de stress (Figure 18).

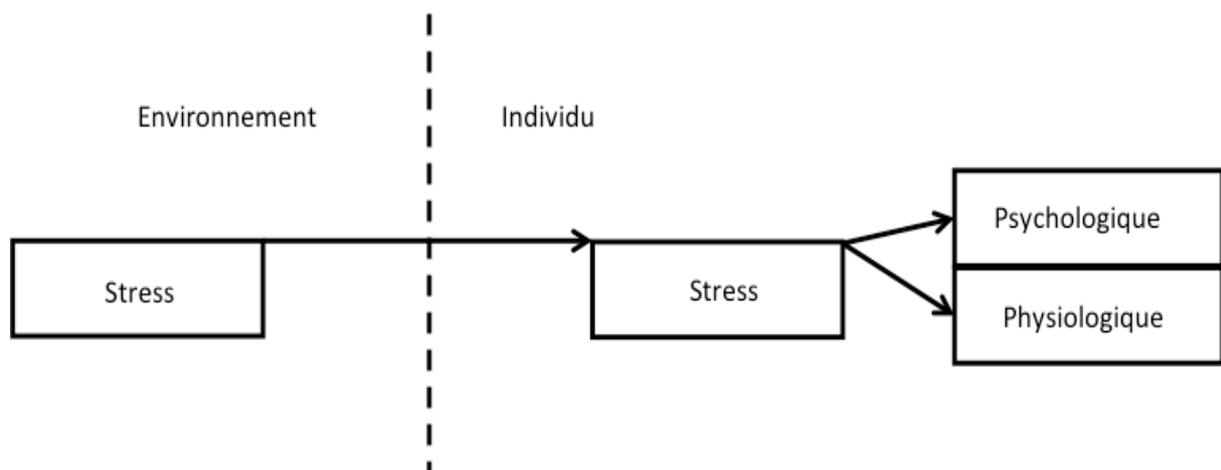


Figure 18 : Modèle basé sur la réponse (Steiler, Rosnet 2011)

2) Modèle basé sur le stimulus

Dans ce modèle, le stress est toujours identifié comme source de problèmes et certains éléments de l'environnement perturbent l'équilibre interne de la personne. Dans ce cas, le stress est dû à l'environnement. À travers cette vision (Bruchon-Schweitzer, Rasclé, Quintard, Nuissier, Cousson, Aguerre 1997) ont déterminé quatre catégories de stressors (Figure 19) :

- Caractéristiques de la tâche (condition de travail, charge de travail...);
- Caractéristiques relationnelles (conflit avec le supérieur, le harcèlement);
- Caractéristiques de carrière (pas de promotion, mobilité);
- Interface travail/famille (absence du domicile, conjoint...).

Dans ce modèle les causes du stress sont mieux identifiées seulement la différence de réaction des individus face aux stress n'a pas bien été prise en compte.

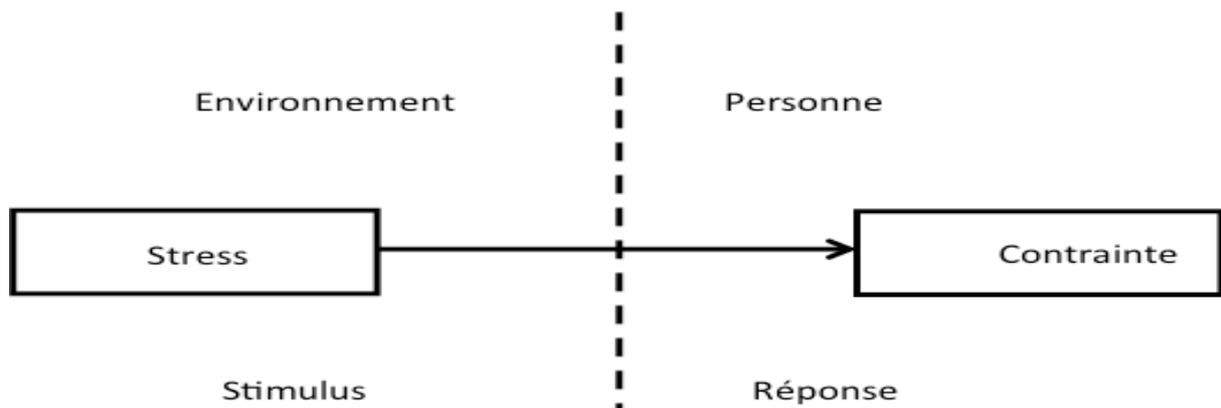


Figure 19 : Modèle basé sur le stimulus

3) Modèle psychologique avec une vision interactionniste

Cette vision prend toujours en compte le lien entre la source et l'effet du stress. Sa particularité est que les différences individuelles sont bien prises en compte (Jones, Bright, Clow 2001). Le stress est considéré comme une relation entre l'homme et son environnement (Rasclé, Irachabal 2001). Dans cette approche les différentes variables individuelles et situationnelles ainsi que leurs relations participent à l'explication des difficultés d'ajustement (Bruchon-Schweitzer 1994). Le stress ne peut faire son effet sur le problème d'ajustement qu'en présence de certaines caractéristiques de la personnalité telles que la colère, le mépris, la peur, la culpabilité. (Figure 20).

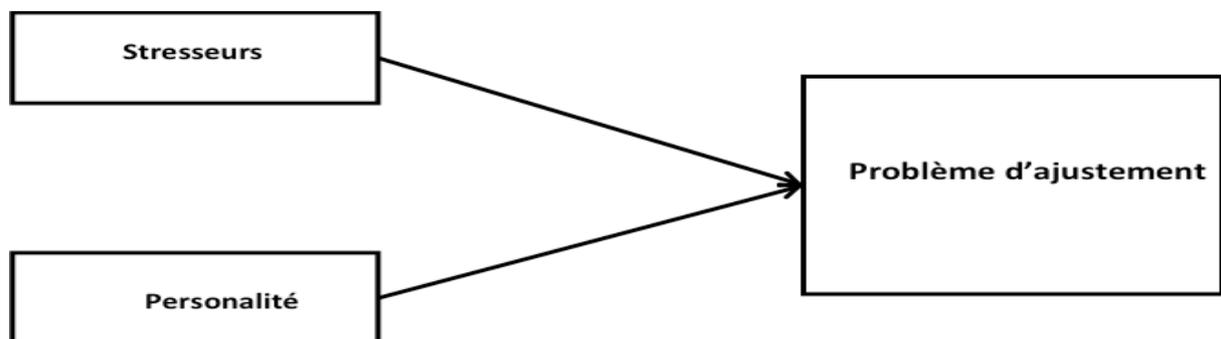


Figure 20 : Modèle interactionniste du stress

Le modèle le plus connu pour cette approche est le modèle dit « demande-contrôle » de (Karasek Jr 1979). Il intègre les différentes perceptions des demandes de travail d'un individu ainsi que la perception individuelle du contrôle sur cette demande (Figure 21).

		Demande de Travail	
		Basses	Elevés
Latitude de décision	Basses	Travail Passif	Travail à Haute tension
	Elevé	Travail à Basse tension	Travail Actif

Figure 21: Modèle de Karasek

Ce modèle a permis de donner quatre combinaisons possibles correspondant à certains métiers (Tableau 1). Malgré qu'il ait pu aider à améliorer la qualité de vie au travail, il a montré ses limites. En effet, ce dernier ne prend pas en considération certaines caractéristiques d'ordre individuelles extraprofessionnel, et social (soutien social).

Demande de travail	Latitude de décision	Type de métier
demande élevée	contrôle élevée	Ingénieur
demande élevée	contrôle faible	Standard téléphonique
demande faible	contrôle élevée	chercheurs
demande faible	contrôle faible	ouvrier à la chaîne

Tableau 1 : Correspondance métier, latitude

4) Modèle psychologique avec une vision transactionnelle

Cette approche prend en compte deux composantes, à savoir, la personne et la demande. Elle considère la relation entre l'individu et son environnement comme un ensemble de processus au cours duquel il se modifie. C'est un processus continu avec une boucle rétroactive. D'après (Cox, Griffiths, Rial-González 2000) elle s'intéresse aux processus cognitifs et émotionnels qui donnent lieu aux interactions de la personne avec son environnement. C'est en fait, le déséquilibre, observé lors de l'évaluation cognitive, entre la demande et la capacité à faire face qui donne le stress, lequel par rétroaction modifie le système dans son ensemble. Donc le stress est le déséquilibre entre les ressources personnelles et les demandes situationnelles (Lazarus, Folkman 1984). Selon ce modèle le processus du stress passe par 3 filtres :

- I. Les stressseurs (ou demande) : ce sont les incidents autour desquelles se définissent des demandes, ou des événements ponctuels qui perdurent dans le temps (Brown, Harris 1978; Dohrenwend, Dohrenwend 1974; Holmes, Rahe 1967; Lazarus, Folkman 1984). La perception du stress est influencée par l'expérience de l'individu face à des stressseurs similaires ;
- II. Les mécanismes de défense de soi : ils agissent d'une manière inconsciente ;

III. Les ressources disponibles pour gérer la situation (stratégie de coping) ou efforts conscients.

Ces trois processus ou filtres agissent comme des médiateurs de la relation entre l'environnement et l'individu par l'évaluation et le coping (Folkman, Lazarus 1988). L'évaluation et le coping vont être traités ci-dessous.

a) L'Évaluation

L'évaluation est un processus cognitif où un individu évalue la manière avec laquelle une situation peut mettre en danger son bien-être et quelles sont les ressources de coping pour y faire face (Lazarus, Cooper, Knighton, Margolis, Percoraro, Rodeheaver, Robson 1994). Lazarus et Folkman ont distingué deux formes d'évaluation (Lazarus, Folkman 1984) :

- A. Évaluation primaire : Il s'agit durant cette évaluation de se poser la question, « Est-ce que ça va ou je suis potentiellement en danger ? La situation représente-t-elle pour moi une perte, un danger ou un défi ? »
- B. Une évaluation secondaire : durant laquelle l'individu se dit « Que puis-je faire pour remédier au problème ? ».

Selon (Folkman, Lazarus 1988), les processus d'évaluation des relations environnement — individu sont influencés par les ressources personnelles antérieures et les variables environnementales. Les caractéristiques personnelles prises en compte sont :

- Les croyances en ses propres capacités de contrôle sur les événements. Selon des études, les personnes, qui imputent ce qui leur arrive à des causes internes et contrôlables utilisent plus des stratégies de coping centrées sur le problème, par rapport à ceux qui attribuent cela à des causes externes et incontrôlables (Lazarus, Folkman 1984).
- L'endurance ou maîtrise personnelle face aux événements externes survenant. Ces individus sont capables de mieux supporter les stress psychosociaux que les autres (Stephoe 1991).
- L'anxiété, considérée comme une tendance générale lorsqu'on observe des situations menaçantes (Spielberger, Gorsuch, Lushene 1970). Les personnes qui ont une faible anxiété perçoivent les situations stressantes moins menaçantes que les autres.

D'après (Lazarus, Folkman 1984) ces caractéristiques influencent la personne sur la perception de la situation. En effet, les personnes font des inférences basées sur leurs personnalités pour comprendre ce qui se passe. Les variables environnementales sont :

- Les caractéristiques de la situation : ce sont la nature du danger, sa durée et son imminence.
- Les ressources sociales (réseau d'aides à l'individu) : C'est l'ensemble des liens interpersonnels qui procurent à l'individu des liens affectifs (amour, amitié), une aide pratique (matérielle, financière) ainsi que des informations et évaluation de la situation menaçante. Les

recherches ont démontré qu'un niveau élevé de ressources permettrait à l'individu d'augmenter le contrôle du perçu, ce qui rend les effets du stress moins forts et l'individu pourrait davantage faire face à la situation (Spacapan, Oskamp 1988).

L'étude de l'évaluation montre alors l'importance de l'exploitation de l'expérience de certains acteurs. Cela pourrait aider à mieux appréhender le stress par de l'entraînement. Après avoir étudié l'évaluation, nous allons maintenant nous intéresser au coping.

b) Le coping et les stratégies d'ajustement

Le coping est « l'ensemble des efforts cognitifs et comportementaux, constamment changeants, déployés par l'individu pour gérer des exigences spécifiques, internes et/ou externes, évaluées comme consommant ou excédant ses ressources » (Lazarus, Folkman 1984). Il peut moduler les stratégies d'ajustement au stress de trois manières possibles (Paulhan 1992), à savoir :

1. Modifier l'attention ; ce qui peut se faire par deux moyens. Le premier est de se détourner de la source du stress (stratégie d'évitement), c'est le plus utilisé. L'individu choisit des activités de substitution (le sport, les jeux, la relaxation, le tabac, l'alcool, etc.) qui servent à diminuer ou effacer la tension émotionnelle et aider l'individu à se sentir mieux. Le second est de diriger son attention vers la source du stress (stratégie vigilante). Janis et Mann ont relevé deux formes de coping vigilant à savoir, la recherche d'informations pertinentes sur la situation et la mise en place de stratégies de résolution de problèmes (Janis, Mann 1977).
2. Altérer la signification subjective de l'événement en ayant recours à des activités cognitives apparentées au déni, comme le fait de penser à quelque chose d'agréable ou d'exagérer les aspects positifs d'une situation ou encore la sous-estimation des aspects négatifs, l'humour et la réévaluation positive. Ces stratégies génératrices d'émotions positives sont efficaces pour abaisser la tension lors de situations stressantes de courte durée. Quand le coping est centré sur un problème (décès d'un proche, maladie grave...), l'individu n'a pas la possibilité de moduler son stress.
3. Modifier les termes de la relation individu-environnement par la mise en place d'efforts comportementaux actifs avec affrontement du problème pour le résoudre. Ceci inclut la confrontation, l'élaboration et la mise en œuvre d'actions qui pourraient changer ou transformer la situation.

Ces différentes variables impactent l'évaluation que fait l'individu sur ses capacités de contrôle et d'orientation et sur le choix de sa stratégie de coping devant une situation. En ce sens le coping est considéré comme un processus changeant et momentané.

Il a été identifié, dans la littérature, deux fonctions de coping qui sont déterminantes dans la manière de faire face aux événements stressants. Il s'agit de la régulation de la détresse émotionnelle et la gestion du problème qui cause la détresse.

D'après (Lazarus, Folkman 1984; Rasclé, Irachabal 2001), deux formes sont utilisées dans la majorité des situations stressantes. Les proportions relatives de chaque forme varient selon la qualité de l'évaluation de l'évènement. Ces deux formes ou types de coping sont : le coping centré sur l'émotion et le coping centré sur le problème. Or, d'après des recherches, il semblerait que le coping centré sur le problème dit actif se révèle plus efficace que le coping passif centré sur l'émotion pour la réduction de la tension émotionnelle induite par l'évènement (Paulhan 1992).

Donc, de ce qui suit on peut dire qu'une personne qui subit le stress procède à une évaluation primaire en utilisant l'une des stratégies de coping possible (active ou passive). Par la suite il procède à une évaluation secondaire en ayant recours à ses caractéristiques personnelles et aux variables définissant son environnement pour sortir de la situation de stress. Dans le cas où il se sent toujours en danger, il refait cette opération (Figure 22).

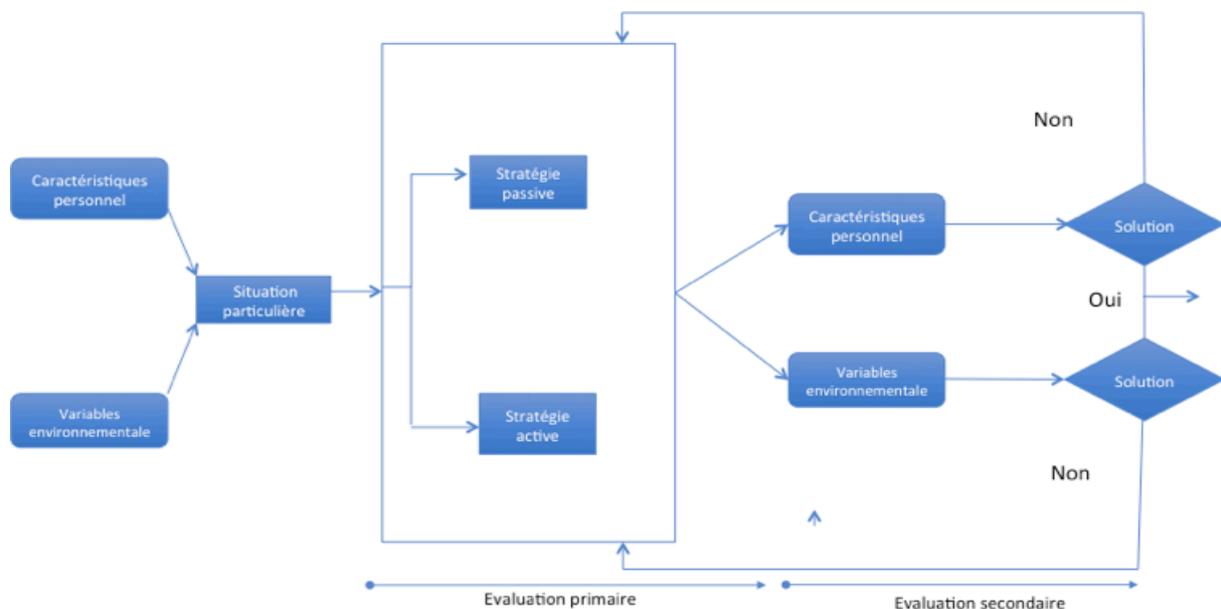


Figure 22 : Évaluation et coping d'une situation de stress

Nous allons prendre le modèle psychologique avec une vision transactionnelle comme référence pour la suite de notre étude. Il a été remarqué aussi, par les psychologues que le stress présente des indicateurs dont certains sont observables. Ils le sont dès que celui-ci apparaît. Nous exploitons dans notre étude ce type d'indicateurs afin de pouvoir en détecter certains et aider à appréhender leurs impacts.

C. Indicateur de l'impact du stress en gestion de crise

Les chercheurs en psychologie ont étudié les comportements des individus en charge de la gestion de crise. Ces études ont été le fruit de différents types d'observations (visuel, enregistrement, capteurs, etc.) sur le terrain, dans des laboratoires, des tests psychologiques, des interviews, etc. C'est ainsi qu'un certain nombre d'indicateurs physiologiques, endocriniens et cardiovasculaires ont été relevés et ont permis d'évaluer l'état du stress (Ponnelle, Vaxevanoglou, Garcia 2012; Workman 1998). Ainsi, des chercheurs se sont intéressés aux analyses hormonales du cortisol et de l'adrénaline dans la salive et les urines (Hubert 1989; Kirschbaum, Hellhammer 1989), d'autres se sont intéressés à la réactivité cardiaque (Annerstedt, Jönsson, Wallergård, Johansson, Karlson, Grahn, Hansen, Währborg 2013; Yoshino, Matsuoka 2011). Il est à signaler que des ambiguïtés, contradiction voire des interprétations différentes peuvent apparaître quant à ces observations ou analyses (Hermann 1977). En effet, les résultats de ces observations ou analyses ne peuvent pas déterminer avec exactitude la présence du stress, son intensité ainsi que ses facteurs déclenchant (Gintrac 2011; Chartrand, Julien 1994; Delaunois, Malchaire, Piette 2002). Pour notre étude nous avons pris en compte des indicateurs verbaux ou non verbaux. Ils représentent des situations de stress où l'individu présente des sentiments de crainte, de détresse, d'incertitude ou d'anxiété. Ces sentiments se présentent sous forme d'expressions de visage, gestes, mouvements de corps, caractéristiques vocales ainsi que le contenu du discours qui donne des informations concernant l'état d'une personne (Hermann 1979). Ces études s'intéressent aux comportements spontanés. Cela a permis de classer ces indicateurs en sept larges catégories (Tableau 2).

Type général du comportement	Indicateurs verbaux et non verbaux	Études réalisées
1— Discours troublé	a — utilisation accrue de « ah » ou « vous savez ». b— Répétition des mots, phrases et expressions. c— correction accrue de phrases et mots lors des conversations.	– (Kasl, Mahl 1965; Cook, Lalljee 1972; Maclay, Osgood 1959; Collier, Collier 2014) – (Kasl, Mahl 1965; Maclay, Osgood 1959; Mahl 1956; Collier, Collier 2014) – (Kasl, Mahl 1965; Mahl 1956; Collier, Collier 2014)
2— Augmentation du tempos de la parole	a — Parler rapidement b— Moins de pauses entre les phrases	– (Kanfer 1958; 1959; Sauer, Marcuse 1957; Siegman, Pope 1972; Siegman, Feldstein 2014) – (Goldman-Eisler 1961; Siegman, Pope 1972; 1966; 1965; Siegman, Feldstein 2014)
3— Tension du corps	a — Augmentation des mouvements non intentionnels ou spontanés b— clignotement accru des yeux c— augmentation de gestes auto-adaptatifs (gestes qui semblent aider un individu à soulager la tension ou l'énergie accumulée) — par exemple, se gratter la tête, jouer avec l'anneau	– (Dittmann 1962; Mehrabian, Ksionzky 1972; Sutton, Keogh 2000; Bjerge, Clark, Fisker, Raju 2016) – (Doehring 1957; Ponder, Kennedy 1927; Kanfer 1960; Duncan, Fiske 2015) – (Freedman 1972; Freedman, O'hanlon, Oltman, Witkin 1972; Freedman, Blass, Rifkin, Quitkin 1973; McClintock, Hunt 1975a; Duncan, Fiske 2015; Sutton, Keogh 2000)
4— irritabilité	a — augmentation du nombre de déclarations d'inconfort b— augmentation du nombre d'énoncés servant d'évaluation c— augmentation de sourires forcés d— diminution de hochements positifs de la tête	– (Auld, Mahl 1956; Caughren 1965; Dollard, Mowrer 1947; Lebo, Applegate 1959; Osgood, Walker 1959; Gottschalk 2014) – (Osgood, Walker 1959; Aronson, Weintraub 1967; Webb, Campbell, Schwartz, Sechrest 1999) – (McClintock, Hunt 1975b; Albert Mehrabian 1971) – (Coleman 1949; Ekman, Friesen 1975; 1976; Leventhal, Sharp 1967; Duncan, Fiske 2015)
5— Signe de stress facial	a — Front plissé b— paupières élevées au-dessus de l'iris	– (Ekman, Friesen, Scherer 1976; Ekman, Friesen 1975; Leventhal, Sharp 1967; Goldin-Meadow 2005) (Ekman, Friesen, Scherer 1976; Ekman, Friesen 1975; Leventhal, Sharp 1967; Duncan, Fiske 2015)
6— Vigilance	a — contact visuel accru b— posture rigide	– (Exline 1963; Kleck 1964; Mehrabian 1968a) – (Kleck 1964; Albert Mehrabian 1971; Mehrabian 1968b; Wiens 2017)
7— Changement dans la tonalité de la voix	a — augmentation de la voix b— changement de l'intensité de la voix	– (Firdhoff, Alpert, Kurtzberg 1964a; 1964b; Hargreaves, Starkweather, Blacker 1965; Krauss, Geller, Olson 1976; Siegman, Feldstein 2014) – (Firdhoff, Alpert, Kurtzberg 1964b; 1964a; Hargreaves, Starkweather, Blacker 1965; Siegman, Feldstein 2014)

Tableau 2 : Indicateurs verbaux et non verbaux (Hermann 1979)

Certains chercheurs ont par la suite utilisé ces indicateurs non verbaux pour leurs études sur les réactions de certaines personnalités face à des situations de crise. Hermann avait utilisé ces indicateurs pour analyser la réaction du président Nixon lors de l'affaire du Watergate (Hermann 1977). Il a aussi étudié l'attitude des représentants de la ville de New York avec le syndicat de salariés municipaux et l'administration au cours de négociations, qui ont suivi la grève de New York 1965. Wiegele les a utilisés en examinant les discours de certains responsables politiques, plus particulièrement de certains présidents américains comme Truman après l'invasion de la Corée en 1952, Kennedy lors de la crise des missiles de Cuba ou Johnson après la capture du bateau pueblo par les Nord-Coréens en 1968 (Wiegele 1978). Ces études ont été faites soit sur place soit en utilisant des enregistrements vidéo et audio.

Par la suite, d'autres recherches se sont intéressées à vérifier les indices verbaux et non verbaux quant à la façon dont les individus traitent des situations stressantes. Comment leurs mots, gestes, expressions de visage et voix indiquent la façon dont ils essayent de lutter face à la situation dans

laquelle ils se trouvent. Ils ont remarqué certains types de comportements chez les personnes qui leur permettent d'éviter les situations menaçantes dues au stress. Certaines personnes évitent la situation en se retirant psychologiquement de la scène - en «se distançant» soi-même de l'événement ou en refusant ou niant sa participation dans la situation. Une deuxième façon de s'adapter est de carrément s'impliquer dans la situation. La confrontation est un autre mode qui peut accroître l'activité orientée sur un problème. Mais cela peut aussi signifier la belligérance accrue et l'agressivité vers d'autres participants dans la situation par une rigidité accrue dans ce que l'on propose de faire, ou la tromperie accrue. Une troisième façon de s'adapter est d'être inactif. Il a été ainsi relevé trois grands indicateurs verbaux et non verbaux explicatifs d'adaptation de comportements divers (Tableau 3).

Type général du comportement	Comportement spécifique	Indicateurs verbaux et non verbaux	Études réalisées
1— Éviter la situation	<p>a — Retrait psychologique de la situation</p> <p>b—Refus ou déni de la situation</p>	<p>– distance physique accrue par rapport aux autres qui sont en interaction</p> <p>– Utilisation de gestes et de postures dirigés vers l'extérieur</p> <p>– Utilisation de mots distançant des objets et personnes</p> <p>— Utilisation accrue des mots « non » et « jamais »</p> <p>– Rétraction accrue</p>	<p>-(Dosey, Meisels 1969; Leopold 1963; Jordan, Little 1966; Bull, Rumsey 2012)</p> <p>-(Mehrabian 1968b; 1968a; Argyle 2013)</p> <p>-(Frank 1973; 1977; Mehrabian 1968a; Snare 1992)</p> <p>-(Hermann 1977; Aronson, Weintraub 1972; Weintraub, Aronson 1962; Mukunda 2012)</p> <p>-(Weintraub, Aronson 1962; Aronson, Weintraub 1972; Collier, Collier 2014)</p>
2— Faire face à la situation	<p>a—Problème orienté activité</p> <p>b— Agression</p> <p>c— Rigidité dans la position</p> <p>d— déception</p>	<p>– nombre d'interactions accru</p> <p>– augmentation des demandes d'informations et de commentaires</p> <p>– référence accrue au problème</p> <p>– augmenter l'intensité de la voix</p> <p>– Augmentation des mouvements focalisés sur l'autre</p> <p>– déclarations hostiles accrues impliquant un acteur</p> <p>– utilisation accrue de termes tels que « toujours », « pour toujours », « définitivement »</p> <p>– redondance accrue de ce qu'il dit</p> <p>– moins souriant</p> <p>– augmentation de l'auto manipulation</p> <p>– utilisation accrue de haussements d'épaules</p> <p>– réponse courte</p>	<p>– (Alger, Brams 1967; Strauss, Sayles 1952; Blau 1954; Dorussen, Ward 2008)</p> <p>– (Davis 1968; Heller 1968; Wiens 2017)</p> <p>– (Heller 1968; Heller, Davis, Myers 1966; Wiens 2017)</p> <p>– (Stanley H, Price 1958; Stagner 1936; Scherer 2003)</p> <p>– (Freedman 1972; Freedman, Blass, Rifkin, Quitkin 1973; Duncan, Fiske 2015)</p> <p>– (Gottschalk 2014; Murray 1954)</p> <p>(Hermann 1977; Osgood, Walker 1959; Webb, Campbell, Schwartz, Sechrest 1999)</p> <p>– (Lerea 1956; Moses 1959; Osgood, Walker 1959; Collier, Collier 2014)</p> <p>– (Freedman, Blass, Rifkin, Quitkin 1973; McClintock, Hunt 1975a; Argyle, Kendon 1967; Collier, Collier 2014)</p> <p>– (Freedman, Blass, Rifkin, Quitkin 1973; McClintock, Hunt 1975a; Duncan, Fiske 2015)</p> <p>– (Ekman, Friesen 1972; Mahl 1977; Goldin-Meadow 2005)</p> <p>(Kraut, Price 1976; Mehrabian, Ksionzky 1972; A Mehrabian 1971; Sutton, Keogh 2000)</p>
3— Inaction	<p>a — ambivalence</p> <p>b— Dépression</p>	<p>– utilisation accrue du terme « peut- être »</p> <p>– recours accru à des affirmations évaluatives ambivalentes (objet décrit positivement et négativement en même temps)</p> <p>— augmentation accrue des mouvements de la main</p> <p>— augmentation des références à soi</p> <p>— Silence</p>	<p>(Eichler 1965; Hermann 1977; Osgood, Walker 1959; Collier, Collier 2014)</p> <p>-(Aronson, Weintraub 1972; Osgood, Walker 1959; Siegman, Feldstein 2014)</p> <p>-(Freedman 1972; Rosenfeld 1966; Duncan, Fiske 2015)</p> <p>-(Weintraub, Aronson 1967; Aronson, Weintraub 1972; Siegman, Feldstein 2014)</p> <p>-(Weintraub, Aronson 1967; Aronson, Weintraub 1972; Siegman, Feldstein 2014)</p>

Tableau 3 : Indices verbaux et non verbaux (Hermann 1979)

Il a été remarqué aussi, qu'il existe des individus qui sont capables de contrôler leurs mouvements, expressions de visage et leurs discours plus que d'autres (Snyder 1974). A l'instar des hommes politiques et les présidents des grandes organisations et entreprises, qui les utilisent au contraire pour

transmettre des messages vers les autres tout en sachant que leurs activités ou mouvements sont surveillés et étudiés.

Après avoir vu les différents indicateurs verbaux et non verbaux que les individus peuvent montrer durant une situation de stress, nous allons voir comment ces indicateurs peuvent avoir un rôle dans la prise de décision.

D. Indicateurs du stress ayant un impact sur la décision

Comme annoncé, certains gestes, expressions du visage ou du corps ainsi que certaines manières de communiquer peuvent avoir un impact sur la prise de décision. Des chercheurs, en se basant sur les travaux précédemment cités, ont pu les analyser et les tester. Des études de cas qualitatives et l'évidence des preuves apportées montrent l'intérêt d'une grande partie de ces indicateurs (Hermann 1979). On peut citer entre autres :

- Simplification du contexte et de la situation(Lazarus, Opton Jr, Spielberger 1966; Holsti, Brody, North 1964; Cohen, Wills 1985) ;
- Fixation sur une seule possibilité sans autres alternatives ou flexibilité dans le choix (Berkowitz 1962; Holsti, Brody, North 1964; De Rivera 1968; Rosenblatt 1964; Abrams, Hogg 2006) ;
- Consulter plusieurs opinions sans prise de décision (Holsti 1972 ; Cooper et al, 1988) ;
- Imposer une décision sans mesurer son impact et ses conséquences (Holsti 1972; Korchin 1964; Eysenck 2014) ;
- Prendre des décisions ou des actions tout en omettant d'autres. (Holsti 1972; Schlenker, Miller 1977; Eysenck 2014).

E. Impacts du stress lié aux 3 C

Dans une situation de crise, les différents intervenants utilisent les moyens de communications, de coopération et de coordination pour la gérer. Or, après l'étude des différents facteurs observables du stress, verbaux et non verbaux, ainsi que les différents indicateurs du stress ayant un impact sur la prise de décision, on a remarqué que ces comportements, gestes et actions correspondent bien à des actions liées à la communication, la coordination et coopération. Partant de cette remarque, on a extrait de ces travaux des facteurs du stress verbaux et non verbaux ainsi que les indicateurs du stress ayant une influence sur la prise de décision. On les a aussi classifiés par rapport aux 3 C. On estime que les facteurs choisis sont identifiables et observables sur les individus lors d'une crise en lien avec l'activité de collaboration associée (Tableau 4).

Communication	Coordination	Coopération
Répétition des mots, phrases et expression	Distance physique accrue par rapport aux autres qui sont en interaction	Rétraction accrue
Correction de phrases et mots accrue lors de conversation.	Utilisation de mots distançant des objets et personnes	Fixation sur une seule possibilité sans autre alternative
Parler rapidement	Nombre d'interactions accru	Imposer une décision
Moins de pauses entre les phrases	Déclarations hostiles accrues impliquant un acteur	
Augmentation du nombre d'énoncés servant d'évaluation	Imposer une décision	
Augmentation de la voix	Recours accru à des affirmations évaluatives ambivalentes (objet décrit positivement et négativement en même temps)	
Changement de l'intensité de la voix	Fixation sur une seule possibilité sans autre alternative	
Utilisation accrue des mots « non » et « jamais »	Imposer une décision	
Réponse courte		Consulter plusieurs opinions sans prendre de décision
Silence		

Tableau 4 : impact du stress et les 3 C

Partant de ces tableaux et observations, on considère que ces facteurs liés à la communication, la coordination et la coopération représentent l'impact du stress généré par les individus durant une situation de crise.

Ces facteurs observables verbaux et non verbaux générés par les stress, relevés et étudiés sont considérés comme des mesures qualitatives durant une situation complexe de crise. En effet, ce genre de facteurs contribue largement dans l'augmentation de l'incertitude due à la situation de crise. Et, il serait dommage que ces mesures ne soient pas prises en compte pour aider ces individus à atténuer plus ou moins l'effet du stress. Ils peuvent, à travers des cycles de formation et de sensibilisation avoir une meilleure maîtrise de leurs comportements et mieux maîtriser le phénomène du stress. Ils pourront ainsi aborder des situations difficiles tout en préservant leurs sens et leur sang-froid pour développer des jugements plus ou moins proches de la réalité sur la situation qu'ils sont en train de gérer. Cela pourrait les aider à entamer les actions nécessaires et prendre les décisions voulues en temps opportun. Mais à cela il faudrait ajouter un autre facteur important qui peut faire réussir ce genre de mission. Il s'agit du Retour d'Expérience qui pourrait être un élément important de

prédiction. Nous allons dans ce sens l'aborder et voir spécialement son rôle sur les individus en charge de la gestion de crise.

F. Techniques de gestion de stress

Il a été relevé un certain nombre de techniques de gestion de stress. Ces techniques sont fondés dans la majorité des cas sur des approches cognitives et comportementales (Servant 2008). Ces techniques diffèrent par rapport à la stratégie développée, elles sont soit curatives soient préventives (Lawrence R Murphy 1996). Ces techniques de gestion de stress privilégient les actions sur l'individu ou sur les facteurs environnementaux. Seulement, des études montrent que ces derniers sont les plus efficaces (Richardson, Rothstein 2008). Ces techniques reposent sur deux phases distinctes. La première est plus informative sur le stress et ses conséquences et la seconde est orientée vers l'apprentissage pour améliorer la manière de faire face au stress à l'aide de technique de mise en situation (Moustaka, Constantinidis 2010). Par contre, les enquêtes et études menées montrent que ces techniques de gestion du stress ne peuvent être totalement efficaces et ne répondent pas à tous les problèmes liés au stress (Servant 2008).

Chapitre 7 : Le Retour d'expérience

L'expérience est un ensemble de connaissance opérationnelle acquise. Elle est considérée comme étant une entité intermédiaire entre la connaissance et l'information, et surtout comme un vecteur de production de la connaissance (Belser 2008). Elle est définie par l'Encyclopédie UNIVERSALIS comme étant une « connaissance ou pratique acquise au contact de la réalité, de la vie, ou par une longue pratique » (*Rechercher dans l'encyclopédie - Encyclopædia Universalis* [2018]).

A. Définition du Retour d'Expérience

Le terme retour d'expérience nommé le « REX¹ » est utilisé en France. Aux États-Unis, la notion de « Lesson Learned » (leçons acquises) est la plus employée, mais la terminologie « Experience Feedback » qui correspond à la traduction littérale du Retour d'Expérience est aussi présente. En Europe, l'expression « Experience Management » (management de l'expérience), fait référence au Management des Connaissances (Knowledge Management), elle introduit la notion de gestion des connaissances liées à l'expérience (Nonaka, Takeuchi, Umemoto 1996; Dieng-Kuntz, Matta 2002; Ermine 2003; Grundstein 2002).

Il existe un certain nombre de définitions, ainsi il est considéré comme « un type de gestion des connaissances qui se restreint aux connaissances issues de l'expérience » (Bergmann 2002) alors que pour (Vérot 2001) « la démarche de retour d'expérience peut être définie comme une démarche organisée et systématique ». C'est un processus composé de méthodes et de procédures pour apprendre du passé (Van Wassenhove, Wybo 2002). Il est considéré comme une source de connaissance exploitée au moyen d'une démarche qui génère un flux d'informations (Rakoto 2004a).

Le retour d'expérience est plus une construction d'un savoir particulier ayant une relation avec une situation singulière. C'est aussi le résultat de l'interprétation donnée, par un ou plusieurs acteurs, du savoir acquis par le vécu d'une, ou de plusieurs, situations particulières. Le retour d'expérience est considéré comme un ensemble de concepts et de méthodes. Il a pour objectif de transmettre des connaissances apprises ou issues de l'expérience, applicables au niveau opérationnel, tactique ou stratégique, de telle manière qu'elles soient réutilisées pour capitaliser et exploiter des connaissances acquises (Bergmann 2002). Cette approche consiste à formaliser les événements passés (Jean Luc Wybo 2009), tels que les accidents, les incidents ou les faits saillants par la collecte des informations, l'identification des connaissances, l'analyse pour la formalisation et enfin le partage (Grundstein 1996; Nonaka, Takeuchi 1995). Cette approche permet de mettre en lumière des pratiques et des méthodes liées à des incidents ou à des accidents et des savoir-faire pratiques, techniques, artisanaux ou d'usages. Les méthodes et approches liées au REX sont empruntées aux sciences cognitives, sciences de l'information et de la communication ainsi qu'à l'ingénierie et gestion des connaissances. Le REX

1 Le REX est le terme utilisé pour désigner le retour d'expérience dans notre étude.

est en quelque sorte la mémoire de l'organisation qui sert à améliorer, développer l'organisation (processus, documents, connaissances) et à transmettre les connaissances acquises. Un certain nombre de chercheurs évoque la possibilité d'utiliser l'analyse de données à partir des big-data pour le REX. Cela, peut effectivement se faire quand il s'agit de système industriel, mais quand il s'agit de gestion de situation comme la crise ou chaque acteur a sa propre vision de la crise ou des milliers de données sont présentes et que ces données interagissent entre elles, on se demande par quel moyen et quelles données peuvent être prises en charge ou non ? Dans notre étude, nous privilégions des approches cognitives, telles que l'ingénierie des connaissances où une explicitation directe avec l'expert est privilégiée. Ce type d'approche fournit un cadre d'interprétation du savoir-faire acquis par les acteurs du domaine. Les concepts ainsi définis peuvent guider l'extraction massive de données.

B. Utilisation du REX

Le REX est utilisé dans les organisations et entreprises pour la correction d'incidents, de pratiques ou de méthodes. Il est devenu par la force des choses une nécessité. Ces organisations considèrent que le REX est un moyen qui participe au développement et à l'amélioration des processus et méthodes à partir de situations vécues et non voulues. Il touche ainsi tous les domaines où il y a une nécessité de faire appel aux anciennes connaissances pour se prémunir de risques liés à des incidents ou accidents pouvant mettre en danger ces organisations ou pour s'améliorer. Le concept du REX varie selon le domaine d'application. Il est utilisé dans des domaines aussi variés que l'intelligence économique (Ermine 1999), la mémoire de projet et d'entreprise (Matta, Ribiere, Corby 1999; Simon 1997), les systèmes d'information (Caldiera, Rombach 1997), la gestion de crise (Rakoto 2004a; Boin, Lagadec 2000), la sécurité aérienne (Godé 2011), le nucléaire (Guidez 2013), les installations industrielles (Tulechki 2011), les catastrophes naturelles (Bersani, Dumas, Rouzeau, Gérard, Gondran, Hélias, Trepos 2010), les finances (Marty, Voisin 2007), la santé (Frattini, Boizat, Travers, Bignand, Tourtier 2016), etc.

C. Les approches du REX

Plusieurs démarches et méthodes ont été élaborées par les organisations et entreprises pour la mise en place du REX. Nous allons en citer quelques-unes :

- Un grand nombre de ces REX se basent sur l'analyse de données statistiques relevées par des individus ou des capteurs. Ces données statistiques sont généralement éditées pour relever les défaillances et calculer les paramètres de fiabilité (Delahaye 1996).
- Une autre démarche consiste à prendre en compte, en plus des analyses statistiques, des données informationnelles telles que des données sur les concurrents (Kretzschmar, Thevenot 1996).
- Dans l'aviation, il se base sur les analyses statistiques, les rapports des différents intervenants (pilote, technicien, exploitant, etc.), les rapports confidentiels, les sondages ainsi que des enregistrements de paramètres de vol et de fonctionnement des aéronefs (de Courville 2000).

- D'autres, par contre, utilise comme démarche du REX, l'utilisation des bonnes pratiques et cours utilisés par différents intervenants internes et externes à l'organisation et sur plusieurs niveaux et sites (Bickford 2000).
- Une autre démarche consiste à la mise en place de canaux d'échanges à travers des rencontres, réunions, meetings, forums internes, sites internet ainsi que l'organisation de revues et débriefings sur sites. Elle concerne des sujets, des méthodes déjà mises en place ou des projets à mettre en place (Kruizinga, Van Heijst, CIBIT, Kelleher, des Lauriers 2000).
- Des techniques héritent des approches d'ingénierie des connaissances (Aussenac-Gilles, Condamines 2001; Bourigault, Aussenac-Gilles, Charlet 2004). Elles consistent à réaliser une mémoire d'entreprise (Dieng et al, 2002), qui comporte une représentation de l'organisation et de ses activités, ainsi qu'une description des méthodes, tâches et procédures à accomplir ou à améliorer avec leurs finalités et objectifs. Cette mémoire est susceptible d'être améliorée au fur et à mesure que le besoin se fait ressentir (Besse, Ermine, Rosenthal-Sabroux 2014 ; Castillo, Matta, Ermine 2004). Il s'agit pour celle-ci de mettre en place un processus d'élaboration et de gestion des leçons acquises à partir de l'expérience développée à l'issue d'un incident (Branet, Trouilloud 1996).
- Enfin, le REX est un processus gérant des connaissances liées à la survenance de faits techniques positifs ou négatifs relevés lors des différentes activités liées à l'entreprise (Faure, Faure, Bisson 1999).

D. Représentation générique du REX

Le REX est un processus dynamique qui évolue à travers le temps. Il permet de faire la collecte d'informations provenant de sources diverses (capteurs, rapports, base de données, etc.), relatives à des événements marquants qui peuvent altérer la sécurité du système ou de l'organisation. Il permet aussi d'exploiter, de décrire et d'analyser ces informations et de les stocker sur différents supports. Ce processus aide à l'élaboration des solutions et à mettre en place des outils d'aide en cas de survenue du même problème (Armaghan 2009 ; Van Wassenhove, Wybo 2002). Ce processus se réajuste au fur et à mesure que des événements surviennent. Il possède donc une rétroaction. Toutes ces parties de ce processus font appel à des connaissances acquises et vécues par un individu ou un groupe d'individu (Figure 23). Il contribue donc à l'amélioration de certains processus, méthodes voire de l'organisation avec un seul grand objectif, à savoir, éviter l'apparition d'un problème ayant déjà été vécue avec toutes les conséquences que cela engendre. Mais, au-delà ca, ne pourrait-il pas être utilisé pour d'autres applications ou domaines ? Ne peut-on pas avoir une vision différente du REX, autre que celle relative à des événements particuliers pour la prévention ? Nous envisageons de répondre à ces questionnements dans l'approche que nous proposons dans cette thèse.

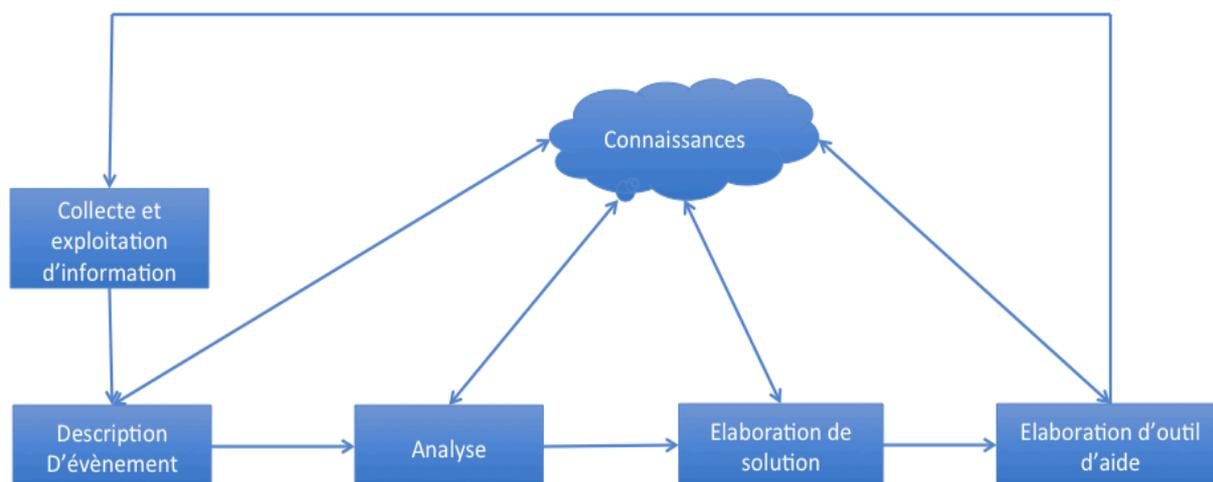


Figure 23 : Processus du REX

E. Le Retour d'expérience en Cindynique

Pour les cindyniques, le REX est une approche structurée pour la capitalisation, le traitement et l'exploitation des connaissances tirées de l'analyse des évènements (Rakoto, Clermont, Geneste 2002). Ce processus du REX est considéré comme une approche pour la gestion des risques (Dien, Llory 2004). Il est défini dans cette science comme étant une « approche structurée pour la capitalisation, la structuration et l'exploitation des connaissances acquises à partir d'analyse d'évènements » (Quillian 1968). C'est plus « un processus composé de méthodes et de procédures pour tirer des enseignements des accidents et des incidents passés » (Van Wassenhove, Wybo 2002).

Le REX utilisé par les cindyniques diffère complètement du REX étudié dans la gestion des connaissances. En effet, dans cette discipline le REX fait appel à une expertise acquise durant plusieurs années. Cette expertise est utilisée pour trouver des solutions, régler ou éviter un ou plusieurs problèmes, améliorer un processus et faire de l'apprentissage (Nonaka, Takeuchi 1995; Ermine 2003).

Wybo a dans le cadre des cindyniques, distingué deux types de REX, l'un pour les situations opérationnelles et l'autre pour les situations de crise (Jean Luc Wybo 2009). Le premier est plus curatif du fait qu'il permet d'améliorer les processus déjà existants. Le second par contre, cherche les causes des incidents et accidents ainsi que les différentes méthodes et manières utilisées lors de ces crises. C'est ce dernier qui nous intéresse dans notre étude.

1. Utilisation du REX en cindynique

Pour une meilleure utilisation du retour d'expérience les activités du REX, énoncé précédemment, ont été décomposées en quatre grands niveaux, liés chacun d'eux au besoin préalablement défini par rapport au REX (Rakoto 2004b) :

- Niveau 0 : Le REX se base sur des analyses statistiques relevées sur des évènements. Il est utilisé surtout pour des informations de fiabilités.

- Niveau 1 : Le REX se base sur la description et l'analyse d'évènements positifs ou négatifs. Ce niveau est utilisé pour trouver des solutions dues à des dysfonctionnements ou mettre en place les bonnes pratiques et méthodes.
- Niveau 2 : Le REX se base sur les connaissances existantes pour générer des méthodes, bonnes pratiques et règles. Il est utilisé dans le cadre de la formation de la préservation de la connaissance et de l'amélioration de l'organisation.
- Niveau 3 : Les REX associent aussi bien les niveaux 1 et 2. Cette approche est utilisée pour éviter les dysfonctionnements et transmettre les connaissances déjà acquises.

2. Mise en place du Retour d'Expérience en cindynique

Il est essentiel que cette étape soit bien encadrée, en utilisant les méthodes et procédures déjà mises en place et par la mise à disposition de moyens humains, techniques et logistiques adéquats. Ces méthodes et procédures doivent être enrichies à chaque fois que le besoin se fait ressentir. Elles doivent aussi être adaptées aux différentes situations et évènements rencontrés et faire l'objet de validation. En cindynique, une démarche contenant quatre phases a été définie (Van Wassenhove, Wybo 2002) : la collecte d'information, l'exploitation, la validation et la diffusion.

a) La phase de collecte d'information

Cette phase concerne la collecte des observations et données liées à un accident ou incident. Elle se fait à travers (Bogner, Menz 2009; Ermine, Chaillot, Bigeon, Charreton, Malavieille 1996) :

- des interviews avec les personnes ayant assisté ou participé à l'évènement.
- Par le recueil et l'analyse des documents ayant un lien avec l'évènement.
- L'analyse des différentes informations échangées ainsi que celles contenues dans les moyens techniques ou plateformes disponibles (bases de données, vidéo, son, etc.).

Il est essentiel que les données collectées ne soient ni déformées ni altérées. Elles doivent plus ou moins refléter l'évènement à étudier.

Cette phase est importante, puisqu'un bon stockage de toutes les données permet une analyse différée dans le temps en utilisant plusieurs méthodes et approches et surtout en faisant appel à des experts venant d'horizons divers (techniciens, juristes, psychologues, etc.).

b) La phase d'exploitation

Cette phase correspond à la phase d'analyse des documents aussi bien d'ordre financiers, juridiques, organisationnels que techniques. Elle se fait par diverse entités, chacune correspondant à sa spécialité ou domaine. Elle exploite toutes les données techniques recueillies.

c) La phase de validation

Durant cette phase, les acteurs complètent ou corrigent les documents déjà exploités, en se basant sur leurs expériences pour relever les points positifs et négatifs de chaque situation vécue. C'est durant

cette phase que les recommandations et règles sont définies pour éviter que d'autres incidents ou accidents similaires se produisent.

d) La phase de diffusion

Il s'agit pour cette étape de diffuser, à travers différents modes (vidéo, documents, base de données, etc.), les différents REX réalisés. Lors de cette étape, le choix du public concerné et la voie de transmission de ce REX sont cruciaux pour une meilleure compréhension et exploitation. Il est évident que des retours par rapport au REX vont avoir lieu. Il est préférable de les prendre en compte, les analyser et pourquoi ne pas les intégrer dans les REX déjà proposés.

3. Analyse de la démarche cindynique

Cette démarche comporte trois maillons qui représentent des faiblesses. La modélisation de l'événement, le concept cindynique du REX et sa capitalisation.

a) Modélisation de l'événement

Cette modélisation inspirée de la systémique comporte cinq espaces bien définis, comme déjà cités à savoir :

- Espace mnésique ou statistique : ce sont les données et les statistiques issues de la mémoire et de faits.
- Espace épistémique : ce sont les représentations et les modèles élaborés à partir de l'espace mnésique.
- Espace téléologique : c'est l'ensemble des finalités et des objectifs définis par les réseaux d'acteurs associés à l'hyperespace.
- Espace axiologique : c'est le recueil des systèmes de valeur dont le non-respect peut entraîner soit des conflits entre les réseaux soit l'évolution de ces derniers.
- Espace déontologique : c'est le recueil des règles du jeu, des lois, norme, etc. qui servent à réguler les réseaux d'acteurs.

Seulement, on remarque que la notion de temporalité n'est pas mise en valeur comme énoncé par Kervern. Dans les modèles cindyniques, on n'a pas une vision chronologique de l'événement. Chaque situation de l'événement est prise seule à un instant t . Pour les cindyniciens, la temporalité se fait en comparant différentes situations modélisées d'un événement passé. Chose qui demande beaucoup de travail et une perte de temps. En effet, il s'agit d'un travail ardu du fait qu'ils doivent passer en revue toutes les procédures et méthodes déjà mises en place à un instant donné t et par la suite étudier tous les documents et procédures qui ont été modifiés à partir de ce temps t . Or, comme il a été déjà vu, la modélisation en systémique prend en compte cet aspect temporel ou historique. Elle est considérée comme primordiale pour le suivi ou le devenir du système. Ceci nous conduit à préconiser d'utiliser l'approche systémique pour compléter celle de la cindynique.

Autre fait relevé dans ce modèle, est l'absence de trace sur les différentes décisions prises et de leurs impacts. La modélisation cindynique sert surtout à expliquer comment se fabrique un risque pour éviter le danger qui pourrait en découler. Un autre aspect à souligner est que la modélisation faite correspond à une vision donnée et non pas aux différentes visions existantes. La vision qu'on a de la situation est certes primordiale, mais elle ne détermine pas dans le cas des cindyniques le danger et son intensité. Cela pourrait conduire à de mauvaises interprétations ou des amalgames quant à l'analyse d'une situation ou d'un danger.

b) Concept cindynique du retour d'expérience

Si on analyse cette démarche, on remarque que la prise de décision lors d'un événement ne se fait qu'après perception du contexte et surtout analyse. Qui dit analyse dit essayer de comprendre ce qui s'est passé et trouver la solution pour remédier au problème survenu lors de l'incident. C'est certain que l'on va essayer de regarder les différents guides et modes opératoires déjà mis en place. Mais, ne fait-on pas appel ici au REX ? Et dans le cas où il n'y a pas de recommandations pour le cas survenu, comment allons-nous faire ? Quel genre de décision allons-nous prendre ? Est-ce que nous ne faisons pas appel à notre mémoire et à nos connaissances ? Est-ce que nous ne faisons pas une similitude avec un événement passé ? Où est passée notre expertise ? Sommes-nous des êtres munis d'une intelligence et d'un savoir ? En omettant ces différents facteurs, les cindyniques montrent leurs limites dans leurs visions sur le REX. Elles considèrent le retour d'expérience comme un processus lié à un événement, servant pour les enquêtes et la mise en place de guides de bonnes pratiques, etc. En effet, pour les cindyniques l'envoi d'expert ayant des compétences différentes pour comprendre des faits, de les comparer à d'autres situations et de les analyser pour donner un jugement, permet seulement de mettre à jour ou d'établir de nouveaux guides et recommandations destinés par la suite pour les opérationnels, voire pour le niveau tactique d'une organisation. Cela ressemble plus à des opérations d'audits. Ce genre d'opération ne peut être programmé ou organisé que par le niveau stratégique avec une vision macroscopique. Il n'y a qu'un seul sens dans cette démarche (top-down). Dans cet ordre d'idée et cette vision du REX par les cindyniques, on peut estimer que ce dernier n'est utilisé qu'au niveau stratégique.

c) La capitalisation du Retour d'Expérience

La structuration et la capitalisation du REX sont des tâches ardues et difficiles à élaborer et formaliser. Ainsi, plusieurs méthodes permettent cela, comme :

- Les raisonnements à partir de cas² (Ruiz, Foguem, Grabot 2014).
- L'apprentissage expérientiel³ (Kolb 1984).
- Les systèmes de leçons apprises⁴ (Weber, Aha, Becerra-Fernandez 2001).

² Case-Based Reasoning

³ Experiential Learning

⁴ Lessons Learned Systems

- La boucle de retour d'expérience⁵ (Faure, Faure, Bisson 1999).

Les cindyniques n'ont pas abordé cette problématique. Cela pose des questionnements quant à l'utilisation du REX et à la population concernée par ce dernier.

F. La gestion de crise et le REX

En nous basant sur les différentes méthodes utilisées pour le REX, nous remarquons que celles-ci ont une place importante dans la gestion de crise. En effet, l'étude des différentes démarches et méthodes élaborées fait ressortir qu'elles ont pour objectif principal d'éviter que des incidents ou accidents ayant déjà survenus ne se reproduisent. Il existe aussi, un objectif secondaire qui à notre sens est plus important. Il s'agit de préparer les individus d'une manière psychologique et technique à mieux affronter des situations de crise en cas d'apparition de facteurs ou évènements ayant une similitude avec ce qui a été déjà vécu et traité (Kervern, Rubise, Cousteau, Laborit 1991; Jean-Luc Wybo 2009).

Certaines études préconisent l'utilisation des big data pour l'extraction de données (Rouvroy 2014) et leurs utilisations dans le retour d'expérience pour anticiper les crises. Cela pourrait aider dans certains cas quand il s'agit de mesurer l'incertitude et d'utiliser ces mesures dans le retour d'expérience. Pour notre part, nous considérons, d'une part, l'incertain et le retour d'expérience dans leurs globalités. D'autre part, nous considérons qu'une situation de crise est un état où des milliers de facteurs cohabitent et interagissent entre eux. Il est difficile pour l'instant d'identifier tous ces facteurs et encore plus difficile de prendre en compte qu'une partie.

G. Proposition sur de nouvelles approches du REX

Toutes ces approches ont des avantages et des inconvénients, elles peuvent cependant être complémentaires pour prendre en compte toutes les sources d'informations (techniques ou humaines). Mais, la méthode qui pourrait, à notre sens, apporter beaucoup à l'utilisation du REX et qui combine aussi bien l'analyse des données statistiques que les informations relevées et collectées (compte rendu, Procès-Verbaux de réunions, notes, bases de données, etc.) est celle développée par l'ingénierie des connaissances. Cette dernière sera vue et étudiée au prochain chapitre.

Le REX a pour socle un ensemble de connaissances tacites et explicites acquises tout au long de la vie. Ces connaissances sont différentes et multiples et chacune a son importance ou pourrait avoir son importance au moment voulu. Partant de ce socle, le REX pourrait voir son utilisation s'améliorer et s'intéresser à d'autres finalités que la prévention. Il pourrait être utilisé dans le cadre de la formation par la transmission des connaissances, du savoir et de pratiques acquises, par la formalisation des richesses acquises et par sa mise en place à travers des outils informatiques et didactiques. Il pourrait être aussi utilisé dans l'amélioration de la production et de la qualité des entreprises et organisations. Il

⁵ Experience Feedback Loop

pourrait aider au maintien et à la préservation de certains métiers dits manuels par la récupération de leurs manières de faire et leurs savoirs, dont certains, sont transmis entre les générations comme pour l'agriculture, l'élevage, l'artisanat, la construction, etc. Le REX pourrait être la source de nouvelles méthodes didactiques pour l'apprentissage. Cela commence déjà à se ressentir quand on remarque que beaucoup de personnes partagent leurs savoirs en diffusant des vidéos sur des chaînes comme YouTube ou en mettant en place des blogues.

Conclusion

Cette deuxième partie a été consacrée à étudier en premier lieu la crise. Il a ainsi défini la crise comme étant une rupture causée par un phénomène d'origine naturelle, sur lequel l'être humain n'a aucun pouvoir, ou bien causée par une négligence, une méconnaissance ou une malveillance d'origine humaine. Ce genre d'évènement est caractérisé par son apparition brutale, sa sporadicité, son improbabilité, son intensité, sa durée et son impact. La crise génère beaucoup d'incertitude. Elle pourrait mettre en péril la sécurité des systèmes, des organisations et des personnes. Cette situation peut déraiser et engendrer des catastrophes dont les conséquences sont parfois dramatiques (Fukushima, Tsunami de 2004, tremblement de terre de Haïti 2010, etc.). Pour essayer d'éviter ou minimiser cet état de fait, des organisations ou structures chargées de gérer les crises ont été créées ou mises en place.

Ainsi, cette partie a abordé la gestion de crise. Elle est assurée par des individus provenant de diverses structures et institutions. Ils ont des pratiques et méthodes de travail différentes, des objectifs multiples liés à leurs métiers ou à leur croyance, ce qui rend ce genre d'organisation très complexe. L'objectif principal de ce type de structure est de pouvoir sortir de la crise avec le minimum de dégâts possible par une bonne gestion de la situation de crise. Le cas contraire pourrait bifurquer vers d'autres situations dont les conséquences sont inconnues. Pour éviter cela, les personnels en charge de la gestion de crise communiquent, coordonnent et coopèrent entre eux à tous les niveaux hiérarchiques en premier lieu et avec les autres structures en second lieu. C'est en ce sens que nous nous sommes intéressés aux aspects liés aux activités collaboratives liant les 3 C dans le cadre de la gestion de crise. Il est à signaler que notre étude n'a pas pris en compte les dissonances cognitives apparues lors de l'activité collaborative entre les différents acteurs. Cet aspect pourrait être pris en charge dans le futur pour s'approcher le plus possible de la réalité vécue par les acteurs en charge de la gestion de crise.

Durant ces périodes difficiles, les individus sont soumis à plusieurs genres de pressions dues à plusieurs facteurs. Ils sont ainsi sous les regards des médias. Ils subissent l'ingérence de la hiérarchie et des hommes politiques. Les victimes demandent des aides en urgence et leurs familles demandent des comptes quant à des dysfonctionnements observés ou ressentis. Tout ceci aide à créer un climat qui engendre le stress chez ces individus, mais avec des degrés différents d'une personne à une autre. Le stress est considéré comme étant une réaction que notre organisme développe lorsqu'il se sent menacé par son environnement et durant laquelle il doit mettre en avant certaines de ces ressources pour s'adapter. Ces ressources, pendant ce genre de situation, font déborder ses capacités. C'est ce qui a été développé dans la seconde partie de ce chapitre.

On a ainsi vu les différents modèles du stress reconnus par divers courants de la psychologie. On a pu ainsi choisir pour notre étude le modèle psychologique avec une vision transactionnelle. Cette

approche comme déjà indiquée prend en compte deux composantes à savoir la personne et la demande. Elle considère la relation entre l'individu et son environnement comme un ensemble de processus au cours duquel il se modifie. C'est un processus continu avec une boucle rétroactive. L'évaluation et le coping ainsi que ses différentes stratégies ont été abordés par la suite. Il a été relevé que le stress chez l'individu est dû à des caractéristiques personnelles et à un environnement extérieur. Ce dernier procède à une évaluation primaire en utilisant l'une des stratégies possible de coping (active ou passive). Par la suite il procède à une évaluation secondaire en ayant recours à ces caractéristiques personnelles et aux variables définissant son environnement pour sortir de la situation de stress. Dans le cas où il se sent toujours en danger, il refait cette opération.

Il a été relevé au cours de notre étude que le stress présente des facteurs observables chez les individus. Ils sont dits soit verbaux soit non verbaux. C'est ce qui a été étudié par la suite. Dans notre cas, on s'est intéressé à ceux qui concernent les personnes ayant en charge la gestion de crise. On a ainsi mis en exergue un certain nombre d'entre eux suite à des études et observations fruits de recherches. On a aussi pu identifier un certain nombre d'indicateurs ayant un impact sur la prise de décision. Partant de cette étude, on a conclu que certains de ces facteurs verbaux et non verbaux ainsi que les indicateurs pouvant avoir un impact sur la décision peuvent être associés aux activités collaboratives pratiquées par les personnels chargés de la gestion de crise. On a ainsi pu mettre en liaison ces indicateurs avec les aspects liés à la communication, la coopération et la coordination. On a alors considéré ces facteurs comme étant des impacts du stress lors d'une situation de crise.

À la fin de cette partie, on a étudié le REX, comme élément important lié à la bonne conduite de la gestion de crise. Il peut pour cela aider les individus chargés de gérer ce genre d'évènements dans la mise en place d'outils, procédures et méthodes se rapportant à des évènements non voulus. Il aide à les améliorer. Il peut être utilisé à tous les niveaux hiérarchiques. Les personnels en charge de la gestion de crise peuvent faire appel à lui, à travers des outils et pratiques déjà en place, en cas de survenance d'évènements similaires lors d'une crise. Il peut aussi être utilisé dans le cadre de l'apprentissage à travers des supports didactiques comme la simulation. Ceci nous conduit à considérer le REX comme étant un élément indispensable et indissociable de la gestion de crise.

PARTIE III : REPRESENTATION DES CONNAISSANCES ET ONTOLOGIES

Introduction

Au fur et à mesure de son évolution, l'être humain s'est doté de certaines attitudes mentales très puissantes (connaître, comprendre, apprendre, communiquer, etc.) (Kayser 1997). Ces attitudes sont généralement étudiées par les sciences dites cognitives. Elles sont considérées comme importantes puisqu'elles permettent de comprendre comment l'homme, fait par exemple, des similitudes ou des vérifications pour aboutir à des conclusions. Parmi ces attitudes mentales, notre étude va se consacrer à la représentation des connaissances. Ce type de représentation est utilisé notamment par les personnes en charge de la gestion de crise pendant des situations de crise. Elles sont utilisées pour réaliser des actions, se référer à des protocoles ou documents déjà mis en place pour prendre des décisions.

Cette présente partie va aborder en premier lieu la question de représentation des connaissances. Pour cela nous allons définir la notion de représentation des connaissances et les différentes formes de connaissances que l'être humain arrive à représenter et les réseaux sémantiques comme modèle de formalisme pour la représentation de ces connaissances.

Le second volet de cette partie aura pour thème l'ingénierie des connaissances. C'est une discipline scientifique qui a pour but d'explicitier des connaissances acquises pour résoudre un problème donné (Ermine 2008). Les connaissances tacites et explicitées seront expliquées, ainsi que les différentes manières de les recueillir. La notion d'expert, qui est considérée comme l'élément important dans l'ingénierie des connaissances, sera également clarifiée et expliquée.

Nous étudions ensuite l'application de la représentation des connaissances pour décrire la dynamique d'une situation de crise qui peut être considérée comme un état ou un évènement. La définition d'ontologies sera donc proposée à cet effet.

Pour notre étude nous allons passer en revue quelques ontologies liées à la gestion de crise, afin d'en exploiter les concepts utiles dans notre contexte : la représentation de l'incertain pour la prédiction de comportements. Cette ontologie prend en compte les activités collaboratives générées lors d'une crise et particulièrement l'impact du stress. Cet impact est le résultat du stress vécu par les acteurs en charge de la gestion de crise, comme cela a été annoncé au chapitre précédent.

Chapitre 8 : La représentation des connaissances

L'espèce humaine est dotée de facultés innées pour apprendre rapidement et effectuer des tâches, aussi complexes soient-elles. A chaque fois qu'une tâche se présente, l'être humain essaye de l'interpréter et d'analyser l'environnement où elle se trouve. Pour cela, il procède à différents jugements sur ce qui est important ou non ou bien sur les interactions qui pourraient surgir. Il oriente ses différents sens vers les sources d'informations qui sont susceptibles de lui fournir plus de données ou qui sont dignes d'intérêt. Il réalise un plan d'action dynamique et modifiable à chaque fois que le besoin se fera sentir. Enfin, il compose cette tâche avec les autres tâches qu'il doit exécuter en même temps. Tous ces raisonnements, avec plusieurs niveaux de langage, servent à interpréter le monde extérieur auquel il est confronté. Cette manière de faire des opérations, des représentations, des substitutions sur le monde extérieur a depuis fort longtemps fait l'objet de curiosité et d'études. Aristote a été parmi les premiers à s'intéresser à la représentation de la connaissance (Aristoteles, Pellegrin, Crubellier, Dalimier 2007; Sasseville 1999). Seulement ces représentations ne reflètent pas fidèlement l'objet ou le monde tel qu'il est réellement. Cela ne reste que des substituts (Davis, Shrobe, Szolovits 1993). Ce manque de fidélité ou l'imperfection des représentations confirme ce qui a déjà été traité dans le chapitre 1 dans lequel nous avons abordé la modélisation des objets.

L'être humain produit des informations, qui n'étaient pas déjà acquises, à partir de données perceptibles ou verbales et il en fait des interprétations. Ces interprétations, qui sont une construction cognitive, donnent des informations qui n'étaient pas auparavant explicites. Pour arriver à ce résultat, il effectue des inférences. Pour Fayol « les inférences sont des interprétations qui ne sont pas littéralement accessibles, des mises en relation qui ne sont pas explicites. » (Fayol 2003). Elles sont considérées comme un ensemble d'actions et de mécanismes associés à certaines connaissances déjà acquises, pour aboutir enfin à des comportements plus élaborés. Ces connaissances peuvent être considérées comme une construction dans un contexte donné qui sera utilisé dans des contextes similaires. Kayser considère l'inférence comme étant l'élément de base de toute description de la cognition (Kayser 1997).

L'ingénierie des connaissances est l'ensemble des techniques et méthodes qui permet de recueillir, modéliser et formaliser des fragments de connaissances (Jouve 1992; Aussenac-Gilles, Charlet, Reynaud 2012), à partir des observations des raisonnements humains. Ces observations concernent essentiellement les comportements des acteurs (appelés communément experts) et leurs productions comme des documents, des données, etc. Elle a pour champ d'application tous les domaines où le besoin de modéliser les connaissances devient une nécessité et pour lesquels il est devenu primordial de mettre à disposition cette connaissance comme support didactique ou d'aide à un raisonnement. Elle possède plusieurs applications à savoir la gestion des connaissances (Ermine, 2008) et les supports d'aide à la décision (Sediri, Matta, Lorette, Hugerot 2012; Charlet, Tchouniki, Teulier 2005).

A. Les différentes formes de connaissances à représenter

La connaissance est utilisée dans un raisonnement sous plusieurs formes. Il est donc important de rendre explicites ces différents aspects (Lauriere, Perrot 1981) :

- Les concepts ou abstractions : Ils permettent le regroupement ou la généralisation d'objets du domaine étudié.
- Les éléments de base : il s'agit de la perception immédiate du domaine à représenter. Ce type d'information n'est jamais remis en cause.
- Les assertions et définitions sur les concepts : les connaissances prises en compte sont généralement pensées en tant que faits sur des objets. Par exemple, « une voiture a des roues », « Droopy est un chien ». Ce sont des faits considérés comme sûrs.
- Les théorèmes et règles : il s'agit des connaissances considérées comme étant sûres extraites des théories et de livres. Ce genre de connaissances est associé à des règles qui indiquent leur utilisation.
- Les relations : ce sont les différentes propriétés élémentaires de base ou des relations. Par exemple, les relations de cause à effet entre concepts, ou d'influence.
- Les algorithmes de résolution : Ces derniers exécutent certaines tâches suivant une suite d'actions dans un ordre logique bien défini en apportant une ou des réponses à une problématique définie.
- Les stratégies et heuristiques : il s'agit des connaissances empiriques qui montrent les différentes stratégies de résolution acquises par expérience par les experts humains.
- Les métaconnaissances : ce sont les connaissances des connaissances qui peuvent exprimer par exemple les forces ou les faiblesses des experts, ou l'origine de certaines connaissances.

1) Les réseaux sémantiques

On attribue à Quillian ce mode de représentation (Quillian 1968). C'est un graphe, où les concepts sont représentés par des nœuds et les relations entre ces nœuds par des arrêtes. Ces nœuds représentent des concepts, des objets, des situations ou des évènements. Par contre les arrêtes représentent des relations binaires entre les nœuds. Ces liens sont en général des prédicats simples et structurés. Ce type de réseau sert donc à représenter des relations entre entités, ils sont de la forme : relation (entité1, entité2). Exemple : est_un (homme, être_vivant) représente le fait : l'homme est un être vivant (Figure 24). Il est à signaler qu'un réseau peut avoir plusieurs traductions (Kayser 1997). En effet, il suffit de changer le ou les prédicats pour que la traduction de ce réseau change. L'une des caractéristiques des réseaux sémantiques est qu'il permet l'héritage des propriétés ce qui permet de faire des déductions à partir des inférences (Sowa,.).

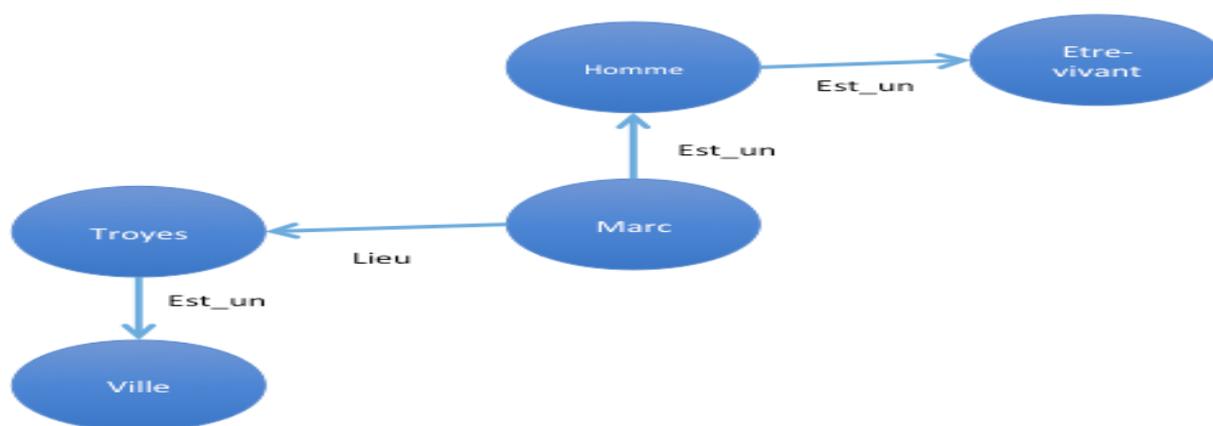


Figure 24 : exemple de réseaux sémantiques

Les réseaux sémantiques ont donné une puissance considérable à la représentation du raisonnement exploité par les ontologies que nous allons aborder dans la suite de ce chapitre.

B. L'ingénierie des connaissances

L'ingénierie des connaissances est née pour faciliter la conception de base de connaissance contenant de la connaissance sous forme explicite (Ermine 2008; Schreiber, Akkermans, Anjewierden, Hoog, Shadbolt, Van de Velde, Wielinga 1999). C'est une discipline scientifique liée à l'intelligence artificielle, elle a pour objectif de modéliser le problème à résoudre ou la tâche à accomplir sous un format qui peut être mis via des programmes dans des applications informatiques. Cette modélisation se fait sur la base de connaissances acquises par la pratique ou par l'apprentissage. Elle utilise pour cela « *la linguistique pour étudier la formulation linguistique des connaissances ; la terminologie et les recherches sur la genèse des ontologies pour dégager les concepts ; la psychologie pour élaborer les méthodes d'élicitation et les modèles d'assistance ; la logique pour élaborer les modèles formels ; l'informatique pour les opérationnaliser ; l'ergonomie pour interpréter et s'appropriier le comportement du système ; les sciences de gestion pour concevoir et replacer les systèmes dans leur environnement organisationnel* » (Charlet 2002).

Cette connaissance d'après (Ganascia 1998; Charlet 2002; Kayser 1997; Bachimont 1996) sert à développer ou à installer un système à base de connaissances. Elle est dépendante de notre environnement technique de par les outils qu'on manipule qui nous entourent et avec lesquelles on communique. Ces connaissances et leurs représentations doivent avoir un sens interprétable et analysable par des manipulations sur des machines. Ces dernières sont dotées d'outils de mémorisation qui permettent aux êtres humains la construction et l'accumulation d'une connaissance évolutive. Elles sont donc une construction relevant d'un projet qui relève d'un contexte. Elles doivent être interprétables pour être utilisées et implémentées pour la réalisation d'un système à base de connaissances (Ganascia 1998; Ermine 2000; Le Moigne 1994b; Charlet 2002; Le Moigne 1973; Shannon, Weaver 1949). Nous avons utilisé l'ingénierie des connaissances afin de recueillir et de

formaliser le retour d'expérience relatif aux impacts du stress durant les situations de crise. Nous développons cette formalisation en fin de ce chapitre.

La représentation des connaissances dans une situation de crise doit respecter la dynamique de ce type de situation. Plusieurs travaux ont fourni des solutions pour respecter cette dynamique que nous présentons dans ce qui suit.

C. La représentation de situations

Une Situation est une interprétation de l'état du monde (Poittevin 1997). C'est une notion relative qui change d'une personne ou un groupe de personne à une autre. Elle dépend des informations détenues sur un environnement, de leurs interprétations et de l'objectif à vouloir atteindre par rapport à cet environnement. Cette notion n'est pas objective. Elle est plus considérée comme une interprétation des connaissances acquises ou obtenues sur l'état du monde ou d'une partie du monde. Plus les informations et les connaissances acquises sont précises plus la situation est précise.

Le raisonnement à partir de cas (RaPC) permet de prendre en compte le contexte de la situation et la résolution du problème, ce qui permet la représentation d'une structure de situation (Kolodner 2014). Ce genre de raisonnement permet aussi de faire des analogies de situation, ce qui est utile pour la reconnaissance de situations (Aich, Loriette 2007). Dans une situation donnée, les acteurs interpellent celle-ci en se référant à leurs expériences et vécues antérieurs (Renaud, Bonjour, Chebel-Morello, Fuchs, Matta 2008). Or une situation de crise est dynamique et change à travers le temps et au fur et à mesure que les connaissances sur son environnement évoluent. Ces connaissances sont enrichies selon un processus incrémental (Poittevin 1997).

La crise en elle-même est un ensemble de situations continues ou discontinues qui sont générées par des événements différents. Ces derniers donnent naissance à d'autres situations dont l'impact est caractérisé par l'incertitude. (Sediri, Matta, Loriette, Hugerot 2013) ont caractérisé une crise comme étant un ensemble d'événements/états où l'état est considéré comme une situation et l'événement est le déclencheur de la situation. Ces ensembles ont tendance à se répéter sans qu'ils aient la même forme, c'est-à-dire qu'on ne peut pas avoir deux événements ou deux états similaires, et cela, quelle que soit la crise (Figure 25).

Pour notre part, nous considérons une situation comme étant un système complexe à l'intérieur duquel plusieurs sous-systèmes cohabitent. Ils ne sont pas forcément en adéquation. Il se peut que l'un des sous-systèmes s'arrête ou réagisse anormalement à ce qui est prévu. Ce dysfonctionnement au niveau des sous-systèmes crée une boucle de rétroaction qui peut être soit positive, donc conduit à une crise, soit négative et nous sommes en face d'une régulation de ce système. Pour notre part on considère le dysfonctionnement lorsqu'il y a une rétroaction positive ou une explosion comme le

stipule Morin (Morin 2007). Ce dysfonctionnement peut être considéré comme un événement agissant sur l'état de la situation. Parmi ces sous-systèmes on peut citer entre autres la météo qui elle-même est composée de plusieurs facteurs (températures, humidité, direction du vent, vitesse du vent, type de nuages, etc.) ; le sous-système relief (montagne, plaine, colline, vallée, etc..) ; ou le sous-système population (homme, femme, enfant, vieillard, enceinte, malade, etc.). Ces sous-systèmes forment ce qu'on appelle un état. Donc une crise est une succession du couple État/Évènement. Où État est un système complexe et Évènement représente une évolution qui déclenche l'apparition d'un autre état.

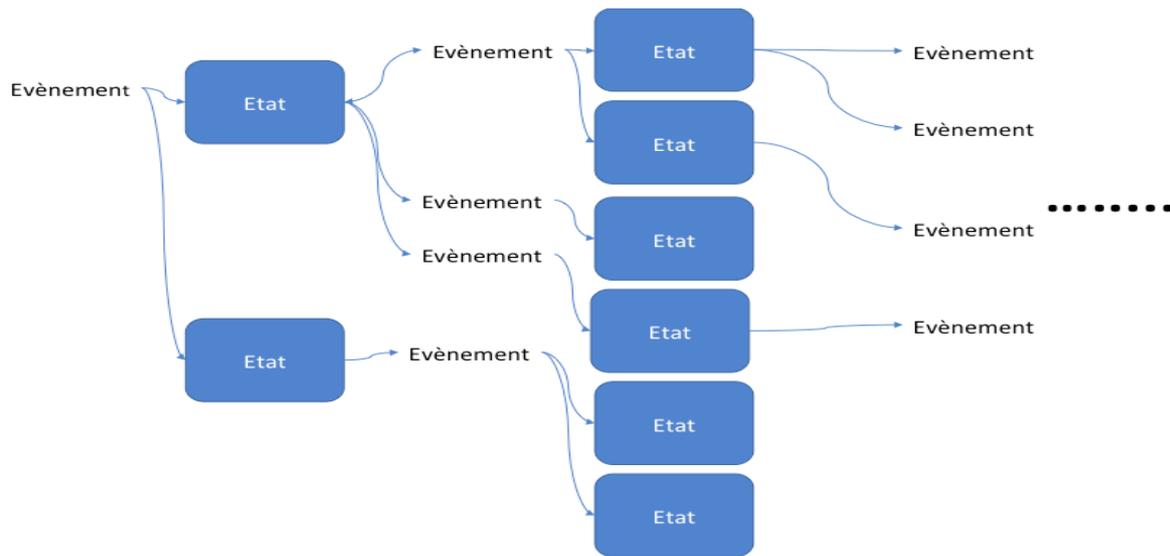


Figure 25 : Représentation d'une crise

Afin de décrire les principales connaissances représentant une situation de crise, nous privilégions une présentation ontologique des principaux concepts à considérer dans une situation de crise.

Chapitre 9 : Les Ontologies

A. Définition de l'ontologie

L'ontologie a une origine plutôt philosophique, qui concerne l'étude de l'être comme entité et ses caractéristiques ou propriétés en générales (Aristote). En intelligence artificielle, elle consiste à décrire un domaine de connaissances par un ensemble de concepts, leurs caractéristiques et leurs relations. Cela permet à ces concepts d'être analysés aussi bien par les humains que par les ordinateurs. Elle a émergé dans les années 1990. Son objectif est de modéliser un certain nombre de connaissances dans un domaine donné pour spécifier un artefact informatique (Charlet 2002). Elle utilise pour cela les logiques de descriptions (Le Duc 2004) ou le formalisme des graphes conceptuel de Sowa (Sowa 1983).

Il existe pour l'ontologie un certain nombre de définitions. Selon (Gruber 2009) « l'ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation ». Alors que (Giarretta, Guarino 1995) donnent une définition un peu plus large où ils estiment que « l'ontologie est un système conceptuel informel et une représentation d'un système conceptuel via une théorie logique et son vocabulaire ». Mais la définition la plus significative et générique concernant l'ontologie est celle de (Uschold, Gruninger 1996) dans laquelle ils estiment qu'« *une ontologie implique ou comprend une certaine vue du monde par rapport à un domaine donné. Cette vue est souvent conçue comme un ensemble de concepts. Ex. entités, attributs, processus, leurs définitions et leurs interrelations. On appelle cela une conceptualisation. [. . .] Une ontologie peut prendre différentes formes, mais elle inclura nécessairement un vocabulaire de termes et une spécification de leur signification. [. . .] Une ontologie est une spécification rendant partiellement compte d'une conceptualisation* ». On peut donc estimer qu'une ontologie est une conceptualisation spécifique qui prend plusieurs formes, qui nécessite un vocabulaire de termes spécifiques dans le but de devenir par la suite un artefact.

B. Particularité des ontologies

Les ontologies possèdent un certain nombre de particularités. Dans notre étude on va énumérer les plus importantes. Ainsi les ontologies peuvent :

- Être réutilisées autant de fois que cela est possible. Elles sont si on peut dire le socle d'une base de représentation de connaissance et c'est à partir de ce socle unique et spécifique qu'on peut élaborer d'autres ontologies.
- Aider un groupe d'individus bien défini à communiquer entre eux en créant un langage spécifique. Ce sont des ontologies dites informelles. Elles servent aussi comme moyen de communication entre l'homme et l'ordinateur, c'est ce qui est appelé ontologie formelle.
- Être considérées comme un référentiel du système d'information en fournissant une liste classifiée d'objets manipulables par ce système d'information.

- Être interopérables lors des échanges entre des ordinateurs ou des systèmes. En effet, les ontologies peuvent répertorier les concepts communs basés sur des systèmes et bases de données différents qui aideraient à la communication. Cette interopérabilité est l'interopérabilité dite sémantique s'appuyant d'abord sur une interopérabilité syntaxique.
- Être utilisées lors de la recherche d'informations et de l'indexation conceptuelle des ressources sur le web.

C. Différents types d'ontologies

L'avancée des outils et des systèmes informatiques permet de faire des analyses quantitatives et qualitatives, précises et fines sur toute sorte de documents ou bases de données. Mais, cela ne peut se faire sans l'apport des connaissances et expertises humaines. Cela se traduit par des méthodes et règles pour faciliter d'une part le travail et pour une compréhension commune des données à analyser et des résultats obtenus d'autre part. Des chercheurs ont construit un certain nombre d'ontologies se reportant à des domaines différents. Pour cela, il existe plusieurs classifications, dont celle de Guarino et celle de Mizoguchi (Guarino 1998; Mizoguchi, Ikeda 1998). Celle de Guarino (Figure 26) est devenue un référentiel. Cette classification répartit les ontologies en ontologie de haut niveau, du domaine, de la tâche et d'application.

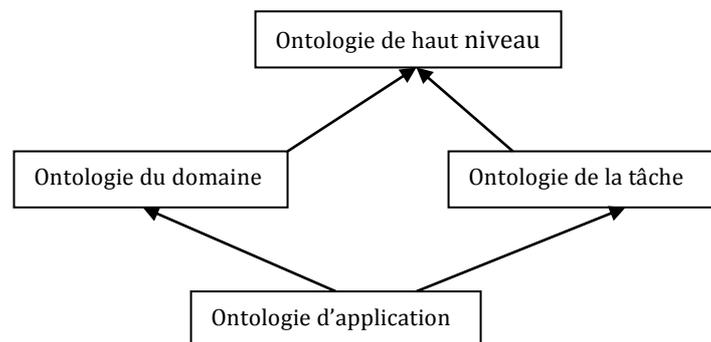


Figure 26 : Classification des ontologies de Guarino (Maffezzini 2006)

1) L'ontologie de haut niveau

L'ontologie de haut niveau sert à partager les descriptions des concepts entre tous les humains qui connaissent la langue de l'ontologie. Elle est indépendante des connaissances du domaine (de la réalité). C'est pour cela qu'elle est dite formelle (Guarino 1998). Elle présente un plus haut niveau d'abstraction et de généralité. Ce type d'ontologie est dédié à des utilisations générales. On peut citer entre autres :

- WordNet/ EuroWordNet, <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn>
- The Upper Cyc Ontology, <http://www.cyc.com/cyc-2-1/index.html>
- SUMO, <http://suo.ieee.org/>
- DOLCE, http://www.loa-cnr.it/ontologies/DLP_397.owl

2) Les ontologies du domaine et de tâche

Les ontologies du domaine et celles de la tâche décrivent le vocabulaire du domaine. C'est des

ontologies fonctionnelles et orientées objet. Elles sont utilisées pour représenter un domaine sous forme de base de connaissances telles que la biochimie (Consortium 2001), la médecine (Le Moigno, Charlet, Bourigault, Jaulent 2002), l'électronique (Bellatreche, Dung, Pierra, Hondjack 2006), etc. Elles mettent en évidence les concepts-clés, les attributs, les instances relatives au domaine. Il existe des éditeurs de structure de base de connaissance comme *Protégé*. Pour notre étude nous allons utiliser l'ontologie du domaine liée à la gestion de crise.

3) L'ontologie d'application

Les ontologies d'application décrivent de manière plus spécifique une application. Elles offrent le plus fin niveau de spécificité dédiée à un champ d'application précis à l'intérieur d'un domaine. Elles décrivent le rôle particulier de chaque entité de l'ontologie de domaine dans ce champ.

D. Les ontologies de gestion de crise

Durant une gestion de crise, différents concepts sont manipulés par les acteurs en charge de cet événement. Plusieurs ontologies ont été construites pour permettre une représentation partagée des informations lors d'une crise, en prenant en compte le problème de l'interopérabilité entre les divers acteurs. Cette interopérabilité est considérée et reconnue comme étant un élément important (Di Maio 2007). Dans ce sens, il a été identifié un certain nombre de domaines ayant trait à la gestion de crise (Liu, Brewster, Shaw 2013), dont on peut citer quelques ontologies :

- L'ontologie SOKNOS : elle n'est pas publique, elle suit les principes de l'ontologie fondamentale de DOLCE (Babitski, Probst, Hoffmann, Oberle 2009; Gangemi, Guarino, Masolo, Oltramari 2003). Elle est considérée comme une ontologie de domaine de haut niveau pour la gestion de crise. Elle permet de classer les dommages causés par les catastrophes, de représenter le type de dommage, sa cause, sa dimension ainsi que l'environnement où il a eu lieu. Elle permet aussi de classer les ressources disponibles pour les organisations. Elle représente trois domaines (ressources, dommages et catastrophes). Elle est considérée comme une ontologie de ressources.
- L'ontologie MOAC (Management of A Crisis Vocabulary) : c'est une ontologie accessible et conforme aux normes élaborées par le Comité permanent inter organisations (IASC). Elle a été créée après le séisme qui a frappé Haïti en 2010. L'objectif principal était d'atténuer les incohérences entre les données agrégées et les exigences des organisations de secours. L'autre objectif était de permettre aux non-experts de fournir des données liées à Google Map Maker, Open Street Map, Twitter et Ushahidi (Shih, Seneviratne, Liccardi, Patton, Meier, Castillo 2013). Elle contient quatre domaines (ressources, processus, dommages et catastrophes). Elle permet de décrire les populations victimes de catastrophe (mort, blessés, disparus, réfugiés, déplacés, etc.).
- L'ontologie HXL (Humanitarian eXchange Language Situation and Response Standard) (Zavarella, Tanev, Steinberger, Van der Goot 2014) : accessible, elle a été développée sur

l'initiative du Haut-Commissariat pour les Réfugiés pour unifier les systèmes utilisés par les différentes organisations humanitaires. Elle englobe quatre domaines (domaine, géographie, organisation et catastrophe). Cette ontologie définit un ensemble de vocabulaires permettant de décrire les populations victimes d'une catastrophe (morts, blessés, disparus, réfugiés, déplacés, etc.).

- L'ontologie AKTiveSA (Smart, Russell, Shadbolt 2007) : non accessible elle a été initiée dans le cadre d'un projet en Grande-Bretagne pour permettre la diffusion des informations entre des unités militaires et des organisations non militaires dans le cadre d'opérations autres que la guerre (Smart, Russell, Shadbolt 2007). Cette ontologie est identifiée comme une ontologie multiple puisqu'elle englobe sept domaines (géographie, transport, processus, personnes, météorologie, ressources, organisation [humanitaires et entités militaires], personnes).
- L'ontologie ERO2M (Emergency Response Organization Ontology Model) (Wang, Zhang, Dong, Gao, Du, Lai 2009) : elle a été construite dans le but de décrire les organisations chargées des interventions d'urgences (Wang, Zhang, Dong, Gao, Du, Lai 2009). Elle est basée sur l'ontologie fondamentale SUMEO (Suggested Upper Merged Ontology) (Niles, Pease 2003). Cette ontologie publique accessible a été créée pour fusionner des ontologies en une structure globale et cohérente (Niles, Pease 2001). L'avantage de se conformer à une ontologie de niveau supérieur réside dans la possibilité d'aligner les modèles à un ensemble de notions communes relevant de plusieurs domaines. Elle peut de ce fait réduire l'hétérogénéité des domaines spécifiques (Niles, Pease 2001). Cette ontologie est considérée comme une ontologie d'organisation.
- L'ontologie EMERGEL (Emergency Elements) : (Casado, Rubiera, Sacristan, Schütte, Peters 2015; González-Moriyón 2012) est une ontologie élaborée dans le cadre d'un projet européen DESASTER (Schütte, Casado, Rubiera 2013). Elle est basée sur l'ontologie fondamentale DOLCE (Babitski, Probst, Hoffmann, Oberle 2009; Gangemi, Guarino, Masolo, Oltramari 2003). Cette ontologie a pour rôle d'unifier le langage entre les différents acteurs européens lors des interventions de crise. Elle permet de décrire temporellement une situation de crise par la définition d'un certain nombre de modules qui eux même sont divisés en modules transversaux et verticaux. Les modules transversaux représentent la notion de temps et d'espace. Tandis que les modules verticaux sont un ensemble d'objets et d'activités qui représentent des tâches à accomplir par des objets et des constructions. Ces modules sont eux-mêmes divisés en classes. Ces deux concepts font la différence entre la présence matérielle et immatérielle des entités, c'est-à-dire que les entités peuvent avoir soit un comportement fixe ou un comportement variable dans le temps. Ce classement entre les catégories facilite l'interopérabilité dans les ontologies de bas niveau et il est utilisé dans la recherche d'information multilingue.
- L'ontologie ResOnt : est une ontologie d'application basée sur l'ontologie fondamentale

SUMEO (Niles, Pease 2001). Elle est utilisée pour les opérations de secours à la personne. Elle est plus dédiée aux sapeurs-pompiers français (Chehade, Samer; Matta, Nada; Pothin, Jean-Batiste; Cogranne 2018). Cette ontologie contient deux concepts « OBJECT » et « CONSTRUCT » inspirés de l'ontologie (EMERGEL) déjà citée. ResOnt a pour principe d'unifier le langage et l'interprétation, pour la représentation des situations, des acteurs impliqués dans les premières interventions et particulièrement les sapeurs-pompiers. Cette ontologie permet d'avoir une vision ou une interprétation commune de la situation, et d'avoir une compréhension commune des données véhiculées entre ces différents partenaires.

Liu et al, (Liu, Brewster, Shaw 2013) ont relevé, dans leur étude sur les ontologies existantes en gestion de crise, onze domaines différents qui couvrent la gestion de crise. Ces domaines sont utilisés par un certain nombre d'ontologies, mais aucune des ontologies n'englobe tous ces domaines. Mise à part l'ontologie AKtiveSA qui, d'après ses auteurs, contient un nombre considérable de domaines (sept), ce qui peut plus ou moins couvrir une gestion de crise. Cette dernière est considérée comme une ontologie multiple. Il a été observé que certaines ontologies ne sont pas publiques, ce qui rend leurs études et leurs exploitations difficiles.

E. Les domaines liés à la gestion de crise

Il existe un certain nombre de domaines pour la gestion de crise. Nous allons citer les plus pertinents et ceux utilisés par les ontologies citées plus haut :

- Les ressources : ce domaine fait référence aux ressources matérielles et humaines disponibles ou potentiellement disponibles et qui peuvent être affectées à des opérations sur incident (par exemple, véhicules, entrepôts, tentes).
- Les processus : Ce sont les procédures et tâches que le personnel chargé de la gestion des urgences doit exécuter afin de se préparer et réagir à une situation de crise (par exemple, recherche et sauvetage, contrôle de la circulation, évacuation).
- Les acteurs : acteurs de gestion des urgences comprenant les premiers intervenants, les décideurs et les secouristes.
- Les organisations : divers groupes de travail sont en charge de la gestion de crise. Cela comprend les gouvernements, l'armée, les forces de l'ordre, les organisations caritatives et les organisations non gouvernementales.
- Les dommages : ce domaine est relatif à l'impact de la crise sur les entités humaines, physiques, naturelles, et économiques. Cela inclut les personnes blessées, disparues, les bâtiments endommagés, les animaux disparus, les forêts brûlées, etc.
- Les catastrophes : ce domaine donne une certaine classification des catastrophes telles que les catastrophes naturelles, technologiques, etc.
- Les infrastructures : ce domaine fait référence aux infrastructures sensibles, et les

infrastructures dont dépendent fortement les êtres humains dans leurs vies quotidiennes comme les hôpitaux, les écoles, les routes, etc.

- Transport : ce domaine concerne les moyens de transport, c'est un domaine bien spécifique et indépendant du domaine ressource. Il est lié à la géographie des lieux et des infrastructures routières.
- Géographie : ce domaine sert à fournir des informations géo-spatiales sur les catastrophes, telles que la position de l'incident, la géolocalisation des personnes en danger ou l'emplacement des abris.
- Météorologie : ce sont les informations sur la météo telles que l'humidité, la température, les précipitations, la pression, la visibilité, le vent, les orages et la foudre et les différents changements de la météo sur une longue période.
- Topographie : ce domaine fait référence à la forme de la surface et des caractéristiques de la Terre. Il donne des informations sur le terrain, les zones construites, les zones inondables, les sites dangereux, etc.

(Liu, Brewster, Shaw 2013) ont identifiés des domaines communs à toute crise (personnel, organisation, ressources, dommages, catastrophe, processus, infrastructures, géographie).

F. Ontologie relative à la Collaboration

Pour notre étude, l'activité collaborative en gestion de crise est importante, c'est pourquoi on s'est intéressé aux ontologies du domaine relatif à l'activité collaborative. Il existe dans la littérature un certain nombre d'articles abordant les ontologies liés à la collaboration, mais l'ontologie qui s'approche le mieux de notre concept de l'activité collaborative est une ontologie du domaine relative à la collaboration (Oliveira, Antunes, Guizzardi 2007). Cette ontologie est basée sur la structure définie par le modèle des 3 C (communication, coordination et coopération) (Ellis, Gibbs, Rein 1991). Elle prend ainsi en compte les aspects liés à la communication, la coordination et la coopération. Cette ontologie a été développée pour fournir un vocabulaire commun pour les différentes activités de communication, coordination et coopération liées à l'activité collaborative. Elle a été élaborée en utilisant la méthode SABIO (Systematic Approach for Building Ontologies) inspirée des travaux de Falbo (de Almeida Falbo 2004). La caractéristique de cette ontologie est qu'elle divisée en trois sous-ontologies. Chaque sous-ontologie représente un concept de l'activité collaborative (Figure 27). Cela est intéressant dans le sens où chaque concept possède une activité différente, mais complémentaire. Ces activités peuvent être mises en relation si nous les considérons dans une activité collaborative.

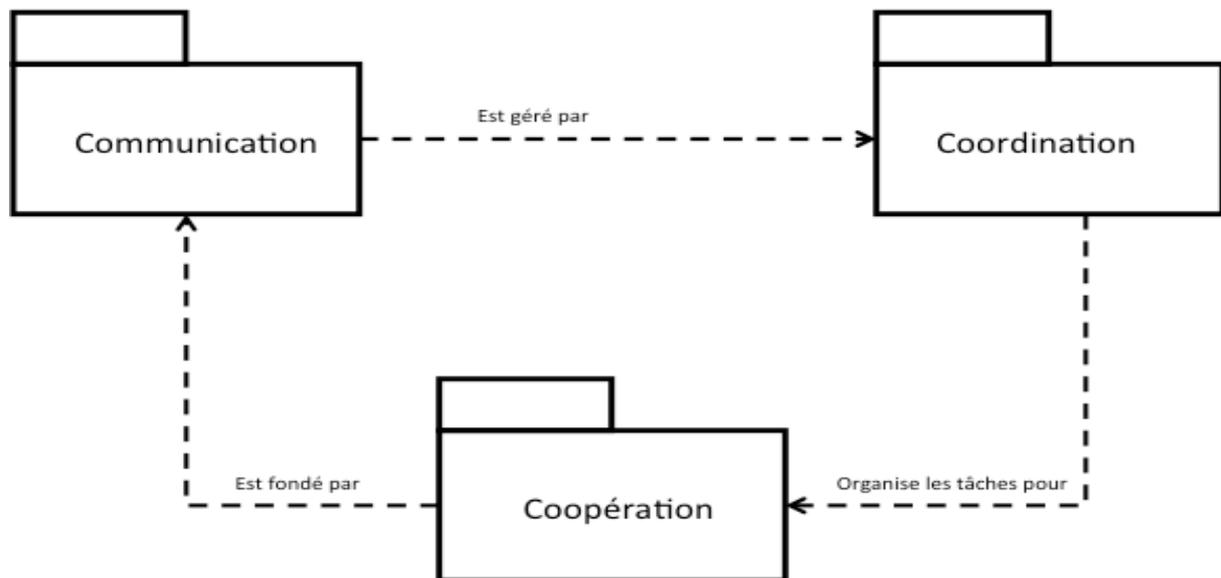


Figure 27 : ontologie de collaboration (Oliveira, Antunes, Guizzardi 2007)

Pour conclure, une ontologie est donc une représentation de concepts classifiés avec leurs caractéristiques possédant des propriétés bien définies. Les ontologies peuvent être de haut niveau comme elles peuvent être de niveau intermédiaire (ontologie de domaines et de tâches) ou carrément des ontologies de bas niveau ou d'application.

Pour notre étude, et comme on s'intéresse à la gestion de crise et particulièrement au comportement, sous l'effet du stress des acteurs chargé de la gestion de crise, nous allons illustrer une représentation du raisonnement de ces acteurs à travers une ontologie déjà existante. D'autres ontologies, permettant de guider la représentation des conditions initiales d'une situation ainsi que l'évolution des paramètres de la situation, peuvent être utilisées. Notre étude n'a pas pour vocation la création ou l'amélioration d'une ontologie.

Chapitre 10 : Ontologie d'Application sur l'impact du stress en gestion de crise

Nous allons, pour notre étude compléter l'ontologie d'application ResOnt à partir des concepts cités précédemment sur l'impact du stress durant une situation de gestion de crise. Cette ontologie nommée ResOnt_Stress est inspirée de l'ontologie ResOnt évoquée supra. Ce choix est dicté surtout par la quantité et la diversité d'informations que contient cette ontologie, nous pouvions choisir une autre ontologie, cela n'aurait eu aucun impact par rapport à notre étude. Elle comprend ainsi deux concepts principaux « OBJET » et « CONSTRUIT_MENTAL ». Ces deux concepts font la différence entre la présence matérielle et immatérielle des entités, c'est-à-dire que les entités peuvent avoir un comportement fixe ou variable dans le temps. C'est ce qui est connu sous la notion de perdurant et endurant (Gangemi, Guarino, Masolo, Oltramari 2003).

A. Le recueil

Le recueil pour notre étude a été fait en utilisant la méthode MASK (Méthode d'Analyse et de Structuration des Connaissances). Cette dernière « est une méthode d'analyse préalable à la mise en place d'un système de gestion des connaissances (contenant des connaissances, des savoir-faire et dont le but est soit de faire partager, soit de capitaliser soit de servir à la création de la connaissance dans l'organisation » (Ermine 2003). Cette méthode procède par le recueil des connaissances auprès des « sources de connaissances ». Ce recueil nécessite des interviews auprès d'expert et spécialistes ainsi que l'analyse de documents de références. Ces derniers doivent être expliqués par des ingénieurs de connaissances. Ces recueils doivent être mis en cohésion et doivent faire l'objet de consensus avec plusieurs experts (Aries, Le Blanc, Ermine 2008). Pour notre étude, nous avons eu recours à un expert (un militaire de l'armée algérienne) ayant vécu plusieurs situations de stress lors des opérations contre le terrorisme dans les années 90. L'accent a été mis dans ces interviews sur les activités collaboratives sous l'emprise du stress. Après analyse et modélisation, les concepts décrits ont été validés auprès de cet expert.

L'ontologie adapté de ResOnt comprend deux catégories principales dites « OBJET » et « CONSTRUIT_MENTAL ». Nous allons les détailler comme suit :

B. Le concept « OBJET »

Ce concept comprend trois concepts principaux, à savoir les concepts : « Personne », « Environnement » et « Ressources » (Figure 28), il est détaillé comme suit :

- Le concept « Personne » prend en compte toutes les personnes impliquées dans une crise. Elles sont soit :
 - « Victimes » : les victimes de la crise.

- « Acteurs » : des personnes impliqués dans le sauvetage, l'évacuation, la sécurité ou bien les terroristes ou assailants, ayant été la source de la crise dans ce cas bien précis, les populations non-victimes comme les foules.
- Le concept « Environnement » contient les différents sous-concepts :
 - relatifs à la météo « Météo »,
 - la nature du terrain « Géographie »
 - ou bien les différentes infrastructures « Infrastructure » pouvant exister tels que les voies, routes ou bâtiments.
- Le concept « Ressources » (Figure 29) prend en compte plusieurs sous-concepts liés aux ressources utilisées dans une situation de crise tels que :
 - « Transport » : pour les différents types et moyens de transport,
 - « Communication » : qui comprend les communications synchrones (filaire ou non filaire) ainsi que les communications asynchrones comme les mails, les réseaux sociaux,
 - « Technique » : ce sont les ressources et les moyens techniques de sauvetage ou de protection des victimes,
 - « Médicale » : concerne aussi bien les gros équipements médicaux tels les hôpitaux de campagne que les médicaments, les vaccins ou les kits de premier secours.
 - « Restauration » c'est les moyens permettant de nourrir aussi bien les victimes que les acteurs participant dans la crise.
 - « Hébergement » : ce concept concerne les moyens d'hébergement tels que tentes et baraques ainsi que les moyens de couchage. Cela concerne les victimes et les personnels en charge de la crise.

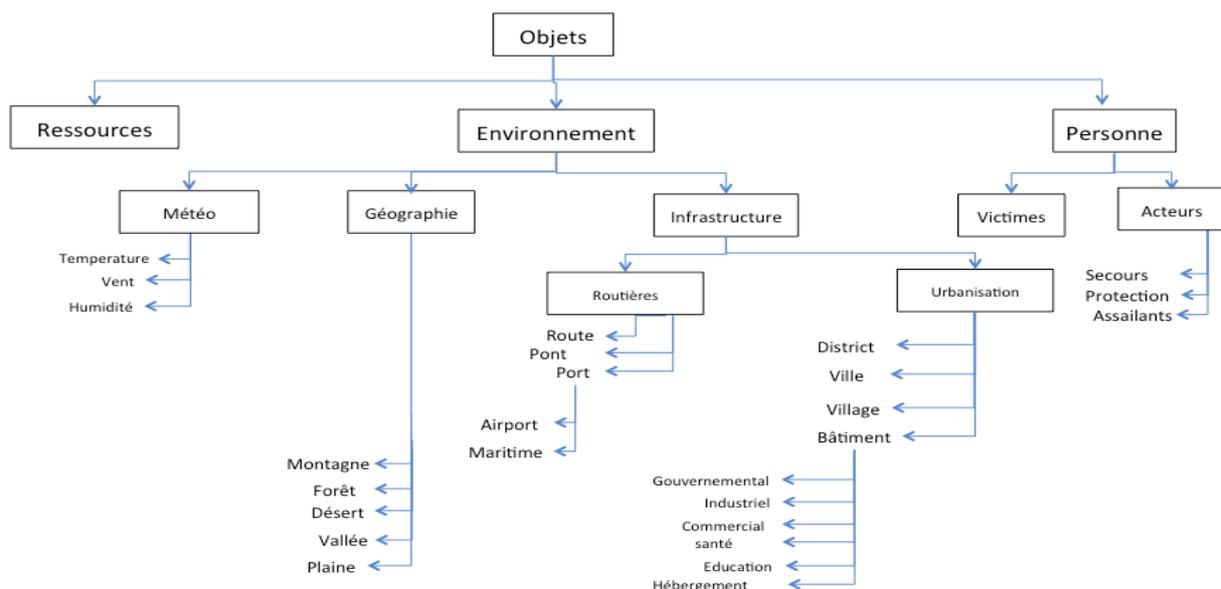


Figure 28 : Le concept « OBJET »

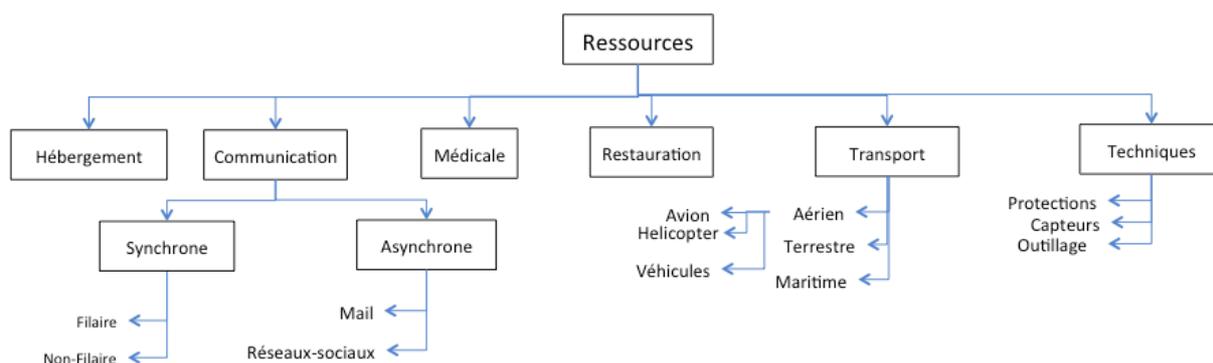


Figure 29: Le concept « Ressources »

C. Le concept «CONSTRUIT_MENTAL»

L'autre catégorie principale est « CONSTRUIT_MENTAL » différente du concept « OBJET » du fait qu'elle prend des concepts qui peuvent changer dans le temps. Ce concept principal contient cinq grandes catégories à savoir « Organisation », « Temps », « Incident », « Information » et « Comportement » (Figure 30).

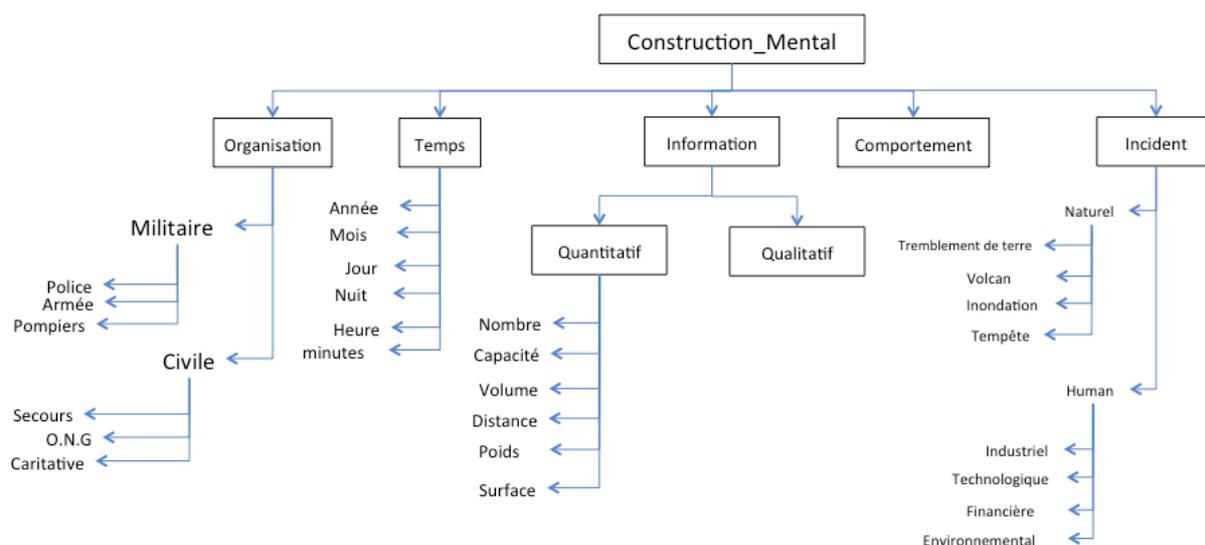


Figure 30 : Le concept « Construction_Mental »

On va ici procéder à l'analyse complète de ce concept.

- « Organisation » : représente deux grands types d'organisations à savoir les organisations militaires tels que les armées, les pompiers et les forces de l'ordre ainsi que les organisations civiles comme les SAMU, les associations caritatives et non gouvernementales.
- « Temps » concerne toutes les fractions du temps spécifiques à chaque type de crise tel que les années, mois, heures, etc.
- « Incident » : représente les types de catastrophes et d'incidents qui peuvent avoir lieu. Elles sont soit naturelles comme les tremblements de terre ou les tempêtes, soit le fait de

l'intervention humaine comme les catastrophes industrielles ou technologiques. Parfois les deux aspects existent ensembles

- « Information » : est subdivisé en deux sous concepts :
 - « Quantitatif » : qui représente les différentes mesures quantitatives que l'on peut avoir lors d'une crise comme la distance séparant le lieu de la crise, le volume de la crise, le nombre de crise.
 - « Qualitatif » : représente les mesures qualitatives liées à la crise (Figure 31). Il est subdivisé en trois sous-concepts à savoir :
 - ❖ « Influences » : représente les mesures qualitatives telles que augmenter, diminuer, stabiliser, probablement, etc.
 - ❖ « Organisationnel » : il qualifie les rôles et les fonctions que peuvent avoir les acteurs dans la crise. Dans notre cas « Rôle » se limite à trois catégories qui sont « chef », « subordonné » et « population » que nous considérons comme acteurs de la crise. Le sous-concept « Fonction » permet de faire la différence entre les acteurs professionnels et les volontaires. Pour être plus clair, dans une situation de crise une personne a en charge la fonction de préfet et a un rôle de coordinateur.
 - ❖ « Localisation » : représente soit les coordonnées géographiques permettant de localiser le lieu de la crise ou des vocabulaires permettant d'avoir une localisation approximative par exemple « le tremblement de terre a eu lieu près de la ville ».

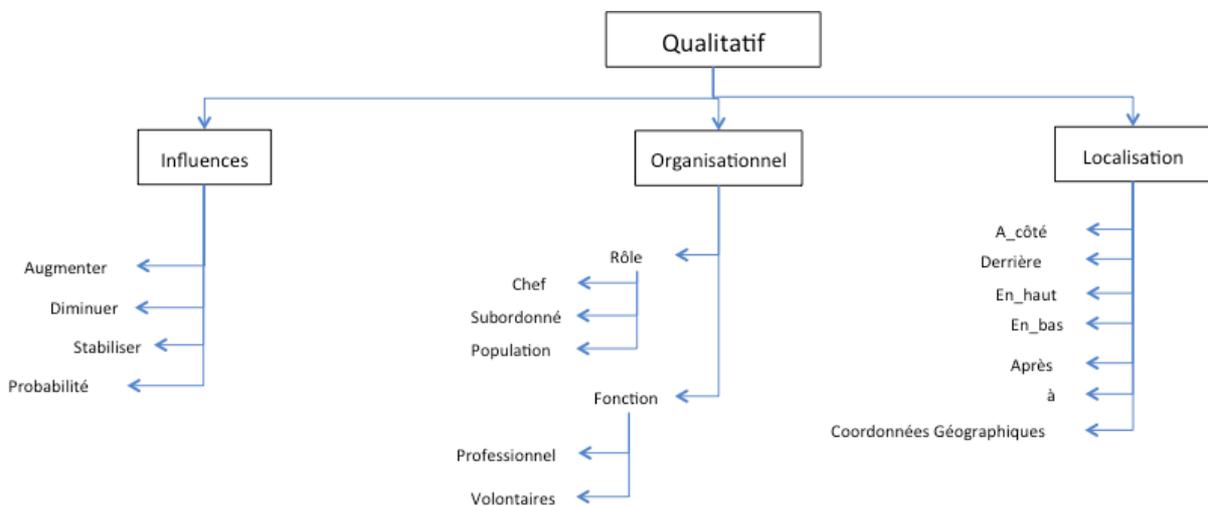


Figure 31 : Le concept « Qualitatif »

- « Comportement » : Ce concept qualifie le comportement des acteurs dans une situation de crise. Dans notre étude nous présentons les comportements liés à l'impact du stress à travers les activités collaboratives lors d'une crise (Figure 32). Il se traduit à travers trois sous-concepts qui sont « Communication », « Coordination » et « Coopération » :

- Le concept « Communication » met en relief deux sous-concepts à savoir « Silence » et « Parlé ». Ce dernier représente l'impact du stress sur une personne voulant communiquer avec ses collègues ou ses subordonnés. Il contient cinq sous-concepts :
 - ❖ « Normalement » : c'est le fait de communiquer en parlant normalement.
 - ❖ « Lentement » : la personne communique, mais parle lentement, ce qui fait perdre parfois du temps.
 - ❖ « Rapidement » : la personne communique avec les autres, mais en parlant rapidement, ce qui peut entraîner une perte de l'information et de la confusion.
 - ❖ « Répéter » : le fait de communiquer, mais en répétant les mots ou les expressions, ce qui peut engendrer du stress chez les collègues voire dans certains cas de l'énervement.
 - ❖ « Crier » : communiquer en criant peut aussi détériorer l'information et crée du stress ou de la gêne chez les interlocuteurs.

« Silence » représente un autre impact du stress où la personne ne communique pas.
- Le concept « Coordination » contient deux sous-concepts.
 - ❖ Le concept « Agression » : contient le sous-concept « Hostilité » où la personne montre une hostilité envers l'organisation ou la personne avec laquelle elle doit coordonner ses actions.
 - ❖ Le concept « Action » : contient les différents sous-concepts ayant un lien avec les actions entreprises dans le cadre de la coordination sous l'effet du stress. Il comprend :
 - « Fixer » : la personne est fixée sur une seule action à entreprendre.
 - « Imposer » : dans ce cas, la personne impose son action à ses interlocuteurs.
 - « Approprier » : les actions à réaliser sont considérées comme justes et appropriées.
 - « Inapproprié » : les actions à entreprendre sont considérées comme quelconques, ne rentrent pas dans le contexte ou ne correspondent pas à la situation.
 - « Intensité » : le rythme des actions à entreprendre est soutenu, ce qui peut donner de la fatigue voire même des oublis de certaines actions.
 - « Ambivalence » : il y a prise de décision et rétraction dans ce genre d'action de coordination.
 - « Distancier » : la personne prend de la distance avec la ou les personnes avec qui il doit coordonner les actions à réaliser.
 - « Déléguer » : la personne délègue sa ou ses actions de coordination à une ou plusieurs personnes ou organisations.
 - « Simplifier » : la personne simplifie l'action de coordination à une

simple action de routine ou ne lui donne pas l'importance voulue ou espérée.

- Le concept « Coopération » contient deux sous-concepts à savoir « Décision » et « Conflit ». Le premier contient la décision prise sous l'emprise du stress. Il comprend:
 - ❖ « Collective » : la ou les décisions sont prises d'une manière collective.
 - ❖ « Impossible » : dans ce cas les décisions à prendre sont impossibles à réaliser ou à entreprendre dans le cadre de la coopération.
 - ❖ « Sans » : il n'y a aucune décision qui a été ou devrait être prise.
 - ❖ « Imposé » : il s'agit d'imposer une décision dans le cadre de la coopération.
- Le second concept de la coopération est « Conflit », il est constitué de deux sous-concepts, à savoir :
 - ❖ « Ambivalence » : les conflits génèrent de l'ambivalence dans les actions de coopération à entreprendre.
 - ❖ « Fixé » : la personne se fixe une action de coopération.

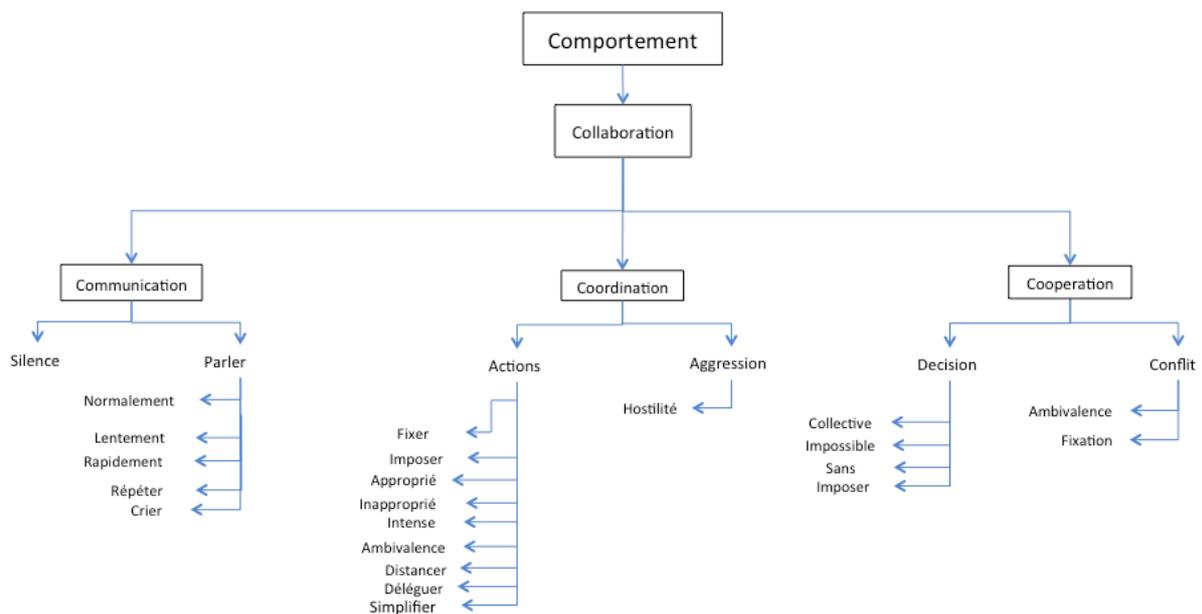


Figure 32 : Le concept « Comportement »

Comme on l'avait annoncé précédemment concernant notre définition sur la situation, nous allons représenter les notions d'événement (Evènement) et d'état (État). L'état « Etat » est donc composé des concepts « Personne », « Organisation », « Moyens », « Environnement » et « Temps » (Figure 33).

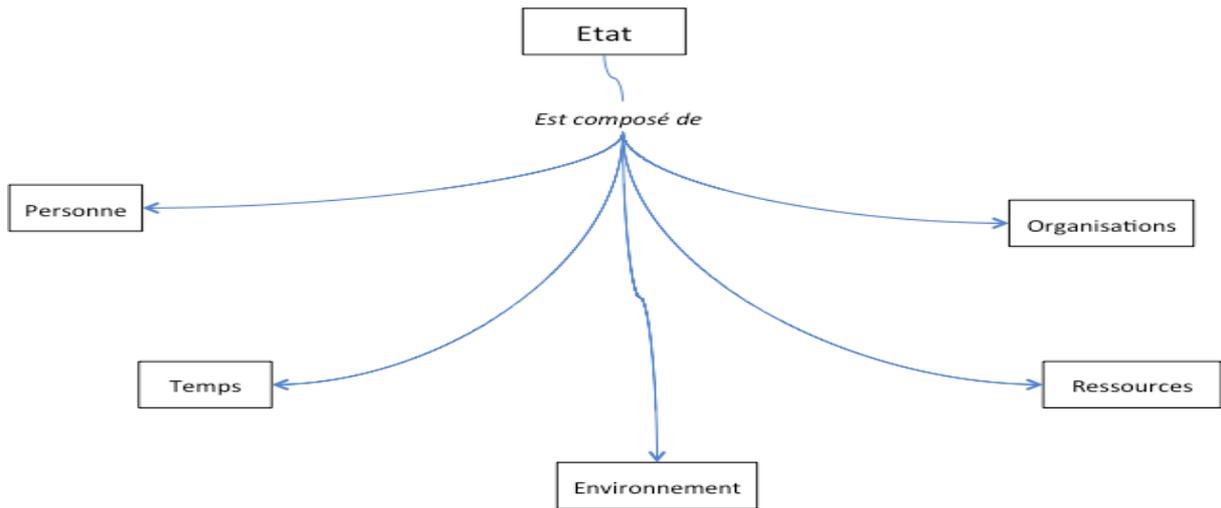


Figure 33 : Le concept « État »

Alors que le concept « Evènement » prend sa source de deux concepts à savoir « Environnement » et « Information » (Figure 34). Ce dernier donne des informations qualitatives et quantitatives sur les concepts « Construction » et « Objet ». Il peut avoir une mesure qualitative « Influence ». Cette mesure impacte l'état « Etat ». Alors qu'« Environnement » impacte « Personne ». Ce dernier a un rôle « Rôle » et un comportement « Comportement » qui lui-même peut être mesuré qualitativement « Influence ». Cette mesure impacte l'état « Etat » d'une situation.

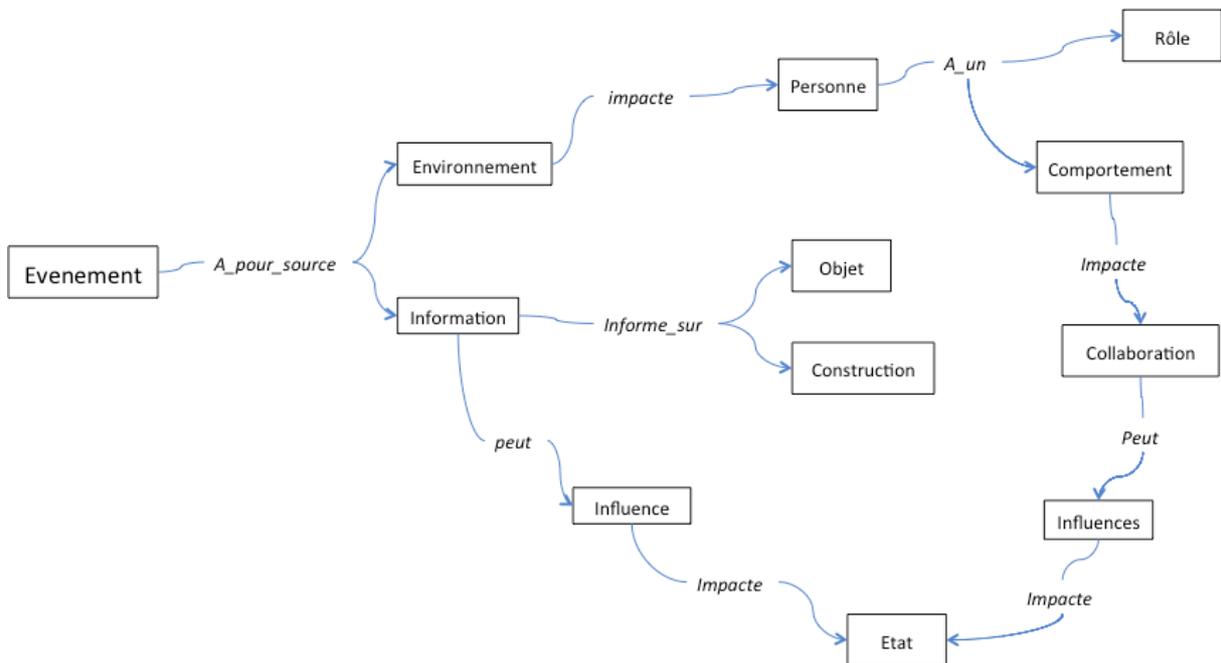


Figure 34 : Le concept « Evènement »

Après avoir donné une représentation des différents concepts liés à notre approche sur la crise nous allons mettre en relief les différentes représentations du comportement des acteurs durant la gestion de crise ainsi que l'impact de ces comportements sur la crise et spécialement pour les activités de

collaboration. Le recueil d'expertise a mis en relief un certain nombre des influences entre les comportements liés aux stress sur l'état des situations, ce qui a permis d'avoir des représentations pour chaque type d'activité collaborative. Il est à signaler que nous avons étudié seulement les influences sur les victimes et les ressources. Par conséquent, nous notons la probabilité de changements des infrastructures, de la météo ainsi que la source de la crise (comme les assaillants et autres) sans les préciser. Ces études peuvent être complétées pour mesurer l'impact du comportement de stress sur ce type de concepts dans une situation de crise.

1) Représentation de l'impact du stress sur l'activité collaborative

Cette partie est la plus importante dans notre ontologie, puisque nous allons montrer à travers cette ontologie comment le stress peut impacter certaines activités collaboratives des acteurs chargés de la gestion de crise. Ces résultats sont le fruit de la combinaison des indicateurs verbaux et non verbaux recenser précédemment et comparé avec le retour d'expérience d'un expert.

a) Pour la Communication

L'activité de communication impacte le concept « victimes ». En effet, nous remarquons que leurs nombres peut augmenter lorsqu'il y a silence ou que le communicant parle rapidement ou lentement. Il peut diminuer lorsque le communicant parle normalement et il a une probabilité que leur nombre change lorsque le communicant répète les mots ou les expressions ou lorsqu'il communique en criant (Figure 35). Dans cette étude, nous avons pris en compte que le nombre de victimes, mais leur degré de gravité, le type de blessures, l'état des victimes peuvent aussi être pris en compte dans des futurs travaux.

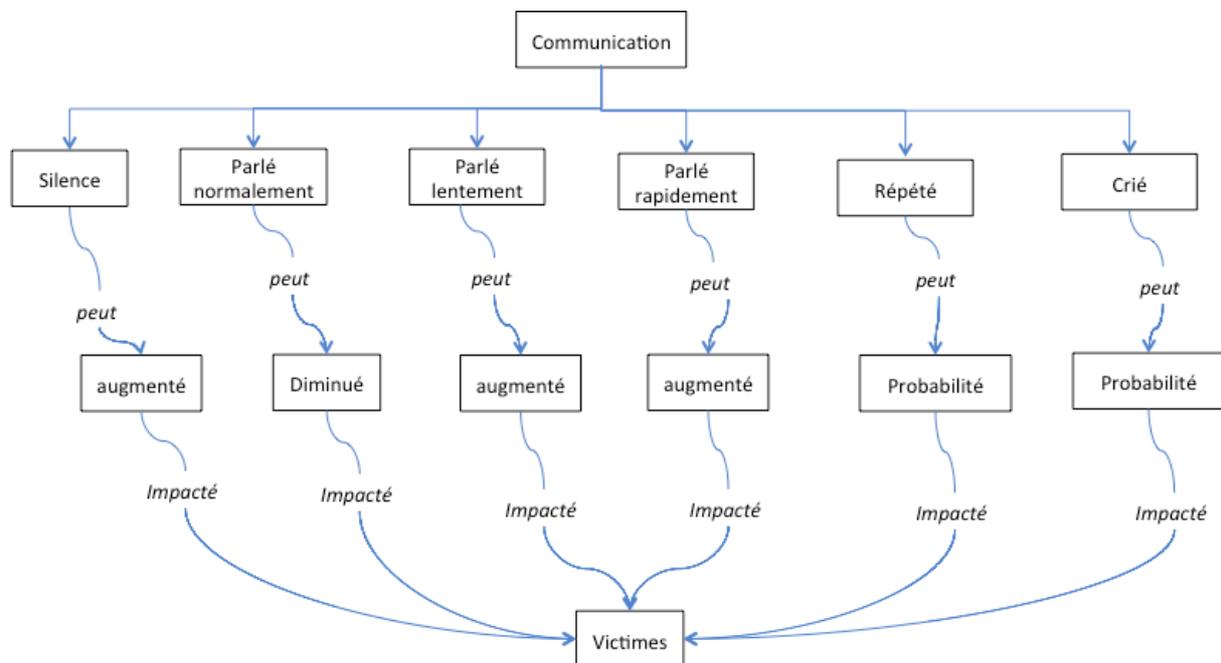


Figure 35 : Impact du concept « Communication » sur les victimes

S'agissant de l'impact de la communication sur les ressources, on voit qu'elles restent les mêmes lorsqu'il y a silence. Elles diminuent lorsque le communicant parle normalement ou rapidement. Elles

ont tendance à probablement changer lorsque le communicant parle lentement ou en criant ou bien quand il répète des mots ou des expressions (Figure 36).

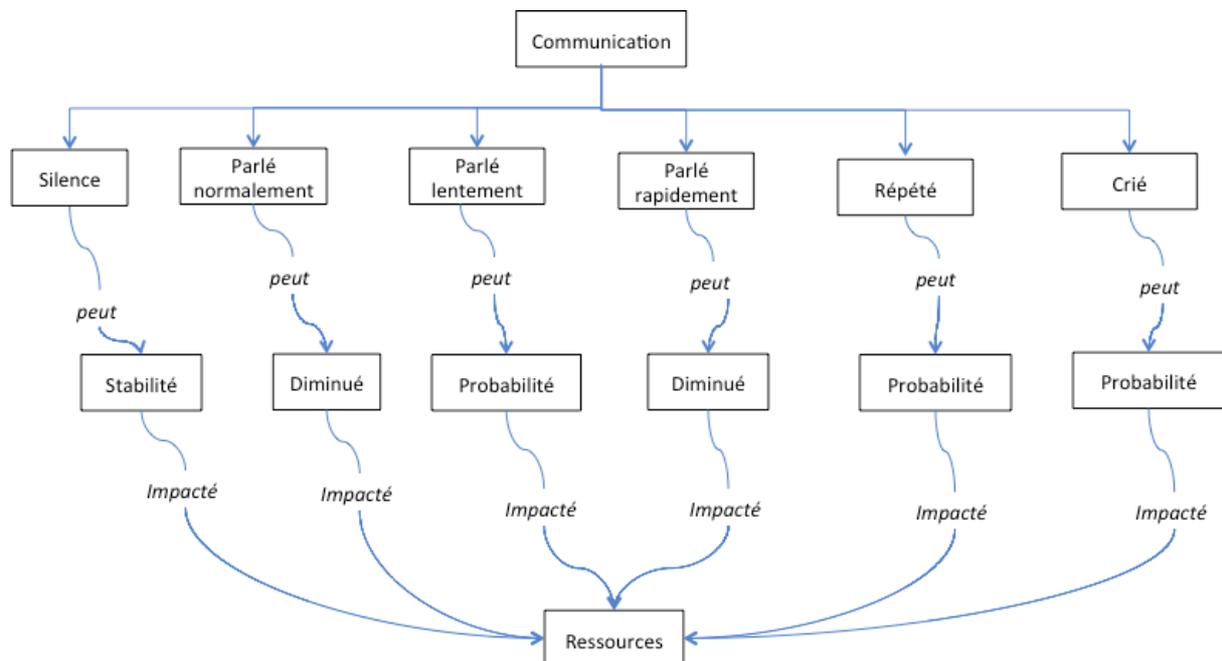


Figure 36 : Impact du concept « Communication » sur les ressources

b) Pour la Coordination

Le concept « coordination » comprend, comme déjà énoncé, deux sous-concepts à savoir « Action » et « Agression ». Ils impactent tous les deux les victimes et les ressources. On remarque ainsi que l'action de coordination fait augmenter les victimes lorsqu'elle l'action de coordination est inappropriée ou que la personne chargée de l'entreprendre simplifie la situation ou prend des distances par rapport à ses interlocuteurs. Par contre, le nombre des victimes diminue lorsque l'action de coordination est appropriée ou qu'il y a une ambivalence par rapport à ces actions. Ils peuvent probablement changer lorsqu'on se fixe sur une seule action, ou bien que cette action soit imposée, qu'il y a une intensité dans l'exécution des actions ou que cette action est carrément déléguée à autrui (Figure 37).

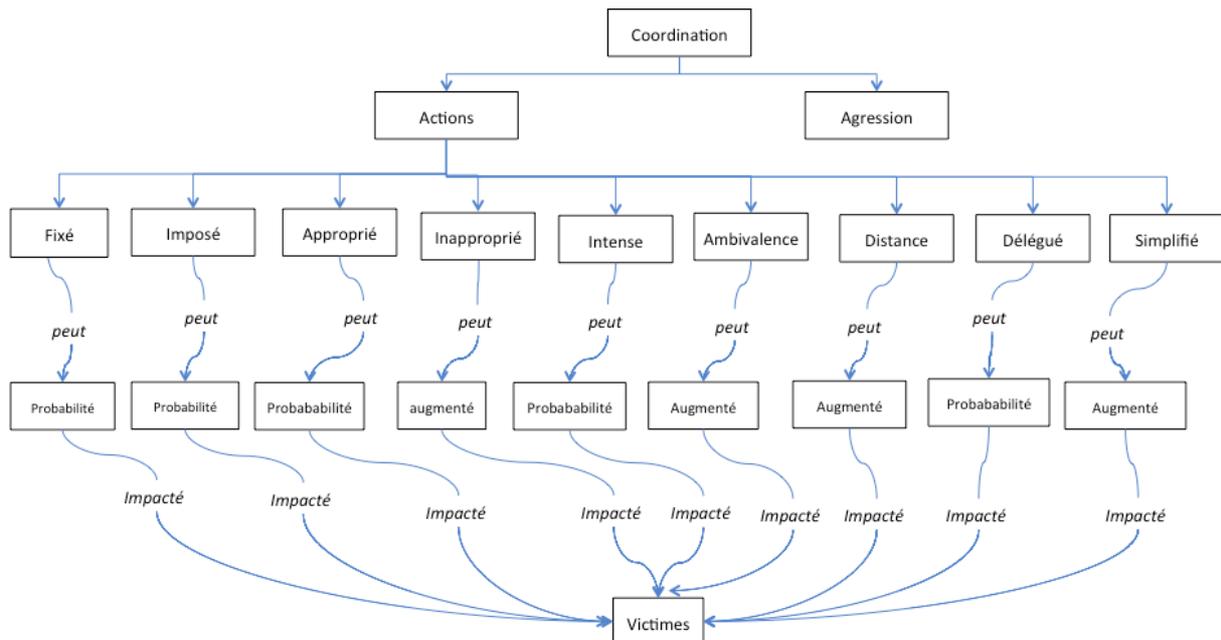


Figure 37 : Impact du concept « Actions » sur les victimes

Les actions de coordination impactent, elles aussi, les ressources. Ces dernières diminuent lorsque les actions de coordination sont appropriées. Elles sont les mêmes lorsque la personne chargée de la coordination prend des distances par rapport à ses interlocuteurs ou simplifie la situation. Par contre, elles peuvent changer dans les autres cas (Figure 38).

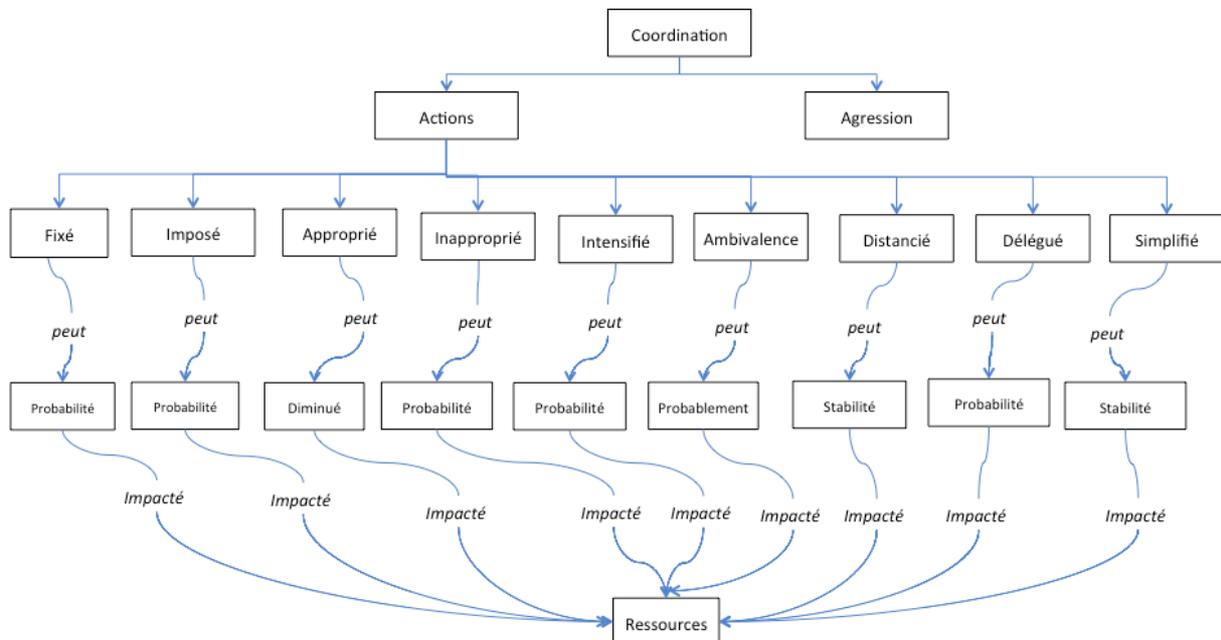


Figure 38 : Impact du concept « Actions » sur les ressources

Pour l'impact de l'hostilité sur les victimes et les ressources, dû à l'agression lors de la coordination, il peut changer dans les deux cas (Figure 39).

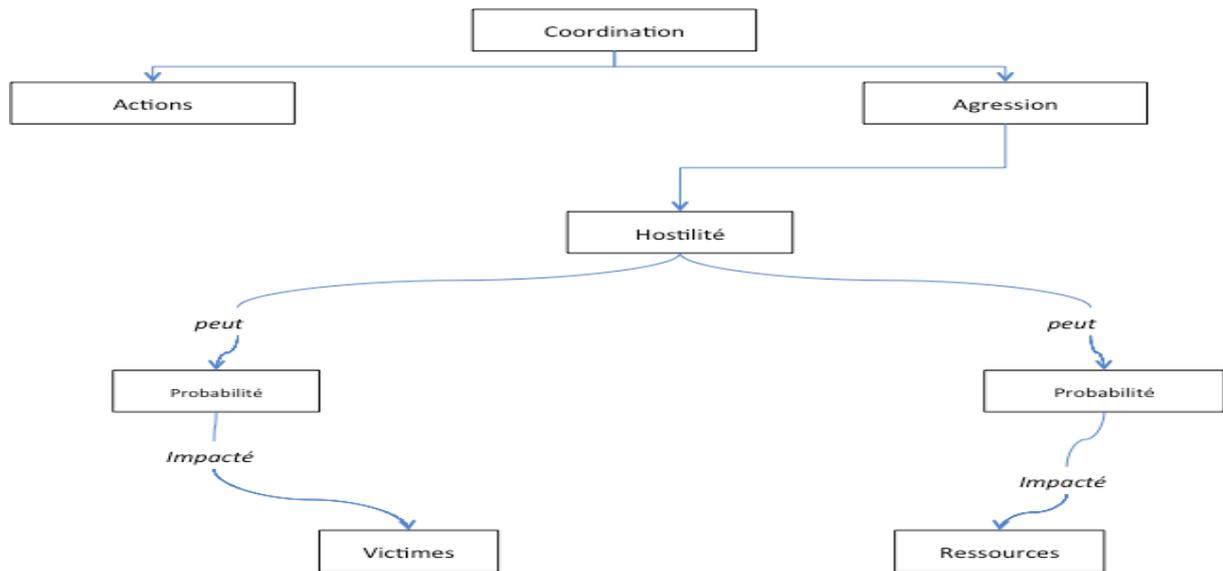


Figure 39 : Impact du concept « Agression » sur victimes et les ressources

c) Pour la Coopération

Le concept coopération comprend lui aussi deux sous-concepts à savoir « Décision » et « Conflit ». Ces deux sous-concepts impactent aussi les victimes et les ressources. On remarque ainsi que le nombre de victimes diminue lorsque la décision est collective. Il peut augmenter quand la décision est impossible à prendre ou qu'aucune décision n'est prise. Il peut changer lorsque cette décision est imposée pour diverses raisons (Figure 40). S'agissant du sous concept conflit, le nombre de victimes augmente lorsqu'il existe une ambivalence dans l'activité de coopération entre les partenaires. Aussi, ce nombre peut probablement changer lorsque cette activité se fixe sur un seul aspect de la coopération (Figure 40).

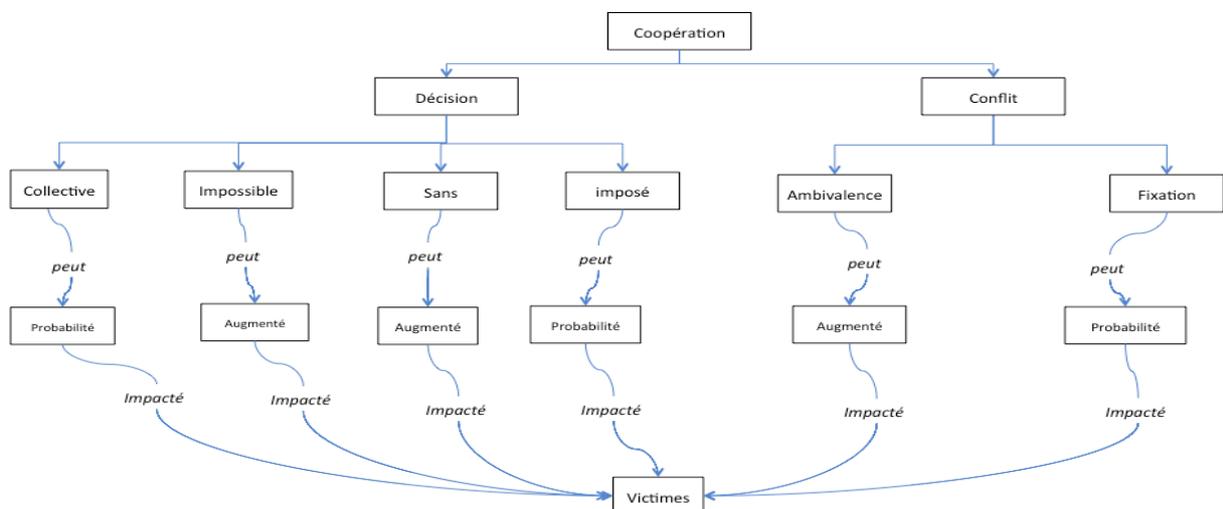


Figure 40 : Impact du concept « Coopération sur les victimes

La coopération impacte aussi les ressources à travers les deux sous-concepts déjà énoncés précédemment. Dans cette activité les ressources sont les mêmes lorsqu'il n'y a pas de décision ou qu'il est impossible de prendre des décisions. Elles peuvent diminuer lorsque la décision est prise collectivement et peuvent probablement changer lorsque la décision est imposée. Ces ressources peuvent probablement changer lorsque subsiste un conflit lors de l'activité de coopération (Figure 41).

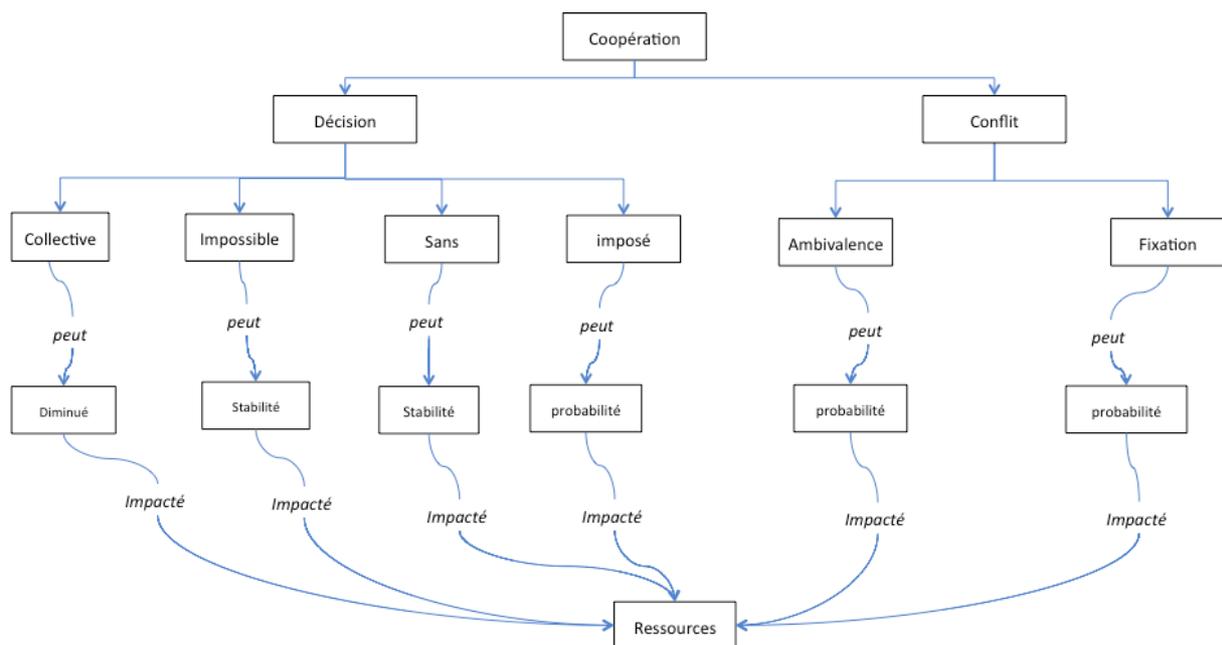


Figure 41 : Impact du concept "Coopération sur les Ressources

À travers ces différentes représentations, on a pu voir comment les différentes activités de collaboration peuvent impacter les victimes et les ressources. On s'est plus focalisé sur quatre mesures qualitatives dans cette étude, alors qu'il en existe un nombre considérable. On remarque aussi à travers ces représentations que l'impact contribue à donner une nouvelle situation à travers les différents changements qui peuvent avoir lieu aussi bien sur les ressources que sur les victimes. Cet état est aussi vrai pour les autres concepts qui n'ont pas été pris en compte et qui seront pris en charge dans des études prochaines.

Conclusion

Cette partie a été consacrée tout d'abord à l'étude de la représentation des connaissances. On a ainsi pu voir comment l'être humain procède à des représentations des objets ou du monde à travers ses jugements, les différentes interactions qui existent ou qu'il établit. Les études en représentation des connaissances mettent en avant ces interactions à travers des langages et des principes comme la représentation ontologique d'un domaine, d'une activité, etc. Ce type de représentation est utile pour montrer les dépendances sous-jacentes aux principes de l'effet papillon (Lorenz 1995) et la dimension fractale (Mandelbrot 1982), présentée au chapitre 3. En effet, les interdépendances permettent de simuler d'une part, le parcours d'une variation et d'autre part, l'exploration de différentes modifications des conséquences sur une situation donnée. Cet aspect est exposé dans la partie suivante.

Nous avons également mis en avant la dynamique d'une situation en la caractérisant sous forme d'États/Évènements. (Sediri, Matta, Lorette, Hugerot 2013). Cette dynamique est exigée par la boucle de rétroaction (Gallou, Bouchon-MEUNIER 1992; Le Moigne 1994a), présentée au chapitre 1. Cette boucle pour notre étude est positive et négative, elle génère d'autres situations qui elles-mêmes peuvent être des situations de crise. Une situation de crise peut être présentée par une succession du couple État/Évènement. Où État est un système complexe et Évènement représente le dysfonctionnement qui déclenche l'apparition d'un autre état.

L'approche préconisée par l'ingénierie des connaissances ((Aussenac-Gilles, Charlet, Reynaud 2012; Charlet 2002; Ermine 2008; Schreiber, Akkermans, Anjewierden, Hoog, Shadbolt, Van de Velde, Wielinga 1999) est détaillée. Elle est utilisée pour recueillir et formaliser le retour d'expérience concernant les impacts du stress durant les situations de crise.

Enfin, nous avons mené une étude sur les ontologies et plus particulièrement sur celles liées à la gestion de crise. A travers leur analyse, nous avons complété l'application ResOnt et remplacé par notre ontologie de spécialisation ResOnt_Stress. La particularité de notre action est de prendre en compte les activités collaboratives (communication, coordination et coopération). On a mis en avant spécialement les mesures qualitatives, parmi les bases de notre hypothèse sur l'étude de la dynamique de l'impact du stress sur l'évolution d'une situation. Comparativement aux ontologies étudiées, ResOnt_Stress prend en compte un aspect très important à savoir le stress qui impact énormément le comportement humain dans ce genre de situation d'une part et permet, d'autre part, de donner une représentation de l'impact du stress lors de situation de crise.

Il est à souligner que cette étude n'a pas utilisé les méthodes et techniques classiques de l'ingénierie de connaissance pour identifier les pratiques des utilisateurs. Il est plus question pour nous

de pouvoir recueillir et identifier des quantificateurs dont nous avons besoin. C'est pour cela que notre recueil s'est fait à travers un seul expert et un seul cas et que nous l'avons appliqué sur deux cas. Les différents quantificateurs recensés et identifiés peuvent servir pour d'autres cas. Cependant, ces quantificateurs peuvent être modifiés en lien avec les situations étudiées. Ils devront être identifiés avec les experts traitant ces situations.

**PARTIE IV : APPRENTISSAGE ET GÉNÉRATION DE SITUATIONS DE
CRISE**

Introduction

Notre sujet d'étude a pour objectif de trouver un outil qui prend en charge, dans un premier lieu, quelques incertitudes générées par certains phénomènes naturels. Pour cela, il doit répondre à nos besoins dont certains sont inspirés de la théorie du chaos (Lorenz 2000; Mandelbrot 1982; Gleick 1989) :

- la dépendance sensible aux conditions initiales (effet papillon),
- l'existence d'un espace limité et que chaque point de cette espace est unique (attracteur de Lorenz),
- la multiplication de situations que peut générer cet outil (bifurcation),
- la possibilité d'avoir plusieurs visions (géométrie fractale).

L'intégration de l'expérience vécue avec le REX doit permettre de réduire le champ de multiples visions vers des conséquences plausibles d'un changement dans l'environnement en délimitant l'espace des possibilités des explorations. Une représentation mentale d'un outil qui peut présenter tous ces aspects ne peut être linéaire. Elle est plutôt exploratrice, voire rhizomique. Pour que cette exploration soit effective, l'outil à proposer doit utiliser la rétroaction positive comme moyen permettant la création de nouveaux états ou nouvelles situations (Le Moigne 1994a).

Dans cet esprit, nous proposons NOÉ, un outil d'apprentissage appliqué à la gestion de crise. Cet outil prend comme fondement philosophique le concept du rhizome (Deleuze, Guattari 2013). Il permet de générer des situations de crise, en se basant sur les concepts cités ci-dessus, et en prenant en compte l'impact du stress généré par les individus en charge de la gestion de crise durant ce type de situation. Dans notre étude, seuls sont pris en charge les impacts du stress résultant de l'activité collaborative induite par ces mêmes individus. Pour NOÉ nous avons utilisé la théorie des ensembles floue (Zadeh 1965) permettant de simuler des opérations qualificatives dans un raisonnement.

Nous allons, dans cette partie nous allons aborder le concept philosophique du rhizome et voir par quelle manière on peut l'intégrer dans notre étude. L'apprentissage et particulièrement l'apprentissage au sein des organisations sera étudié. Nous avons pris pour champs d'application la gestion de crise pour cette étude. Nous ferons une analyse par rapport à l'apprentissage dans la gestion de crise. Par la suite nous allons définir « NOÉ Générateur de Situations de Crise ». Nous allons présenter le principe de NOÉ, son architecture ainsi que son concept (Teffali Sammy; Matta Nada; Chatelet Eric 2018).

Nous avons analysé certains outils mathématiques pour trouver un principe adapté à notre thèse. Nous allons aborder la théorie de la logique floue et surtout les concepts qui nous intéressent le plus pour notre étude. A la fin de cette partie, nous allons présenter l'algorithme de NOÉ ainsi que son principe de fonctionnement d'une manière générique.

Chapitre 11 : Apprentissage

Dans ce chapitre nous allons aborder l'apprentissage individuel et dans les organisations et par la suite nous allons aborder une autre approche qui pourrait à notre sens être appliquée à l'apprentissage. En effet, nous avons été interpellés par une nouvelle approche qui lie aussi bien la philosophie que l'apprentissage. Il s'agit de l'apprentissage par exploration inspiré du concept philosophique du rhizome (Laurent, Bouchardon, Lourdeaux, Szilas 2017). Cette approche prend en compte l'incertitude et le réalisme qui sont considérés comme étant nos concepts de base quant à notre vision de l'apprentissage.

A. L'apprentissage

La notion d'apprentissage est plus liée à l'acquisition de compétences individuelles (Koenig 2015). Elle est considérée comme étant le transfert d'une accumulation de connaissance (savoir) entre la personne qui sait et celle qui ne sait pas (Clergue 1997). Il existe un certain nombre de définitions de l'apprentissage, dont celle de Kolb qui considère l'apprentissage comme un processus par lequel la connaissance est créée par la transformation de l'expérience (Kolb 1984). Elle met en avant un processus pour résoudre un problème, répondre à une question ou atteindre un objectif (Dibiaggio 1999). Doré et Mercier définissent l'apprentissage comme « une organisation de la connaissance qui s'appuie en grande partie sur des informations qui ne sont plus disponibles dans l'environnement immédiat et qui sont des souvenirs d'événements vécus antérieurement. Ces souvenirs peuvent être très récents, de l'ordre d'une fraction de seconde, ou plus anciens. Contrairement à la perception qui utilise les données présentes dans l'environnement, l'apprentissage consiste à construire ou à modifier la représentation qu'un organisme a de son environnement. » (Dore, F., Mercier 1992). À partir des années cinquante, Simon parla de l'apprentissage au sein des organisations. Il est passé de l'apprentissage individuel à l'apprentissage de groupe au sein des organisations (Simon 2013).

Notre étude s'intéresse à un modèle d'apprentissage par l'échec. Il consiste à prendre en compte les erreurs et fautes que l'apprenant fait durant son apprentissage. Cet apprenant, face à ces échecs ou fautes soit revient à la situation qui a précédé la dernière et recommence à apprendre soit avance et à ce moment-là, il se trouve face à de nouvelles situations incertaines. Ce genre d'apprentissage ressemble énormément à la fameuse boucle de rétroaction.

Un certain nombre de modèles d'apprentissage pourraient répondre à notre étude. Pour cela nous en avons étudié certains qui s'approchent de notre vision de l'apprentissage.

1) Modèles d'apprentissages

À la suite de plusieurs lectures, nous avons relevé certains apprentissages qui s'approchent plus ou moins de notre étude.

a) Piaget et le constructivisme

Pour Piaget, l'apprentissage est une construction des représentations mentales qui demande de l'accommodation et de l'assimilation (Piaget 1937; 1968). L'assimilation c'est le fait qu'une nouvelle connaissance est conforme aux représentations de l'apprenant et que celui-ci l'intègre facilement et directement à ces connaissances. En revanche l'accommodation est le fait que l'apprenant intègre une connaissance en contradiction ou en conflit avec ses propres représentations. L'accommodation est un processus d'apprentissage dû à une erreur ou à un échec (Carpentier 2015). Cette accommodation se fait à travers des opérations de rétroaction sur les constructions que nous proposons de considérer dans l'apprentissage dans des situations incertaines en gestion de crise.

b) Modèle de Bandura

Bandura s'est inspiré de la théorie sociocognitive pour formaliser sa théorie (Bandura 1977). Pour cette théorie les gens ne sont pas guidés par les forces de leur environnement ou des forces intérieures inconscientes, mais ils sont proactifs et dotés de capacité d'autorégulation, d'auto-organisation, d'autoréflexion qui leur permettent de toujours négocier leurs actions, leurs affects, et leurs projets avec leur environnement. Ils entretiennent pour ainsi dire une interaction dynamique entre des influences comportementales, contextuelles et internes. Ils sont considérés comme producteur et le produit de leur environnement (Carré 2004).

Ce modèle a la particularité de prendre en compte l'interaction entre la personne, son environnement et son comportement à travers des processus d'autorégulation, d'auto-organisation, d'autoréflexion. Dans ce type d'apprentissage, l'homme est acteur de la situation, il ne la subit pas. Son apprentissage est quasiment continu.

c) Modèle de Kolb

Kolb a établi une théorie de l'apprentissage en s'inspirant de Piaget (Kolb 1984). Il considère que l'expérience personnelle est le centre de l'apprentissage. Cet apprentissage se fait selon un cycle de quatre phases :

- Expérience concrète d'une action/idée. : durant cette phase l'individu est devant une situation réelle qui pose un problème. Il ne réfléchit pas à comment il va aborder ce problème.
- Observation réfléchie et attentive. L'individu observe et réfléchit à la manière avec laquelle il va résoudre son problème en prenant en compte plusieurs points de vue.
- Conceptualisation abstraite et théorique : l'individu construit des concepts et méthodes et formule des généralisations en intégrant les différentes observations et réflexions.
- Mise en application de l'idée/action : L'individu essaye de mettre en application ses concepts et généralisations.

L'apprentissage repose essentiellement, d'après Kolb, sur l'appréhension et sur la transformation. L'appréhension c'est le fait de faire référence à l'expérience lors de l'apparition d'un problème, alors que la transformation est le fait de transformer et d'adapter cette expérience pour résoudre ce problème. Plusieurs modèles d'apprentissage reposent sur celui de Kolb (Charbonneau, Chevrier 1990; Chevrier, Charbonneau 2000), mais c'est ce modèle qui est le plus retenu pour la formation des adultes (Henry 1989; Bourassa, Serre 1999).

Pour nous le modèle d'apprentissage de Kolb est le plus approprié à notre étude. En effet celui-ci s'adresse aux adultes du fait que les individus en charge de la gestion de crise le sont. Aussi, il s'intéresse aux représentations mentales, en s'inspirant du constructivisme de Piaget, chose à laquelle notre travail s'intéresse énormément et particulièrement aux représentations des connaissances et des situations. Aussi, il fait référence au retour d'expérience comme facteur clé de l'apprentissage (Van Wassenhove, Garbolino 2008). Après avoir énuméré certains modèles d'apprentissage, nous allons nous intéresser à l'apprentissage au sein des organisations.

2) Les niveaux d'apprentissage

Plusieurs niveaux d'apprentissage existent. Kim, distingue l'apprentissage opérationnel qui correspond à l'acquisition du savoir-faire et un apprentissage conceptuel qui nécessite la compréhension et l'articulation des connaissances (Kim 2009). Pour Schein, il existe trois niveaux, l'acquisition du savoir, l'acquisition des compétences et les routines comportementales (Schein 1993). En s'inspirant des expériences de Pavlov, ce dernier considère que l'apprentissage émotionnel doit être pris en compte. Pour lui si une personne a été réprimandée par le passé suite à une action, alors cette dernière peut faire un blocage sur les choix futurs et crée des résistances à un nouvel apprentissage. Ce genre d'apprentissage est durable dans le temps et est difficilement modifiable (Fillol 2004). (Argyris, Schön 1997) ont créé un modèle proche de l'apprentissage opérationnel de (Kim 2009), de l'apprentissage d'adaptation de Senge (Senge, Gauthier, Plagnol 1991) et de l'apprentissage dans l'action de Moingeon (Edmondson, Moingeon 1996). Il est considéré comme le plus complet des apprentissages du fait qu'il regroupe plusieurs niveaux en même temps (Fillol 2004). Pour notre étude, nous choisissons l'apprentissage Argyris et Schön qui est en même temps opérationnel, adaptatif et se fait dans l'action.

B. Apprentissage au sein des organisations

Les organisations sont confrontées, au quotidien, à différents problèmes qui sont, dans la majorité des cas, d'ordre procédural. Si une panne survient dans une chaîne de production, on estime que la ou les procédures de maintenance ou de fonctionnement n'ont pas été respectées, ont été mal appliquées ou bien un manque d'adaptation en a été la cause. Pour éviter ce genre de désagrément, les organisations ont recours à l'apprentissage. À l'instar de l'apprentissage individuel, il existe un certain nombre de définitions. On relève entre autres celle de Cyert et March, « Il est l'adaptation de

l'organisation à son environnement (Cyert, March 1963). De Argyris et Schön « une organisation apprend lorsqu'elle acquiert de l'information sous toutes ses formes, quel qu'en soit le moyen (connaissances, compréhensions, savoir-faire, techniques et pratiques) » (Argyris, Schön 1997). Celle de Koeing « phénomène collectif d'acquisition et d'élaboration de compétences qui plus ou moins profondément, plus ou moins durablement, modifie la gestion des situations et les situations elles-mêmes » (Koenig 1993). Pour Hatchuel « L'apprentissage organisationnel n'est pas la production d'un savoir collectif attribuable à l'organisation, il est simplement la dynamique collective qui résulte des capacités cognitives des acteurs, capacités qui interagissent dans un système de relation, mais aussi en prenant ce système de relation pour objet de connaissance et d'action » (Hatchuel 2015). On relève qu'un grand nombre d'organisations mettent en place des stratégies d'apprentissage, à travers lesquelles elles apprennent en quelque sorte (Nevis, DiBella, Gould 1997).

1) Fondement de l'apprentissage organisationnel

Pour certains auteurs l'apprentissage organisationnel a pour base l'apprentissage individuel. Ils estiment que l'organisation est composée d'individus et que ces individus pratiquent en son sein de l'apprentissage (Fillol 2004). Dans cet ordre d'idée, Argyris et Schön estiment que l'apprentissage individuel est nécessaire pour l'organisation (Argyris, Schon 1974). Senge quant à lui introduit la notion de maîtrise personnelle qu'il considère comme une caractéristique individuelle nécessaire aussi bien à l'apprentissage individuel qu'à l'apprentissage organisationnel (Senge, Gauthier, Plagnol 1991; Fillol 2004). Cette maîtrise personnelle est considérée par lui comme une discipline de l'apprentissage et du développement dont la source est la compétence et le talent. Ces deux derniers sont les ingrédients essentiels qui permettent une meilleure amélioration des connaissances déjà acquises ou à capitaliser pour faire évoluer l'apprentissage.

Pour (Nonaka, Takeuchi 1995) l'apprentissage est le fruit de la transmission des connaissances acquises entre les individus. Ces connaissances sont, comme cela avait été annoncé, implicites et explicites. Elles sont transformées suivant le contexte et diffusées, à un ou aux individus concernés, en connaissances explicites. Cette transformation est soit sous forme ou sous forme de procédures et règles à travers divers outils et modes de diffusion. Ces connaissances peuvent par la suite devenir implicites une fois qu'elles sont acceptées, comprises et maîtrisées (Nonaka, Takeuchi 1995).

Pour notre étude, on estime que l'apprentissage individuel est nécessaire pour l'organisation et que cet apprentissage est une transmission des connaissances entre les individus au sein de l'organisation.

2) Niveau d'apprentissage

Il a été relevé deux niveaux d'apprentissage dans les organisations (Fillol 2004) :

- L'apprentissage en simple boucle, qui concerne l'adaptation des individus à l'organisation sans remettre en cause ses valeurs et pratiques. Ce genre d'apprentissage est non productif. Il concerne une communauté restreinte au sein de l'organisation.
- L'apprentissage en double boucle : dans ce genre d'apprentissage, les valeurs et pratiques de l'entreprise sont remises en cause. Il y a une rétroaction qui se fait lors de la découverte du problème. C'est cette rétroaction, qui ne peut être que positive, qui permet de procéder aux changements voulus dans l'organisation. Seulement, ces changements dans les valeurs et les pratiques relèvent de l'incertitude. Il est impossible de prédire si ces changements seront d'un apport positif ou négatif pour l'organisation. Ce genre d'apprentissage peut répondre à notre besoin pour cette étude.

3) Approche systémique de l'apprentissage

Certains chercheurs ont opté pour une approche systémique de l'apprentissage (Parsons 1964; Katz, Kahn 1966). Pour ces derniers l'organisation est un système complexe dynamique et ouvert. Ce système importe l'information, la traite, la transforme et l'exporte. Cette information transformée dans ce processus est l'apprentissage organisationnel. Cette dernière pour (Argyris, Schön 1997; Crossan, Lane, White 1999) est un processus dynamique qui se répartit sur trois niveaux : individuels, les groupes et les organisations. Ce processus est lui-même composé de quatre sous-processus à savoir :

- L'intuition : est un processus mental qui donne à l'individu la capacité de percevoir de nouvelles relations et de discerner des possibilités qui n'avaient pas été identifiées auparavant. Cette intuition diffère d'un individu à l'autre (Underwood 1974).
- L'interprétation : durant ce processus les individus développent des cartes cognitives des différents domaines dans lesquels ils opèrent. La parole a un rôle important dans l'élaboration de ces cartes. Elle permet aux individus de nommer et d'expliquer les sentiments, les intuitions ou les sensations (Huff, Jenkins 2002).
- L'intégration : est une action collective. Elle se fait après une compréhension commune et elle se traduit par une conversation permanente et une pratique partagée entre les membres d'une même communauté (Brown, Duguid 1993; Weick, Roberts 1993).
- L'institutionnalisation : c'est le moyen pour l'organisation d'intégrer en son sein l'apprentissage individuel des individus appartenant à cette même organisation. En plus d'intégrer l'apprentissage individuel, elle le régule et le formalise par rapport à des objectifs (Crossan, Lane, White 1999).

Pour ces chercheurs, l'apprentissage organisationnel se produit dans le temps et entre les niveaux. En s'inspirant de la rétroaction, ils estiment que l'apprentissage organisationnel crée une tension entre l'assimilation de nouveaux apprentissages (rétroaction positive) et l'exploitation ou l'utilisation de ce qui a déjà été appris (rétroaction négative).

Grâce à la rétroaction positive, les nouvelles idées et actions passent de l'individu au groupe et à l'organisation. En même temps le processus avec rétroaction négative, ce qui a été appris dans l'organisation, est transmis aux groupes et individus en affectant la manière d'agir et de compréhension des individus. Cela montre aussi que l'apprentissage institutionnalisé se répercute et a un impact sur l'apprentissage individuel et de groupe. Passer de l'interprétation à l'intégration (rétroaction positive) nécessite de passer de l'apprentissage individuel à l'apprentissage entre individus ou groupes (Figure 42).

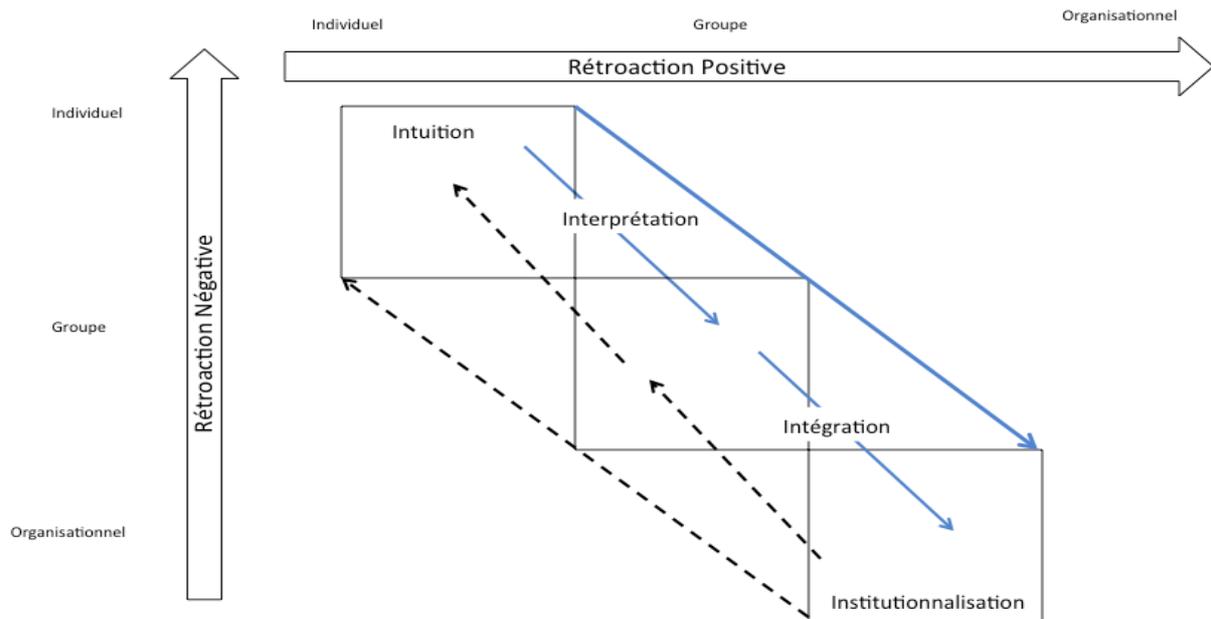


Figure 42: la rétroaction dans l'apprentissage (Crossan, Lane, White 1999)

C. L'apprentissage en gestion de crise

La gestion de crise est particulière par son environnement, son activité et surtout par l'hétérogénéité des individus en charge de cette activité. Cette hétérogénéité rend cet apprentissage difficile vu que les pratiques et les objectifs de ces individus ne sont pas les mêmes. Aussi, d'autres facteurs liés à l'être humain sont à prendre en compte comme la fatigue et le stress. Il existe un certain nombre de recherches sur l'apprentissage lié à la gestion de crise et particulièrement à l'apprentissage post-crise (Roux-Dufort 1997; 2003; Altintas, Royer 2009). La question qui se pose est pourquoi l'apprentissage post-crise et pas un autre apprentissage ?

Pendant une crise, on a tendance à découvrir des insuffisances et des dysfonctionnements. Par la suite, la tendance est de procéder à des changements d'ordre procédural ou organisationnel pour éviter que cela ne se reproduise (Meyer 1982; Morin 2014; Roux-Dufort 1997; Altintas, Royer 2009). La crise est une source d'apprentissage pour prévenir les risques et gérer au mieux la situation de crise (Ursacki - Bryant, Smart, Vertinsky 2008). Elle est en soi une expérience individuelle et organisationnelle qui génère de l'apprentissage. Elle peut donc devenir une condition favorable aux apprentissages organisationnels (Boumrar 2010). En effet, la crise peut générer des situations

imprévisibles qui créent un vide organisationnel. Ce vide peut devenir une opportunité à la création de l'apprentissage organisationnel. Aussi, le fait d'agir et de prendre des décisions durant une crise génère de l'apprentissage, ce qui fait de la crise une source d'apprentissage. La mise en oeuvre de deux niveaux d'apprentissage (simple boucle et double boucle) est pratiquée dans l'apprentissage organisationnel lié à la gestion de crise. Le premier niveau est plus une réponse opérationnelle à la crise alors que pour le second niveau c'est un changement dans la stratégie et la structure de l'organisation qui est opéré pour répondre à la crise. Pour un apprentissage efficace, Boumrar préconise un management de la crise adapté à l'instabilité de l'environnement (Boumrar 2010).

Pour d'autres chercheurs, la crise ne représente pas une source d'apprentissage puisqu'un certain nombre d'organisations ne tirent pas d'enseignements de ces situations. Pour d'autres, les changements opérés dans les organisations sont très limités. Alors que pour certaines d'entre elles, il existe carrément un frein à l'apprentissage (Smith, Elliott 2007; Elliott, Smith 2006). Ces freins sont de plusieurs formes, telles que la rigidité de direction (Lagadec 1991). Cela concerne le manque de coopération pour la collecte des informations nécessaires à la compréhension. Parfois l'obligation de réserve et la confidentialité des documents imposées par des lois ou des instructions ou carrément, des effets psychologiques de la crise sur les acteurs rendent leurs témoignages difficiles (Bourrier 2002; Roux-Dufort 2000). D'autres chercheurs par contre prônent l'inefficacité de l'apprentissage organisationnel post crise (Starbuck, Farjoun 2009).

Les acteurs chargés de la gestion de crise mettent en place des stratégies de formations pour l'apprentissage. Parmi ces stratégies, on distingue l'organisation d'exercice de simulation de crise. Il existe une littérature abondante traitant de l'organisation des exercices de simulation de crise (Gaultier-Gaillard, Persin, Vraie 2012; Lagadec 1991; Pauchant, Mitroff 1992; Borodzicz 2004). Pour ce genre d'exercice, il s'agit de mettre les principaux intéressés dans des situations déjà vécues par d'autres personnes et qui présentent de très sérieuses difficultés (Lagadec 1991). En effet, le fait d'organiser des exercices de simulation de crise aide les personnels et les organisations à mieux s'organiser. Dans ce genre de simulation, les organisations essaient d'imaginer des scénarios basés sur une ou plusieurs expériences vécues et de mettre en place des plans d'action. Le but de ce genre d'exercice est de capitaliser et mettre en valeur l'expérience ou le retour d'expérience vécus par certains d'entre eux lors d'incidents ou de crises passées.

Les résultats recueillis de ce genre d'apprentissage ne sont pas à notre sens très convaincants. En effet, on a plus tendance à voir si les acteurs appliquent les procédures connues ou apprises, s'ils ont au moment voulu pris contact avec l'organisme ou la structure qu'il faut, etc. Mais ce qui manque dans ce genre d'exercice c'est l'incertitude que véhicule la crise, le choc psychologique dû à la crise,

la pression des médias, des politiques et de la population victime, etc. en quelque sorte la réalité crue d'une situation de crise.

Dans ce genre d'apprentissage organisationnel, comme il a été vu, on a tendance à faire des corrections par rapport à une situation vécue. On analyse cette situation, on fait le point sur ce qui a marché ou pas et on met en place par la suite des directives, instructions pour corriger les insuffisances. Dans certains cas, on modifie la structure de l'organisation. On remarque que les processus qui appliquent ce type d'apprentissage sont parfois linéaires, c'est-à-dire qu'il y a une succession de tâches et d'actions à établir pour atteindre un résultat. Ils sont appliqués parfois en boucle, on refait à chaque fois les mêmes procédés ou actions jusqu'à obtention du résultat voulu. Mais les questions qui se posent sont ce que ce genre de correction peut améliorer la gestion de crise ? Est-ce que les insuffisances relevées lors de cette situation de crise deviendront des points faibles pour une autre situation de crise ? N'existe-t-il pas d'autres types et formes d'apprentissage organisationnel pour la crise ? Est-ce que le fait d'organiser des exercices de simulation va améliorer la gestion de crise ? Est-ce qu'il n'existe que des apprentissages linéaires ou en boucle ?

Certains acteurs ont tendance maintenant à utiliser des moyens techniques et outils informatiques pour ce genre d'apprentissage (logiciels, tableaux interactifs, ordinateurs, tablettes, etc.). D'autres utilisent les jeux sérieux ou la réalité virtuelle. Ces modes d'apprentissages tendent à se généraliser dans les grandes structures chargées de la gestion de crise comme les services de police, les pompiers, etc. Mais malgré leurs avancées techniques, la majorité d'entre eux repose sur un scénario avec un début et une fin et un tracé plus au moins linéaire.

D. Le concept du rhizome

Le concept du rhizome a été élaboré par Gilles Deleuze (1925-1995) et Félix Guattari (1930-1992). Il est inspiré de la plante. Cette dernière a pour particularité d'être une tige souterraine qui se ramifie et se propage d'une manière verticale. Elle a des formes particulières (Deleuze, Guattari 2013). Ce traité de philosophie peut être lu comme un texte de stratégie militaire, d'économie, d'histoire, de géopolitique, de géographie, de zoologie et d'éthologie (Antonioli 2009). Ce concept nous inspire pour une nouvelle approche sur l'apprentissage, basée sur l'exploration, liée à la gestion de crise.

Dans leur livre, les deux philosophes ont donné des caractéristiques pour distinguer le rhizome :

- 1° et 2° Principes de connexion et d'hétérogénéité : N'importe quel point d'un rhizome peut être connecté avec n'importe quel autre, et doit l'être.
- 3° Principe de multiplicité : Le multiple est considéré comme un substantif. C'est une multiplicité qui n'a aucun rapport avec l'un comme sujet ou comme objet, comme réalité naturelle ou spirituelle, comme image et monde.

4° Principe de rupture asignifiante : Un rhizome peut être rompu, brisé en un endroit quelconque, il reprend suivant telle ou telle de ses lignes et suivant d'autres lignes.

5° et 6° Principe de cartographie et de décalcomanie : un rhizome n'est justiciable d'aucun modèle structural ou génératif. [...] Carte et non pas calque. La carte ne reproduit pas un inconscient fermé sur lui-même, elle le construit. La carte est ouverte, elle est connectable dans toutes ses dimensions, démontable, renversable, susceptible de recevoir constamment des modifications. [...] Le rhizome se rapporte à une carte qui doit être produite, construite, toujours démontable, connectable, renversable, modifiable, à entrées et sorties multiples, avec ses lignes de fuite.

Pour ces derniers tout objet ou concept qui ne répond pas ces principes n'est pas considéré comme un rhizome.

Partant de ces six principes on peut annoncer que le rhizome peut se connecter avec d'autres rhizomes comme il peut le faire avec des éléments hétérogènes. Cette connexion n'a pas de limite et n'a pas forcément un point bien précis de connexion. Il se multiplie, mais sans avoir besoin d'une unité de mesure et d'un objet de référence. Il peut être coupé à n'importe quel endroit, mais il arrive à se reconstituer. Et enfin il ne peut être associé à un modèle, il se construit de lui-même. Il ne se reproduit pas par rapport à lui-même ou par rapport à un modèle. Chaque reproduction à son propre modèle et sa propre construction c'est une auto construction.

Cette philosophie du concept du rhizome s'adapte à la théorie du chaos, qu'on avait abordé au chapitre 1. En effet, le 1° et 2° principe répondent clairement au principe de la dépendance sensible aux conditions initiales. Ils mettent en évidence la prise en compte de tous les facteurs qui caractérisent un système (ou phénomène) et ce quelles que soient leurs origines. La multiplication du 3° principe correspond à la bifurcation de la théorie du chaos. Le 4° principe correspond à l'attracteur de Lorenz, il y a présence d'un désordre dans l'ordre, et ce dans un espace bien défini. Alors que, les 5° et 6° principes correspondent à la dimension fractale avec la possibilité d'avoir des visions et dimensions différentes. En effet, la reproduction des modèles ou des cartes permet d'avoir des cartes différentes avec des visions différentes. Partant de ce constat, on peut annoncer que le concept du rhizome répond clairement à la théorie du chaos qui s'intéresse aux situations incertaines.

Nous privilégions dans notre étude, le modèle d'apprentissage de Kolb auquel on rajoute la notion d'exploration rhizomique, où aucun scénario n'est prédéfini. Il est clair que l'usage de ce modèle d'apprentissage va générer un certain nombre de dissonances. Ces dernières sont d'ordre cognitif et organisationnel. (Vanderhaegen 2018) a défini la dissonance cognitive comme étant le conflit entre des connaissances ou éléments de connaissance et la dissonance organisationnelle ou collective est la

divergence de connaissance entre plusieurs individus. Pour rejeter ou accepter ce type de dissonance, il propose une stratégie associée à ces dissonances d'usage (Vanderhaegen 2018). Cette stratégie permet entre autres de :

- L'indifférence face à la dissonance ;
- La valorisation des opportunités liées à la dissonance ;
- La dévalorisation des menaces liées à la dissonance ;
- La reconnaissance des menaces liées à la dissonance.

Pour l'instant notre étude ne s'est pas intéressée à ses dissonances ni à leurs impacts. Nous considérons que nous sommes plus face au problème d'équifinalité tel que défini par Bertalanffy « Le même état final peut être atteint à partir d'états initiaux différents, par des itinéraires différents » (Von Bertalanffy, Chabrol, László, Paulre 1973). En effet, l'exploration rhizomique que nous avons choisie comme modèle nous permet d'avoir un certain nombre de possibilités, du fait qu'un certain nombre de facteurs en sont la cause. Mais, si nous prenons le problème inverse, il est difficile de le faire tout en sachant qu'on est dans une situation chaotique.

Chapitre 12 : Génération de situation de crise

A. Choix du modèle mathématique.

Pour faire un choix qui répond à notre étude, nous nous sommes penchés sur les lectures relatives aux outils utilisés dans le diagnostic et le pronostic qui permettent de définir des outils d'exploration de l'incertain. Nous avons recensé, entre autres, les réseaux de Petri, les réseaux de neurones, les réseaux neuro-flous et la logique floue. Pour cette thèse, nous avons considéré que le modèle la logique floue. Ce choix est motivé par le fait ce modèle pourrait répondre à nos besoins.

Il est à signaler que d'autres modèles mathématiques comme les réseaux bayésiens ou les modèles de Markov sont utilisés eux aussi dans l'exploration de l'incertain, leur nature probabiliste posant problème quant au facteur humain. C'est en ce sens que ces derniers n'ont pas été pris en compte.

1) Les réseaux de Petri

Les réseaux de Petri sont un outil mathématique. Ils sont apparus, pour la première fois en 1962 dans la thèse de Carl Adam Petri (Petri 1966). C'est un outil graphique adapté à un grand nombre d'applications où les notions d'événements et d'évolutions simultanées sont importantes. Ce graphe lorsqu'il est de taille raisonnable permet une description de certains mécanismes de synchronisation (Valette 2000). Les réseaux de Petri ont été utilisés dans un premier temps comme modèles générateurs. Ils permettent la réalisation de simulations ainsi que la détection dans une optique d'utilisation en diagnostic de systèmes. Les approches en logique classique ou linéaire utilisent, elle aussi les réseaux de Petri (Valette, Künzle, Automatique 1994). Ces approches peuvent être considérées comme un système de représentation de connaissance basé sur la déduction (condition=>action).

2) Les réseaux de neurones.

C'est des outils capables d'effectuer des opérations de perception, classification et prédiction. Ils sont apparus suite aux travaux effectués par deux neurologues Warren McCulloch et Walter Pitts à la fin des années 1950 (Lettvin, Maturana, McCulloch, Pitts 1959). Leur fonctionnement est basé sur les principes de fonctionnement des neurones biologiques. Ils permettent l'apprentissage et la généralisation des connaissances à des entrées inconnues. L'apprentissage permet de configurer le poids synaptique ainsi que les fonctions d'activation pour adopter un comportement désiré. Il existe deux types d'apprentissages :

- L'apprentissage supervisé : Permet de déterminer les poids synaptiques à partir d'exemples étiquetés auxquels un expert a associé des réponses du réseau. Les paramètres du réseau sont donc modifiés de manière à minimiser l'erreur entre la sortie cible (fournie par l'expert) et la sortie réelle du réseau.
- L'apprentissage non supervisé : Les données fournies en entrée ne contiennent pas d'information sur la sortie désirée. L'apprentissage est réalisé à l'aide de règles qui

modifient les paramètres du réseau en fonction des exemples fournis en entrée.

3) Les réseaux neuro-flous.

C'est l'association des réseaux de neurones et la logique floue. La principale propriété est de traiter les connaissances symboliques et numériques d'un système à l'aide d'un même outil (Uppal, Patton, Palade 2002). Ils permettent d'exploiter les capacités d'apprentissage des réseaux de neurones et les capacités de raisonnement de la logique floue. Il existe différentes combinaisons :

- Réseau flou neuronal.
- Système neuronal/flou simultanément.
- Modèles neuro-flous coopératifs.
- Modèles neuro-flous hybrides.

4) La logique floue.

Elle est proposée par Zadeh (Zadeh 1965). C'est une théorie mathématique rigoureuse, basée sur le raisonnement intuitif et prend en compte la subjectivité et l'imprécision. Elle permet de représenter les valeurs non mesurables et les termes du langage humain. De ce fait si une donnée n'est pas connue d'une manière précise, elle peut être exprimée sur un intervalle de valeurs possibles. Son objectif est de construire un système formel lui permettant de faire un raisonnement qualitatif (Rosental 2004). Un nombre considérable de recherches se sont intéressées à la théorie de la logique floue et l'ont appliquée à différents domaines (Godjevac 1999).

Elle est utilisée dans des domaines comme la reconnaissance de formes, la robotique, la biologie, l'économie, la médecine, l'écologie, etc. La logique floue est considérée comme un cadre dans lequel on peut traiter des imprévisions et des incertitudes. Elle autorise également le traitement de certaines incomplétudes. De même, elle permet de traiter des connaissances numériques et des connaissances exprimées symboliquement par des qualifications du langage naturel (Bouchon-Meunier 2007; Bouchon-Meunier, Zadeh 1995). Les applications de la logique floue sont extrêmement nombreuses et variées. Les plus remarquées sont la commande floue, les systèmes experts flous, le raisonnement à partir de cas.

Nous avons élaboré suite à cela, un tableau récapitulatif (Tableau 5) montrant les avantages et inconvénients de chaque modèle mathématique par rapport à notre étude. Il est à signaler que cette comparaison concerne des modèles de natures différentes.

Outil	Avantages	Inconvénient
Réseau de Pétri	<ul style="list-style-type: none"> - outil mathématique et graphique adapté à un grand nombre d'applications - ils permettent la réalisation de simulation et la détection dans une optique d'utilisation en diagnostic de systèmes - Le raisonnement de type chaînage permet de réaliser une réelle recherche de causes 	<ul style="list-style-type: none"> - les contraintes liées à une application réelle ne sont pas prises en compte et la validité du diagnostic n'est pas évaluée. - l'approche pour le diagnostic est déterministe et parfois probabiliste
Réseaux de Neurones	<ul style="list-style-type: none"> - la capacité d'apprentissage et la généralisation des connaissances à des entrées inconnues. - l'apprentissage supervisé : Permet de déterminer les poids synaptiques à partir d'exemples étiquetés auxquels un expert a associé des réponses du réseau - L'apprentissage non supervisé : Les données fournies en entrée ne contiennent pas d'information sur la sortie désirée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige un temps long pendant la phase d'apprentissage.
Logique Floue	<ul style="list-style-type: none"> - Elle permet de formaliser la représentation et le traitement de connaissances imprécises ou approximatives. - Elle offre la possibilité de traiter des systèmes d'une grande complexité dans lesquels sont, par exemple, présents des facteurs humains. - Elle intervient dans la manipulation de connaissances imparfaites. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne peut pas localiser ou identifier les causes d'un défaut dans les systèmes industriels.
Réseaux neuro-flous	<ul style="list-style-type: none"> - Traiter les connaissances symboliques et numériques d'un système à l'aide d'un même outil 	<ul style="list-style-type: none"> - L'implantation dépend des connaissances sur le système et des données empiriques.

Tableau 5: récapitulatifs des modèles mathématiques

Après avoir étudié et analysé les avantages et inconvénients de chaque modèle, nous avons remarqué que la logique floue permet de représenter, de traiter et de manipuler des connaissances humaines imprécises ou approximatives. En effet, cette dernière permet de déterminer un certain nombre de valeurs de vérité sur un espace défini ce qui est contraire à l'algèbre de Boole où on se contentait d'avoir que deux valeurs de vérité (vrai et faux). Dans notre étude nous avons pris en compte certain qualificatif comme probablement, diminuer, stabiliser et augmenter (cf. chapitre 9). Ces qualificatifs reflètent des représentations faites par l'être humain, mais sont approximatifs. C'est cette imprécision ou approximation des valeurs de vérité qui nous ont conduits à porter notre choix sur la logique floue. Il est à signaler que d'autres modèles existent comme les modèles de Markov et les réseaux bayesiens, mais ils n'ont pas été étudiés et pris en compte dans notre thèse.

B. La Théorie de la logique floue.

1) Définitions et notions

Le principe de cette théorie a été établi par (Zadeh 1965) et ces fondements reposent sur les ensembles flous. Zadeh a défini un ensemble flou comme suit :

Soit X un espace de points, avec un élément générique X noté x . Ainsi

$$X = \{x\}.$$

Un ensemble flou A dans X est caractérisé par une fonction d'appartenance f_A qui associe à chaque point de X un nombre réel dans l'intervalle $[0,1]$, la valeur de $f_A(x)$ en x représentant le « degré d'appartenance » de x sur A . Plus la valeur de $f_A(x)$ est proche de l'unité, plus le degré d'appartenance de x sur A « est élevé ».

Nous n'allons pour notre étude, prendre en compte que les concepts nécessaires à notre approche.

2) Logique multivalente ou n-aire

La logique classique est caractérisée par deux valeurs de vérité (vrai, faux). Ces deux valeurs sont insuffisantes, voire inappropriées, pour avoir la représentation et le traitement des connaissances vagues et incertaines. Pour ce genre de représentation, la logique multivalente ou *n-aire* constitue une alternative. C'est une généralisation de la logique bivalente ou binaire. Les valeurs de vérité dont le nombre est supérieur à deux sont des éléments de l'intervalle $[0,1]$. On parle de logique ternaire pour $n = 3$ ou de logique endécadaire pour $n = 11$. Il existe plusieurs logiques multivalentes

Exemple :

$$N = 2 \Rightarrow \text{logique binaire : } T_2 = \{0,1\}.$$

$$N = 4 \Rightarrow \text{Logique quaternaire : } T_4 = \left\{0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1\right\}.$$

$$N = 11 \Rightarrow \text{Logique endécadaire : } T_{11} = \left\{0, \frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \frac{4}{10}, \frac{5}{10}, \frac{6}{10}, \frac{7}{10}, \frac{8}{10}, \frac{9}{10}, 1\right\}$$

3) Quantificateurs flous

La logique floue introduit des quantificateurs qui servent à décrire des situations intermédiaires entre les quantificateurs universels \forall et \exists . Selon Zadeh « un quantificateur est perçu comme une proposition vague » (Zadeh 1965). Ces quantificateurs universels sont des éléments vagues et sont plus conformes aux énoncés généraux du langage naturel. La logique floue permet d'intégrer entre ces deux quantificateurs universels des quantificateurs intermédiaires. Ils sont modélisés par un ensemble flou de référentiels $[0,1]$. Ces éléments sont appelés quantificateurs flous. Ils décrivent un nombre de cas ou une proportion de cas (Bouchon-Meunier, Zadeh 1995). Ces quantificateurs flous sont de la forme « rarement », « dans la plupart des cas », « quelques jours », « probablement », « égal », etc.

4) Les modificateurs linguistiques

Les modificateurs linguistiques fournissent de nouvelles propriétés imprécises à partir de propriétés de base, elles-mêmes imprécises (el Sayed 2001). Il existe un ensemble d'adverbes d'utilisation

courante qui du fait de leurs actions permettent d'atténuer ou d'amplifier la signification initiale d'un certain nombre d'attributs tels que : très, plus au moins, légèrement. Ces attributs peuvent être considérés comme des opérations effectuées sur les fonctions d'appartenance de telle façon que les valeurs initiales (degrés d'appartenances) soient compatibles avec les valeurs modifiées, en accord avec le but recherché par cette opération de modification (amplification ou atténuation).

Les degrés d'appartenance sont des mesures d'incertitude, mais avec des objectifs différents. Ils sont dans l'intervalle $[0,1]$ (Tong-Tong 1995). La fonction d'appartenance pour un ensemble flou est ce qui est appelé fonction caractéristique pour un sous-ensemble ordinaire.

On suppose que B est une caractéristique floue dérivée d'une autre caractéristique floue A par le modificateur m . On écrit alors :

$$B = m(A) \text{ ou pour simplifier } \mu_B(x) = m(\mu_A(x)).$$

Selon la finesse souhaitée, il est possible de modifier certains termes pour les variables linguistiques. C'est-à-dire que les valeurs d'une variable linguistique telles que les termes A peuvent apparaître sous une forme directe et/ou sous une ou plusieurs formes modifiées.

$$(A, m_1(A), m_2(A), \dots, m_n(A)), \text{ ou } m_1, m_2, \dots, m_n \text{ sont les modificateurs utilisés.}$$

Si nous prenons pour exemple le mot malade, nous pouvons avoir les termes très malade, peu malade, non malade comme des termes modifiés du terme malade.

5) Décision multi-objectifs

Souvent, les décisions doivent être prises dans un environnement où plusieurs objectifs affectent le problème et où la valeur de chacun de ces objectifs est différente (Ross 2009). Cela implique la sélection d'un ensemble de critères ou objectifs, r , qui sont importants pour le décideur. Il faut donc définir :

Un ensemble O de r objectifs : $O = \{O_1, O_2, \dots, O_r\}$.

L'objectif est d'avoir une fonction D qui réponde simultanément à tous les objectifs voulus O_r . Cette fonction D est donnée par l'intersection de tous les ensembles objectifs. On aura :

$$D = O_1 \cap O_2 \cap \dots \cap O_n$$

Après avoir montré les différentes définitions des ensembles flous nécessaires à notre étude ainsi que la notion de décision multi-objectifs, il est clair que l'avantage de la théorie floue est d'utiliser des valeurs linguistiques et de donner à ces valeurs un sens mathématique. La principale caractéristique de cette théorie est la quantification de l'incertitude. Il est à préciser que pour nous, il est question d'utiliser des instances flous et non pas des variables flous. Ces instances ont la particularité de ne pas

être ordonnées mais elles dépendent plus des règles floues mises en place dans cette étude par le modélisateur. Aussi, notre approche n'est pas quantitative mais plutôt qualitative c'est pourquoi les opérations de fuzzification et défuzzification n'ont pas lieu d'être. Dans cette étude, l'une de nos préoccupations principales est de savoir comment interpréter l'impact du stress en situation de crise en simulant le mieux possible un raisonnement incertain. La méthode préférée, à notre sens, consiste à utiliser le langage naturel, c'est le plus complet et le plus simple à manipuler. Nous exploitons donc cette théorie dans notre Générateur de situations de crise « Noé ».

Chapitre 13 : NOE Générateur de situations de crise, principe et fonctionnement

A. Les principes

Notre étude a pour objectif de trouver un moyen pour aider les acteurs chargés de la gestion de crise à mieux gérer ce genre de situation. Nous savons qu'une situation de crise est un système complexe composé de sous-systèmes qui interagissent entre eux. Ce système évolue dans le temps et peut dégénérer ou s'atténuer par la rétroaction (systémique). Notre intérêt dans cette étude se porte à la fois sur la rétroaction positive qui donne naissance à de nouvelles situations, et sur la rétroaction négative qui sert plutôt à l'équilibre ou à la correction du système. C'est en ce sens que nous considérons les deux boucles comme étant la source d'un certain équilibre voulu ou souhaité durant la situation de crise. La situation de crise est unique et elle ne se reproduit pas. Elle génère son lot d'incertitudes et de stress. Ces incertitudes sont présentes tout le long de la crise par l'apparition de nouvelles situations incertaines. Elles sont le fruit de facteurs différents. Certains sont maîtrisables alors que d'autres relèvent d'une conjonction de phénomènes et d'actions ou de faits non maîtrisables. C'est ce qui a été abordé et analysé dans les parties 1 et 2. Nous pouvons annoncer alors, que la situation de crise est une situation incertaine. Elle présente des dépendances aux conditions initiales, et elle peut présenter plusieurs visions. Ce genre de situation peut aussi bifurquer en d'autres situations quand elle arrive à un point critique (cf. : La théorie du Chaos). Aussi, des mesures qualificatives d'ordre sémantique peuvent être associées à ce genre de situation (cf.: Théorie des catastrophes). Un système d'apprentissage illustrant le rhizome d'une part et permettant de considérer la boucle de rétroaction d'autre part peut être un support à ce type d'apprentissage. De même, la visualisation des conséquences de comportements inappropriés permet d'amorcer un apprentissage causal impliquant aussi bien le formateur que l'apprenant. Cette méthode d'apprentissage avait fait l'objet d'études auparavant (Bovet, Parrat-Dayan, Vonèche 1987)

Ce modèle se démarque des autres par son aspect dynamique dans lequel on introduit l'incertitude liée à l'impact du stress sur les activités collaboratives des acteurs en charge de la gestion de crise. Aussi, par les possibilités offertes, lors la génération de situations, par l'exploration pour l'apprenant et le formateur. Dans ce présent concept, nous ne sommes pas dans le cadre classique, qui consiste à corriger ce qui avait été fait dans une crise vécue auparavant, il existe des outils et simulateurs pour cela. Mais, Il est plus question pour nous de faire apprendre aux acteurs la manière d'agir dans des situations de crise et particulièrement les initier à mieux utiliser les activités collaboratives, nerf de la gestion de crise. Mais quel outil peut nous permettre d'avoir cette dynamique, de prendre en compte des données qualitatives et les traiter ? De prendre en compte les changements de variables qualitatives pour la prise de décision ? Nous allons vous présenter dans ce qui suit l'architecture de « NOÉ ».

B. Architecture de « NOÉ » générateur de situations de crise incertaine

Nous présentons tout d'abord l'architecture du générateur de situation de crise dénommé NOÉ. Ce générateur est conçu comme il a été annoncé pour l'apprentissage et particulièrement l'apprentissage par l'exploration. Il est basé sur le retour d'expérience et utilise la logique floue. L'impact du stress dans cette étude n'est qu'un exemple d'application de NOÉ. En effet, ce dernier peut être appliqué à d'autres critères. C'est ce que nous verrons dans notre conclusion. Ce générateur demande la présence d'un formateur et de un ou plusieurs apprenants (Figure 43). Le générateur NOÉ est donc formé de :

1) Concept « État » nommé S

Ce concept est composé d'un certain nombre d'éléments extrait de notre ontologie. A savoir :

- « Personne » : représente les différents acteurs présents dans la situation de crise qu'il s'agisse des forces de l'ordre, des personnels chargés de secours, des membres des organisations non gouvernementales, des victimes de la crise, des assaillants quant il s'agit de manifestation ou d'actes criminels ou terroristes.
- « Ressource » : il s'agit de toutes les ressources dont une situation de crise peut en avoir besoin. Il s'agit entre autres de ressources liées à l'hébergement, la restauration, les moyens de communication, les moyens de transport, les moyens techniques ainsi que les matériels et moyens médicaux.
- « Environnement » : il s'agit de prendre en compte l'environnement propre à la situation de crise. Dans notre cas nous avons pris en compte les aspects liés à la météo, ceux liés à la géographie du terrain ainsi que les différentes infrastructures pouvant exister dans la zone impactée par la crise ou ses abords.
- « Organisation » : C'est toutes les organisations qui peuvent avoir un lien direct ou indirect avec la situation de crise. Pour notre étude elles sont de deux types. Les organisations dites de type militaires comme les pompiers et les forces de l'ordre et qui sont dans la majorité du temps sous l'autorité d'un seul commandement. Le second type est dit civil et qui regroupe aussi bien les administrations gouvernementales, territoriales et les différentes organisations liées à la gestion de crise.

Il est à signaler que la liste des éléments décrite n'est pas exhaustive, elle peut être étendue selon le besoin de la situation de crise.

2) Le concept « Évènement » nommé E

Ce concept est lui aussi extrait de notre ontologie, il est composé de « Acteurs » et « Comportement ». Dans ce concept l'utilisateur choisit un acteur parmi ceux existant dans le scénario et en se référant à notre ontologie. Aussi, il choisit « action », qui peut être définie préalablement ou doit être créée. Seulement, elle doit avoir un sens par rapport aux différents comportements existant dans notre ontologie.

3) Le concept « Influence » nommé G

Pour notre étude, et pour plus de commodité, nous avons pris en compte que quatre types d'influences, à savoir :

- Augmenté : il s'agit d'une variation positive par rapport à un référentiel défini. Cette variation concerne tous les objets mesurables qualitativement.
- Diminué : il s'agit d'une variation négative par rapport à un référentiel défini. Comme pour la précédente influence, cette variation concerne tous les objets mesurables qualitativement.
- Stabilité : il s'agit du cas où aucun changement n'est observé sur l'objet à mesurer. Cette mesure elle aussi qualitative.
- Probablement. Cette influence est utilisée lorsque des doutes apparaissent quant à la valeur que peut prendre un paramètre dans une situation. Cette influence vague prend la valeur des trois influences citées précédemment. Ainsi à chaque fois que nous retrouvons cette valeur, cela voudra dire pour nous que l'objet à mesurer ou possédant cette influence prend la valeur de l'influence augmentée, diminuée et stabilité. Dans ce sens ces trois influences doivent être prises en compte.

Dans cette étude les mesures quantitatives n'ont pas été prises en compte, mais elles pourraient être ajoutées en nous basant sur le retour d'expérience. Ce qui permet d'éliminer le facteur combinatoire de la génération de situations avec la logique floue.

4) Le concept « Temps » nommé T

La notion de temps est un chronomètre qui se déclenche dès que « Evènement_t » arrive sur NOÉ. Elle considère que l'état initial est à $t = 0$.

5) La situation de crise O

La situation de crise dénommée O générée par NOÉ est une fonction comprenant ces quatre composants :

$$O = f(S, E, T, G)$$

La situation de crise souhaitée ou préférée est dénommée D et est l'intersection de toutes les situations O_0 à O_n déjà générées. Elle correspond à un ensemble de situations que le formateur visualisera à l'issue de la simulation pour analyser les activités des apprenants face aux différentes

situations auxquelles ils étaient soumis ou lorsqu'il a le sentiment que le processus choisi n'est pas compatible avec son objectif et qu'il doit reprendre son processus à partir d'un état choisi. Elle est en quelque sorte le recueil des différentes activités que NOÉ a subies, et en même temps, elle permet au formateur d'évaluer les apprenants par rapport à une ou plusieurs attitudes souhaitées ou définies soit préalablement ou après la formation

$$D = O_1 \cap O_2 \cap \dots \cap O_n$$

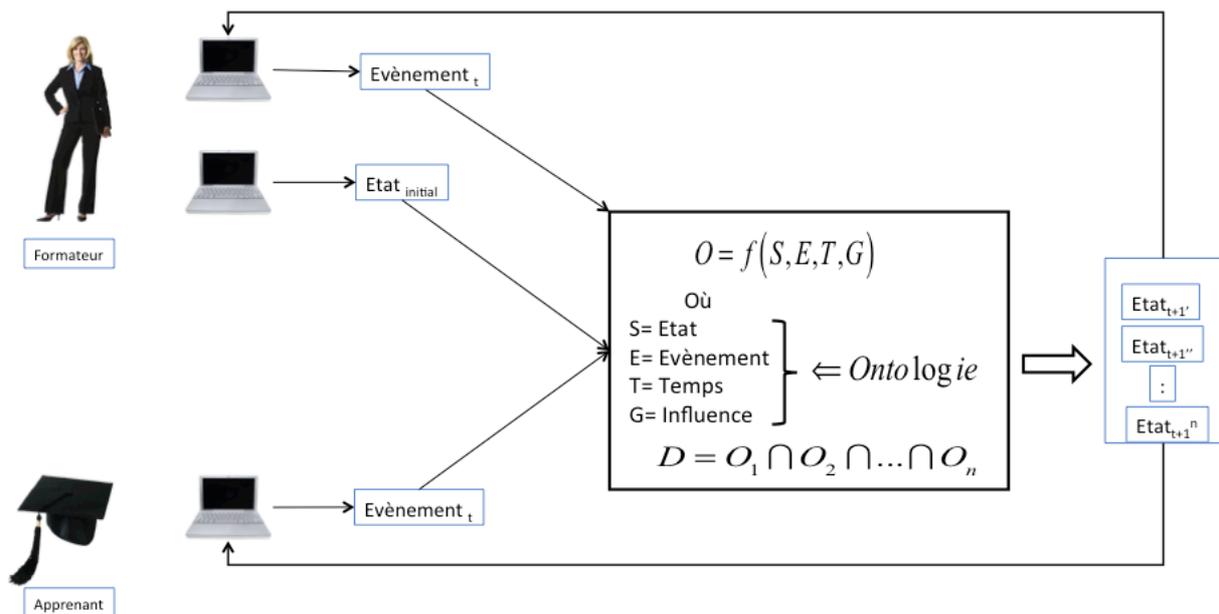


Figure 43 : NOÉ générateur de situations de crise incertaines

C. Concepts de NOÉ

Ce générateur est basé sur un certain nombre de concepts que nous allons énumérer :

- le concept de représentation de situation. il considère une crise comme étant une suite de situations caractérisées par l'incertitude. La situation est un système complexe dynamique où à l'intérieur plusieurs sous-systèmes cohabitent. Elle forme un couple « Evènement/État » où État est un système complexe et Evènement représente l'évolution qui déclenche l'apparition d'un autre État.
- L'utilisation des quantificateurs flous et des modificateurs linguistiques de la logique floue, pour utiliser les expressions linguistiques naturelles. Elle utilise le concept de décision multi-objectif que la logique floue permet de reproduire.
- L'utilisation de l'ontologie d'application déjà élaborée sur la base du retour d'expérience (REX). Cette ontologie prend en compte les objets et les constructions mentales. Plus particulièrement, elle met en évidence la représentation du comportement correspondant à l'impact du stress lors de l'activité collaborative (communication, coordination et coopération) et les influences. Ces dernières sont des mesures qualitatives nécessaires à la dynamique du raisonnement humain.

Le Générateur NOÉ doit répondre au principe d'apprentissage par l'exploration de situations.

Nous allons vous montrer dans cette partie, l'algorithme ainsi que le mode de fonctionnement de NOÉ.

D. Algorithme de NOÉ

L'algorithme de NOÉ est de la forme :

Début

```
i ← 0 ; // initialisation de i
t ← 0 ; // initialisation de t
j ← 0 ; // initialisation de j
S(i) ← requête(ResOnt _ Stress) ;
Ej ← requête(ResOnt _ Stress – Acteurs, ResOnt _ Stress – Comportement) ;
G ← requête(ResOnt _ Stress – Influence) ; // les influences représentent les
    quantificateurs flous
O ← f(Si, Ej, t, G) ; // première génération
Sauvegarder(O) ;
Répéter // répéter la génération
    O ← f(Si, Ej, t, G) ;
    i ← i + 1 ; incrémenter le compteur i
    Sauvegarder(O) ;
    S(i) ← choisir(O) ; // choisir une situation
jusqu'à (S(i) = = S(i-1)) ; comparer l'état actuel avec l'état précédent
Afficher(S) ;
```

Fin

E. Principe de Fonctionnement de NOÉ

Ce générateur est conçu comme déjà indiqué pour l'apprentissage. Il est basé sur le retour d'expérience et utilise la logique floue. L'impact du stress dans cette étude n'est qu'un exemple d'application de NOÉ. Ce générateur demande la présence d'un formateur et d'un ou plusieurs apprenants. Nous allons par la suite voir comment se déroule cet algorithme (Figure 44 et Figure 46).

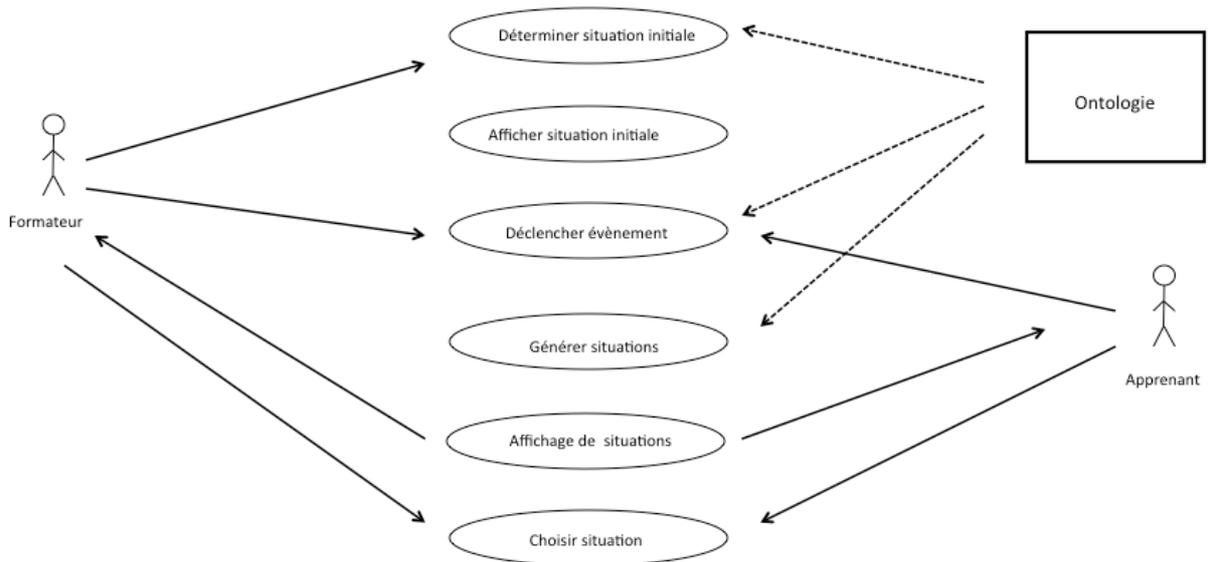


Figure 44: cas d'utilisation de NOÉ

1. En premier lieu, le formateur définit les paramètres de la situation de crise initiale appelé « Etat initial S_0 », à partir de l'ontologie ResOnt_Stress. Ces paramètres sont complétés par des descriptions tirées du contexte de la situation réelle ou imaginaire à vouloir simuler. Le tout est intégré dans NOÉ
2. Le formateur choisit un paramètre de « Comportement » et un autre de « Acteur » à partir de l'ontologie ResOnt_Stress pour définir « Evènement t ». Il transmet le tout à NOÉ.
3. NOE :
 - a. Initialiser le compteur i
 - b. Initialiser le temps t
 - c. Initialiser le compteur j
 - d. Faire appel à l'état initial S_0 défini précédemment
 - e. Faire appel à l'évènement défini précédemment
 - f. Démarrer le chronomètre t
 - g. Faire appel au quantificateur flou (influence) à partir de l'ontologie « ResOnt_Stress-influence »
 - h. Générer les états dans la fonction O
 - i. Sauvegarder la fonction O
 - j. Répéter la génération
 - k. Incrémenter le compteur de i
 - l. Sauvegarder la fonction O
 - m. Choisir une situation de $S_{(i)}$
 - n. Jusqu' à $S_{(i)} = S_{(i-1)}$
 - o. Afficher états (S)

4. L'apprenant ou le formateur définit un nouvel Evénement_{t_j+2} en choisissant un paramètre de « Acteur » et de « Comportement » et le transmet à NOÉ. Ce processus se fait jusqu'à ce que le formateur décide de l'arrêter.
5. Si le formateur ou l'apprenant décide de reprendre le processus à partir d'une situation donnée (Figure 45)
 - a. L'apprenant ou le formateur affiche les situations passées
 - b. L'apprenant ou le formateur choisit une situation passées n-1
 - c. L'apprenant ou le formateur choisit un événement
 - d. L'apprenant ou le formateur demande à NOÉ de générer de situations

Fin de si

Ce qui permet d'illustrer la rétroaction négative.

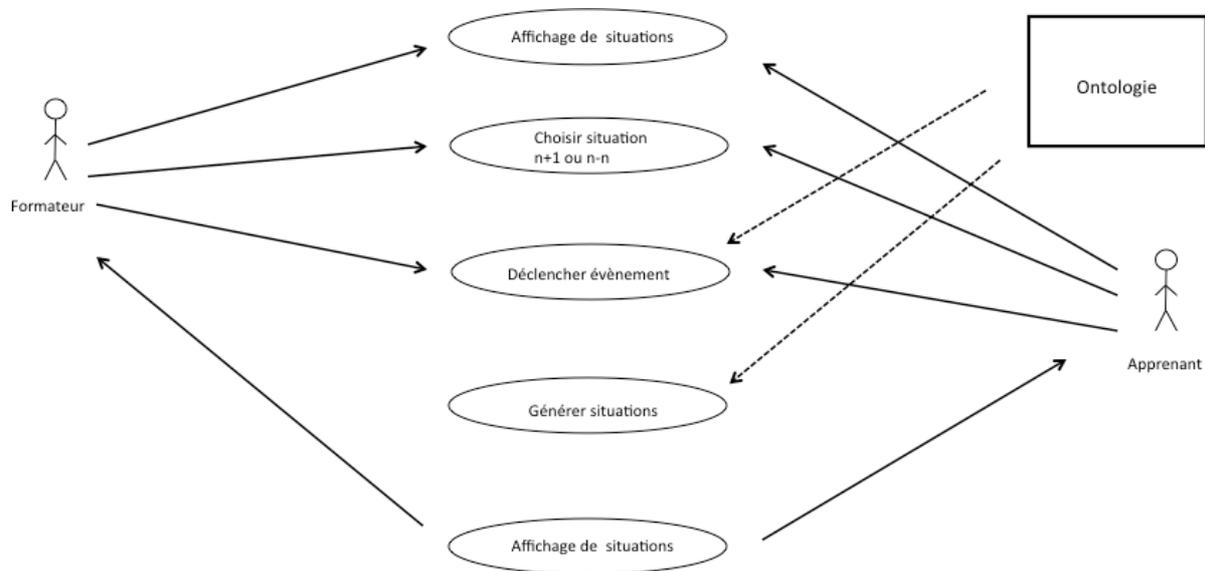


Figure 45 : cas rétroaction négative

Il est à noter que NOÉ crée autant d'états que cela est possible. Il combine les influences que peuvent avoir les paramètres de l'état déjà défini pour donner naissance à de nouveaux états. Ces derniers sont par la suite affichés soit au formateur soit à l'apprenant. Cela permet au formateur d'accompagner l'apprenant, même si les interprétations des évènements sont différentes, et de participer en ajoutant des évènements ou des états.

Quand le formateur et l'apprenant ont le sentiment que le circuit suivi ne répond pas à leurs souhaits ou volontés, ils arrêtent le déroulement de NOÉ. Ils font appel à la sauvegarde des situations pour visualiser l'état par lequel ils doivent reprendre et déclenchent un nouvel événement soit pour réajuster cette démarche soit pour voir les autres possibilités offertes. Cette démarche dite Uchronie (Laurent, Szilas, Lourdeaux, Bouchardon 2016), permet à l'utilisateur de revenir en arrière dans un scénario pour changer la suite de ce même scénario en lui proposant plusieurs alternatives pour progresser

comme le fait NOÉ. Et dans ce cas les différents utilisateurs utilisent la rétroaction comme nous l'avons défini auparavant.

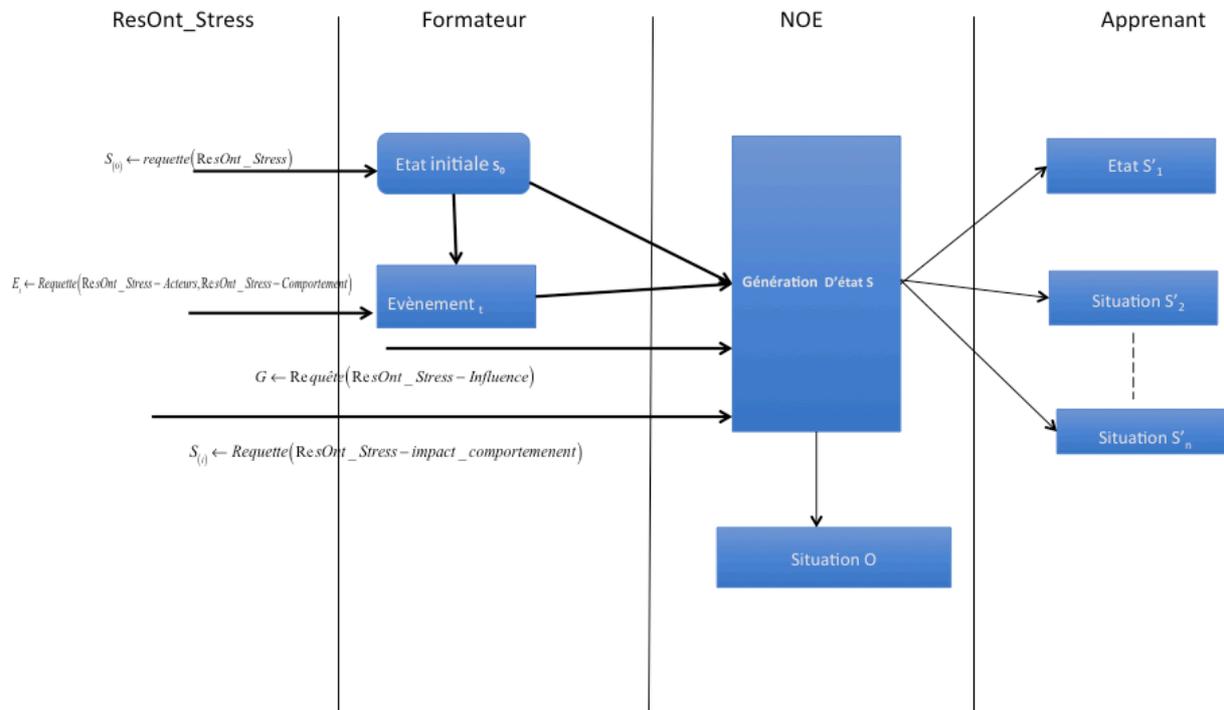


Figure 46 : Diagramme de séquence de NOÉ

F. Première implémentation de NOÉ

Pour montrer la faisabilité de NOÉ, nous avons développé une première version du générateur. Cette dernière est à parfaire. Nous allons donc vous présenter certaines fonctionnalités. Ce générateur comprend deux interfaces différentes l'une pour le formateur (Figure 47) l'autre pour l'apprenant (Figure 48).

NOÉ		Component	Initial State	Event	Expertise	Generation														
Values:																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">State 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Actors : military Tactic Responsible</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Place : The crisis place</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Means : Transport</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Dats: Data 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> Weather : rain Victims : injured </td> </tr> <tr> <td>Edit</td> <td>Delete</td> </tr> </tbody> </table>		State 1		Actors : military Tactic Responsible		Place : The crisis place		Means : Transport		Dats: Data 1		<ul style="list-style-type: none"> Weather : rain Victims : injured 		Edit	Delete					
State 1																				
Actors : military Tactic Responsible																				
Place : The crisis place																				
Means : Transport																				
Dats: Data 1																				
<ul style="list-style-type: none"> Weather : rain Victims : injured 																				
Edit	Delete																			

Figure 47 : interface pour le formateur

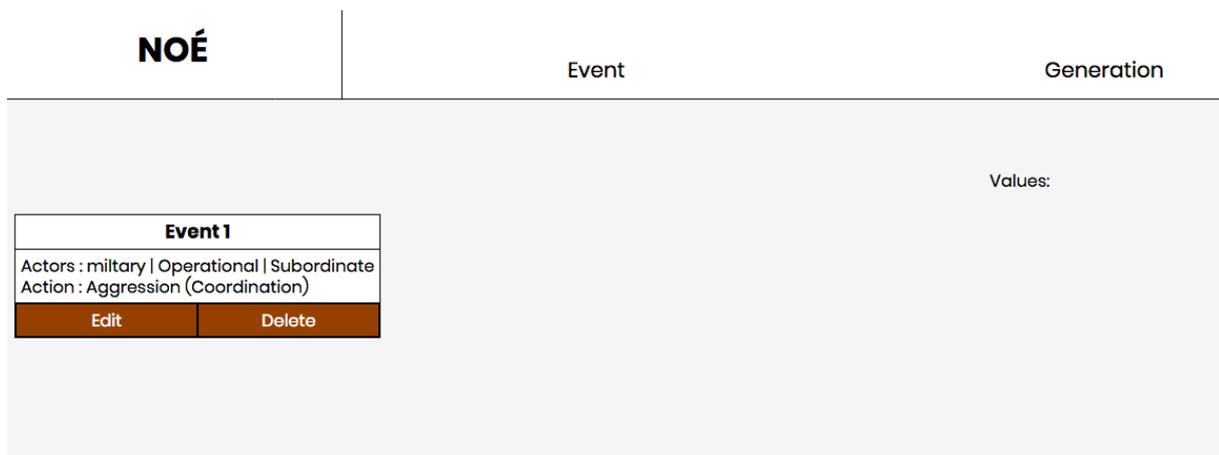


Figure 48 : interface pour l'apprenant

Le formateur peut remplir les différents paramètres en relation avec le contexte du scénario à étudier (Figure 49). C'est la mise en contexte.

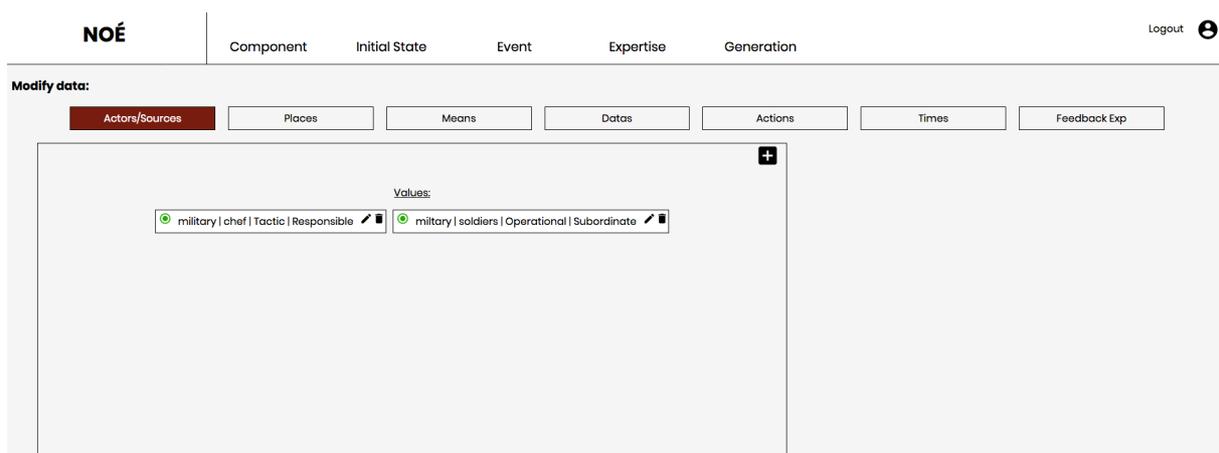


Figure 49 : Choix des paramètres

Il choisit par la suite la situation initiale (Figure 50).

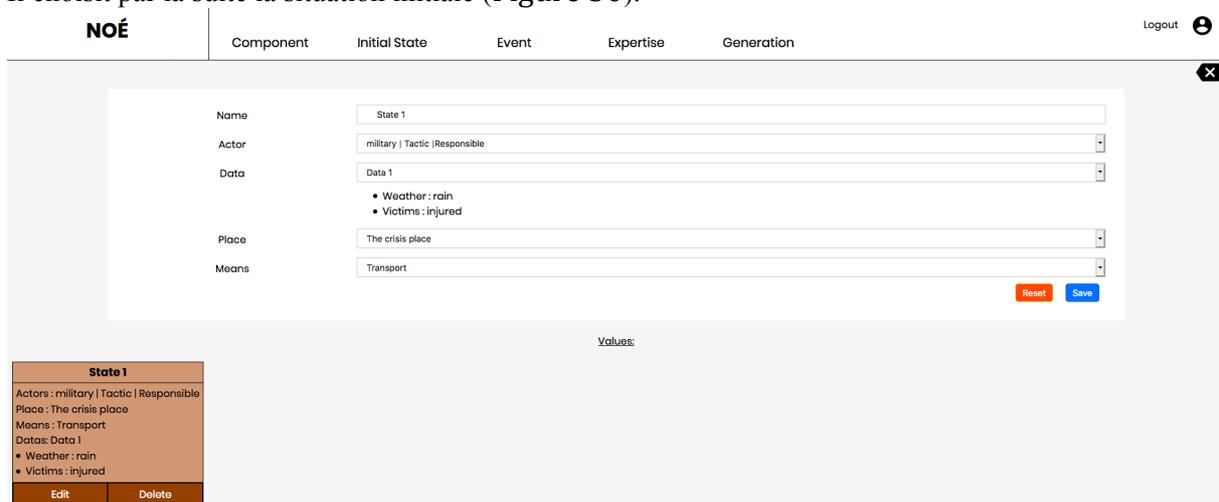


Figure 50 : choix de la situation initiale

Il choisit un événement (Figure 51).

NOÉ | Component | Initial State | **Event** | Expertise | Generation | Logout

Name: Event 1
 Actor: military | Operational | Subordinate
 Data: Action:
 Action: Silence (Communication)

Reset Save

Values:

Event 1	
Actors : military Operational Subordinate	
Action : Aggression (Coordination)	
Edit	Delete

Figure 51 : choix de l'événement

A cet instant, il génère les états en choisissant l'état initial et l'action voulue (Figure 52).

NOÉ | Component | Initial State | Event | Expertise | **Generation** | Logout

Choose state and event for generating states:

State: State 1
 Data: Data 1
 Action:

Generate State

State:

State 1
Actors : military Tactic Responsible
Place : The crisis place
Means : Transport
Datas : Data 1
• Weather : rain
• Victims : injured

Data:

Name : Data 1
• Weather : rain
• Victims : injured

States generated:

State 1557487362357	State 1557487362357
Actors : military Tactic Responsible	Actors : military Tactic Responsible
Place : The crisis place	Place : The crisis place
Means : Transport	Means : Transport
Datas : Data 1	Datas : Data 1
• Weather : rain	• Weather : rain
• Victims : injured (Probable)	• Victims : injured (Increase)

Previous | Next

Figure 52 : génération d'états

L'apprenant choisit un état et déclenche un événement. NOE génère d'autres états (Figure 53).

NOÉ | Component | Initial State | Event | Expertise | Generation | Logout

Choose state and event for generating states:

State: State 1
 Data: Action:
 Action: Silence (Communication)

Generate State

State:

State 1
Actors : military Tactic Responsible
Place : The crisis place
Means : Transport
Datas : Data 1
• Weather : rain
• Victims : injured

Action:

Communication
Silence

States generated:

State 1557487362357	State 1557487362357
Actors : military Tactic Responsible	Actors : military Tactic Responsible
Place : The crisis place	Place : The crisis place
Means : Transport	Means : Transport
Datas : Data 1	Datas : Data 1
• Weather : rain	• Weather : rain
• Victims : injured (Probable)	• Victims : injured (Increase)

Figure 53 : choix de l'événement

Conclusion

Nous avons proposé, dans cette partie, un support d'apprentissage dénommé « NOÉ ». Il permet de générer des situations chaotiques, en répondant à nos hypothèses définies dans cette thèse. En effet, ce dernier génère des situations en modifiant les paramètres de la situation. La modification d'un seul paramètre permet de changer la situation (la sensibilité aux conditions initiales). NOE permet aussi de générer une multitude de situations (la bifurcation). Ces situations permettent aux formateurs et aux apprenants d'avoir plusieurs visions. Chacun d'eux a sa propre vision par rapport à la situation qui lui est proposée (la dimension fractale). Pour avoir un outil qui offre un certain réalisme, nous avons pris en compte le retour d'expérience des individus. Ce retour d'expérience est nécessaire pour simuler des situations plausibles, pour s'approcher le plus possible de la réalité et pour éliminer le combinatoire. La progression dans NOÉ est rhizomique et non pas linéaire. En effet, ce dernier n'a pas de fin, n'a pas besoin d'un scénario bien précis, mais seulement d'un contexte. De même, les situations générées peuvent aller au-delà de celles attendues par les formateurs, ce qui offre une exploration mutuelle de l'environnement aussi bien par l'apprenant que par le formateur. NOE utilise la logique floue comme modèle mathématique, seulement notre modèle prend en compte que les instances floues dont les règles sont définies préalablement par le modélisateur. Aussi, notre modèle ne prend pas en compte les aspects quantitatifs, ce qui nous permet de considérer que les opérations de fuzzification et défuzzification n'ont pas lieu d'être réalisées.

Les études des théories d'apprentissage mettent en avant le modèle de Kolb (Kolb 1984) qui lui-même s'inspire du constructivisme de Piaget (Piaget 1937). En effet, ce type d'apprentissage est destiné aux adultes et considère que l'expérience personnelle est le centre de l'apprentissage. Cet apprentissage est utilisé comme référence dès l'apparition d'un problème. Il est adapté par l'individu à la nouvelle situation et il est transformé pour une résolution de problèmes. Par la présentation des conséquences d'un changement sur une situation, nous estimons que cette théorie permet aux acteurs de transformer leurs actions en prenant en compte d'éventuelles conséquences. Ce qui permet de produire une boucle de rétroaction (dans notre cas positif) défendue par la modélisation systémique.

Nous considérons NOÉ comme un support d'apprentissage dynamique par le fait qu'il crée une relation interactive entre le formateur et les apprenants. Il génère des situations incertaines, dont certaines, sont vécues alors que d'autres non pas été vécues ou n'ont pas été prises en charge ou prédites. À l'inverse des autres supports, NOÉ ne déroule pas dans le temps un scénario et n'a pas de fin. Il est sans limites. En effet, au début de son utilisation le formateur introduit les paramètres d'une situation initiale et génère un évènement. NOÉ génère par la suite, des situations à chaque fois qu'un « Evènement » est modifié et introduit soit par le formateur, ou soit par les apprenants et cela autant de fois que cela est voulu. Le formateur peut arrêter la génération de situation dès que le besoin se fait ressentir.

Nous pouvons remarquer que l'apprentissage produit par notre approche ne permet pas de prendre en compte les actions simultanées et l'impact de plusieurs actions en même temps, ce qui arrive généralement dans une situation réelle de gestion de crise. Les travaux futurs peuvent étudier cette limite afin de permettre de simuler les conséquences d'actions combinées (Figure 54).

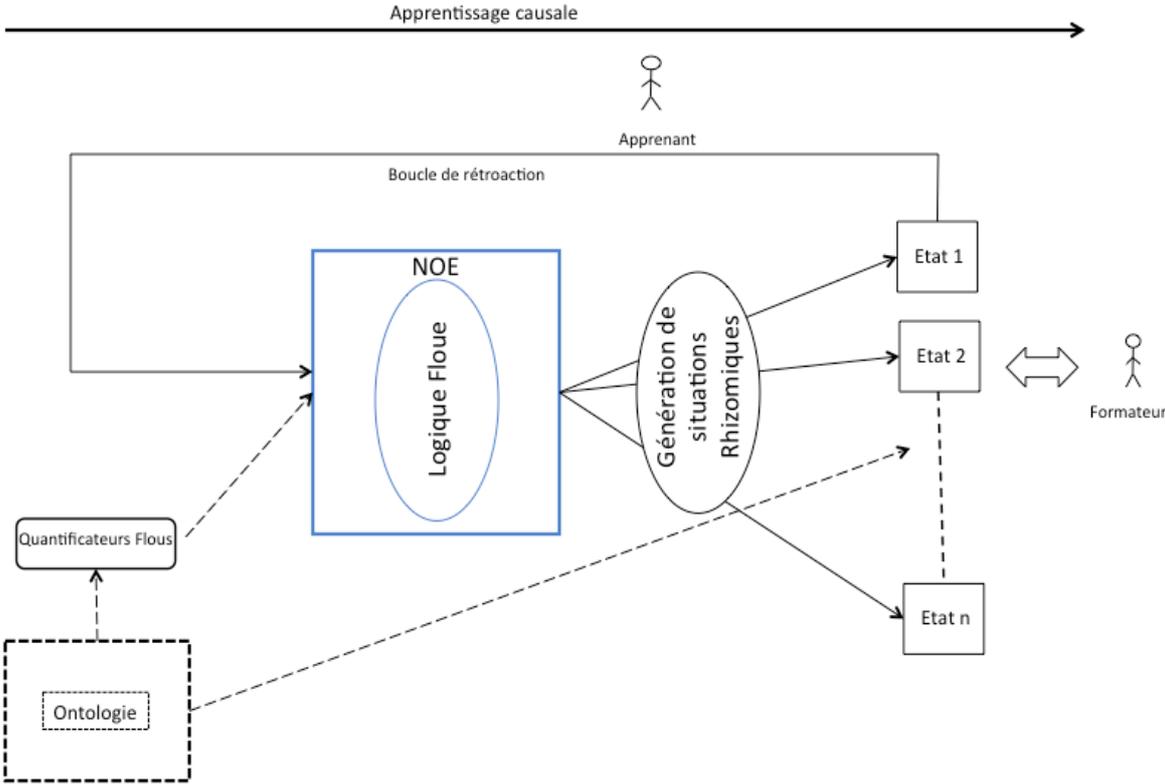


Figure 54 : NOE support d'apprentissage

PARTIE V : APPLICATION DE CAS SUR NOE

Introduction

Après avoir répondu à notre objectif, à savoir trouver un outil d'apprentissage dénommé NOÉ qui répond à nos principes :

- la dépendance sensible aux conditions initiales (effet papillon),
- l'existence d'un espace limité et que chaque point de cette espace est unique (attracteur de Lorenz),
- la multiplication de situation que peut générer cet outil (bifurcation),
- la possibilité d'avoir plusieurs visions (géométrie fractale).
- La prise en considération du retour d'expérience (pour le réalisme)

Nous avons tenu à prouver la faisabilité de notre approche en l'appliquant sur deux champs d'application différents. Le premier est un cas vécu et concerne la gestion de crise suite à une attaque terroriste alors que le second est un cas fictif utilisé dans le cadre de la formation. Ce dernier concerne la gestion de crise suite à une manifestation qui avait débordé. Nous allons dérouler l'algorithme de notre générateur NOÉ. Nous allons observer le comportement NOÉ et les résultats donnés. Pour des raisons de commodités, nous allons pour chaque cas modifier que deux paramètres qui ont été représentés dans l'ontologie.

Des mesures quantitatives sont données dans ces deux cas d'études à titre illustratifs pour montrer les différents changements que peuvent prendre les différents paramètres des états et aussi pour être le plus possible proches de la réalité.

Chapitre 14 : Application de NOÉ

I. Cas d'application n° 1

A. Le contexte

Il s'agit d'un cas réel vécu par un officier de l'armée algérienne durant les années 1990 marquées par une forte activité terroriste. Il s'agit de l'attaque terroriste qu'avait menée un groupe terroriste sur deux villages à l'ouest d'Alger durant la nuit du 2 au 3 janvier 1998. Les villages concernés sont « Ramka et Had El Chekala » situés dans la wilaya de Relizane. Il est à signaler que cet officier a vécu durant cette période plusieurs situations de crise. Nous allons voir dans ce récit de quelle manière ses collègues et lui ont réagi durant cette situation.

B. Le récit

Les unités militaires, auxquelles ce lieutenant appartenait, étaient engagées depuis plusieurs jours dans une opération militaire contre le groupe terroriste « GIA ». Pour cela, un poste de commandement (PC) avancé avait été installé dans le village de « Ammi Moussa » à environ une douzaine de kilomètres des deux villages. Ce PC tactique avait pour rôle de coordonner les actions des différentes unités militaires dans la traque du groupe terroriste.

Au matin du 03 janvier et vers 6 h du matin, il faisait encore nuit et froid, des soldats ont été surpris par un jeune homme qui courait vers le camp en criant : « Ils ont tué tout le monde, ils les ont tués ». Il fut arrêté par ces soldats avaient tenté de le calmer et l'avaient conduit par la suite à l'infirmerie. Une fois mis au courant, le colonel et le lieutenant partirent s'enquérir de son état et essayèrent de comprendre ce qui s'était réellement passé dans son village. Le jeune homme avait alors expliqué que les terroristes ont tués tous les habitants de son village. Sur ce, le colonel a demandé au lieutenant de préparer trois voitures avec un groupe de soldats. Quelques minutes plus tard, ils prirent la route en direction des villages, munis uniquement de leurs armes légères. La route était sinueuse et dangereuse, le groupe terroriste pouvait à n'importe quel moment tendre une embuscade ou attaquer le petit convoi. Il y avait aussi le risque de la présence de bombes enfouies le long de la route. Arrivés sur les lieux, ils découvrirent un paysage apocalyptique. Des cadavres jonchaient les routes, des femmes enceintes éviscérées, du sang qui coulait partout tel des ruisseaux, etc. Cette découverte les avait choqués. Ils n'en croyaient pas leurs yeux. À ce moment, un des officiers qui accompagnait le groupe de militaires commençait à balbutier et à répéter des mots incompréhensibles. Les soldats l'avaient alors retenu et lui avaient retiré son arme pour des raisons évidentes liées à sa sécurité et à la leur. Le colonel décida alors de visiter le village voisin avec le lieutenant et les soldats qui les accompagnaient. Ils découvrirent la même situation, en plus, l'unique école et la poste avaient été saccagées et brûlées. Le colonel s'assit sur un trottoir abasourdi et ne dit pas un mot. Les soldats et le lieutenant ne savaient

pas comment réagir ni quoi faire. Leurs postes radio ne fonctionnaient pas. Il n'y avait pas de réseau. Ils restèrent dans cette situation plus d'une heure et demie.

Au bout d'un moment, d'autres soldats arrivèrent avec du renfort, des ambulances et des moyens de communication. Ils avaient compris que leurs collègues avaient besoin d'aide après environ deux heures de silence radio. À leur vue, le colonel retrouva ses facultés et demanda à son collègue de lui apporter un téléphone pour alerter l'autorité supérieure et la cellule de crise du gouvernement. Il appela par la suite, le poste de commandement tactique pour lui envoyer des sapeurs pompiers et des secours médicaux d'urgence. Il était environ 10 h du matin. Des cellules de crise ont été installées dans le village PC avancé et le PC tactique. Des survivants avaient été découverts. Ils ont reçu les premiers soins sur place. Les corps sans vie avaient été rassemblés. Les hélicoptères arrivèrent et les premières évacuations ont commencé à 13 heures.

C. Analyse du récit

L'analyse de ce récit nous montre certains impacts du stress :

- (I) Crier : un jeune homme qui courait vers le camp en criant : « Ils ont tué tout le monde, ils les ont tués ».
- (II) Imposer une décision sans mesurer l'impact ni les conséquences : le colonel prit trois véhicules munis de simples armes à feu et se rendit au village. Il décida alors de visiter le village voisin avec le lieutenant et des soldats.
- (III) Répétition d'expressions et de mots : l'un des chefs a commencé à balbutier et répéter des mots incompréhensibles.
- (IV) Silence, non prise de décision et inactions : Le colonel s'assit sur un trottoir abasourdi et ne dit pas un mot.
- (V) Simplification de la situation et moyens d'action inadéquats : Les soldats étaient munis de leurs armes légères. Leurs postes radio ne fonctionnaient pas. Il n'y avait pas de réseau.

L'impact de ce stress sur cette situation est le suivant :

- perte de temps ; certains blessés sont morts (attente de 6h du matin à 13h).
- Les premiers soldats ayant pris la route pouvaient être attaqués et tués par des terroristes sur la route et dans les villages.
- Absence de moyens de communication entre les équipes opérationnelles et tactiques.

Cette analyse nous montre comment le stress peut causer des dommages considérables en situation de crise. Partant de là nous allons appliquer ce récit à notre générateur NOÉ.

D. Application sur NOÉ

1) Définition des paramètres

Pour des raisons de commodité et avant de dérouler NOÉ, nous allons tout d'abord définir quelques concepts tirés de notre ontologie d'application. Ces concepts sont « Comportement » et « Influence ».

a) **Le concept « Comportement » nommé C**

Inspirée de notre ontologie, elle contient les impacts de stress de l'activité collaborative mentionnée et définie dans le chapitre 3, on aura alors :

Communication : composée de

« **Parler** » qui lui-même est composé de : « Normalement », « Lentement »,
« Rapidement », « Répéter », « Crier »

« **Silence** »

Coordination : composée de :

« **Agression** »

« **Action** » qui est composée de : « Fixation », « Imposer »,
« Approprier », « Distance », « Inappropriée », « Intense »,
« Ambivalence », « Déléguer », « Simplifier ».

Coopération : composée de :

« **Décision** », il est composé de : « Collective », « Impossible », « Sans »,
« Imposer ».

« **Conflit** », il est composé de : « L'Ambivalence », « La fixation »

b) **Le concept « Influence » nommé G**

Pour notre étude, et pour plus de commodité, on s'est contenté de quatre types d'influences, à savoir :

- Augmenté.
- Diminué
- Stabilité.
- Probabilité.

L'apparition de la dernière influence « Probabilité » dans un cas est synonyme que ce propre cas peut prendre la valeur des trois autres influences.

c) **Le concept « Temps » nommé T**

La notion de temps est un chronomètre qui se déclenche dès qu' *Evènement_t* est injecté.

d) **Concept « État » nommé S**

Il s'agit de la situation de crise S. Cette situation contient un certain nombre de paramètres que nous avons défini. Ces derniers sont le produit de notre ontologie. Il s'agit entre autres de :

- Organisation
- Acteur
- Rôle
- Bâtiment
- Ressource
- Environnement

- Personnes

Cette liste de paramètre n'est pas exhaustive, elle peut être étendue.

e) **Le concept « Évènement » nommé E**

Il s'agit de la situation dite événement qui déclenche la génération de situations S. Elle aussi est extraite de notre ontologie. Il s'agit entre autres de

- Acteur
- Action

2) Déroulement de l'apprentissage avec NOÉ

a) **Le formateur**

En premier lieu le formateur après avoir étudié et analysé le contexte de la situation de crise, définit la situation initiale S_0 , nous considérons dans cet exemple que l'organisation est militaire:

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Bâtiment → : PC Avancé

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicule → 40

Technique → : protection → : armes légères → 200

Technique → : protection → : armes lourdes → 3

Environnement → Météo : Température → : 0 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 00

Acteur → :

Après avoir défini l'état initial, le formateur introduit l'évènement_t

Acteur → : Jeune homme

Action → Comportement → : Communication → : **Crié** (correspond à cri d'alerte dans ce cas)

b) **Déroulement de NOÉ**

- Déclencher le temps t ,
- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour notre cas d'étude, nous avons ces deux influences :
 - **Probabilité** pour les victimes
 - **Probabilité** pour les ressources
- Générer des états : Dans notre cas, cette génération va nous permettre d'avoir neuf autres états en faisant la combinaison entre les deux paramètres de la situation impactés à savoir « victimes » et ressources » et nous référant à notre ontologie et plus particulièrement à

l'impact de l'activité collaborative induit par le stress et présenté dans le chapitre 9. Mais, comme pour nous approcher de la réalité nous avons estimé que le nombre de victimes ne peut être que stable ou augmenté de ce fait nous allons six situations possibles.

Pour faciliter la lecture dans les états générés, nous allons opter pour un formalisme propre à cette étude, ainsi, la valeur « augmenté » pour les ressources ou les victimes prendra la couleur bleue. La valeur de « stabilité » pour les ressources ou les victimes prendra la couleur verte. La valeur de « diminué » pour les ressources prendra la couleur rouge. Ces états seront de la forme :

État S_{1,1}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnées)

Bâtiment → : PC Avancé

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 50 (augmenté)

Technique → : protection → : armes légères → 200

Technique → : protection → : armes lourdes → 3

Communication → : Asynchrone → : filaire → : téléphone

Synchrone → : Non-filaire → : Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 0 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 200 (augmenté)

Acteur → :

État S_{1,2}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnées)

Bâtiment → : PC Avancé

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicule → 50 (augmenté)

Technique → : protection → : armes légères → 200

Technique → : protection → : armes lourdes → 3

Communication → : Asynchrone → : filaire → : téléphone

Synchrone → : Non-filaire → : Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 0 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 00 (stabilité)

Acteur → :

État S_{1.3}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Bâtiment → : PC Avancé

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicule → 30 (diminué)

Technique → : protection → : armes légères → 200

Technique → : protection → : armes lourdes → 3

Communication → : Asynchrone → : filaire → : téléphone

Synchrone → : Non-filaire → : Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 0 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 200 (augmenté)

Acteur → :

État S_{1.4}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Bâtiment → : PC Avancé

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicule → 30 (diminué)

Technique → : protection → : armes légères → 200

Technique → : protection → : armes lourdes → 3

Communication → : Asynchrone → : filaire → : téléphone

Synchrone → : Non-filaire → : Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 0 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 00 (stabilité)

Acteur → :

État S_{1.5}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Bâtiment → : PC Avancé

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicule → 40 (stabilité)

Technique → : protection → : armes légères → 200

Technique → : protection → : armes lourdes → 3

Communication → : Asynchrone → : filaire → : téléphone

Synchrone → : Non-filaire → : Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 0 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 200 (augmenté)
Acteur → :

État S_{1.6}

Acteur → : soldats + colonel
Rôle → : Chef (Colonel)
Soldats (subordonnées)
Bâtiment → : PC Avancé
Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicule → 40 (stabilité)
Technique → : protection → : armes légères → 200
Technique → : protection → : armes lourdes → 3
Communication → : Asynchrone → : filaire → : téléphone
Synchrone → : Non-filaire → : Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 0 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 00 (Stabilité)
Acteur → :

Ces états sont affichés et le formateur choisit un état parmi les états générés. Pour notre cas il choisit l'état S_{1.3}.

c) *Le formateur*

Le formateur choisit l'état S_{1.3} parmi les autres états.

État S_{1.3}

Acteur → : soldats + colonel
Rôle → : Chef (Colonel)
Soldats (subordonnées)
Bâtiment → : PC Avancé
Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicule → 30 (diminué)
Technique → : protection → : armes légères → 200
Technique → : protection → : armes lourdes → 3
Communication → : Asynchrone → : filaire → : téléphone
Synchrone → : Non-filaire → : Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 0 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 200 (augmenté)

Acteur → :

Cet État est transmis à NOÉ, qui l'affiche à l'apprenant.

d) L'apprenant

Il choisit un événement composé de « acteur » et « action » parmi ceux définis dans le scénario et en conformité avec notre ontologie. Dans notre scénario, le colonel décide de partir avec 3 véhicules + 11 armes légères + 10 soldats + 3 postes radio. Cette action est considérée comme une action irréfléchie dans le contexte du scénario, nous optons pour le comportement inapproprié. Ces ressources utilisées vont être prises en compte dans le paramétrage de l'état. Nous avons alors l'événement composé de :

Acteur → : Colonel

Action → Comportement → : Coordination → : **inapproprié**

e) Déroulement du processus de NOÉ

- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour ce cas, nous avons ces deux influences :
 - **Augmenté** pour les victimes
 - **Probabilité** pour les ressources
- Générer des états : Dans ce cas, cette génération va nous permettre d'avoir trois autres états en faisant la combinaison entre les deux paramètres de la situation impactés.

État S_{2,1}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Village → : Ramka

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 4 (augmenté)

Technique → : protection → : armes légères → 15

Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 4 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 5 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 2000 (augmenté)

Acteur → :

État S_{2,1}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Village → : Ramka

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 1 (diminué)
 Technique → : protection → : armes légères → 3
 Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 4 Poste-radio
 Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
 Ciel → : nuages
 Personnes → : Victimes → : 2000 (augmenté)
 Acteur → :

État S_{2,3}

Acteur → : soldats + colonel
 Rôle → : Chef (Colonel)
 Soldats (subordonnés)
 Village → : Ramka
 Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 3 (stabilité)
 Technique → : protection → : armes légères → 11
 Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 3 Poste-radio
 Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
 Ciel → : nuages
 Personnes → : Victimes → : 2000 (augmenté)
 Acteur → :

Ces différents états sont affichés aussi bien à l'apprenant qu'au formateur.

f) *L'apprenant*

L'apprenant choisit l'état S_{2,3} parmi les autres états.

Il choisit un événement. Dans notre scénario, le colonel reste inactif et ne communique pas pendant une durée de cinq minutes. Ce qui correspond à silence. Nous avons alors l'événement composé de :

Acteur → : colonel

Action → Comportement → : Communication → : **Silence**

g) *Déroulement du processus de NOÉ*

- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour ce cas, nous avons ces deux influences :
 - **Augmenté** pour les victimes
 - **Stabilité** pour les ressources
- Générer des états : Dans ce cas, cette génération va nous permettre d'avoir un seul état résultat des deux paramètres de la situation impactés.

État S_{3,1}

Acteur → : colonel
 Rôle → : Chef (Colonel)
 Village → : Ramka

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 3 (stabilité)
Technique → : protection → : armes légères → 11
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 3 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 3000 (augmenté)
Acteur → :

Cet état est affiché à l'apprenant.

h) Le formateur

Le formateur modifie l'état $S_{3,1}$ qui devient $S_{4,1}$

Acteur → : colonel
Rôle → : Chef
Village → : Ramka
Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 3
Technique → : protection → : armes légères → 11
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 3 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 3000 (augmenté)
Acteur → :
Assaillants → : 200

Cet état est affiché à l'apprenant.

i) L'apprenant

Il choisit un événement. Le colonel demande de diriger les tirs sur les terroristes. Ce qui correspond à action appropriée. Nous avons alors l'événement composé de :

Acteur → : colonel

Action → Comportement → : Coordination → : action → **approprié**

j) Déroulement du processus de NOÉ

- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour ce cas, nous avons ces deux influences :
 - **Probabilité** pour les victimes
 - **Diminué** pour les ressources
- Générer des états : Dans ce cas, cette génération va nous permettre d'avoir deux états résultat de la combinaison des deux paramètres de la situation impactés.

État $S_{5,1}$

Acteur → : soldats + colonel
Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Village → : Ramka

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 2 (diminué)

Technique → : protection → : armes légères → 8

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 2 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 5 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 3500 (augmenté)

Acteur → :

Assaillants → : 200

État S_{5.2}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Village → : Ramka

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 2 (diminué)

Technique → : protection → : armes légères → 8

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 2 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 5 ° C

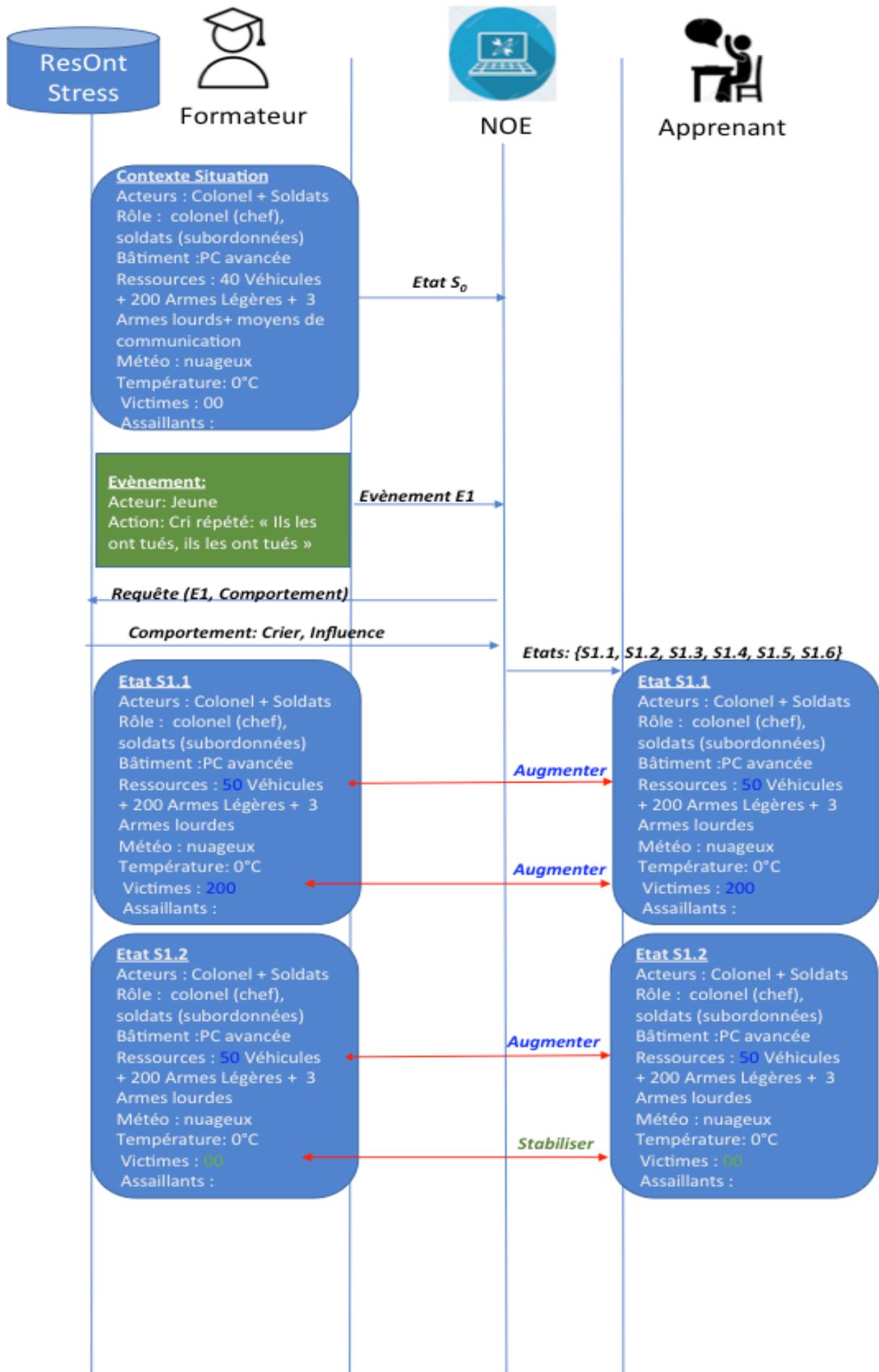
Ciel → : nuages

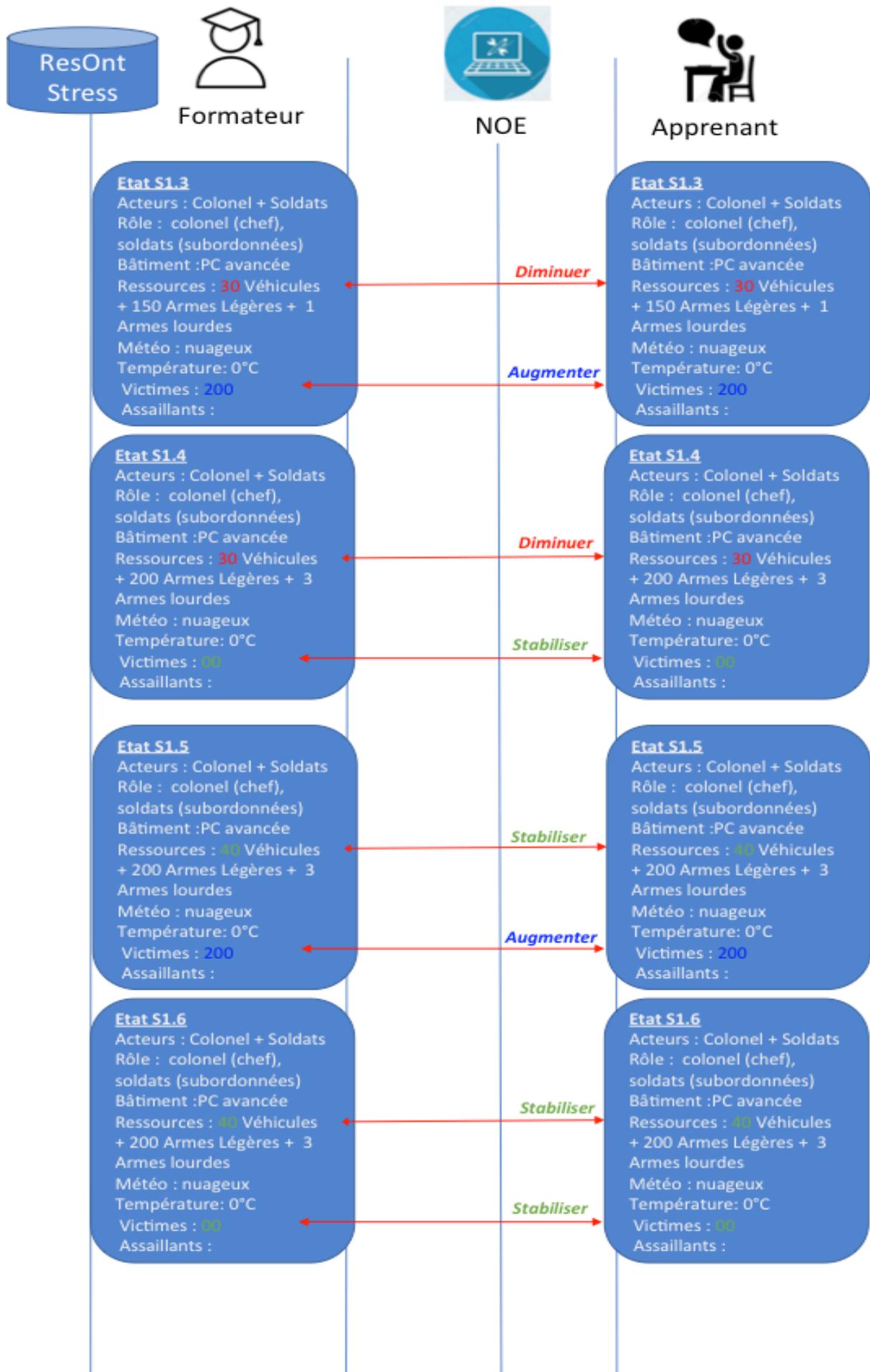
Personnes → : Victimes → : 3000 (stabilité)

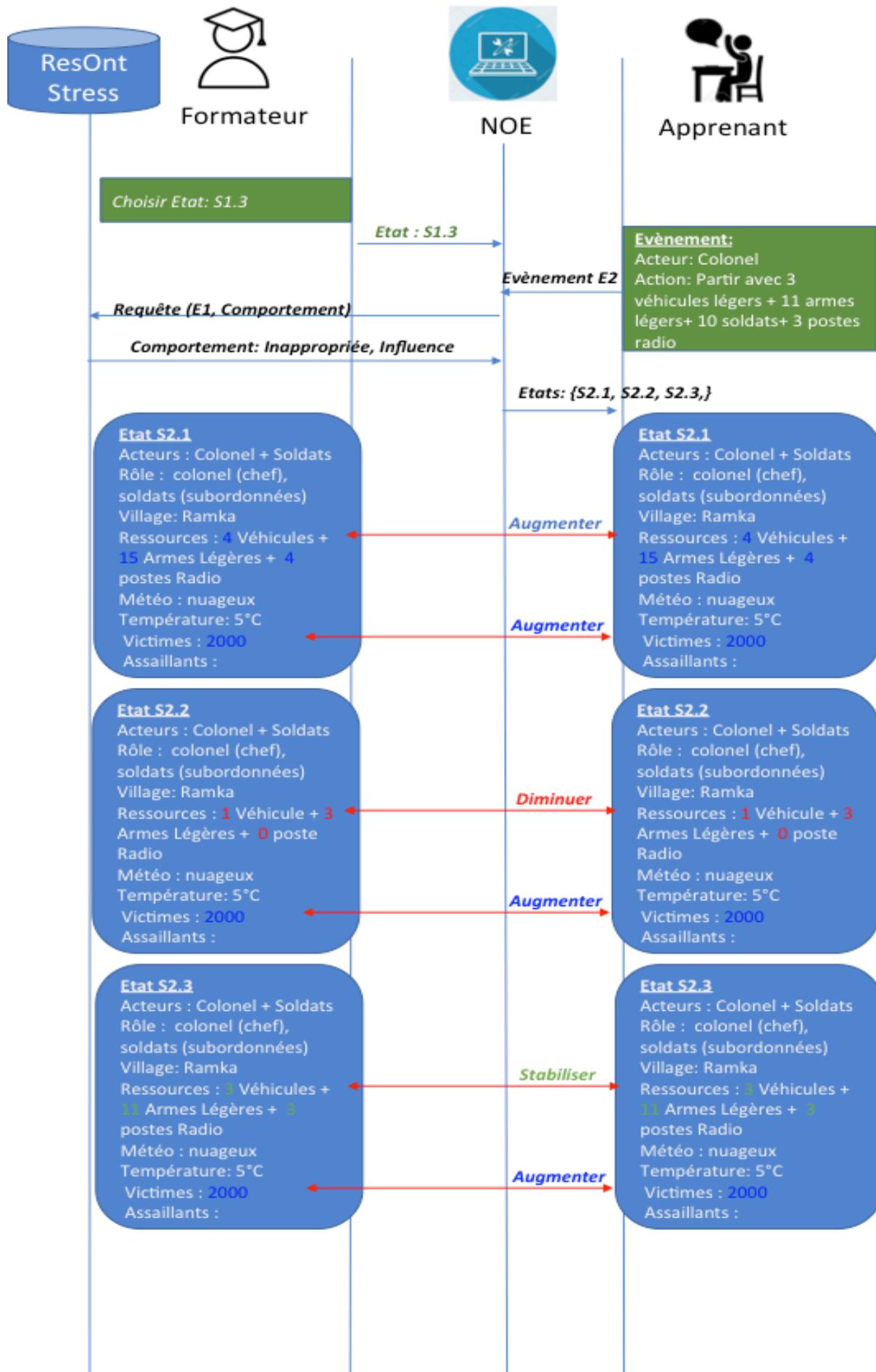
Acteur → :

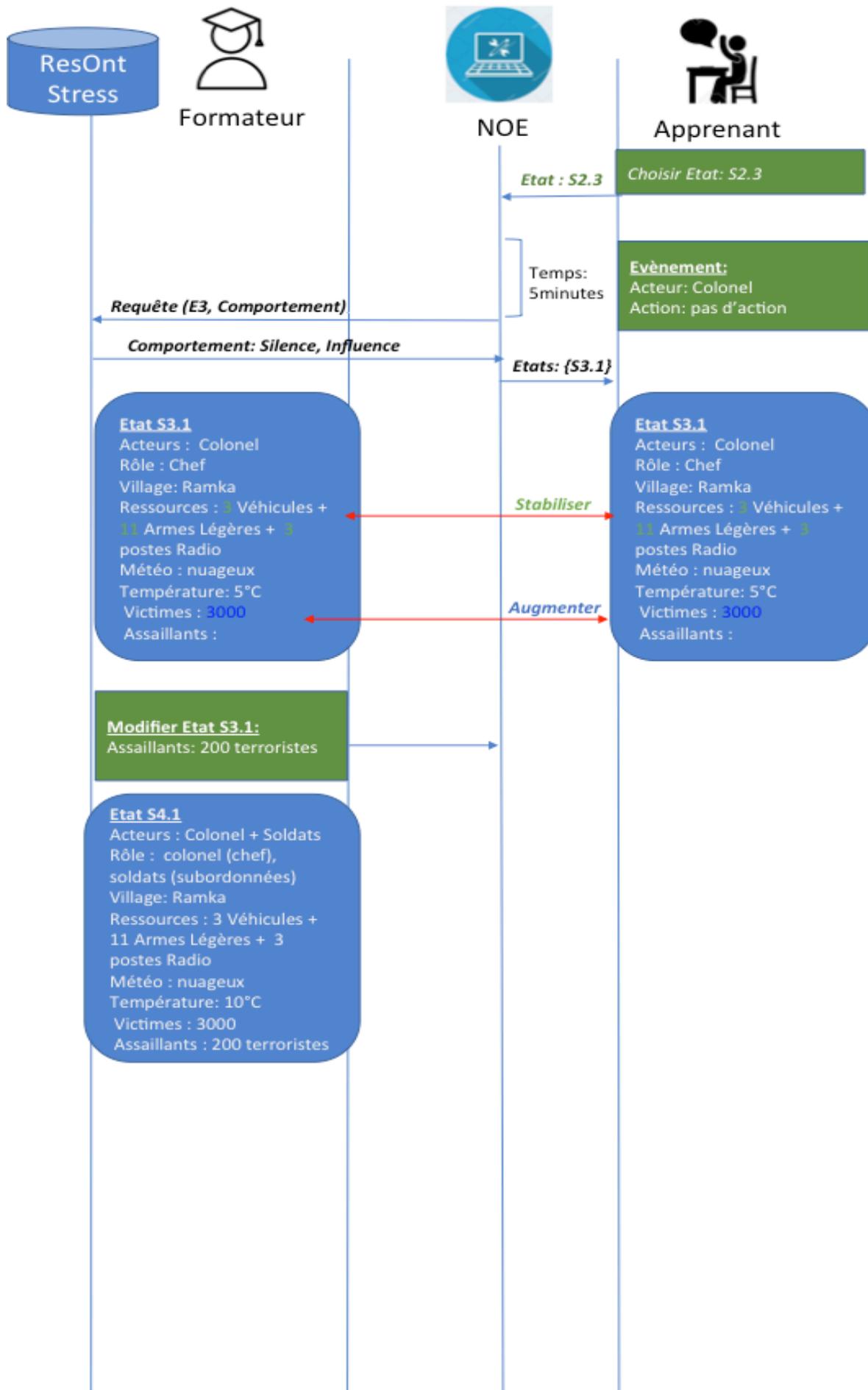
Assaillants → : 20

Ces différents états sont affichés aussi bien à l'apprenant qu'au formateur. Nous allons dérouler NOÉ sous la forme d'un diagramme d'activité (Figure 55).









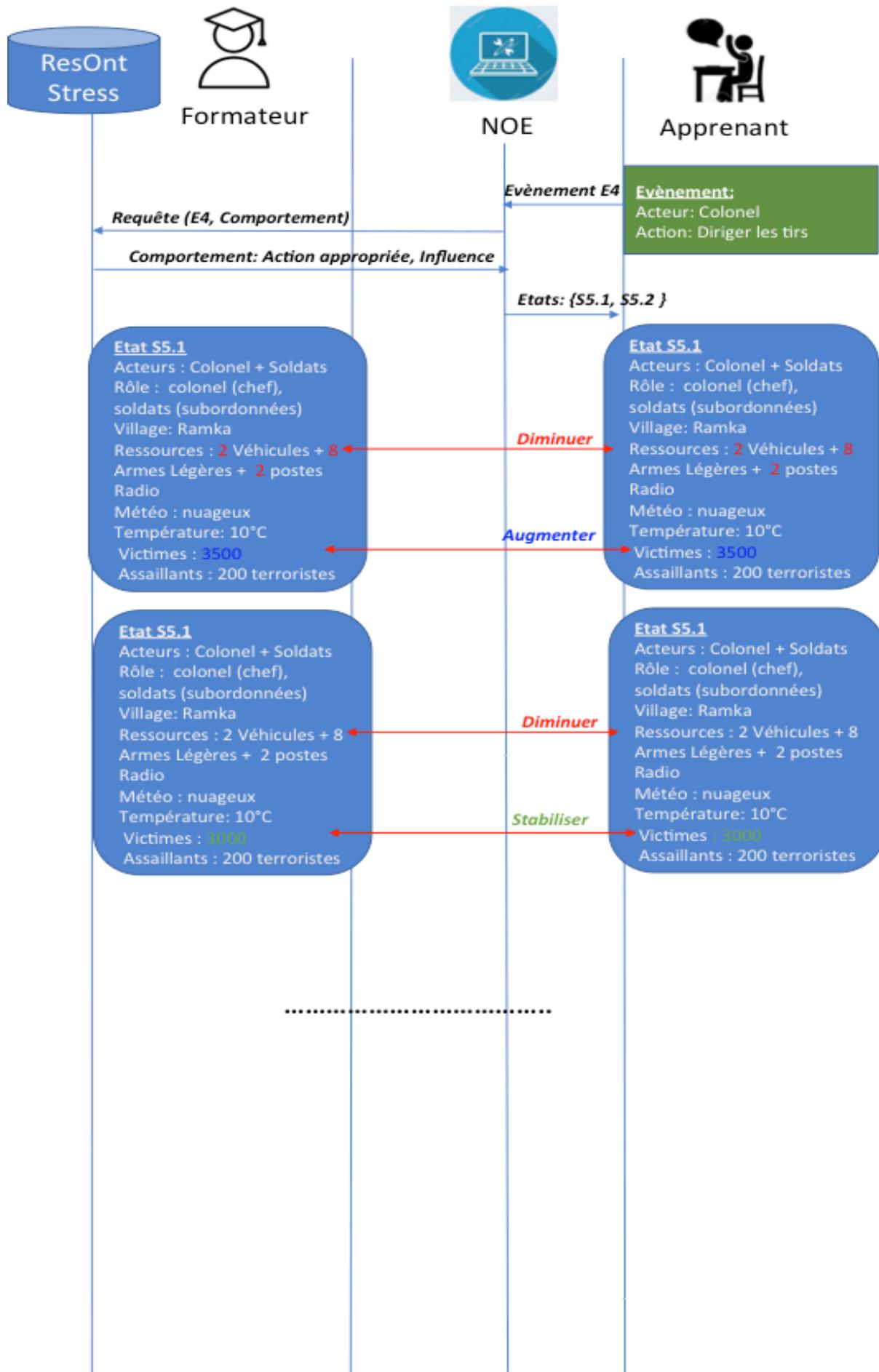


Figure 55 : Déroulement de NOÉ avec le contexte 1

Nous avons ainsi pu voir comment est déroulé NOÉ ainsi que les différentes générations d'états. Pour montrer la dynamique de NOÉ et ses capacités, nous avons changé l'événement 4 du précédent exemple par un autre pour le même contexte. Ce qui va générer d'autres états (Figure 56) qui ne ressemblent celles présentées ultérieurement (Figure 55).

a) *L'apprenant*

Il choisit un événement, dans notre cas le colonel demande des secours. Ce qui se traduit par répéter la demande dans communication. Nous avons alors l'événement composé de :

Acteur → : colonel

Action → Comportement → : Communication → : **répété**

b) *Déroulement du processus de NOÉ*

- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour ce cas, nous avons ces deux influences :
 - **Probabilité** pour les victimes
 - **Probabilité** pour les ressources
- Générer des états : Dans ce cas, cette génération va nous permettre d'avoir six états résultat de la combinaison des deux paramètres de la situation impactés.

État S_{4.1}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Village → : Ramka

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 50 (augmenté)

Technique → : protection → : armes légères → 200

Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 50 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 5 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 3500 (augmenté)

Acteur → :

Assaillants → :

État S_{4.2}

Acteur → : soldats + colonel

Rôle → : Chef (Colonel)

Soldats (subordonnés)

Village → : Ramka

Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 50 (augmenté)

Technique → : protection → : armes légères → 200
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 50 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 3000 (stabilité)
Acteur → :
Assaillants → :

État S_{4.3}

Acteur → : soldats + colonel
Rôle → : Chef (Colonel)
Soldats (subordonnés)
Village → : Ramka
Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 3 (stabilité)
Technique → : protection → : armes légères → 11
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 3 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 3000 (stabilité)
Acteur → :
Assaillants → :

État S_{4.4}

Acteur → : soldats + colonel
Rôle → : Chef (Colonel)
Soldats (subordonnés)
Village → : Ramka
Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 2 (diminué)
Technique → : protection → : armes légères → 9
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 2 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 3000 (stabilité)
Acteur → :
Assaillants → :

État S_{4.5}

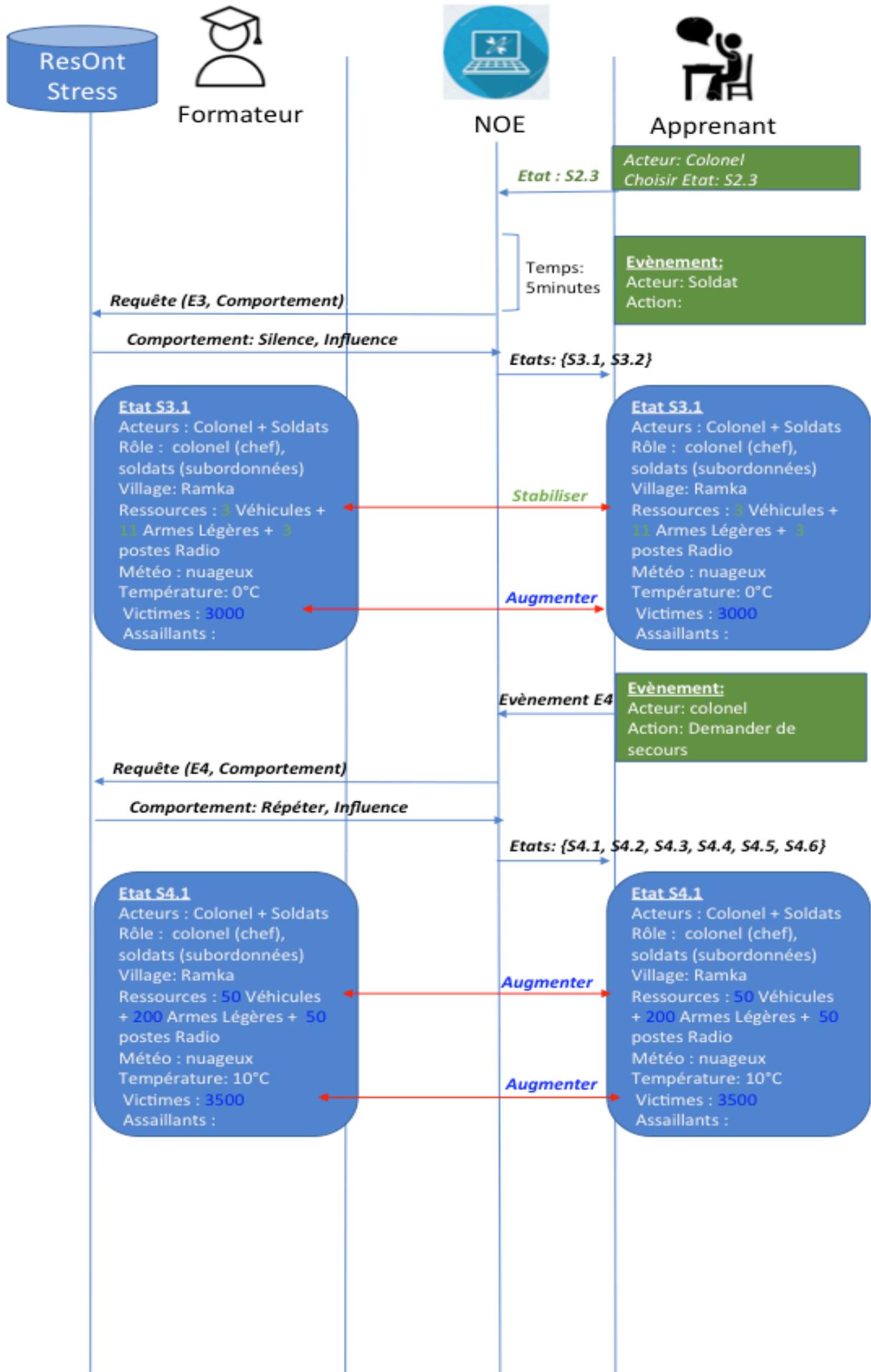
Acteur → : soldats + colonel
Rôle → : Chef (Colonel)
Soldats (subordonnés)

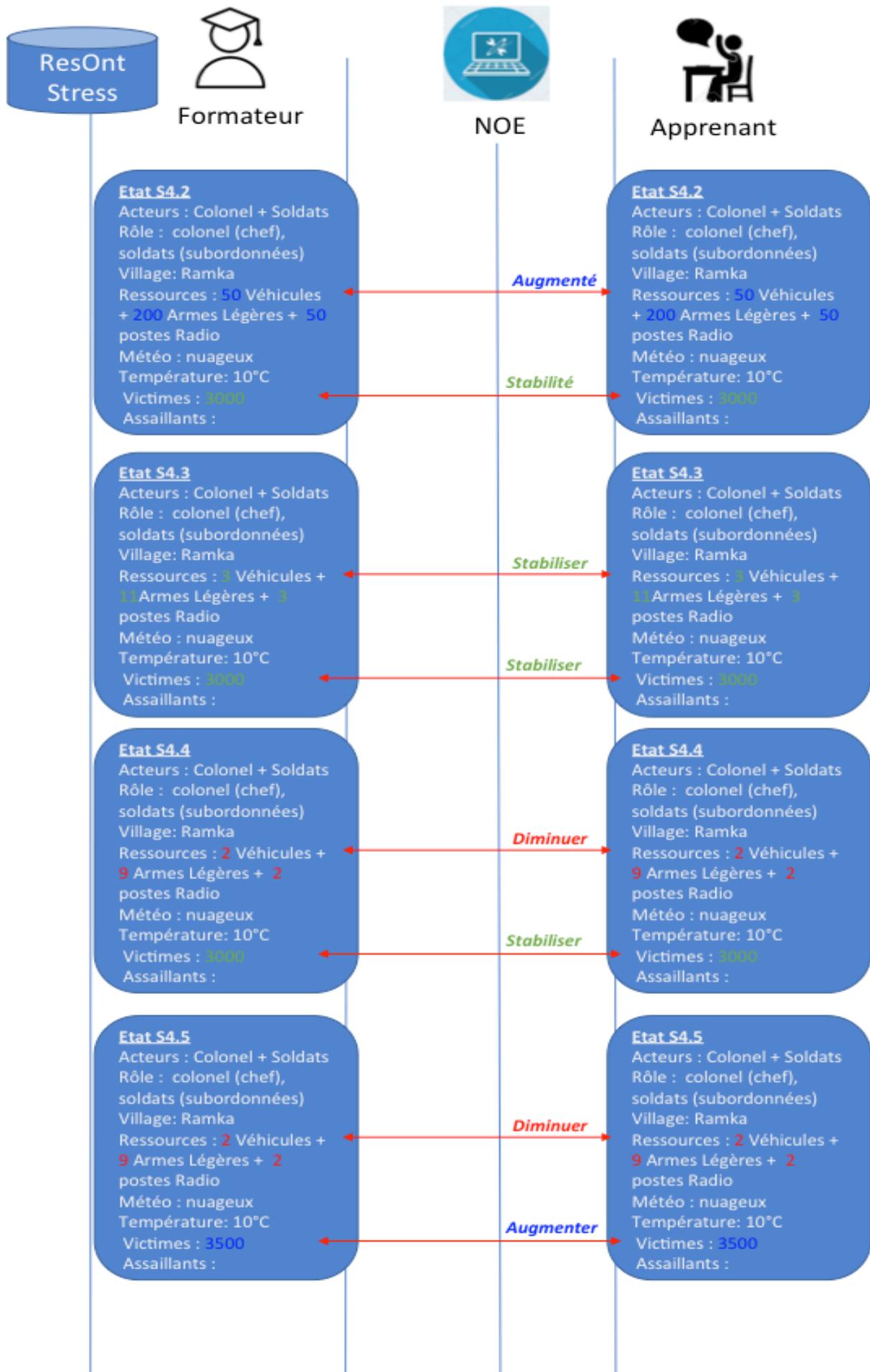
Village → : Ramka
Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 2 (diminué)
Technique → : protection → : armes légères → 9
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 2 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 3500 (augmenté)
Acteur → :
Assaillants → :

État S_{4,6}

Acteur → : soldats + colonel
Rôle → : Chef (Colonel)
Soldats (subordonnés)
Village → : Ramka
Ressource → : Transport → : terrestre → : véhicules → 3 (stabilité)
Technique → : protection → : armes légères → 11
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 3 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 5 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 3500 (augmenté)
Acteur → :
Assaillants → :

Comme pour l'exemple précédent nous allons dérouler NOÉ sous la forme d'un diagramme d'activité (Figure 56).





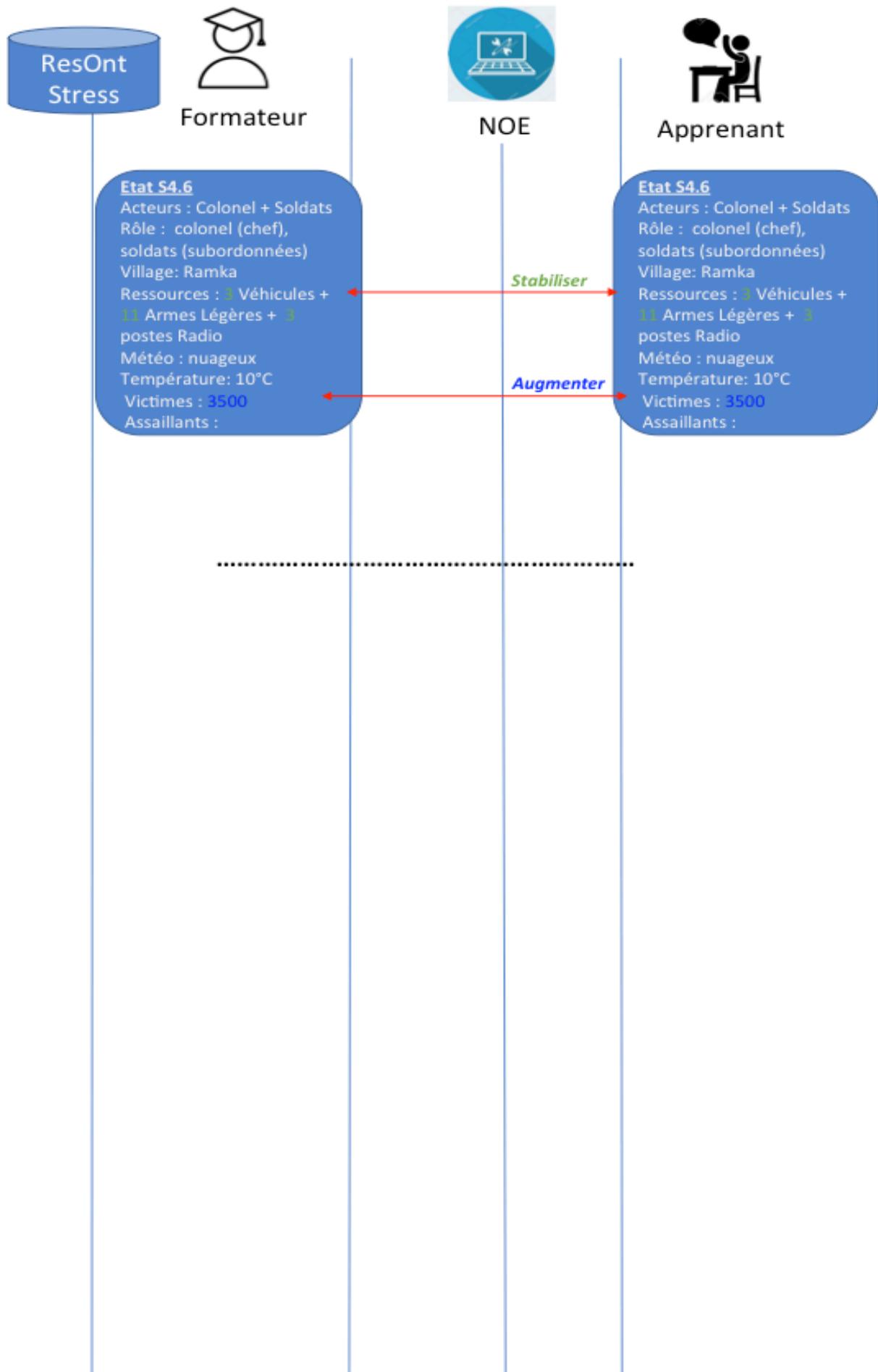


Figure 56: Déroulement de NOÉ avec le contexte 1'

Nous remarquons que nous pouvons avoir autant de situations de crise que le permet la combinaison entre « Ressources », « Personnes » et les « Influences » et autant d'évènements déclencheurs que le permet « Acteur » et « Comportement ». Cela permet d'une part d'avoir la dynamique voulue dans l'apprentissage lié à la gestion de crise et d'autre part, montrer que nous sommes bien dans une exploration de type rhizomique qui ne correspond à aucun autre modèle déjà mis en place ou connus.

II. Cas d'application n° 2

A. Le contexte

Il s'agit d'un scénario pour un exercice de simulation élaboré par les enseignants de la Chaire Gestion de Crise de l'Université de Technologie de Troyes. Cet exercice est adressé à des étudiants en master qui suivent la formation du master sécurité globale. Les étudiants sont mis en contexte au niveau de la plateforme de Recherche d'Expérimentation et de Simulation des Activités de Gestion des Événements de Sécurité (PRESAGES) de la Chaire. Cet outil de formation permet, d'une part, de reproduire les activités présentes au sein de différents types de cellule de crise, publics et privés, et d'autre part, une mise en situation des étudiants en gestion de crise. Cette dernière est animée à distance par l'équipe pédagogique de la chaire. Nous avons dans le cadre de notre étude participé à cet exercice ainsi qu'à d'autres en tant qu'animateurs. Nous utilisons cet exercice pour illustrer la faisabilité de NOÉ sur un type autre que militaire.

B. Le récit

Il s'agit d'une grève générale d'un jour au niveau national. D'importantes manifestations sont prévues partout en France. Dans le département de l'Aube, à l'appel de différents syndicats et messages sur les réseaux sociaux, un cortège est annoncé mardi après-midi à partir de 16 h au départ de la gare ferroviaire et à destination de la préfecture. La manifestation n'a pas été autorisée par la préfecture. Le cortège avance de la rue Émile Zola vers la préfecture. A l'approche de la préfecture, un brigadier de police appelle et répète plusieurs fois son message pour signaler que la manifestation a débordé, certains individus cassent les caméras de surveillance alors que d'autres essayent de pénétrer dans l'enceinte de la préfecture. Sur ce, le préfet a donné l'ordre à la police d'arrêter le leader de la contestation. Des policiers en civiles ont interpellé et embarqué ce dernier, ce qui a compliqué la situation. Le chef de la police municipale, paniqué, signale que des casseurs se sont éparpillés dans la ville et d'autres ont commencé à s'en prendre aux forces de l'ordre par des jets de pierres. Plusieurs blessés ont été recensés. Il ne sait pas quoi faire, il demande des renforts. Trente minutes après, le préfet a décidé de prendre contact avec la gendarmerie pour dépêcher un escadron de la garde mobile au centre de Troyes. Après l'arrivée des renforts et l'arrestation des casseurs, le calme est revenu dans la ville vers 20 h.

C. Analyse du récit.

L'analyse de ce récit nous montre certains impacts du stress :

- (I) Répéter mots ou expression : un brigadier de police appelle et répète plusieurs fois son message pour signaler qu'à proximité de la préfecture la manifestation a débordé. Certains individus cassent les caméras de surveillance alors que d'autres essayent de pénétrer dans l'enceinte de la préfecture.
- (II) Décision imposée : Le préfet a donné l'ordre à la police pour arrêter le leader de la contestation.

- (III) Action ambivalence : Le chef de la police municipale, paniqué, signale que des casseurs se sont éparpillés dans la ville et d'autres ont commencé à jeter des pierres sur les forces de l'ordre. Plusieurs blessés ont été recensés. Il ne sait pas quoi faire, il demande des renforts.

L'impact du stress pour cette situation est le suivant :

- Recrudescence de la violence après l'arrestation du leader de la contestation.
- Perte du temps quant à la demande des renforts

D. Application sur NOÉ

Nous allons procéder de la même manière que pour le premier cas déjà étudié.

1) Le formateur

Après avoir étudié et analysé le contexte de la situation de crise, le formateur définit la situation initiale S_0 , nous considérons dans cet exemple que l'organisation est militaire:

Acteur → : Préfet

Rôle → : Chef

Bâtiment → : Préfecture

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 2

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 5 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 8 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 00

Assaillants → : casseurs + manifestants

Après avoir défini l'état initial, le formateur introduit Evènement_t, dans ce cas le brigadier de police donne l'alerte en répétant la même phrase et ne sachant pas quoi faire. Ce qui se traduit par une action d'ambivalence. Nous avons alors l'événement composé de

Acteur → : Brigadier de police

Action → Comportement → : Coordination → : Action → **ambivalence**

2) Déroulement du processus de NOÉ

- Déclencher le temps t ,
- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour notre cas d'étude, nous avons ces deux influences :
 - **Augmenté** pour les victimes
 - **Probabilité** pour les ressources
- Générer des états : Dans notre cas, cette génération va nous permettre d'avoir trois autres états en faisant la combinaison entre les deux paramètres de la situation impactés.

Comme pour le cas précédent, nous allons garder le même formalisme pour les couleurs.

État S_{1.1}

Acteur → : Brigadier de police

Rôle → : Chef

Ville → : Rue Emile Zola

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 10 (augmenté)

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 5 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 8 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 2 casseurs + 10 manifestants (augmenté)

Assaillants → : casseurs + manifestants

État S_{1.2}

Acteur → : Brigadier de police

Rôle → : Chef

Ville → : Rue Emile Zola

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 2 (stabilité)

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 5 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 8 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 2 casseurs + 10 manifestants (augmenté)

Assaillants → : casseurs + manifestants

État S_{1.3}

Acteur → : Brigadier de police

Rôle → : Chef

Ville → : Rue Emile Zola

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 1 (diminué)

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 1 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 8 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 2 casseurs + 10 manifestants (augmenté)

Assaillants → : casseurs + manifestants

Ces états sont affichés au formateur.

3) Le formateur

Il choisit un état, dans ce cas c'est l'état S_{1.3}. Il envoie ce dernier à l'apprenant.

4) L'apprenant

Il choisit un événement, dans ce cas le préfet à tendance à parler rapidement. Ce qui se traduit par parler rapidement dans communication. Nous avons alors l'événement composé de :

Acteur → : Préfet

Action → Comportement → : Communication → : **Parlé rapidement**

5) Déroulement du processus de NOÉ

- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour ce cas, nous avons ces deux influences :
 - **Augmenté** pour les victimes
 - **Diminué** pour les ressources
- Générer des états : Dans ce cas, cette génération va nous permettre d'avoir un seul état.

État S_{2,1}

Acteur → : Brigadier de police

Rôle → : Chef

Ville → : Rue Emile Zola

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → **1 (diminué)**

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : **1** Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 8 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : **5** casseurs + **15** manifestants (**augmenté**)

Assaillants → : casseurs + manifestants

Ces états sont affichés au formateur et à l'apprenant.

6) L'apprenant

Il choisit un événement, dans ce cas le préfet ordonne d'arrêter le responsable des manifestations. Ce qui se traduit par vouloir imposer une décision dans la coopération. Nous avons alors l'événement composé de :

Acteur → : Préfet

Action → Comportement → : Coopération → : **imposé décision**

7) Déroulement du processus de NOÉ

- Extraire les composants de l'influence G en se basant sur le retour d'expérience défini par l'ontologie ResOnt_Stress. Pour ce cas, nous avons ces deux influences :
 - **Probabilité** pour les victimes
 - **Probabilité** pour les ressources
- Générer des états : Dans ce cas, cette génération va nous permettre d'avoir six états différents.

État S_{3,1}

Acteur → : Brigadier de police

Rôle → : Chef

Ville → : Rue Emile Zola

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → **10 (augmenté)**

Transport → : terrestre → : véhicules → 3
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 10 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 8 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 5 casseurs + 15 manifestants (augmenté)
Assaillants → : casseurs + manifestants

État S_{3.2}

Acteur → : Brigadier de police
Rôle → : Chef
Ville → : Rue Emile Zola
Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 5 (augmenté)
Transport → : terrestre → : véhicules → 3
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 5 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 8 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 5 casseurs + 15 manifestants (stabilité)
Assaillants → : casseurs + manifestants

État S_{3.3}

Acteur → : Brigadier de police
Rôle → : Chef
Ville → : Rue Emile Zola
Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 5 (stabilité)
Transport → : terrestre → : véhicules → 2
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 5 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 8 ° C
Ciel → : nuages
Personnes → : Victimes → : 7 casseurs + 20 manifestants (augmenté)
Assaillants → : casseurs + manifestants

État S_{3.4}

Acteur → : Brigadier de police
Rôle → : Chef
Ville → : Rue Emile Zola
Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 5 (stabilité)
Transport → : terrestre → : véhicules → 2
Communication → : Synchrones → : Non-filaire → : 2 Poste-radio
Environnement → Météo : Température → : 8 ° C
Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 5 casseurs + 15 manifestants (stabilité)

Assaillants → : casseurs + manifestants

État S_{3,5}

Acteur → : Brigadier de police

Rôle → : Chef

Ville → : Rue Emile Zola

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 5 (diminué)

Transport → : terrestre → : véhicules → 2

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 2 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 8 ° C

Ciel → : nuages

Personnes → : Victimes → : 5 casseurs + 15 manifestants (stabilité)

Assaillants → : casseurs + manifestants

État S_{3,6}

Acteur → : Brigadier de police

Rôle → : Chef

Ville → : Rue Emile Zola

Ressource → : Technique → : protection → : armes légères → 5 (diminué)

Transport → : terrestre → : véhicules → 2

Communication → : Synchrone → : Non-filaire → : 2 Poste-radio

Environnement → Météo : Température → : 8 ° C

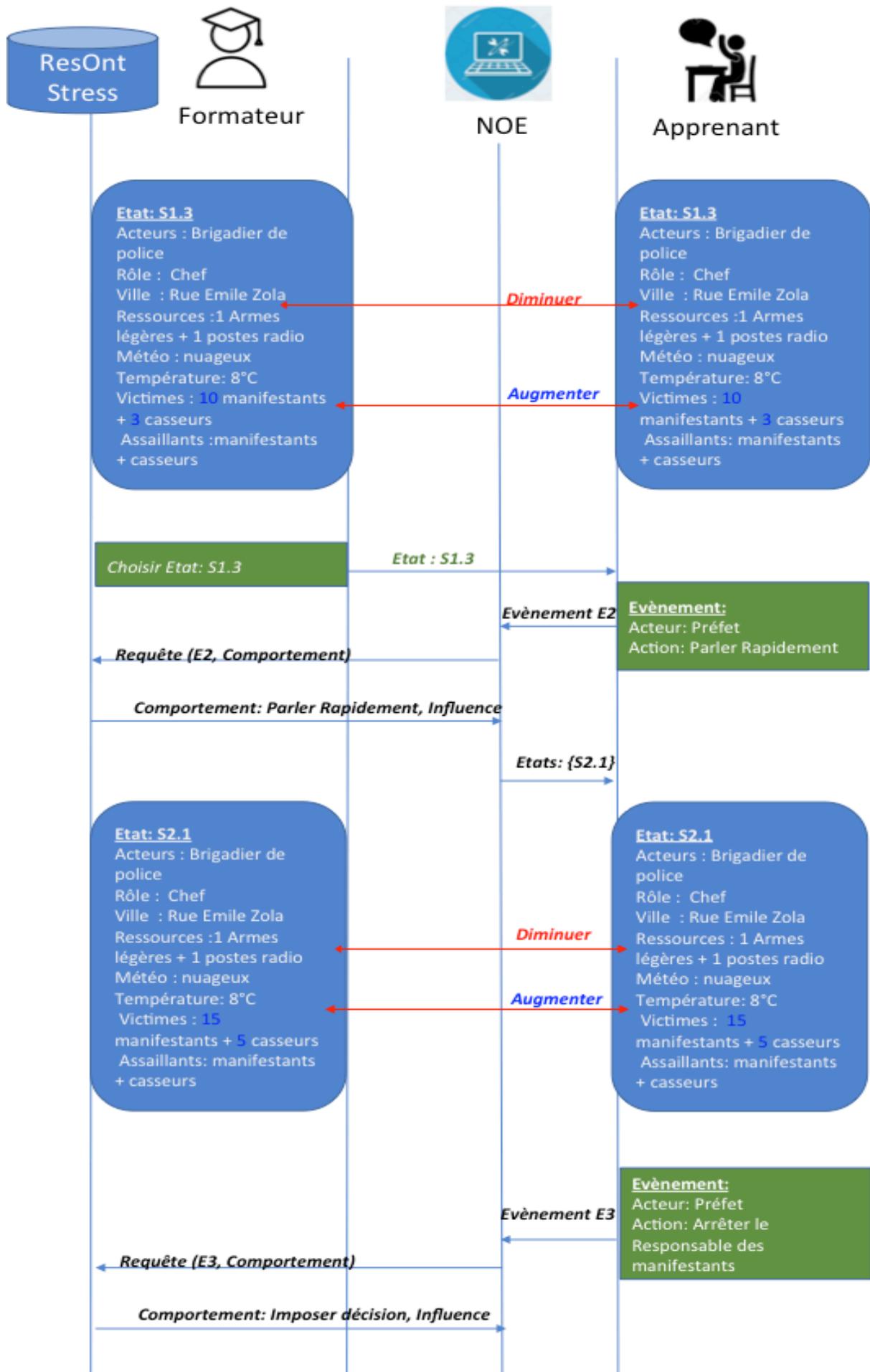
Ciel → : nuages

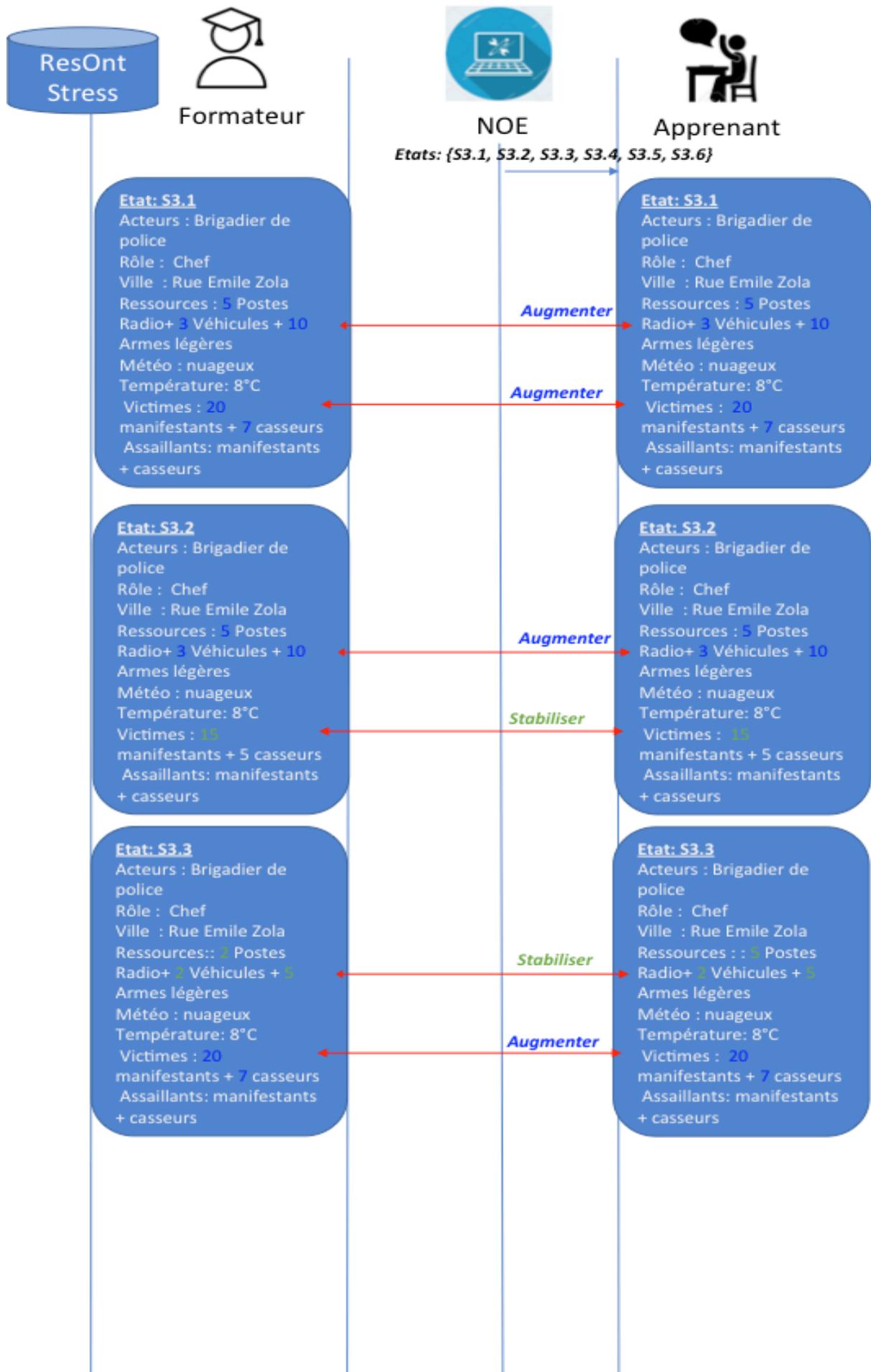
Personnes → : Victimes → : 7 casseurs + 20 manifestants (augmenté)

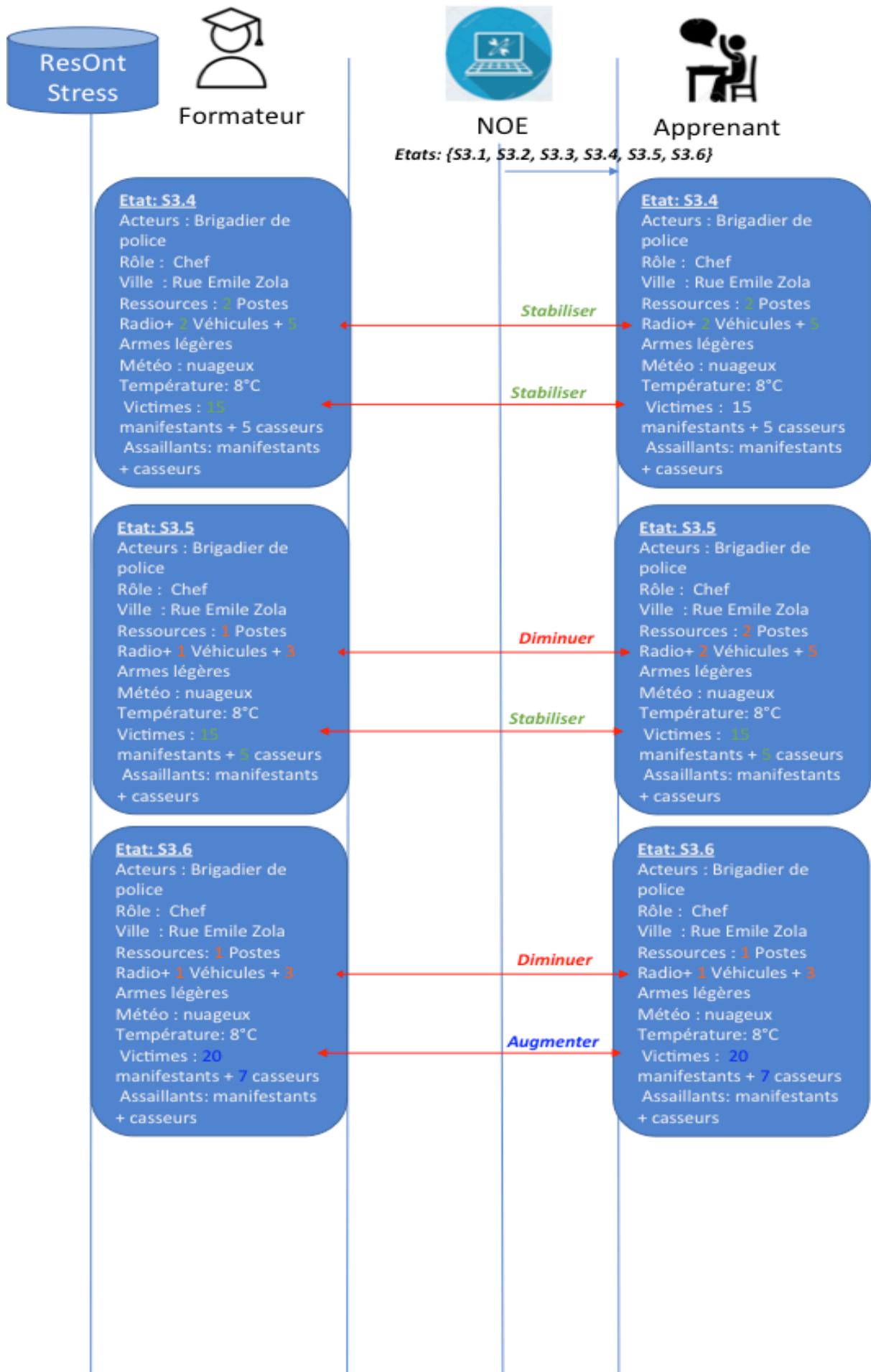
Assaillants → : casseurs + manifestants

Ces différents états sont affichés au formateur et à l'apprenant.

Nous allons dérouler NOÉ (Figure 57) pour ce cas sous la forme d'un diagramme d'activité en suivant la même procédure et le même principe que pour le premier cas.







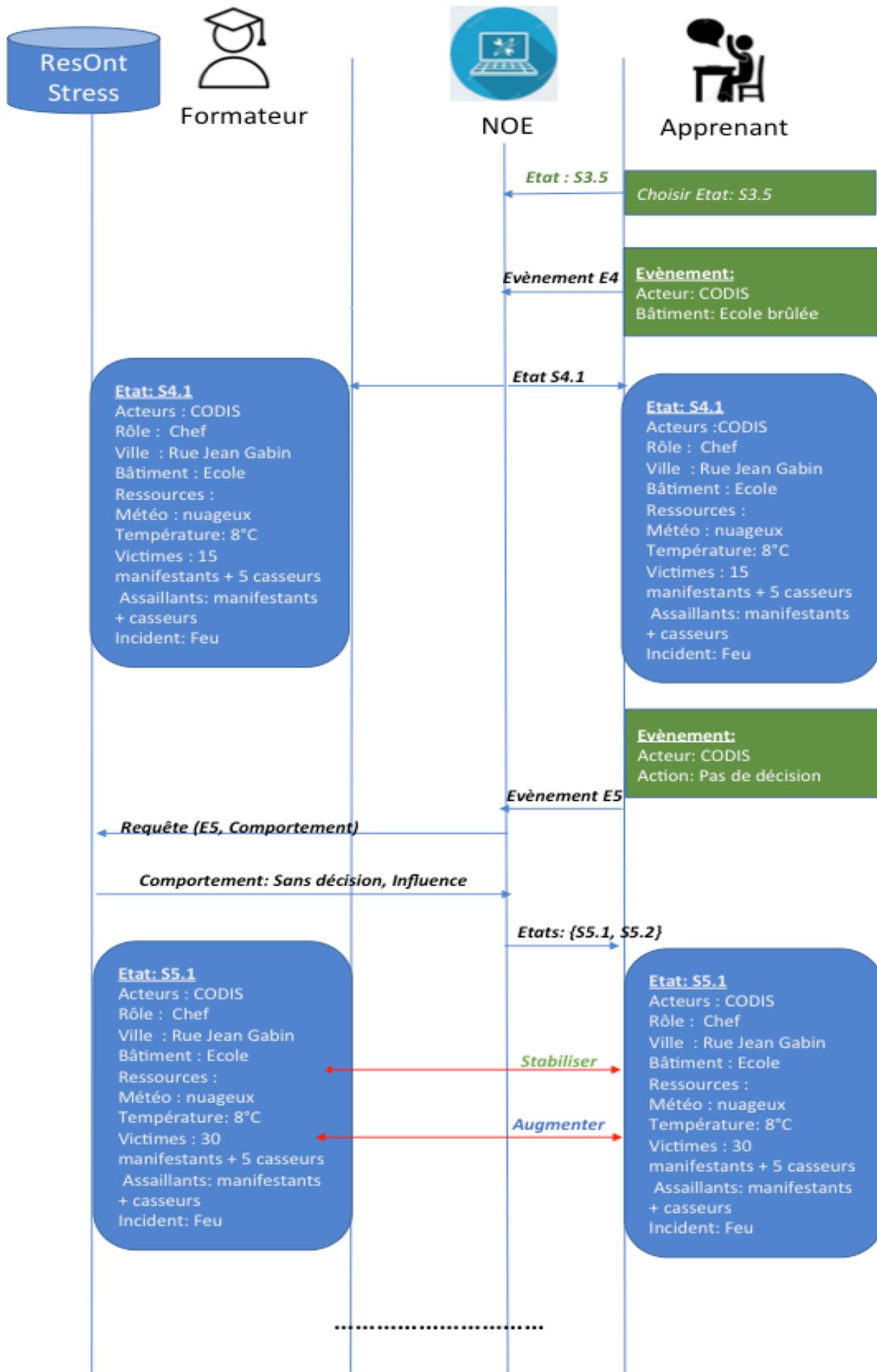


Figure 57 : Déroulement de NOÉ avec le contexte 2

A l'instar du premier cas d'application, nous avons autant de situations de crise que permet la combinaison entre « Ressources », « Personnes » et les « Influences ». On remarque dans cet exemple que certains événements déclenchent d'autres situations avec des acteurs différents. Cela permet à l'apprenant de s'adapter à de nouvelles situations auxquelles il ne s'attendait pas, mais qui peuvent dans la réalité survenir. Ces situations permettent d'explorer des parcours différents.

Dans ces deux exemples, les situations ont été envoyées à l'apprenant, mais dans NOÉ le formateur peut lui aussi recevoir des situations et injecter des événements. Le formateur lui-même deviendra apprenant dans ces cas puisque mis à part le contexte de la crise qui est partagé entre lui et l'apprenant, il ne peut pas prévoir les situations de crise que NOÉ peut générer. Les formateurs et les apprenants sont dans l'exploration de situations de crise.

Conclusion

Les deux cas d'applications étudiés sont différents dans leur contexte. Tous les deux ont engendré des situations de crise. La première concerne une situation vécue d'une attaque terroriste où des militaires avaient eu à gérer cette crise. Quant à la seconde, elle constitue un cas d'école. Elle concerne une manifestation qui avait débordé dans une ville française dont la crise avait été gérée par la préfecture de police.

Après avoir déroulé notre algorithme, nous remarquons que NOÉ peut :

- Être utilisé pour plusieurs types de crises.
- Avoir un ou plusieurs déclencheurs de situation de crise à travers le concept « Évènement ».
- Générer une ou plusieurs « Situation de Crise ».

NOÉ est en parfaite adéquation avec la théorie du chaos. En effet, nous observons qu'un petit changement dans les paramètres définis d'une situation initiale donnent une ou plusieurs situations (effet papillon de Lorenz), que les situations générées par NOÉ paraissent désordonnées, mais elles sont réellement ordonnées dû à l'exploitation du REX dans la génération de situations (attracteur de Lorenz). NOÉ peut donner une multitude de situations pour chaque événement déclencheur (bifurcation). Ces situations de crises permettent d'avoir plusieurs visions sur la crise (dimension fractale de Mandelbrot).

Autre fait marquant, le scénario ne sert plus à rien. Il n'est pas là comme support ou guide. NOÉ n'a pas besoin d'un scénario pour être appliqué. Juste une mise en contexte suffit aussi bien pour le formateur que pour l'apprenant. Ils sont tous les deux dans l'exploration, ils découvrent ensemble la suite des situations.

Nous pouvons donc annoncer que NOÉ peut être utilisé comme support d'apprentissage pour la gestion de crise. Il présente un système complexe dynamique. Cette dynamique est présente par les différentes interactions entre NOÉ, le formateur et l'apprenant. NOÉ présente des situations de crise incertaines. Il va à l'encontre de ce qui se fait dans les différents modes d'apprentissages connus. En effet la majorité des supports d'apprentissage sont linéaires avec un début et une fin, alors que NOÉ est rhizomique. Il ne présente pas de fin. Celle-ci est décidée par le formateur. NOÉ offre plutôt un parcours exploratoire pour l'apprentissage.

Nous avons montré dans ce chapitre la faisabilité et l'utilité de NOÉ pour l'apprentissage. Ce générateur peut être intégré dans un simulateur ouvert où une grammaire d'environnement de crise devrait être définie. Le simulateur construit donc les états générés par NOÉ d'une manière dynamique.

L'ontologie de situations de crise sera d'une grande aide pour prévoir les différents éléments de cette grammaire.

CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES

A. Conclusion

Les théories et définitions, servant à expliquer ou donner un sens à certains phénomènes, ont été construites à travers des représentations mentales et sont le fruit de ces mêmes représentations. Ces représentations dépendent de plusieurs facteurs et elles reflètent une vision reçue à un moment donné pour un objectif donné. Il s'agit plus d'une transmission d'une représentation, ou d'un modèle de représentation, à travers ces théories et ces définitions. Mais, ces représentations sont généralement tronquées. En effet aucune représentation n'est fidèle, elle ne représente que ce que l'individu veut (d'après un objectif) ou peut (en fonction des informations et de l'expérience dont il dispose) percevoir par rapport à un objet (Kayser 1997; Le Moigne 1994a; Morin 2007). La représentation humaine n'est que la conséquence d'un perçu sur un objet et avec l'objectif qu'on veut avoir par rapport à ce même objet. C'est en ce sens que certains scientifiques ont sciemment simplifié l'étude de certains phénomènes en ne prenant en compte qu'une seule hypothèse ou certains paramètres. Cela a servi et sert toujours à donner un sens à la recherche, mais elle ne reflète pas la vérité et ne permet pas de donner une explication réelle d'un phénomène ou d'un problème. Il s'agit plus d'une approximation proche de la réalité ou de la vérité. L'intelligence artificielle et particulièrement l'ingénierie des connaissances s'intéresse à cela à travers les sciences cognitives. Cette ingénierie des connaissances tente de rendre explicites ces connaissances par la mise en place de règles et d'ontologies. Mais cela est-il suffisant?

Cette thèse a pu associer à l'ingénierie des connaissances plusieurs disciplines. Il s'agit entre autres de la systémique, des cindyniques, de la théorie du chaos, de la théorie des catastrophes et de la théorie de la logique floue. Nous tentons dans ce travail d'offrir une représentation rapprochée des incertitudes à considérer dans une activité donnée. L'objectif de cette thèse est donc de répondre à un certain nombre de questions à savoir :

- **Est-il possible de représenter des situations incertaines ?**
- **Est-il possible d'attribuer des qualificatifs à des situations incertaines ?**
- **Comment fournir des guides pour gérer des situations incertaines ?**

Nous avons dans ce cadre pu appliquer notre modèle sur la gestion de crise et la psychologie. Particulièrement sur l'impact du stress.

En ce sens, les travaux de recherches entamés dans cette thèse nous ont permis de mettre en lien la théorie de la logique floue avec la représentation des connaissances. En effet, nous avons pu montrer, dans cette thèse, que des expressions issues du retour d'expérience pouvaient être associées à la logique floue. Cela a été rendu possible en utilisant les quantificateurs flous. Ces derniers expriment des situations intermédiaires autres que les quantificateurs vrais et faux. Ces quantificateurs flous peuvent être des qualificatifs qui donnent un certain poids aux expressions ou leur permettent de

mieux exprimer l'objet à décrire. Cette possibilité offerte issue du retour d'expérience s'approche de la réalité. Elle augmente, également, les capacités du vocabulaire utilisé dans les ontologies. Ceci va conduire le raisonnement à élargir son éventail, sans suivre une logique ou un ordre bien défini. Nous sommes dans un contexte où le raisonnement fait de l'exploration et cette exploration n'a pas de limite.

Nous avons montré que la représentation de l'incertain est possible en combinant deux théories la logique floue et le retour d'expérience. En effet, la logique floue nous permet de modifier les paramètres composant la situation incertaine à travers le rajout des qualifications « les quantificateurs flous ». Nous pouvons ainsi attribuer à chaque paramètre de la situation un ou plusieurs quantificateurs. Cela permet d'avoir pour la même situation une autre situation, mais modifier par ces quantificateurs. Or, chaque ajout ou modification d'un ou plusieurs paramètres liés à une situation est une nouvelle situation, ce qui nous permet d'avoir un ensemble de situations pour la même situation. Nous avons pu par cette expression simuler l'effet papillon et la bifurcation défendue pour représenter l'incertitude.

Le retour d'expérience est un élément important, il constitue un socle de référence et surtout il permet de définir les limites et les contours des situations. Il peut en ce sens simuler des situations plausibles. Cela permet de donner une intelligibilité aux situations et de délimiter l'espace que peuvent prendre les situations incertaines. L'absence du retour d'expérience peut donner lieu à des situations qui sont lointaines de la réalité ou ne représentent pas la réalité voulue ou espérée.

Nous avons montré aussi qu'il est possible d'attribuer des qualificatifs à des situations incertaines comme nous le faisons dans la réalité. Pour cela nous avons associé la logique floue à travers les quantificateurs flous. Ces quantificateurs vont pouvoir exprimer des états intermédiaires qui offrent une meilleure description des situations. Cela va permettre d'avoir un plus grand réalisme sur l'objet à décrire. Aussi ces quantificateurs enrichissent le vocabulaire des ontologies par le rajout d'un certain nombre d'expressions qui serviront à qualifier ou à caractériser un ou plusieurs paramètres d'une situation incertaine.

Un générateur de situations incertaines dénommé NOÉ a été élaboré dans cette thèse. L'algorithme de ce générateur représente le cœur de toute future application. Celui-ci prend en compte le retour d'expérience et utilise la logique floue. Il répond à nos hypothèses à savoir les concepts de la théorie du chaos et le retour d'expérience. Il est destiné à l'apprentissage. Les situations générées par NOÉ peuvent correspondre dans certains cas à des situations vécues alors que dans d'autres cas, NOÉ génère des situations non vécues, mais toujours plausibles, et cela grâce au retour d'expérience. Nous essayons à travers ce dernier d'avoir une représentation et un raisonnement proche de la réalité et

notamment l'incertitude dans cette réalité. L'apprentissage que nous proposons avec NOÉ est rhizomique. En effet, la progression au sein de NOÉ, n'est pas aléatoire, ni linéaire, ni circulaire elle ne correspond à aucune forme et à aucune logique. Nous sommes plus dans un mode exploratoire, un monde de découverte. NOÉ utilise ce retour d'expérience comme frein à son exploration. Cette exploration offre un apprentissage mutuel de l'apprenant et du formateur ainsi qu'une interaction forte à travers l'exploration des situations générées par NOÉ.

B. Limites et Perspectives.

Par manque de temps, cette thèse ne s'est intéressée qu'à deux niveaux hiérarchiques (chef à subordonner) et entre deux types de collaborateurs. Nous n'avons pas appliqué les activités collaboratives que NOÉ permet sur trois niveaux hiérarchiques et plus. Aussi, NOÉ ne prend pas en compte l'activité collaborative entre les mêmes niveaux hiérarchiques ou quand apparaît une rupture de la hiérarchie. Des études futures peuvent introduire la combinaison d'actions dues à la coopération entre plusieurs acteurs dans la génération des situations. De même, NOÉ n'a pas pris en compte les autres modes de collaborations comme les échanges électroniques ou les échanges à travers les réseaux sociaux, influençant la conscience mutuelle de l'environnement. La considération de ce type d'échanges peut améliorer la plausibilité de la représentation des événements dans l'exploration des situations. Un autre aspect qui n'a pas été pris en compte dans cette étude et qui pourrait faire l'objet d'étude dans le futur est la dissonance individuelle et organisationnelle lors de l'activité collaborative durant la situation de gestion de crise. L'intégration de cet aspect pourrait aider NOÉ à être plus dynamique et proche de la réalité sur ce qui se passe réellement dans les vraies situations.

Dans cette étude les mesures quantitatives n'ont pas été prises en compte, mais elles pourraient être ajoutées en nous basant sur le retour d'expérience. Ce qui permet d'éliminer le facteur combinatoire de la génération de situations avec la logique floue.

Dans cette thèse nous avons pris en compte que les indicateurs verbaux et non verbaux pour déterminer le stress. D'autres indicateurs comme les indicateurs physiologiques, endocriniens et cardiovasculaires pourraient être pris en compte dans des études futures. Nous avons aussi pris en compte l'impact du stress que produit l'activité collaborative. Mais il existe d'autres impacts qui n'ont pas été étudiés par exemple l'anxiété, la fatigue, le manque de moyens, etc. Nous n'avons appliqué NOÉ qu'à la gestion de crise alors qu'à notre sens il pourrait être utilisé dans d'autres domaines où les acteurs doivent appréhender l'impact de l'incertain.

Nous n'avons appliqué NOÉ que sur deux exemples de gestion de crise, l'un concernant un cas réel d'une attaque terroriste et l'autre un cas d'exercice simulant une manifestation. Dans les deux cas, il y a eu un échange entre le formateur, NOÉ, et l'apprenant. Ces exemples ne permettent pas de voir

comment NOÉ allait réagir dans le cas où il y a plusieurs apprenants. Aussi, nous n'avons pas pu voir si NOÉ pouvait générer des situations issues de contextes différents en même temps à des apprenants différents.

Enfin, il serait judicieux d'intégrer le cœur du générateur NOÉ, que nous avons développé pour tester la faisabilité de notre hypothèse, dans un environnement de simulation comme les jeux sérieux où la représentation de l'environnement grâce à la réalité augmentée et autre (ie. la plateforme HUMANS de l'Université de Technologie de Compiègne) (Barot, Lourdeaux, Burkhardt, Amokrane, Lenne 2013), permet de fournir une concrétisation de l'exploration de situations dans l'apprentissage. L'étude de l'impact de ce type d'apprentissage comparé aux théories actuellement mises en pratique permet d'explorer d'autres modes de formation tournés vers l'exploration rhizomique.

PUBLICATIONS

- TEFFALI, Sammy, MATTA, Nada and CHATELET, Eric. *Representing Stress impact in crisis management*. Proceeding of the 4th Artificial Intelligence for Knowledge Management on IJCAI-17 Melbourne (Australia). August 2017.
- TEFFALI, Sammy, MATTA, Nada and CHATELET, Eric. *Learning from fails in crisis management: Case of stress impact*. Proceeding of the 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Huangshan (China). July 2018.
- TEFFALI, Sammy, MATTA, Nada and CHATELET, Eric. *Towards an Exploration of Several Dimensions in Learning: Application on Crisis Management*. Proceeding of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management. Sevilla (Spain). September 2018.
- MATTA, Nada, Hassan ATIFI and TEFFALI, Sammy. *Detection of Conferences Attendees From Interaction. Can we Know if our colleague attend a given conference?* Proceeding of the 4th Forum on Research and Technology for Society and Industry. Palermo (Italy). September 2018.
- TEFFALI, Sammy, MATTA, Nada and CHATELET, Eric. *How to Deal Crisis Situation and Uncertainty by Using Ontology and Fuzzy Theory*. Proceeding of the 16th International Conference on Information System for Crisis Response and Management. Valencia (Spain). May 2019.
- TEFFALI, Sammy, MATTA, Nada and CHATELET, Eric. *Application of fuzzy theory to predict crisis management situation*. Proceeding of the 4th The international conference on Knowledge Management, Information and Knowledge Systems. Casablanca (Morocco). April 2019.
- TEFFALI, Sammy, MATTA, Nada and CHATELET, Eric. *Managing Stress with Experience Feedback in Crisis Situation*. Special Issue on Knowledge Engineering and Management Applied to Innovation /AIEDAM. Special issue/volume 33/number 2/. P206-225 May 2019.
- TEFFALI, Sammy, MATTA, Nada and CHATELET, Eric. *Representing Stress impact in crisis management*. Extended paper in Springer AICT Series. En cours de publication.

BIBLIOGRAPHIE

ABRAMS, Dominic and HOGG, Michael A, 2006. *Social identifications: A social psychology of intergroup relations and group processes*. Routledge. ISBN 1134986483.

ADAMS, Terri M and STEWART, Larry D, 2015. Chaos theory and organizational crisis: A theoretical analysis of the challenges faced by the New Orleans Police Department during Hurricane Katrina. *Public Organization Review*. 2015. Vol. 15, no. 3, p. 415–431.

AICH, Ali and LORIETTE, Sophie, 2007. Aided navigation for disabled people by re-use of experiments. *européen des systèmes automatisés*. 2007.

ALDWIN, Carolyn M, 2007. *Stress, coping, and development: An integrative perspective*. Guilford Press. ISBN 1572308400.

ALGER, Chadwick F and BRAMS, Steven J, 1967. Patterns of Representation in National Capitals and Intergovernmental Organizations. *World Politics* [online]. 2011/07/18. 1967. Vol. 19, no. 4, p. 646–663. DOI: 10.2307/2009718. Available from: <https://www.cambridge.org/core/article/patterns-of-representation-in-national-capitals-and-intergovernmental-organizations/52E7F8BABFFFD16891C5248D0142775>

ALTINTAS, Gulsun and ROYER, Isabelle, 2009. Renforcement de la résilience par un apprentissage post-crise: une étude longitudinale sur deux périodes de turbulence. *M@n@gement*. 2009. Vol. 12, no. 4, p. 266–293.

AMMANN, Walter, 2008. Developing a multi-organisational strategy for managing emergencies and disasters. *Journal of Business Continuity & Emergency Planning*. 2008. Vol. 2, no. 4, p. 390–402.

ANDERSON, Roy M and MAY, Robert M, 1992. *Infectious diseases of humans: dynamics and control*. Oxford university press. ISBN 019854040X.

ANNERSTEDT, Matilda, JÖNSSON, Peter, WALLERGÅRD, Mattias, JOHANSSON, Gerd, KARLSON, Björn, GRAHN, Patrik, HANSEN, Åse Marie and WÄHRBORG, Peter, 2013. Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest—Results from a pilot study. *Physiology & behavior*. 2013. Vol. 118, p. 240–250.

ANTONIOLI, Manola, 2009. 7: Gilles Deleuze et Félix Guattari: pour une géophilosophie. In: *Le territoire des philosophes*. La Découverte. p. 117–137. ISBN 2707156477.

ARGYLE, Michael, 2013. *Bodily communication*. Routledge. ISBN 1134964250.

ARGYLE, Michael and KENDON, Adam. T, 1967. The Experimental Analysis of Social Performance. *Academic Press*. 1967. P. 55–98.

ARGYRIS, Ch and SCHÖN, Donald A, 1997. Organizational learning: A theory of action perspective. *Reis*. 1997. No. 77/78, p. 345–348.

ARGYRIS, Chris and SCHON, Donald A, 1974. *Theory in practice: Increasing professional effectiveness*. Jossey-Bass. ISBN 0875892302.

ARIES, Serge, LE BLANC, Benoît and ERMINE, Jean-Louis, 2008. *MASK: une méthode d'ingénierie des connaissances pour l'analyse et la structuration des connaissances*. 2008. Hermes sciences.

ARISTOTELES, PELLEGRIN, Pierre, CRUBELLIER, Michel and DALIMIER, Catherine, 2007. *Catégories: Sur l'interprétation*. Flammarion. ISBN 2080710826.

- ARMAGHAN, Negar, 2009. *Contribution à un système de retour d'expérience basé sur le raisonnement à partir de cas conversationnel: application à la gestion des pannes de machines industrielles*. 2009. Institut National Polytechnique de Lorraine.
- ARNOL'D, Vladimir I, 2003. *Catastrophe theory*. Springer Science & Business Media. ISBN 3540548114.
- ARONSON, H and WEINTRAUB, Walter, 1967. Verbal Productivity as a Measure of Change in Affective Status. *Psychological Reports* [online]. 1 April 1967. Vol. 20, no. 2, p. 483–487. DOI 10.2466/pr0.1967.20.2.483. Available from: <https://doi.org/10.2466/pr0.1967.20.2.483>
- ARONSON, Harriet and WEINTRAUB, Walter, 1972. Personal adaptation as reflected in verbal behavior. In: *Studies in dyadic communication*. Pergamon Press New York. p. 265–278.
- ARTUS, Patrick, BETBÈZE, Jean-Paul and DE BOISSIEU, Christian, 2008. *La crise des subprimes*. la Documentation française. ISBN 2110073578.
- AULD, Frank and MAHL, George F., 1956. A comparison of DRQ with ratings of emotion. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1956. DOI 10.1037/h0042734.
- AUSSENAC-GILLES, Nathalie, CHARLET, Jean and REYNAUD, Chantal, 2012. *Les enjeux de l'Ingénierie des connaissances*. 2012. Cepadues.
- AUSSENAC-GILLES, Nathalie and CONDAMINES, Anne, 2001. Entre textes et ontologies formelles: les bases de connaissances terminologiques. *Ingénierie et capitalisation des connaissances*. 2001. P. 153–177.
- AVENIER, Marie-José, 2011. Les paradigmes épistémologiques constructivistes: post-modernisme ou pragmatisme? *Management & avenir*. 2011. No. 3, p. 372–391.
- BABITSKI, Grigori, PROBST, Florian, HOFFMANN, Jörg and OBERLE, Daniel, 2009. Ontology Design for Information Integration in Disaster Management. *GI Jahrestagung*. 2009. Vol. 154, p. 3120–3134.
- BACHIMONT, Bruno, 1996. Herméneutique matérielle et artéfacture: des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser. *mémoire de thèse en épistémologie, Ecole Polytechnique, France*. 1996.
- BANDURA, Albert, 1977. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*. 1977. Vol. 84, no. 2, p. 191. NULL
- BAROT, Camille, LOURDEAUX, Domitile, BURKHARDT, J-M, AMOKRANE, Kahina and LENNE, Dominique, 2013. V3S: A virtual environment for risk-management training based on human-activity models. *Presence*. 2013. Vol. 22, no. 1, p. 1–19.
- BARREAU, Hervé, 1968. L'instant et le temps selon Aristote (Physique IV, 10-14, 217 b 29-224 a 17). *Revue philosophique de Louvain*. 1968. Vol. 66, p. 213–238.
- BAZIN, M J and SAUNDERS, P T, 1979. An application of catastrophe theory to the study of a switch in *Dictyostelium discoideum*. In: *Kinetic Logic A Boolean Approach to the Analysis of Complex Regulatory Systems*. Springer. p. 481–501.
- BECK, Ulrich, 1992. *Risk society: Towards a new modernity*. London: Sage. ISBN 0803983468.

- BELER, Cédric, 2008. *Modélisation générique d'un retour d'expérience cognitif. Application a la prevention des risques*. 2008.
- BELLATRECHE, Ladjel, DUNG, Nguyen Xuan, PIERRA, Guy and HONDJACK, Dehainsala, 2006. Contribution of ontology-based data modeling to automatic integration of electronic catalogues within engineering databases. *Computers in Industry*. 2006. Vol. 57, no. 8–9, p. 711–724.
- BERGMANN, Ralph, 2002. *Experience management: foundations, development methodology, and internet-based applications*. Springer-Verlag. ISBN 3540441913.
- BERKOWITZ, Leonard, 1962. Aggression: A social psychological analysis. *McGraw-Hill series in psychology*. - New York. 1962. Vol. 1, p. 361.
- BERSANI, Catherine, DUMAS, Philippe, ROUZEAU, Michel, GÉRARD, François, GONDRAN, Olivier, HÉLIAS, Annick and TREPOS, Y, 2010. Tempête Xynthia, retour d'expérience, évaluation et propositions d'action. *La documentation française*. 2010.
- BERTRAND, Frédéric, ANSELME, Brice and BECU, Nicolas, 2014. Analyse et gestion du risque d'envasement autour de la baie d'Antonina, Brésil. L'apport d'une démarche d'accompagnement. *Bulletin de l'association de géographes français. Géographies*. 2014. Vol. 91, no. 91–3, p. 289–308.
- BESSE, Alexandre, ERMINE, Jean-Louis and ROSENTHAL-SABROUX, Camille, 2014. Modéliser l'organisation, les pratiques et les procédures pour la réalisation des livres de connaissances. . 2014.
- BEVC, Christine A, BARLAU, Ashly N and PASSANANTE, Nick A, 2009. Mapping convergence points in the initial emergency response to 9/11. *Disasters*. 2009. Vol. 33, no. 4, p. 786–808.
- BICKFORD, J, 2000. Sharing lessons learned in the Department of Energy. *Aha & Weber*. 2000.
- BJERGE, Benedikte, CLARK, Nathan, FISKER, Peter and RAJU, Emmanuel, 2016. Technology and Information Sharing in Disaster Relief. *PloS one* [online]. 1 January 2016. Vol. 11, no. 9, p. e0161783. [Accessed 28 October 2016]. DOI 10.1371/journal.pone.0161783. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0161783>
- BLAU, Peter M., 1954. Patterns of interaction among a group of officials in a government agency. *Human Relations*. 1954. Vol. 7, no. 3, p. 337–348.
- BOGNER, Alexander and MENZ, Wolfgang, 2009. The theory-generating expert interview: epistemological interest, forms of knowledge, interaction. In: *Interviewing experts*. Springer. p. 43–80.
- BOIN, Arjen and LAGADEC, Patrick, 2000. Preparing for the future: critical challenges in crisis management. *Journal of contingencies and crisis management*. 2000. Vol. 8, no. 4, p. 185–191.
- BOLTZMANN, Ludwig, 1872. Études complémentaires sur l'équilibre thermique des molécules de gaz (Weitere studien über das wärmeleichgewicht unter gasmolekülen. *Wiener Berichte*. 1872. Vol. 66, p. 275–370.
- BOLTZMANN, Ludwig, 1877. Sur le rapport entre le second principe de la théorie mécanique de la chaleur et la théorie des probabilités en relation avec les lois de l'équilibre thermique (Über die beziehung dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlich. *Wiener Berichte*. 1877. Vol. 76, p. 373–435.
- BOLTZMANN, Ludwig and BRILLOUIN, Marcel, 1902. *Leçons sur la théorie des gaz*. Gauthier-Villars.

- BORODZICZ, Edward P, 2004. Guest editorial: Simulating risk and crisis. *Simulation and Gaming*. 2004. Vol. 35, no. 3, p. 345–346.
- BOUCHON-MEUNIER, Bernadette, 2007. *La logique floue: «Que sais-je?»* n° 2702. Presses universitaires de France. ISBN 2130613071.
- BOUCHON-MEUNIER, Bernadette and ZADEH, Lotfi Asker, 1995. *La logique floue et ses applications*. Vie artifi. Paris ; Auckland ; Bogota: Paris ; Reading (Mass.). ISBN 2879080738.
- BOULANGER, Pier-Pascale, 2006. Le chaos de la traduction et la traduction du chaos. *Meta: Journal des traducteurs/Meta: Translators' Journal*. 2006. Vol. 51, no. 1, p. 119–130.
- BOUMRAR, Julie, 2010. La crise: levier stratégique d'apprentissage organisationnel. *Vie & sciences de l'entreprise*. 2010. No. 3, p. 13–26.
- BOURASSA, Bruno and SERRE, Fernand, 1999. *Apprendre de son expérience*. Puq. ISBN 2760516245.
- BOURIGAULT, Didier, AUSSENAC-GILLES, Nathalie and CHARLET, Jean, 2004. Construction de ressources terminologiques ou ontologiques à partir de textes Un cadre unificateur pour trois études de cas. *Revue d'Intelligence Artificielle*. 2004. Vol. 18, no. 1, p. 87–110.
- BOURRIER, Mathile, 2002. Bridging research and practice: The challenge of “normal operations” studies. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. 2002. DOI 10.1111/1468-5973.00194.
- BOUTOT, Alain, 1986. La dimension philosophique de la théorie des catastrophes. *Revue de synthese*. 1986. Vol. 107, no. 4, p. 385–410.
- BOVET, Magali, PARRAT-DAYAN, Silvia and VONÈCHE, J, 1987. Comment engendrer une explication causale par apprentissage? 1-Le rôle du dialogue. *Enfance*. 1987. Vol. 40, no. 4, p. 297–308.
- BRANET, C and TROUILLOUD, J, 1996. Intégration du retour d'expérience non-statistique dans le processus de conception. In: *Fiabilité & maintenabilité. Colloque national*. 1996. p. 397–411.
- BRONNER, Cyrille, 2008. *Utilisation des données opérationnelles pour l'aide à la décision en situation accidentelle impliquant une substance dangereuse: application à l'identification du terme source*. 2008. Saint-Etienne, EMSE.
- BROWN, George W and HARRIS, Tirril, 1978. Social origins of depression: a reply. *Psychological Medicine*. 1978. Vol. 8, no. 4, p. 577–588. NULL
- BROWN, John Seely and DUGUID, Paul, 1993. Stolen knowledge. *Educational technology*. 1993. Vol. 33, no. 3, p. 10–15.
- BROWN, Kerry and KEAST, Robyn, 2003. Citizen-government engagement: community connection through networked arrangements. *Asian Journal of Public Administration*. 2003. Vol. 25, no. 1, p. 107–131.
- BRUCHON-SCHWEITZER, M. L., 1994. Les problèmes d'évaluation de la personnalité aujourd'hui. *L'orientation scolaire et professionnelle*. 1994. No. 23, p. 35_57.
- BRUCHON-SCHWEITZER, M, RASCLE, N, QUINTARD, B, NUISSIER, J, COUSSON, F and AGUERRE, C, 1997. Stress professionnel et santé. *Cahiers internationaux de psychologie sociale*. 1997. Vol. 33, p. 61–74. NULL

- BULL, Ray and RUMSEY, Nichola, 2012. *The social psychology of facial appearance*. Springer Science & Business Media. ISBN 1461237823.
- CALDIERA, Victor R Basili1 Gianluigi and ROMBACH, H Dieter, 1997. *The experience factory*. . 1997.
- CARPENTIER, Kévin, 2015. *Scénarisation personnalisée dynamique dans les environnements virtuels pour la formation*. 2015. Compiègne.
- CARRÉ, Philippe, 2004. Bandura: une psychologie pour le XXIe siècle? *Savoirs*. 2004. No. 5, p. 9–50.
- CASADO, R, RUBIERA, E, SACRISTAN, M, SCHÜTTE, F and PETERS, R, 2015. Data interoperability software solution for emergency reaction in the Europe Union. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2015. Vol. 15, no. 7, p. 1563–1576.
- CASTILLO, Oswaldo, MATTA, Nada and ERMINE, Jean-Louis, 2004. De l'appropriation des connaissances vers l'acquisition des compétences. In: *2ème colloque C2EI: Modélisation et pilotage des systèmes de Connaissances et de Compétences dans les Entreprises Industrielles*. 2004. p. 1–8.
- CAUGHREN, Harry J., 1965. The relationship of stimulus-structure and selected personality variables to the discomfort-relief quotient in autobiographies. *Journal of Counseling Psychology*. 1965. DOI 10.1037/h0021916.
- CELIK, Suleyman and CORBACIOGLU, Sitki, 2010. Role of information in collective action in dynamic disaster environments. *Disasters*. 2010. Vol. 34, no. 1, p. 137–154.
- CHARBONNEAU, B and CHEVRIER, J, 1990. L'apprentissage expérientiel, fondement théorique et cadre d'étude du savoir-apprendre chez l'adulte. *Actes du 9e Congrès annuel de l'Association canadienne pour l'étude de l'éducation des adultes*. 1990. P. 91–95.
- CHARLET, Jean, 2002. *L'ingénierie des connaissances: développements, résultats et perspectives pour la gestion des connaissances médicales*. . 2002.
- CHARLET, Jean, TCHOUNIKI, P and TEULIER, R, 2005. *Ingénierie des connaissances*. Harmattan. ISBN 274758240X.
- CHARTRAND, Élise and JULIEN, Danielle, 1994. Système d'Observation des Dimensions d'Interaction (SODI): validation canadienne française de l'Interactional Dimensions Coding System (IDCS). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*. 1994. Vol. 26, no. 2, p. 319.
- CHEHADE, SAMER; MATTA, NADA; POTHIN, JEAN-BATISTE; COGRANNE, Remi, 2018. Data Interpretation Support in Rescue Operations: Application for French Firefighters. In: *proceeding of the 15th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications AICCSA 2018*. 2018.
- CHEVRIER, Jacques and CHARBONNEAU, Benoît, 2000. Le savoir-apprendre expérientiel dans le contexte du modèle de David Kolb. *Revue des sciences de l'éducation*. 2000. Vol. 26, no. 2, p. 287–324.
- CIGLER, Beverly, 2001. Multiorganizational, multisector, and multicomunity organizations: setting the research agenda. *Getting results through collaboration: Networks and network structures for public policy and management*. 2001. P. 71–85.

- CLAIRAUT, Alexis-Claude, 1752. De l'orbite de la Lune en ne négligeant pas les quarrés des quantités de même ordre que les forces perturbatrices. *Memoire de L'Academie Royale des Sciences*. 1752. P. 421–440.
- CLERGUE, Gérard, 1997. *L'apprentissage de la complexité*. Hermès Paris. ISBN 2866016416.
- COHEN, Sheldon and WILLS, Thomas A, 1985. Stress, social support, and the buffering hypothesis. *Psychological bulletin*. 1985. Vol. 98, no. 2, p. 310.
- COLEMAN, James C., 1949. Facial expressions of emotion. *Psychological Monographs: General and Applied*. 1949. Vol. 63.
- COLLIER, Gary and COLLIER, Gary James, 2014. *Emotional expression*. Psychology Press. ISBN 1317768477.
- COMFORT, Louise K, 2007. Crisis management in hindsight: Cognition, communication, coordination, and control. *Public Administration Review*. 2007. Vol. 67, no. s1, p. 189–197.
- COMFORT, Louise K, KO, Kilkon and ZAGORECKI, Adam, 2004. Coordination in rapidly evolving disaster response systems the role of information. *American Behavioral Scientist*. 2004. Vol. 48, no. 3, p. 295–313.
- COMFORT, Louise K, SUNGU, Yesim, JOHNSON, David and DUNN, Mark, 2001. Complex systems in crisis: Anticipation and resilience in dynamic environments. *Journal of contingencies and crisis management*. 2001. Vol. 9, no. 3, p. 144–158.
- CONSORTIUM, Gene Ontology, 2001. Creating the gene ontology resource: design and implementation. *Genome research*. 2001. Vol. 11, no. 8, p. 1425–1433.
- COOK, Mark and LALLJEE, Mansur G, 1972. Verbal substitutes for visual signals in interaction. *Semiotica*. 1972. Vol. 6, no. 3, p. 212–221.
- COOPER, Cary L, SLOAN, Stephen J and WILLIAMS, Stephen, 1988. *Occupational stress indicator*. UK: Nfer-Nelson Windsor. NULL
- COX, Tom, GRIFFITHS, Amanda and RIAL-GONZÁLEZ, Eusebio, 2000. *Research on work-related stress*. Sudbury: European Communities. ISBN 9282892557. NULL
- CROCQ, Louis, HUBERSON, Sophie and VRAIE, Benoît, 2009. *Gérer les grandes crises: Sanitaires, écologiques, politiques et économiques*. Odile Jacob. ISBN 2738197167.
- CROSSAN, Mary M, LANE, Henry W and WHITE, Roderick E, 1999. An organizational learning framework: From intuition to institution. *Academy of management review*. 1999. Vol. 24, no. 3, p. 522–537.
- CYERT, Richard M and MARCH, James G, 1963. A behavioral theory of the firm. *Englewood Cliffs, NJ*. 1963. Vol. 2, p. 64–67. DOI 10.2307/2228147.
- D'ALEMBERT, Jean Le Rond, 1749. *Recherches sur la précession des equinoxes: et sur la nutation de l'axe de la terre, dans le système Newtonien*. Chez David l'ainé.
- D'HUMIERES, D, BEASLEY, M R, HUBERMAN, B A and LIBCHABER, A, 1982. Chaotic states and routes to chaos in the forced pendulum. *Physical Review A*. 1982. Vol. 26, no. 6, p. 3483.

- DAUPHINÉ, André, 1995. *Chaos, fractales et dynamiques en géographie*. GIP Reclus. ISBN 2869120575.
- DAUTUN, Carole, 2007. *Contribution à l'étude des crises de grande ampleur: connaissance et aide à la décision pour la sécurité civile*. 2007. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- DAVIS, Milton S., 1968. Variations in patients' compliance with doctors' advice: an empirical analysis of patterns of communication. *American Journal of Public Health and the Nations Health*. 1968. Vol. 58, no. 2, p. 274–288.
- DAVIS, Randall, SHROBE, Howard and SZOLOVITS, Peter, 1993. What is a knowledge representation? *AI magazine*. 1993. Vol. 14, no. 1, p. 17.
- DE ALMEIDA FALBO, Ricardo, 2004. Experiences in using a method for building domain ontologies. In: *The 16th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, SEKE*. 2004. p. 474–477.
- DE COURVILLE, Bertrand, 2000. Prévention et retour d'expérience à Air France. *Congrès de la Société Francophone d'Informatique et de Monitoring en Anesthésie et Réanimation*. 2000. P. 1–5.
- DE RIVERA, Joseph, 1968. *The psychological dimension of foreign policy*. USA: CE Merrill Pub. Co.
- DE SAUSSURE, F, 1916. *Cours de linguistique générale*. . 1916.
- DELAHAYE, P, 1996. REX-FIAB: Un système de retour d'expérience sur la fiabilité d'équipements. In: *Fiabilité & maintenabilité. Colloque national*. 1996. p. 1015–1021.
- DELAUNOIS, M, MALCHAIRE, J and PIETTE, A, 2002. Classification des méthodes d'évaluation du stress en entreprise. *Médecine du travail & ergonomie*. 2002. Vol. 39, no. 1, p. 13–28.
- DELBECQUE, Eric and DE SAINT RAPT, Jean-Annet, 2016. *Management de crise*. Paris, France: Magnard-Vuibert. ISBN 978-2-311-00662-9.
- DELBEQUE, Éric and COMBALBERT, Laurent, 2012. *La gestion de crise*. Paris, PUF. 2012.
- DELEUZE, Gilles and GUATTARI, Félix, 2013. *Mille plateaux: Capitalisme et schizophrénie, 2*. Minuit. ISBN 2707327808.
- DENIS, Fabrice and LETELLIER, Christophe, 2012. Théorie du chaos: un concept fascinant pour l'oncologue. *Cancer/Radiothérapie*. 2012. Vol. 16, no. 3, p. 230–236.
- DENIS, Hélène, 1993. *Gérer les catastrophes: l'incertitude à apprivoiser*. Montréal: Presses de l'Université de Montréal. ISBN 2760615987.
- DESCARTES, René and GILSON, Et, 1987. *Discours de la méthode*. Vrin. ISBN 2711601803.
- DI MAIO, Paola, 2007. An open ontology for open source emergency response system. *Open Source Research Community*. 2007.
- DIBIAGGIO, Ludovic, 1999. Apprentissage, coordination et organisation de l'industrie-Une perspective cognitive. *Revue d'économie industrielle*. 1999. Vol. 88, no. 1, p. 111–136.
- DIEN, Yves and LLORY, Michel, 2004. Effects of the Columbia space shuttle accident on high risk industries or can we learn lessons from other industries. *Hazards*. 2004. Vol. 18, p. 23–25.

- DIENG-KUNTZ, Rose and MATTA, Nada, 2002. *Knowledge management and organizational memories*. Dordrecht: Springer. ISBN 0792376595.
- DITTMANN, Allen T, 1962. The relationship between body movements and moods in interviews. *Journal of Consulting Psychology*. 1962. Vol. 26, no. 5, p. 480.
- DOEHRING, Donald G, 1957. *The relation between manifest anxiety and rate of eyeblink in a stress situation*. CENTRAL INST FOR THE DEAF ST LOUIS MO.
- DOHRENWEND, Barbara S and DOHRENWEND, Bruce P, 1974. *Stressful life events: Their nature and effects*. John Wiley & Sons. ISBN 0471217530. NULL
- DOLAN, S L, GARCIA, S and AUERBACH, A, 2003. Understanding and managing chaos in organisations. *International Journal of Management*. 2003. Vol. 20, no. 1, p. 23–35.
- DOLLARD, John and MOWRER, O. Hobart, 1947. A method of measuring tension in written documents. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1947. DOI 10.1037/h0054341.
- DORE, F., MERCIER, P, 1992. *Les fondements de l'apprentissage et de la cognition*. Lille, Pre. Lille. ISBN 139782859394172.
- DORUSSEN, Han and WARD, Hugh, 2008. Intergovernmental organizations and the Kantian peace: A network perspective. *Journal of Conflict Resolution*. 2008. Vol. 52, no. 2, p. 189–212.
- DOSEY, Michael A. and MEISELS, Murray., 1969. Personal space and self-protection. *Journal of personality and social psychology*. 1969. Vol. 11, no. 2, p. 93.
- DOUADY, Adrien and OESTERLÉ, Joseph, 1980. Dimension de Hausdorff des attracteurs. *CR Acad. Sci. Paris*. 1980. Vol. 290, no. 24, p. 1135–1138.
- DRABEK, Thomas E, 1985. Managing the emergency response. *Public Administration Review*. 1985. Vol. 45, p. 85–92.
- DRABEK, Thomas E and MCENTIRE, David A, 2002. Emergent phenomena and multiorganizational coordination in disasters: Lessons from the research literature. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*. 2002. Vol. 20, no. 2, p. 197–224.
- DUNCAN, Starkey and FISKE, Donald W, 2015. *Face-to-face interaction: Research, methods, and theory*. Routledge. ISBN 1317338782.
- EDMONDSON, Amy and MOINGEON, Bertrand, 1996. When to learn how and when to learn why: Appropriate organizational learning processes as a source of competitive advantage. . 1996.
- EICHLER, Myron, 1965. The application of verbal behavior analysis to the study of psychological defense mechanisms: Speech patterns associated with sociopathic behavior. *The Journal of Nervous and Mental Disease*. 1965. Vol. 141, no. 6, p. 658–663.
- EINSTEIN, Albert, 1915. On the general theory of relativity. *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.)*. 1915. P. 799–801.
- EKELAND, Ivar, 1977. La théorie des catastrophes. *La recherche*. 1977. Vol. 81, no. 8, p. 745–754.
- EKMAN, Paul and FRIESEN, Wallace V., 1976. Measuring facial movement. *Environmental Psychology and Nonverbal Behavior*. 1976. DOI 10.1007/BF01115465.

- EKMAN, Paul and FRIESEN, Wallace V, 1972. Hand movements. *Journal of communication*. 1972. Vol. 22, no. 4, p. 353–374.
- EKMAN, Paul and FRIESEN, Wallace V, 1975. *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial cues*. 1975. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- EKMAN, Paul, FRIESEN, Wallach V and SCHERER, Klaus R, 1976. Body movement and voice pitch in deceptive interaction. *Semiotica*. 1976. Vol. 16, no. 1, p. 23–28.
- EL SAYED, Mazen, 2001. *Une approche logico-symbolique des connaissances nuancees via des modificateurs linguistiques*. 2001. Citeseer.
- ELLIOTT, Dominic and SMITH, Denis, 2006. *Cultural readjustment after crisis: Regulation and learning from crisis within the UK soccer industry*. 2006.
- ELLIS, Clarence A, GIBBS, Simon J and REIN, Gail, 1991. Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*. 1991. Vol. 34, no. 1, p. 39–58.
- ERIKSON, Erick H, NASS, Joseph and LOUIS-COMBET, Claude, 1972. *Adolescence et crise: la quête de l'identité*. ISBN 2082101835.
- ERMINE, Jean-Louis, 1999. La gestion des connaissances, un levier de l'intelligence économique. *Revue d'intelligence économique*. 1999. No. 4, p. 98–111.
- ERMINE, Jean-Louis, 2000. *Les systèmes de connaissances*. Hermes Science Publication.
- ERMINE, Jean-Louis, 2003. *La gestion des connaissances*. Hermes Lavoisier.
- ERMINE, Jean-Louis, 2008. *Management et ingénierie des connaissances. Modèles et méthodes*. Hermes-Lavoisier.
- ERMINE, Jean-Louis, CHAILLOT, Mathias, BIGEON, Philippe, CHARRETON, Boris and MALAVIEILLE, D—MKSM, 1996. Méthode pour la gestion des connaissances. *Ingénierie des systèmes d'information, AFCET-Hermès*. 1996. Vol. 4, no. 4, p. 541–575.
- EULER, Leonhard, 1765. Du mouvement de rotation des corps solides autour d'un axe variable. *Mémoires de l'académie des sciences de Berlin*. 1765. P. 154–193.
- EXLINE, Ralph V., 1963. Explorations in the process of person perception: visual interaction in relation to competition, sex, and need for affiliation. *Journal of personality*. 1963. Vol. 31, no. 1, p. 20.
- EYSENCK, Michael, 2014. *Anxiety and cognition: A unified theory*. Psychology Press. ISBN 131777504X.
- FAGUET-PICQ, Béatrice, 1999. CHAPITRE II LA COOPÉRATION DANS LE TRAVAIL. *La nouvelle division du travail*. 1999. P. 43.
- FAURE, Alexandre, FAURE, Re and BISSON, Gilles, 1999. Modeling the Experience Feedback Loop to improve Knowledge Base reuse in industrial environment. . 1999.
- FAVIER, Laurence, MUSTAFA EL HADI, Widad and VINCK, Dominique, 2016. Présentation. Interopérabilité culturelle. *Communication. Information médias théories pratiques*. 2016. Vol. 34, no. 1.

- FAYOL, Michel, 2003. La compréhension: évaluation, difficultés et interventions. *Comprendre*. 2003.
- FILLOL, Charlotte, 2004. Apprentissage et systémique. *Revue française de gestion*. 2004. No. 2, p. 33–49.
- FIRDHOFF, A. J., ALPERT, M. and KURTZBERG, R. L., 1964a. An electro-acoustic analysis of the effects of stress on voice. *Journal of neuropsychiatry*. 1964. Vol. 5, p. 266.
- FIRDHOFF, A. J., ALPERT, M. and KURTZBERG, R. L., 1964b. Measurement of verbal and vocal behavior. Infra-content channels of vocal communication. *Research publications-Association for Research in Nervous and Mental Disease*. 1964. Vol. 42, p. 414–423.
- FISHER, Douglas, LAPP, Diane and FREY, Nancy, 2011. Comprehension: The cooperation of many forces. In: *Handbook of research on teaching the English language arts*. Routledge. p. 270–275.
- FLAY, Brian R, 1978. Catastrophe theory in social psychology: Some applications to attitudes and social behavior. *Behavioral Science*. 1978. Vol. 23, no. 4, p. 335–350.
- FOLKMAN, Susan and LAZARUS, Richard S, 1988. The relationship between coping and emotion: Implications for theory and research. *Social science & medicine*. 1988. Vol. 26, no. 3, p. 309–317.
- FRANK, Robert S., 1973. Linguistic analysis of political elites: A theory of verbal kinesics. *Sage Publ*. 1973.
- FRANK, Robert S., 1977. *Nonverbal and paralinguistic analysis of political behavior: The first McGovern-Humphrey California primary debate. A psychological examination of political leaders*. New York.
- FRATTINI, B, BOIZAT, S, TRAVERS, S, BIGNAND, M and TOURTIER, J-P, 2016. Retour d'expérience des attentats du 13 novembre 2015. Prise en charge médicale préhospitalière. *Annales françaises de médecine d'urgence*. 2016. Vol. 6, no. 1, p. 13–15.
- FREEDMAN, Norbert, 1972. The analysis of movement behavior during the clinical interview. *Studies in dyadic communication*. 1972. P. 153–175.
- FREEDMAN, Norbert, BLASS, Thomas, RIFKIN, Arthur and QUITKIN, Frederic, 1973. Body movements and the verbal encoding of aggressive affect. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1973. Vol. 26, no. 1, p. 72.
- FREEDMAN, Norbert, O'HANLON, James, OLTMAN, Philip and WITKIN, Herman A, 1972. The imprint of psychological differentiation on kinetic behavior in varying communicative contexts. *Journal of Abnormal Psychology*. 1972. Vol. 79, no. 3, p. 239.
- FUKS, Hugo, RAPOSO, Alberto, GEROSA, Marco Aurélio, PIMENTEL, Mariano, FILIPPO, Denise and LUCENA, Carlos, 2008. Inter- and Intra-Relationships between Communication Coordination and Cooperation in the Scope of the 3C Collaboration Model. . 2008.
- FUMEY, Marc, 2001. *Méthode d'Évaluation des Risques Agrégés: application au choix des investissements de renouvellement d'installations*. 2001.
- GALLOU, G and BOUCHON-MEUNIER, B, 1992. *Systémique: Théorie & Application*. France: Lavoisier Edition. 1992.
- GANASCIA, Jean-Gabriel, 1998. *Le petit trésor: dictionnaire de l'informatique et des sciences de l'information*. Flammarion. ISBN 2080355929.

- GANGEMI, Aldo, GUARINO, Nicola, MASOLO, Claudio and OLTRAMARI, Alessandro, 2003. Sweetening wordnet with dolce. *AI magazine*. 2003. Vol. 24, no. 3, p. 13.
- GAULTIER-GAILLARD, Sophie, PERSIN, Michel and VRAIE, Benoît, 2012. *Gestion de crise*. Afnor. ISBN 2124653458.
- GHYS, Étienne, 2010. L'attracteur de Lorenz: paradigme du chaos. *Séminaire Poincaré*. 2010. Vol. 14, p. 1–42.
- GIARETTA, Pierdaniele and GUARINO, N, 1995. Ontologies and knowledge bases towards a terminological clarification. *Towards very large knowledge bases: knowledge building & knowledge sharing*. 1995. Vol. 25, no. 32, p. 307–317.
- GINOUX, Jean-Marc and LETELLIER, Christophe, 2012. Van der Pol and the history of relaxation oscillations: Toward the emergence of a concept. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*. 2012. Vol. 22, no. 2, p. 23120.
- GINTRAC, Alain, 2011. Le stress au travail, un état des lieux. *Management Avenir*. 2011. No. 1, p. 89–106.
- GLEICK, James, 1989. *La théorie du chaos: vers une nouvelle science*. Albin Michel. ISBN 2226036350.
- GLEICK, James, 2011. *Chaos: Making a new science*. Open Road Media. ISBN 1453210474.
- GODÉ, Cécile, 2011. Construire le sens par le retour d'expérience: le cas de l'Equipe de Voltige de l'Armée de l'air. *management & Avenir*. 2011. No. 1, p. 416–434.
- GODJEVAC, Jelena, 1999. *Idées nettes sur la logique floue*. PPUR presses polytechniques. ISBN 2880743788.
- GOLDIN-MEADOW, Susan, 2005. *Hearing gesture: How our hands help us think*. Harvard University Press. ISBN 0674018370.
- GOLDMAN-EISLER, Frieda, 1961. The significance of changes in the rate of articulation. *Language and Speech*. 1961. Vol. 4, no. 3, p. 171–174.
- GONZÁLEZ-MORIYÓN, Guillermo, 2012. D2. 40 Technical implications compilation report. *Deliverable, DISASTER project*. 2012.
- GOTTSCHALK, Louis A, 2014. *Content analysis of verbal behavior: New findings and clinical applications*. Routledge. ISBN 1317843924.
- GRUBER, Tom, 2009. Ontology. *Encyclopedia of database systems*. 2009. P. 1963–1965.
- GRUNDSTEIN, Michel, 1996. "CORPUS," An Approach to Capitalizing Company Knowledge. In: *Artificial Intelligence in Economics and Managment*. Springer. p. 139–152.
- GRUNDSTEIN, Michel, 2002. De la capitalisation des connaissances au renforcement des compétences dans l'entreprise étendue. In: *1er Colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel, Nantes*. 2002.
- GUARINO, Nicola, 1998. *Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy*. IOS press. ISBN 9051993994.

- GUARNIERI, Franck, 2003. Acquis, tendances et perspectives d'une science des dangers. In: *Réalités industrielles. Annales des mines*. 2003. p. 12–17.
- GUARNIERI, Franck, TRAVADEL, Sébastien, MARTIN, Christophe, PORTELLI, Aurélien and AFROUSS, Aissame, 2015. *L'accident de Fukushima Dai Ichi-Le récit du directeur de la centrale. Volume 1: L'anéantissement*. Presses des MINES. ISBN 2356712054.
- GUASTELLO, Stephen J, 2013. *Chaos, catastrophe, and human affairs: Applications of nonlinear dynamics to work, organizations, and social evolution*. Psychology Press. ISBN 1134787782.
- GUIDEZ, Joël, 2013. *Phénix: le retour d'expérience*. ISBN 9791092041057.
- HAMADENE, Wassila, 2005. *Systèmes chaotiques et méthode des récurrences: application à la détection précoce des crises d'épilepsie*. 2005. Lille 1.
- HARGREAVES, William A., STARKWEATHER, J. A. and BLACKER, K. H., 1965. Voice quality in depression. *Journal of abnormal psychology*. 1965. Vol. 70, no. 3, p. 218.
- HATCHUEL, Armand, 2015. Apprentissages collectifs et activités de conception. *Revue française de gestion*. 2015. Vol. 41, no. 253, p. 121–137.
- HEIDERICH, Didier, 2010. *Plan de gestion de crise*. Dunod. ISBN 2100561367.
- HEISENBERG, W, 1930. *Physical principles of the quantum theory*. 1930. Dover Publications, Inc.
- HELLER, K., 1968. Ambiguity in the interview interaction. *Research in psychotherapy*. 1968. Vol. 3, p. 242–259.
- HELLER, Kenneth, DAVIS, John D. and MYERS, Roger A., 1966. The effects of interviewer style in a standardized interview. *Journal of Consulting Psychology*,. 1966. Vol. 30, no. 6, p. 501.
- HENLEY, S, 1976. Catastrophe theory models in geology. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*. 1976. Vol. 8, no. 6, p. 649–655.
- HENNANI, Rachida, 2015. *Les approches chaos-stochastiques du risque de marché*. 2015. Université Montpellier.
- HENRY, Jane, 1989. Meaning and practice in experiential learning. *Making sense of experiential learning: Diversity in theory and practice*. 1989. P. 25–37.
- HERMANN, Charles F, 1969. *Crises in foreign policy: A simulation analysis*. Bobbs-Merrill Company.
- HERMANN, Margaret, 1977. Verbal behavior of negotiators in periods of high and low stress: the 1965-66 New York City transit negotiations. *A Psychological Examination of Political Leaders*. 1977. P. 354–382.
- HERMANN, Margaret G, 1979. Indicators of Stress in Policymakers during Foreign Policy Crises. *Political Psychology* [online]. 1979. Vol. 1, no. 1, p. 27–46. DOI 10.2307/3790849. Available from: <http://www.jstor.org.proxy.utt.fr/stable/3790849>
- HOLMES, Thomas H and RAHE, Richard H, 1967. The social readjustment rating scale. *Journal of psychosomatic research*. 1967. Vol. 11, no. 2, p. 213–218. NULL

HOLSTI, Ole R, 1972. *Crisis escalation war*. Montreal: McGill-Queen's Press-MQUP. ISBN 0773501177.

HOLSTI, Ole R, BRODY, Richard A and NORTH, Robert C, 1964. Measuring Affect and Action in Inter National Reaction Models Empirical Materials From the 1962 Cuban Crisis. *Journal of Peace Research*. 1964. Vol. 1, no. 3–4, p. 170–189.

HUBERT, W, 1989. Emotional stress and saliva cortisol response. *Journal of clinical chemistry and clinical biochemistry. Zeitschrift fur klinische Chemie und klinische Biochemie*. 1989. Vol. 27, no. 4, p. 235–237.

HUFF, Anne Sigismund and JENKINS, Mark, 2002. *Mapping strategic knowledge*. Sage. ISBN 0761969489.

JANIS, Irving L and MANN, Leon, 1977. *Decision making: A psychological analysis of conflict, choice, and commitment*. Free press. ISBN 0029161606.

JONES, Fiona, BRIGHT, Jim and CLOW, Angela, 2001. *Stress: Myth, theory and research*. Harlow (England): Pearson Education. ISBN 0130411892. NULL

JORDAN, Velma and LITTLE, William., 1966. Early comments on single parent adoptive homes. *Child Welfare*. 1966. Vol. 45, no. 9, p. 536.

JOUBE, Christine, 1992. *Représentation des connaissances pour les problèmes de conception. Application à un système à base de connaissances pour la conception de réseaux informatiques: NEST*. 1992. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne; Université Jean

KANFER, Frederick H, 1958. Verbal conditioning: Reinforcement schedules and experimenter influence. *Psychological Reports*. 1958. Vol. 4, no. 2, p. 443–452.

KANFER, Frederick H, 1959. Verbal rate, content and adjustment ratings in experimentally structured interviews. I. *abnorm. soc. Psychol*. 1959. Vol. 58, p. 402.

KANFER, Frederick H, 1960. Verbal rate, eyeblink, and content in structured psychiatric interviews. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1960. Vol. 61, no. 3, p. 341.

KAPUCU, Naim, 2006a. Interagency communication networks during emergencies boundary spanners in multiagency coordination. *The American Review of Public Administration*. 2006. Vol. 36, no. 2, p. 207–225.

KAPUCU, Naim, 2006b. Public-Nonprofit Partnerships for Collective Action in Dynamic Contexts of Emergencies. *Public Administration*. 2006. Vol. 84, no. 1, p. 205–220.

KARASEK JR, Robert A, 1979. Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative science quarterly*. 1979. P. 285–308. NULL

KASL, Stanislav V and MAHL, George F, 1965. The relationship of disturbances and hesitations in spontaneous speech to anxiety. *Journal of personality and social psychology*. 1965. Vol. 1, no. 5, p. 425–433.

KATZ, Daniel and KAHN, Robert L, 1966. Organizations and the system concept. *Classics of organization theory*. 1966. P. 161–172.

KAYSER, Daniel, 1997. *La représentation des connaissances* [online]. ISBN 2866016475. Available

from: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00091603/>

KEAST, Robyn and MANDELL, Myrna, 2014. The collaborative push: moving beyond rhetoric and gaining evidence. *Journal of Management & Governance*. 2014. Vol. 18, no. 1, p. 9–28.

KERVERN, Georges-Yves and PATEYRON, Emmanuel, 1995. Quelques outils de cindynique urbaine (Some tools for city cindynics). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*. 1995. Vol. 72, no. 2, p. 183–192.

KERVERN, Georges-Yves, RUBISE, Patrick, COUSTEAU, Jacques-Yves and LABORIT, Henri, 1991. L'archipel du danger: introduction aux cindyniques. [online]. 12 September 1991. Available from: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=15996854>

KERVERN, Georges Yves, 2005. Emergence et histoire des cindyniques, déconstruction de la destruction. In: *Colloque Intelligence de la Complexité, Epistémologie et Pragmatique*. 2005.

KERVERN, Georges Yves and BOULENGER, Philippe, 2007. *Cindyniques: concepts et mode d'emploi*. Economica. ISBN 2717852875.

KETTL, Donald F, 2003. Contingent coordination practical and theoretical puzzles for homeland security. *The American Review of Public Administration*. 2003. Vol. 33, no. 3, p. 253–277.

KIM, D, 2009. The Link between Individual and Organizational Learning. In: *The Strategic Management of Intellectual Capital*.

KIRSCHBAUM, C and HELHAMMER, D, 1989. Response variability of salivary cortisol under psychological stimulation. *Journal of clinical chemistry and clinical biochemistry. Zeitschrift fur klinische Chemie und klinische Biochemie*. 1989. Vol. 27, no. 4, p. 237.

KLECK, Robert., 1964. Physical stigma and nonverbal cues emitted in face-to-face interaction. *Human Relations*. 1964. Vol. 21, no. 1, p. 19–28.

KOENIG, G., 1993. Production de la connaissance et constitution des pratiques organisationnelles. *Revue de Gestion des Ressources Humaines*. 1993. Vol. 9, p. 14–17.

KOENIG, Gérard, 2015. L'apprentissage organisationnel-Repérage des lieux. *Revue française de gestion*. 2015. Vol. 41, no. 253, p. 83–95.

KOLB, David a, 1984. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. *Journal of Organizational Behavior*. 1984. Vol. 8, no. 4, p. 359–360. DOI 10.1002/job.4030080408.

KOLODNER, Janet, 2014. *Case-based reasoning*. Morgan Kaufmann. ISBN 1483294498.

KORCHIN, Sheldon J, 1964. Anxiety and cognition. *Cognition: Theory, research, promise, ed. E. Scheerer. Harper & Row.[PFG]*. 1964.

KRAUSS, Robert M., GELLER, Valerie and OLSON, Christopher., 1976. Modalities and cues in the detection of deception. In: *meeting of the American Psychological Association*. washinton DC. 1976.

KRAUT, Robert E. and PRICE, J. Douglas., 1976. Machiavellianism in parents and their children. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1976. Vol. 33, no. 6, p. 782.

KRETZSCHMAR, C and THEVENOT, D, 1996. Learning Lessons: How to Collect and Use Past Experience. In: *Product Assurance Symposium and Software Product Assurance Workshop*. 1996. p. 145. ISBN 1609-042X.

- KRUIZINGA, Eelco, VAN HEIJST, Gertjan, CIBIT, Kenniscentrum, KELLEHER, Mike and DES LAURIERS, Venelle, 2000. *KALIF: Lessons on Lessons Learned Sharing*. . 2000.
- LAGADEC, Patrick, 1979. Dossier: Faire face aux risques technologiques. *Futuribles*. 1979.
- LAGADEC, Patrick, 1991. *La gestion des crises : Outils de réflexion à l'usage des décideurs*. Paris ; Auckland ; Bogota. ISBN 2704212597.
- LAGAUZÈRE, Damien, 2007. *Sociologie et théorie du chaos*. Editions L'Harmattan. ISBN 2296185681.
- LAGRANGE, Joseph-Louis, 1772. Essai sur le problème des trois corps. *Prix de l'académie royale des Sciences de paris*. 1772. Vol. 9, p. 292.
- LAPLACE, Pierre-Simon, 1829. *Essai philosophique sur les probabilités*. H. Remy.
- LAROUZÉE, Justin and GUARNIERI, Franck, 2014. Huit idées reçues sur le (s) modèle (s) de l'erreur humaine de James Reason. *Revue d'électricité et d'électronique*. 2014. Vol. 5, p. 83–90.
- LASOTA, Andrzej and YORKE, James A, 1973. On the existence of invariant measures for piecewise monotonic transformations. *Transactions of the American Mathematical Society*. 1973. P. 481–488.
- LAURENT, Mélody, BOUCHARDON, Serge, LOURDEAUX, Domitile and SZILAS, Nicolas, 2017. Récits interactifs pour l'apprentissage en environnement virtuel. *H2PTM'17: Le numérique à l'ère des designs, de l'hypertexte à l'hyper-expérience*. 2017. P. 149.
- LAURENT, Mélody, SZILAS, Nicolas, LOURDEAUX, Domitile and BOUCHARDON, Serge, 2016. A Reflexive Approach in Learning Through Uchronia. In: *International Conference on Interactive Digital Storytelling*. Springer. 2016. p. 411–414.
- LAURIERE, J L and PERROT, A, 1981. Représentation et utilisation des connaissances dans l'industrie pétrolière. *Journées AFCET-ADI Systèmes-Experts*. 1981.
- LAZARUS, Gerald S, COOPER, Diane M, KNIGHTON, David R, MARGOLIS, David J, PERCORARO, Roger E, RODEHEAVER, George and ROBSON, Martin C, 1994. Definitions and guidelines for assessment of wounds and evaluation of healing. *Wound Repair and Regeneration*. 1994. Vol. 2, no. 3, p. 165–170.
- LAZARUS, Richard S and FOLKMAN, Susan, 1984. *Stress, Appraisal, and Coping*. New York: Springer Publishing Company. ISBN 0826141927. NULL
- LAZARUS, Riehard S, OPTON JR, Edward M and SPIELBERGER, C D, 1966. The study of psychological stress: A summary of theoretical formulations and experimental findings. *Anxiety and behavior*. 1966. Vol. 1, p. 225–262.
- LE DUC, Chan, 2004. *Transformation d'ontologies basées sur la logique de description: Application dans le commerce électronique*. 2004. Université Nice Sophia Antipolis.
- LE MOIGNE, Jean-Louis, 1973. *Les systèmes d'information dans les organisations*. Presses universitaires de France.
- LE MOIGNE, Jean-Louis, 1990. La modélisation des systèmes complexes. *Paris: Bordas, Dunot, 1990*. 1990.

- LE MOIGNE, Jean-Louis, 1994a. *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*. ISBN 2-13-038483-8.
- LE MOIGNE, Jean-Louis, 1994b. Les épistémologies constructivistes. *SISIFO Educational Sciences Journal*. 1994. Vol. 4, p. 115–126.
- LE MOIGNO, Sophie, CHARLET, Jean, BOURIGAULT, Didier and JAULENT, Marie-Christine, 2002. Construction d'une ontologie à partir de corpus: expérimentation et validation dans le domaine de la réanimation chirurgicale. *Actes des*. 2002. Vol. 6, p. 229–238.
- LEBO, Dell and APPLGATE, William S., 1959. The Mas and the DRQ. *Journal of General Psychology*. 1959. DOI 10.1080/00221309.1959.9710262.
- LEBRUN, Marcel, 2011. Impacts des TIC sur la qualité des apprentissages des étudiants et le développement professionnel des enseignants: vers une approche systémique. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*. 2011. Vol. 18, p. 20- pages.
- LEGROS, Dominique, 2009. *Maîtrise des risques dans les systèmes de transport: proposition d'une nouvelle approche de modélisation dynamique*. 2009. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- LEIPOLD, William D., 1963. *Psychological distance in a dyadic interview as a function of introversion-extraversion, anxiety, social desirability, and stress*. 1963. *Thèse de doctorat*. University of North Dakota, Grand Forks. University of North Dakota, Grand Forks.
- LEREA, Louis., 1956. A preliminary study of the verbal behavior of speech fright. *Communications Monographs*,. 1956. Vol. 23, no. 3, p. 229–233.
- LETTVIN, Jerome Y, MATURANA, Humberto R, MCCULLOCH, Warren S and PITTS, Walter H, 1959. What the frog's eye tells the frog's brain. *Proceedings of the IRE*. 1959. Vol. 47, no. 11, p. 1940–1951.
- LEVENTHAL, Howard and SHARP, Elizabeth, 1967. *Facial expressions as indicators of distress. Affect, Cognition and Personality: empirical Studies*. New York.
- LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc, 1977. Des mathématiques catastrophiques. *Critique*. 1977. No. 359, p. 430–441.
- LIU, Shuming, BREWSTER, Christopher and SHAW, Duncan, 2013. Ontologies for crisis management: A review of state of the art in ontology design and usability. In: *ISCRAM*. 2013.
- LOOSEMORE, Martin, 1998. Organisational behaviour during a construction crisis. *International Journal of Project Management*. 1998. Vol. 16, no. 2, p. 115–121.
- LORENZ, Edward, 2000. The butterfly effect. In: *The chaos avant-garde: Memories of the early days of chaos theory*. World Scientific. p. 91–94.
- LORENZ, Edward N, 1963. Deterministic nonperiodic flow. *Journal of the atmospheric sciences*. 1963. Vol. 20, no. 2, p. 130–141.
- LORENZ, Edward N, 1995. *The essence of chaos*. University of Washington Press. ISBN 0295975148.
- LORENZ, Konrad and FRITSCH, Vilma, 1969. *L'agression: une histoire naturelle du mal*. Flammarion Paris. ISBN 2080810200.

- LUGAN, Jean-Claude, 2009. *La systématique sociale: Ğ Que sais-je? ĝ n° 2738*. Presses universitaires de France. ISBN 2130613128.
- MACLAY, Howard and OSGOOD, Charles E, 1959. Hesitation phenomena in spontaneous English speech. *Word*. 1959. Vol. 15, no. 1, p. 19–44.
- MAFFEZZINI, Ivan, 2006. De l'utilité des ontologies. *Génie logiciel*. 2006. No. 78, p. 47–57.
- MAHL, George F, 1956. Disturbances and silences in the patient's speech in psychotherapy. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1956. Vol. 53, no. 1, p. 1.
- MAHL, George F., 1977. Body movement, ideation, and verbalization during psychoanalysis. In: *Communicative structures and psychic structures*. Boston, MA. p. 291–310.
- MANDELBROT, Benoit, 1977. *Fractals*. Freeman San Francisco. ISBN 0716704730.
- MANDELBROT, Benoit B, 1982. *The fractal geometry of nature*. WH freeman New York.
- MARQUIS DE LAPLACE, Pierre Simon, 1799. *Traité de mécanique céleste*. Crapelet.
- MARTY, Frédéric and VOISIN, Arnaud, 2007. Les difficultés d'exécution des Partenariats Public-Privé: le retour d'expérience des contrats de Private Finance Initiative britanniques. *Observateur Français des Conjonctures Economiques*. 2007.
- MATTA, Nada, RIBIERE, Myriam and CORBY, Olivier, 1999. *Définition d'un modèle de mémoire de projet*. 1999. INRIA.
- MAY, Peter J, 1985. Recovering from catastrophies: Federal disaster relief policy and politics. *GREENWOOD PRESS, WESTPORT, CT(USA)*. 1985. 1985.
- MAY, Robert M, 1976. Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature*. 1976. Vol. 261, no. 5560, p. 459.
- MCCLINTOCK, Charles C and HUNT, Raymond G, 1975a. Nonverbal indicators of Affect and Deception in an Interview Setting 1. *Journal of Applied Social Psychology*. 1975. Vol. 5, no. 1, p. 54–67.
- MCCLINTOCK, Charles C and HUNT, Raymond G, 1975b. Nonverbal indicators of Affect and Deception in an Interview Setting1. *Journal of Applied Social Psychology* [online]. 1 March 1975. Vol. 5, no. 1, p. 54–67. DOI 10.1111/j.1559-1816.1975.tb00671.x. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1975.tb00671.x>
- MCKINNEY, E.H, 1997. Flight leads and crisis decision-making,. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 1997. Vol. 5, no. 64, p. 359–362.
- MEHRABIAN, A, 1971. Verbal and nonverbal interaction of strangers in a waiting situation. *Journal of Experimental Research in Personality*. 1971.
- MEHRABIAN, Albert, 1968a. Relationship of attitude to seated posture, orientation, and distance. *Journal of personality and social psychology*. 1968. Vol. 10, no. 1, p. 26.
- MEHRABIAN, Albert, 1968b. Inference of attitudes from the posture, orientation, and distance of a communicator. *Journal of consulting and clinical psychology*. 1968. Vol. 32, no. 3, p. 296.

- MEHRABIAN, Albert, 1971. *Silent Messages: Implicit Communication of Emotions and Attitudes*. 2nd Editio. Belmont, CA: Wdasworth. ISBN 0534009107.
- MEHRABIAN, Albert and KSIONZKY, Sheldon, 1972. Categories of social behavior. *Comparative Group Studies*. 1972. Vol. 3, no. 4, p. 425–436.
- MEYER, Alan D, 1982. Adapting to environmental jolts. *Administrative science quarterly*. 1982. P. 515–537.
- MIZOGUCHI, Riichiro and IKEDA, Mitsuru, 1998. Towards ontology engineering. *Journal-Japanese Society for Artificial Intelligence*. 1998. Vol. 13, p. 9–10.
- MORIN, Edgar, 1988. Le défi de la complexité. *Revue Chimères*. 1988. Vol. 5, no. 6, p. 1–18.
- MORIN, Edgar, 1990. Introduction à la pensée complexe. . 1990.
- MORIN, Edgar, 2007. *La méthode n°1 La nature de la nature* [online]. du Seuil. France. ISBN 978-2-7578-4541-1. Available from: http://www.conscience-vraie.info/edgar-morin-la-methode.htm#science_conscience
- MORIN, Edgar, 2013. *La méthode: la nature de la nature*. Le Seuil. ISBN 2021120139.
- MORIN, Edgar, 2014. *Sociologie*. Fayard. ISBN 2213669457.
- MORIN, Edgar, 2015. *Introduction à la pensée complexe*. Le Seuil. ISBN 2021245314.
- MORRIS, John C, MORRIS, Elizabeth D and JONES, Dale M, 2007. Reaching for the Philosopher's stone: Contingent coordination and the military's response to Hurricane Katrina. *Public administration review*. 2007. Vol. 67, no. s1, p. 94–106.
- MOSES, Elbert R, 1959. A study of word diversification. *Speech Monographs* [online]. 1 November 1959. Vol. 26, no. 4, p. 308–312. DOI 10.1080/03637755909375276. Available from: <https://doi.org/10.1080/03637755909375276>
- MOUSTAKA, Eleni and CONSTANTINIDIS, Theodoros C, 2010. Sources and effects of work-related stress in nursing. *Health science journal*. 2010. Vol. 4, no. 4, p. 210.
- MUKUNDA, Gautam, 2012. *Indispensable: When leaders really matter*. Harvard Business Press. ISBN 1422186709.
- MURPHY, Lawrence R, 1996. Stress management in work settings: a critical review of the health effects. *American Journal of Health Promotion*. 1996. Vol. 11, no. 2, p. 112–135.
- MURPHY, Priscilla, 1996. Chaos theory as a model for managing issues and crises. *Public relations review*. 1996. Vol. 22, no. 2, p. 95–113.
- MURRAY, Edward J, 1954. A case study in a behavioral analysis of psychotherapy. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1954. Vol. 49, no. 2, p. 305.
- NAJAM, Adil, 2000. The four C's of government third Sector-Government relations. *Nonprofit Management and Leadership*. 2000. Vol. 10, no. 4, p. 375–396.
- NEVIS, Edwin C, DIBELLA, Anthony J and GOULD, Janet M, 1997. *Understanding organizations as learning systems*. 1997. Cambridge, MA: MIT.

- NEWTON, Isaac, 1687. *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Royal Society.
- NILES, Ian and PEASE, Adam, 2001. Towards a standard upper ontology. In: *Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems-Volume 2001*. ACM. 2001. p. 2–9. ISBN 1581133774.
- NILES, Ian and PEASE, Adam, 2003. Mapping WordNet to the SUMO ontology. In: *Proceedings of the ieee international knowledge engineering conference*. 2003. p. 23–26.
- NONAKA, Ikujiro and TAKEUCHI, Hirotaka, 1995. *The knowledge creation company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*. 1995. USA: New York: Oxford University Press.
- NONAKA, Ikujiro, TAKEUCHI, Hirotaka and UMEMOTO, Katsuhiko, 1996. A theory of organizational knowledge creation. *International Journal of Technology Management*. 1996. Vol. 11, no. 7–8, p. 833–845.
- NOWELL, Branda and STEELMAN, Toddi, 2014. Communication under fire: the role of embeddedness in the emergence and efficacy of disaster response communication networks. *Journal of Public Administration Research and Theory*. 2014. P. muu021.
- ÖDLUND, Ann, 2010. Pulling the Same Way? A Multi-Perspectivist Study of Crisis Cooperation in Government. *Journal of contingencies and crisis management*. 2010. Vol. 18, no. 2, p. 96–107.
- OLIVEIRA, Felipe F, ANTUNES, Julio C P and GUIZZARDI, Renata S S, 2007. Towards a collaboration ontology. In: *Proc. of the Snd Brazilian Workshop on Ontologies and Metamodels for Software and Data Engineering*. João Pessoa. 2007.
- OSGOOD, Charles E and WALKER, Evelyn G, 1959. Motivation and language behavior: A content analysis of suicide notes. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1959. Vol. 59, no. 1, p. 58.
- PAQUETTE, Guy, 1987. Feedback, rétroaction, rétroinformation, réponse... du pareil au même. *Communication & Langages*. 1987. Vol. 73, no. 1, p. 5–18.
- PARSONS, Talcott, 1964. Evolutionary universals in society. *American sociological review*. 1964. P. 339–357.
- PASCAL, Blaise, 1654. *Traité du triangle arithmétique avec quelques autres petits traités sur la même matière*. Paris.
- PASCAL, Blaise, 1819. *Oeuvres de Blaise Pascal*. chez Lefèvre.
- PASCAL, Blaise, 1897. *Pensées*. C. Poussielgue.
- PATY, Michel, 2003. *La notion de déterminisme en physique et ses limites*. 2003. Presses Universitaires de France.
- PAUCHANT, Thierry C and MITROFF, Ian I, 1992. *Transforming the crisis-prone organization: Preventing individual, organizational, and environmental tragedies*. USA: Jossey-Bass. ISBN 1555424074.
- PAULHAN, Isabelle, 1992. Le concept de coping. *L'année psychologique*. 1992. Vol. 92, no. 4, p. 545–557.

- PEARSON, Christine M, MISRA, Sarah Kovoor, CLAIR, Judith A and MITROFF, Ian I, 1997. Managing the unthinkable. *Organizational dynamics*. 1997. Vol. 26, no. 2, p. 51–64.
- PERNOT, Pablo, 2014. Penser son organisation - théorie des catastrophes. [online]. 2014. [Accessed 18 October 2018]. Available from: <https://pablopernot.fr/2014/01/penser-son-organisation-theorie-des-catastrophes/>
- PETRI, Carl Adam, 1966. Communication with automata. . 1966.
- PIAGET, J, 1937. La naissance de l'intelligence chez l'enfant. . 1937.
- PIAGET, Jean, 1966. Biologie et connaissance. *Diogène*. 1966. No. 54, p. 3.
- PIAGET, Jean, 1968. Le point de vue de Piaget. *International Journal of Psychology*. 1968. Vol. 3, no. 4, p. 281–299.
- PICCARDO, Enrica, 2016. Créativité et complexité: quels modèles, quelles conditions, quels enjeux? *La créativité en éducation et formation: Perspectives théoriques et pratiques*. 2016. P. 47.
- PIOTROWSKI, Chris, 2006. Hurricane Katrina and organization development: Part 1. Implications of chaos theory. *Organization Development Journal*. 2006. Vol. 24, no. 3, p. 10.
- PIWOWAR, Julien, CHATELET, Eric and LACLEMENCE, Patrick, 2007. Adopter une démarche systémique face aux menaces contemporaines d'actes malveillants pour l'anticipation des risques et l'aide à la décision. *REE. Revue de l'électricité et de l'électronique*. 2007. No. 10, p. 29–125.
- POINCARÉ, Henri, 1890. Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique. *Acta mathematica*. 1890. Vol. 13, no. 1, p. A3–A270.
- POINCARÉ, Henri, 1914. Science et méthode (1908). *Book II*. 1914.
- POITTEVIN, Luc, 1997. REVINOS: An interactive revision tool based on the concept of situation. In: *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*. Springer. 1997. p. 365–370.
- PONDER, Eric and KENNEDY, W P, 1927. On the act of blinking. *Quarterly Journal of Experimental Physiology: Translation and Integration*. 1927. Vol. 18, no. 2, p. 89–110.
- PONNELLE, Sandrine, VAXEVANOGLU, Xénophon and GARCIA, F, 2012. L'usage des outils d'évaluation du stress au travail: perspectives théoriques et méthodologiques. *Le travail humain*. 2012. Vol. 75, no. 2, p. 179–213.
- PRIGOGINE, Ilya, 1967. Introduction to thermodynamics of irreversible processes. *New York: Interscience, 1967, 3rd ed.* 1967.
- PRIGOGINE, Ilya and STENGERS, Isabelle, 1996. *La fin des certitudes: temps, chaos et les lois de la nature*. Odile Jacob. ISBN 2738103308.
- QUILLIAN, M Ross, 1968. Semantic memory. . M. Minsky. 1968. p. 227–270.
- RAKOTO, Holitiana, 2004a. Intégration du Retour d'Expérience dans les processus industriels. *Production*. 2004. P. 224.
- RAKOTO, Holitiana, 2004b. *Intégration du Retour d'Expérience dans les processus industriels:*

Application à Alstom Transport. 2004.

RAKOTO, Holitiana, CLERMONT, Philippe and GENESTE, Laurent, 2002. Elaboration and exploitation of lessons learned. In: *International Conference on Intelligent Information Processing*. Springer. 2002. p. 297–300.

RASCLE, Nicole and IRACHABAL, Sandrine, 2001. Médiateurs et modérateurs: implications théoriques et méthodologiques dans le domaine du stress et de la psychologie de la santé. *Le travail humain*. 2001. Vol. 64, no. 2, p. 97–118.

RAULY, Amandine and GALLOIS, Florence, 2014. La télémédecine: une affaire de famille? Réflexions à partir d'une approche systémique. *Innovations sociales, innovations économiques, Louvain-la-Neuve, Presses universitaires de Louvain*. 2014. P. 77–94.

REASON, James T and BRAND, Joseph John, 1975. *Motion sickness*. Academic press. ISBN 0125840500.

Rechercher dans l'encyclopédie - Encyclopædia Universalis, [no date]. [online]. [Accessed 15 October 2018]. Available from: <https://www.universalis.fr/recherche/l/1/q/1871>

RENAUD, Jean, BONJOUR, Eric, CHEBEL-MORELLO, Brigitte, FUCHS, Béatrice and MATTA, Nadia, 2008. *Retour et Capitalisation d'expérience. Outils et démarches*. AFNOR.

RICHARDSON, Katherine M and ROTHSTEIN, Hannah R, 2008. Effects of occupational stress management intervention programs: a meta-analysis. *Journal of occupational health psychology*. 2008. Vol. 13, no. 1, p. 69.

RITCHIE, Brent W, 2004. Chaos, crises and disasters: a strategic approach to crisis management in the tourism industry. *Tourism management*. 2004. Vol. 25, no. 6, p. 669–683.

ROBERT, Raoul, 2001. L'effet papillon n'existe plus. *Gaz. Math*. 2001. Vol. 90, p. 11–25.

ROSENBLATT, Paul C, 1964. Origins and effects of group ethnocentrism and nationalism. *Journal of conflict Resolution*. 1964. Vol. 8, no. 2, p. 131–146.

ROSENFELD, Howard M., 1966. Approval-seeking and approval-inducing functions of verbal and nonverbal responses in the dyad. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1966. Vol. 4, no. 6, p. 597.

ROSENTAL, Claude, 2004. Fuzzyfying the world: social practices of showing the properties of fuzzy logic. *Growing Explanations: Historical Perspectives on Recent Science*. Duke University Press, Durham, NC, USA. 2004.

ROSS, Timothy J, 2009. *Fuzzy logic with engineering applications*. England: John Wiley & Sons. ISBN 0470748516.

ROUVROY, Antoinette, 2014. Des données sans personne: le fétichisme de la donnée à caractère personnel à l'épreuve de l'idéologie des Big Data. *Contribution en marge de l'Étude annuelle du Conseil d'État. Le numérique et les droits et libertés fondamentaux*. 2014.

ROUX-DUFORT, Christophe, 1997. *L'apprentissage organisationnel post-crise*. 1997. Paris 9.

ROUX-DUFORT, Christophe, 2000. Why organizations don't learn from crises: The perverse power of normalization. *Review of Business*. 2000. Vol. 21, no. 3, p. 25.

- ROUX-DUFORT, Christophe, 2003. *Gérer et décider en situation de crise*.
- RUIZ, Paula Potes, FOGUEM, Bernard Kamsu and GRABOT, Bernard, 2014. Generating knowledge in maintenance from Experience Feedback. *Knowledge-Based Systems*. 2014. Vol. 68, p. 4–20.
- SASSEVILLE, Michel, 1999. La théorie logique d'Aristote et la pratique des arts libéraux. *Laval théologique et philosophique*. 1999. Vol. 55, p. 285–308.
- SAUER, R E and MARCUSE, F L, 1957. Overt and covert recording. *Journal of projective techniques*. 1957. Vol. 21, no. 4, p. 391–395.
- SCHEIN, Edgar H, 1993. How can organizations learn faster? The challenge of entering the green room. *Sloan Management Review*. 1993.
- SCHERER, Klaus R, 2003. Vocal communication of emotion: A review of research paradigms. *Speech communication*. 2003. Vol. 40, no. 1–2, p. 227–256.
- SCHLENKER, Barry R and MILLER, Rowland S, 1977. Egocentrism in groups: Self-serving biases or logical information processing? *Journal of Personality and Social Psychology*. 1977. Vol. 35, no. 10, p. 755.
- SCHMIDT, Kjeld, 2011. *Cooperative Work and Coordinative Practices* [online]. ISBN 978-1-84800-068-1. Available from: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-1-84800-068-1>
- SCHOLZ, Christopher H, 2002. *The mechanics of earthquakes and faulting*. Cambridge university press. ISBN 0521655404.
- SCHREIBER, A Th, AKKERMANS, Hans, ANJEWIERDEN, A A, HOOG, R, SHADBOLT, N R, VAN DE VELDE, Walter and WIELINGA, Bob, 1999. *Engineering and managing knowledge. The CommonKADS methodology*. 1999. The MIT Press Cambridge, MA.
- SCHÜTTE, Frederik, CASADO, Rubén and RUBIERA, Emilio, 2013. Solving interoperability issues in cross border emergency operations. In: *ISCRAM*. 2013.
- SEDIRI, Mohamed, MATTA, Nada, LORIETTE, Sophie and HUGEROT, Alain, 2012. Vers une représentation de situations de crise gérées par le SAMU. In: *IC 2012*. 2012.
- SEDIRI, Mohamed, MATTA, Nada, LORIETTE, Sophie and HUGEROT, Alain, 2013. Crisis clever, a system for supporting crisis managers. In: *proceedings of IEEE, ACM, Proceeding ISCRAM, 10th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management. Baden-Baden, Germany*. 2013.
- SEEGER, Matthew W, 2002. Chaos and crisis: Propositions for a general theory of crisis communication. *Public Relations Review*. 2002. Vol. 28, no. 4, p. 329–337.
- SELLNOW, Timothy L, SEEGER, Matthew W and ULMER, Robert R, 2002. Chaos theory, informational needs, and natural disasters. *Journal of Applied Communication Research*. 2002. Vol. 30, no. 4, p. 269–292.
- SELYE, Hans, 1956. *The stress of life*.
- SELYE, Hans, 1974. *Stress sans détresse*. Montreal: Lippincott. ISBN 0777700956. NULL
- SENGE, Peter M, GAUTHIER, Alain and PLAGNOL, Hervé, 1991. *La cinquième discipline*. First. ISBN 287691168X.

- SENTIS, Philippe, 2005. La notion de hasard: Ses différentes définitions et leurs utilisations. *Laval théologique et philosophique*. 2005. Vol. 61, no. 3, p. 463–496.
- SERVANT, D, 2008. Gestion du stress au travail: faut-il agir sur l'individu ou sur l'organisation. *La Lettre du Psychiatre 2008; IV (5): 146*. 2008. Vol. 8.
- SHANNON, Claude E and WEAVER, Warren, 1949. W (1949) The mathematical Theory of Communication. *Press UoI, editor*. 1949.
- SHIH, Fuming, SENEVIRATNE, Oshani, LICCARDI, Ilaria, PATTON, Evan, MEIER, Patrick and CASTILLO, Carlos, 2013. Democratizing mobile app development for disaster management. In: *Joint Proceedings of the Workshop on AI Problems and Approaches for Intelligent Environments and Workshop on Semantic Cities*. ACM. 2013. p. 39–42. ISBN 1450323464.
- SIEGMAN, Aaron W and FELDSTEIN, Stanley, 2014. *Nonverbal behavior and communication*. Psychology Press. ISBN 1317760492.
- SIEGMAN, Aron W and POPE, Benjamin, 1965. Effects of question specificity and anxiety-producing messages on verbal fluency in the initial interview. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1965. Vol. 2, no. 4, p. 522.
- SIEGMAN, Aron W and POPE, Benjamin, 1966. Ambiguity and verbal fluency in the TAT. *Journal of Consulting Psychology*. 1966. Vol. 30, no. 3, p. 239.
- SIEGMAN, Aron Wolfe and POPE, Benjamin, 1972. The effects of ambiguity and anxiety on interviewee verbal behavior. *Studies in dyadic communication*. 1972. P. 29–68.
- SIFAKIS, O, RASCLE, N and BRUCHON-SCHWEITZER, M, 1999. L'inventaire de stress professionnel de CD Spielberger (Job Stress Survey): une adaptation française. *Psychologie et psychométrie*. 1999. Vol. 20, no. 1, p. 5–23. NULL
- SIMON, Gaële, 1997. *Modèles et méthodes pour la conception des mémoires d'entreprise: le système DOLMEN: une application en métallurgie*. 1997. Nancy 1.
- SIMON, Herbert A, 2013. *Administrative behavior*. Simon and Schuster. ISBN 1439136068.
- SMART, Paul R, RUSSELL, Alistair and SHADBOLT, Nigel R, 2007. AKTiveSA: supporting civil-military information integration in military operations other than war. In: *Integration of Knowledge Intensive Multi-Agent Systems, 2007. KIMAS 2007. International Conference on*. IEEE. 2007. p. 434–439. ISBN 1424409446.
- SMITH, Denis and ELLIOTT, Dominic, 2007. Exploring the barriers to learning from crisis: Organizational learning and crisis. *Management Learning*. 2007. Vol. 38, no. 5, p. 519–538.
- SMITH, Wally and DOWELL, John, 2000. A case study of co-ordinative decision-making in disaster management. *Ergonomics*. 2000. Vol. 43, no. 8, p. 1153–1166.
- SNARE, Charles Edward, 1992. *Personality and political postures: the case of the clerical rulers of Iran*. 1992. The Ohio State University.
- SNYDER, Mark, 1974. Self-monitoring of expressive behavior. *Journal of personality and social psychology*. 1974. Vol. 30, no. 4, p. 526.
- SOULIER, Eddie, ZACKLAD, Manuel and ERMINE, Jean-Louis, 2002. La gestion coopérative des

connaissances. In: *EGC*. 2002. p. 419.

SOWA, John F, 1983. Conceptual structures: information processing in mind and machine. . 1983.

SPACAPAN, Shirlynn and OSKAMP, Stuart, 1988. *The social psychology of health*. Sage Publications Newbury Park, Calif. ISBN 0803931638.

SPIELBERGER, Charles Donald, GORSUCH, Richard L and LUSHENE, Robert E, 1970. Manual for the state-trait anxiety inventory. . 1970. NULL

STAGNER, Ross., 1936. Judgments of voice and personality. *Journal of Educational Psychology*. 1936. Vol. 27, no. 4, p. 272.

STANLEY H, Eldred and PRICE, Douglas B., 1958. A linguistic evaluation of feeling states in psychotherapy. *Psychiatry*. 1958. Vol. 21, no. 2, p. 115–121.

STARBUCK, William and FARJOUN, Moshe, 2009. *Organization at the limit: Lessons from the Columbia disaster*. John Wiley & Sons. ISBN 140514260X.

STARBUCK, William H and MILLIKEN, Frances J, 1988. Challenger: fine-tuning the odds until something breaks. *Journal of management studies*. 1988. Vol. 25, no. 4, p. 319–340.

STEILER, Dominique and ROSNET, Elisabeth, 2011. La mesure du stress professionnel. Différentes méthodologies de recueil. *La revue des Sciences de Gestion*. 2011. Vol. 5, p. 71–79. NULL

STEPTOE, A, 1991. Adaptation à l'environnement: Psychologie de la réaction au stress. *Collections Scientifiques Stablon*. 1991. Vol. 4.

STEWART, Ian, 1982. Catastrophe theory in physics. *Reports on Progress in Physics*. 1982. Vol. 45, no. 2, p. 185.

STRAUSS, G and SAYLES, L. R., 1952. Patterns of Participation in Local Unions. *ILR Review*. 1952. Vol. 6, no. 1, p. 31–43.

SUTTON, Jon and KEOGH, Edmund, 2000. Social competition in school: Relationships with bullying, Machiavellianism and personality. *British Journal of Educational Psychology*. 2000. Vol. 70, no. 3, p. 443–456.

TANDONNET, Maxime, 2007. *Géopolitique des migrations: la crise des frontières*. Ellipses. ISBN 2729832602.

TEFFALI SAMMY; MATTA NADA; CHATELET ERIC, 2018. Learning from fails in crisis management: Case of stress impac. In: *14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*. Huangshan, China. 2018.

TESNIÈRE, Lucien, 1965. *Eléments de syntaxe structurale*. . 1965.

THOM, R, 1972. Stabilité structurelle et morphogenèse. [online]. 1972. P. 164. [Accessed 5 October 2016]. Available from: <http://imb-biblio.u-bourgogne.fr/Record.htm?record=959312477759>

THOM, René, 1970. Topologie et linguistique. In: *Essays on Topology and Related Topics*. Springer. p. 226–247.

- THOM, René, 1975. La théorie des catastrophes: état présent et perspectives. In: *Dynamical Systems—Warwick 1974*. Springer. p. 366–372.
- THOM, René, 1976. Crise et catastrophe. *Communications*. 1976. Vol. 25, no. 1, p. 34–38.
- THOM, René, 1983. *Paraboles et catastrophes*. Flammarion. ISBN 208081186X.
- TIERNEY, Kathleen J, 1985. Emergency medical preparedness and response in disasters: The need for interorganizational coordination. *Public Administration Review*. 1985. Vol. 45, p. 77–84.
- TONG-TONG, Jean-Raphaël, 1995. *La logique floue*. Hermes. ISBN 2866014855.
- TUCKER, Warwick, 2002. A rigorous ODE solver and Smale’s 14th problem. *Foundations of Computational Mathematics*. 2002. Vol. 2, no. 1, p. 53–117.
- TULECHKI, Nikola, 2011. Des outils de TAL en support aux experts de sûreté industrielle pour l’exploitation de bases de données de retour d’expérience. *Actes des conférences TALN 2011 et Recital 2011*. 2011. P. 87.
- UNDERWOOD, Benton J, 1974. Attributes of memory. . 1974.
- UPPAL, Faisal J, PATTON, Ron J and PALADE, Vasile, 2002. Neuro-fuzzy based fault diagnosis applied to an electro-pneumatic valve. *IFAC Proceedings Volumes*. 2002. Vol. 35, no. 1, p. 477–482.
- URSACKI-BRYANT, Teri Jane, SMART, Carolyne and VERTINSKY, Ilan, 2008. The fit between crisis types and management attributes as a determinant of crisis consequences. In: *The Oxford Handbook of Organizational Decision Making*.
- USCHOLD, Mike and GRUNINGER, Michael, 1996. Ontologies: Principles, methods and applications. *The knowledge engineering review*. 1996. Vol. 11, no. 2, p. 93–136.
- VALÉRY, Paul, 1919. *Introduction à la méthode de Léonard de Vinci*. Éditions de la Nouvelle revue française.
- VALETTE, Robert, 2000. Les réseaux de Petri. *LAASCNRS Toulouse, Septembre*. 2000.
- VALETTE, Robert, KÜNZLE, Luis Allan and AUTOMATIQUE, G R, 1994. Réseaux de Petri pour la détection et le diagnostic. . 1994.
- VAN DER POL, Balth, 1926. LXXXVIII. On “relaxation-oscillations.” *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*. 1926. Vol. 2, no. 11, p. 978–992.
- VAN DER POL, Balth and VAN DER MARK, Jan, 1927. Frequency demultiplication. *Nature*. 1927. Vol. 120, no. 3019, p. 363.
- VAN MEENEN, Jean-Marc, 2014. *La violence paroxystique en milieu scolaire: approche cindynique et opérationnelle d’anticipation du risque*. 2014. Troyes.
- VAN WASSENHOVE, Wim and GARBOLINO, Emmanuel, 2008. *Retour d’expérience et prévention des risques principes et méthodes*. SRD Scienc. Paris. ISBN 978-2-7430-1021-8.
- VAN WASSENHOVE, Wim and WYBO, Jean-Luc, 2002. Méthodologie de retour d’expérience pour la mise en place d’une mémoire collective des alertes alimentaires. In: *Quatorzièmes rencontres scientifiques et technologiques des industries alimentaires-AGORAL 2002*. Technique &

Documentation-Lavoisier. 2002. p. 245–250.

VANDERHAEGEN, Frédéric, 2018. Dissonances d'usages, opportunités et menaces: vers une démarche d'ingénierie cognitive de leur analyse. In: *ERGO'IA 2018*. 2018.

VÉROT, Yvan, 2001. Démarche générale de maîtrise du risque dans les industries de procédé. *Techniques de l'ingénieur. Sécurité et gestion des risques*. 2001. No. AG4605, p. AG4605-1.

VICO, G B, 1981. Vie de GB Vico écrite par lui-même,(suivi de: La méthode des études de notre temps, 1708), traduit de l'italien par A. Pons, Ed. B. Grasset, Paris. 1981.

VICO, Giambattista, 1725. *La science nouvelle...* J. Renouard et cie.

VILMIN, Thierry, 1999. L'aménagement urbain en France: une approche systémique. . 1999.

VON BERTALANFFY, Ludwig, 1968. General system theory. *New York*. 1968. Vol. 41973, no. 1968, p. 40.

VON BERTALANFFY, Ludwig, CHABROL, Jean-Benoist, LÁSZLÓ, Ervin and PAULRE, Bernard, 1973. *Théorie générale des systèmes*. Dunod Paris. ISBN 2040075046.

VON GLASERSFELD, Ernst, 1984. An Introduction to Radical Constructivism. *The invented reality*. 1984. DOI 10.1017/CBO9780511623806.

VON KOCH, Helge, 1906. Une méthode géométrique élémentaire pour l'étude de certaines questions de la théorie des courbes planes. *Acta mathematica*. 1906. Vol. 30, no. 1, p. 145–174.

WANG, Wenjun, ZHANG, Xiankun, DONG, Cunxian, GAO, Shan, DU, Lei and LAI, Xingrong, 2009. Emergency response organization Ontology model and its application. In: *Second International Symposium on Information Science and Engineering (ISISE 2009)*. IEEE. 2009. p. 50–54. ISBN 1424463254.

WEBB, Eugene J, CAMPBELL, Donald T, SCHWARTZ, Richard D and SECHREST, Lee, 1999. *Unobtrusive measures*. Sage Publications. ISBN 1506319157.

WEBER, Rosina, AHA, David W and BECERRA-FERNANDEZ, Irma, 2001. Intelligent lessons learned systems. *Expert systems with applications*. 2001. Vol. 20, no. 1, p. 17–34.

WEICK, Karl E and ROBERTS, Karlene H, 1993. Collective mind in organizations: Heedful interrelating on flight decks. *Administrative science quarterly*. 1993. P. 357–381.

WEINTRAUB, Walter and ARONSON, H, 1967. The application of verbal behavior analysis to the study of the psychological defense mechanism. IV: Speech pattern associated with depressive behavior. *The Journal of nervous and mental disease*. 1967. Vol. 144, no. 1, p. 22–28.

WEINTRAUB, Walter and ARONSON, H., 1962. The application of verbal behavior analysis to the study of psychological defense mechanisms: Methodology and preliminary report. *The Journal of nervous and mental disease, 1962*. 1962. Vol. 134, no. 2, p. 169–181.

WHITNEY, Hassler, 1944. The singularities of a smooth n-manifold in (2n-1)-space. *Annals of Mathematics*. 1944. P. 247–293.

WIDLÖCHER, Daniel, 1994. *Traité de psychopathologie*. Presses universitaires de France. ISBN 2130459099.

- WIEGELE, Thomas C, 1978. The psychophysiology of elite stress in five international crises. *International Studies Quarterly*. 1978. Vol. 22, no. 4, p. 467–511.
- WIENS, Arthur N, 2017. *The interview: Research on its anatomy and structure*. Routledge. ISBN 1351480731.
- WORKMAN, E A, 1998. The measurement of stress and its effects. *Handboock of Stress Medicine: an Organ System Approach*. 1998. P. 295–308.
- WYBO, Jean-Luc, 2002. Organisation, apprentissage et gestion des risques, l'apport des cindyniques. In: *14èmes rencontres scientifiques et technologiques des industries alimentaires*. Technique & Documentation-Lavoisier. 2002. p. 177–189.
- WYBO, Jean-Luc, 2009. Le retour d'expérience: un processus d'acquisition de connaissances et d'apprentissage. *Gestion de crise: le maillon humain au sein de l'organisation* [online]. 17 September 2009. P. 19- pages. Available from: https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/docs/00/61/42/38/PDF/Economica_2009_Wybo.pdf
- WYBO, Jean Luc, 2009. Le retour d'experience : un processus d'acquisition de connaissances et d'apprentissage. In: [online]. *Economica*. p. 19. Available from: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00614238/document>
- YOSHINO, Kohzoh and MATSUOKA, Katsunori, 2011. Correlation between mood and heart rate variability indices during daily life. *Health*. 2011. Vol. 3, no. 09, p. 553.
- ZADEH, Lotfi A, 1965. Fuzzy sets. *Information and control*. 1965. Vol. 8, no. 3, p. 338–353.
- ZAVARELLA, Vanni, TANEV, Hristo, STEINBERGER, Ralf and VAN DER GOOT, Erik, 2014. An Ontology-Based Approach to Social Media Mining for Crisis Management. In: *SSA-SMILE@ESWC*. 2014. p. 55–66.
- ZEEMAN, Erik Christopher, 1977. *Catastrophe theory: Selected papers, 1972–1977*. Addison-Wesley. ISBN 0201090147.

Sammy abdelghani TEFFALI

Doctorat : Systèmes SocioTechniques

Année 2019

NOE : générateur de situations incertaines

Une crise est une situation complexe produite par un événement dangereux qui génère énormément d'incertitudes. Ce nombre important d'incertitudes limite notre capacité d'intervenir dans la crise et surtout de faire de la prédiction. Cela indique des limites quant au déterminisme cartésien. La théorie de chaos essaye de donner des explications sur des phénomènes naturels qu'on remarque tous les jours. Dans nos travaux, nous tentons de représenter les dimensions suivantes dans une situation de crise : (1) le changement d'un ou de plusieurs facteurs ayant conduit à une situation de crise peut la modifier ; (2) la situation de crise est définie dans un espace limité et qu'elle est unique dans chaque point de cet espace ; (3) les différentes visions perçues lors d'une situation de crise en utilisant des échelles différentes. Ces études ont permis de considérer une représentation proche de la réalité, pour appréhender les incertitudes dans une situation de crise et améliorer l'efficacité des individus chargés de la gestion de crise par l'apprentissage. Nous avons appliqué ces préceptes sur l'impact de stress durant la gestion de situation de crise, jugé facteur important générant de l'incertitude. Un générateur de situation de crise dénommé « NOÉ » est proposé. Il utilise les concepts de la logique floue et se base sur le retour d'expérience et les activités de collaboration des individus en charge de la gestion de crise. « NOÉ » pourra être utilisé dans le cadre de l'apprentissage des intervenants chargés de gestion de crise.

Mots clés : gestion de crises – stress – gestion des connaissances – chaos (théorie des systèmes) – logique floue – systémique – apprentissage – cindy- niques – ontologie – catastrophes.

NOE: Uncertain Situations Generator

The crisis is a complex situation produced by a dangerous event that generates a great deal of uncertainty. This large amount of uncertainty limits our ability to intervene in the crisis and especially to make predictions. This indicates limits of the Cartesian determinism. The theory of chaos tries to give explanations of natural phenomena that are noticed every day. In our work, we try to represent the following dimensions in a crisis situation: (1) the change of one or more factors that led to a crisis situation can modify it. (2) the crisis situation is defined in a limited space and is unique in every point of this space. (3) the different visions perceived during a crisis situation using different scales. These studies made it possible to consider a representation close to reality, to apprehend the uncertainties in a crisis situation and to improve the efficiency of individuals in charge of crisis management through learning. We applied these precepts on the impact of stress during crisis management, it's considered an important factor to generate uncertainty. A crisis situation generator called "NOÉ" is proposed. It uses the concepts of fuzzy logic and is based on feedback and collaborative activities of individuals in charge of crisis management. "NOE" can be used as part of the training of crisis management stakeholders.

Keywords: crisis management – stress (physiology) – knowledge management – chaotic behavior in systems – fuzzy logic – systemic – learning – risk assessment – ontology – disasters.