



HAL
open science

La scénarisation sous l'emprise de la métaphore spatiotemporelle : approche réflexive en environnement virtuel

Mélody Laurent

► **To cite this version:**

Mélody Laurent. La scénarisation sous l'emprise de la métaphore spatiotemporelle : approche réflexive en environnement virtuel. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Université de Technologie de Compiègne, 2018. Français. NNT : 2018COMP2415 . tel-02124504

HAL Id: tel-02124504

<https://theses.hal.science/tel-02124504>

Submitted on 9 May 2019

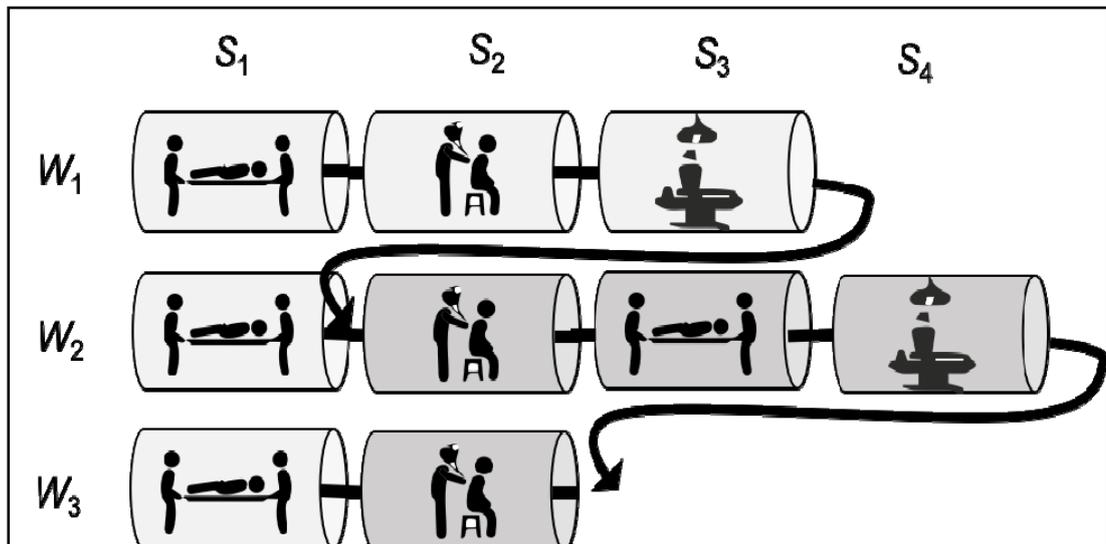
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.

Par **Mélody LAURENT**

*La scénarisation sous l'emprise de la métaphore
spatiotemporelle : approche réflexive en
environnement virtuel*

Thèse présentée
pour l'obtention du grade
de Docteur de l'UTC



Soutenue le 4 avril 2018

Spécialité : Sciences et Technologies de l'Information et des
Systèmes : Unité de recherche Heudyasic (UMR-7253)

D2415



École doctorale n° 71 : Sciences pour l'ingénieur

Doctorat UTC

THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'Université de technologie de Compiègne

Spécialité doctorale "Sciences et Technologies de l'Information et des Systèmes"

présentée et soutenue publiquement par

Mélody Laurent

le 04 avril 2018

**La scénarisation sous l'emprise de la métaphore spatiotemporelle :
approche réflexive en environnement virtuel.**

Jury

Mr Philippe Bonfils,	Professeur des universités Université de Toulon	Examineur
Mr Serge Bouchardon,	Professeur Université de Technologie de Compiègne	Examineur
Mme Domitile Lourdeaux,	Maître de Conférences, HDR Université de Technologie de Compiègne	Directrice
Mme Nada Matta,	Maître de Conférences, HDR Université de Technologie de Troyes	Rapporteuse
Mr Nicolas Szilas,	Maître d'Enseignement et de Recherche Université de Genève	Co-directeur
Mr Daniel K. Schneider,	Professeur Université de Genève	Rapporteur

Sorbonne Université, Université de technologie de Compiègne
UMR 7253, CNRS, Heudiasyc
Compiègne, France

T
H
È
S
E

À Dr. Alexis Levy

Résumé

Les travaux de recherche menés dans le domaine des environnements virtuels pour l'apprentissage humain permettent aujourd'hui d'envisager leur utilisation à des fins d'entraînement à la prise de décision en situation de crise. Le problème de ce type d'application est qu'il nécessite pour les concepteurs et les programmeurs un travail d'écriture lourd et une programmation exhaustive de l'état du monde. Notre hypothèse est de mobiliser les principes existants du récit interactif afin de proposer un design de scénarisation qui prenne en compte les aspects temporels, critiques et complexes des actions de l'apprenant. Nous proposons une approche réflexive de l'apprentissage en fondant notre scénarisation sur l'uchronie et en intégrant des notions philosophiques comme le simulacre et le rhizome dans le parcours d'apprentissage. L'apprenant pourrait revenir en arrière au sein du même scénario initié par le formateur, et le système informatique informerait ce scénario en fonction des décisions et erreurs faites par l'apprenant. Une partie de notre contribution est la conception d'une scénarisation pour un entraînement en environnement virtuel. Il respecte la réalité des experts du cas d'application concret sur lequel s'adosent nos travaux de recherches, un projet de formation de leaders médicaux au sauvetage de blessés suite à un afflux massif de blessés.

Mots-clés : environnement virtuel, simulacre, rhizome, scénarisation, entraînement, temps, réflexivité.

Abstract

This thesis presents a story-based approach in a simulation-based learning environment in the context of crisis management. The domain of application is the management of mass casualties in the context of medical emergencies. To efficiently train medical staff, live simulations are organized, in which an entire rescue team is re-enacted. Each simulation session takes place in a pre-established pattern and includes three distinct phases : the briefing provides a framework, the scenario puts the learner in a practice of situation, and the debriefing involves the learner reflexivity with the help of the trainer's feedback. Those simulation sessions mobilize a lot of professionals and equipment. Therefore, they cannot be used on a large scale and research is conducted to develop those trainings in virtual environments, in which the phase of debriefing is often missing while it is a crucial part in learning.

Our case of application aims at creating a virtual environment for training rescue team leaders during crisis situations. In this environment, the user is a medical team leader who interacts with a team of virtual autonomous first-aid workers. In this thesis, we propose a user experience that includes both the scenario and the debriefing part of a simulation. We focus on decision making in crisis management. We suggest that the learner should reconsider his decisions if he becomes aware of a mistake he did not avoid : he could change what he has done. In the debriefing, he could visualize the consequences of those errors : he could see what he had not seen. Reflexivity of learning is an integral part of our approach.

We propose a reflexive approach to learning by grounding our scenarisation on uchronia, a fiction genre consisting in stories containing "what if" scenarios at crucial points in history and present an outcome of events alternative to historical record. Our game design is based on the uchronia : when the learner becomes aware of his mistakes, he has the opportunity to go back and make a new decision. Our system will change the plot of the story by changing the occurrence probabilities of events based on a past choices of the learner, but without changing the frame or the characters in the story. Our game design offers two phases of simulation. During the scenario, the learner will explore several possible worlds. During the debriefing, he may view several possible alternatives to the scenario as a timeline.

Keywords : virtual environment, scenarisation, uchronia, game design, reflexivity, debriefing.

Remerciements

Cette thèse n'aurait pas pu concrètement se faire sans :

Les directeurs de thèse :

Je remercie ma directrice Domitile Lourdeaux pour m'avoir fait confiance et laissé des libertés d'initiative tout au long de ces années de recherche auprès d'elle.

Je remercie mon directeur Nicolas Szilas pour son encadrement scientifique, ses compétences et son humilité intellectuelle dans la recherche. J'en profite aussi pour remercier son équipe qui m'a chaleureusement accueillie dans leur laboratoire à Genève durant les étés.

L'institution qui a financé :

Je remercie la Région Hauts-de-France et le Fond Européen de Développement Régional pour le co-financement de ce travail de recherche.

Le jury :

J'adresse mes remerciements à l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté de participer à l'évaluation de mon travail de thèse. Je suis très honorée par sa composition et les remercie par l'ordre alphabétique selon leur nom.

Je remercie Mr Philippe Bonfils qui m'a fait le privilège d'accepté d'être examinateur après avoir été témoin d'une mise en acte de mes travaux de recherche.

Je remercie Mr Serge Bouchardon qui m'a toujours accompagné durant ces années de thèse, jusqu'à Valenciennes où j'ai pu valider en acte mon modèle, avec bienveillance.

Je remercie Nada Matta qui a pris son travail en tant que rapporteure de la thèse très à cœur durant les fêtes de fin d'année et je remercie l'intérêt qu'elle a démontré à mes travaux durant le jury.

Je remercie Mr Daniel K. Schneider qui m'a permis d'appréhender le travail de thèse comme étant le travail d'une vie avec sérénité. Je le remercie pour les bases psychopédagogiques des technologies éducatives que j'ai pu acquérir grâce à sa mise en relation interuniversitaire.

Les collègues :

À l'Université de Technologie de Compiègne j'ai eu la chance d'être entourée de doctorants compréhensifs. Azzedine Benabbou m'a permis de lâcher prise. Freddy la force tranquille m'a accepté à certaines heures dans son bureau avec sa musique. Idir Benouaret et moi avons partagé des pâtisseries et des discussions oxygénantes. Ayoub et Subeer ont aidé à ce que les passages à Compiègne soient conviviaux. Fabio a décelé la portée de mes travaux lors d'un trajet en TER. Enfin je remercie Rémi Lacaze-Labadie pour sa

relecture et ses critiques sur mes travaux, son soutien scientifique et technique, ainsi que nos discussions appuyant la dimension révolutionnaire de ce travail.

Je tiens aussi à remercier Sabine pour ses compétences et sa gentillesse, sans qui mes ordres de mission n'auraient pas pu être établis.

Enfin mes copines. Je remercie Lauriane Huguet-Morel pour avoir permis la fractalisation de ces travaux, pour avoir rendu les trajets en TER un moment de détente, pour nos discussions existentielles dans l'herbe. Je remercie Juliette Lemaître pour son caractère apaisant en situation de crises, ses conseils scientifiques et sa bienveillance inébranlable. Et puis il y a Lucile Callebert que je remercie pour Tout. Je la remercie pour m'avoir accueillie chez elle pour travailler, pour nos pauses cafés exorcisantes, pour ses relectures constructives de mes travaux, pour nos pauses détentes à parties de Gabo, pour sa supervision tout au long de cette thèse, et pour son soutien et son écoute bienveillante. Enfin je remercie la Fécondité qui apporte à ABRAHAM de nouveaux compagnons de jeux avec BÉBÉ, BÉBÉ 2 et PITCHOUNE.

Bonjour, je suis doctorante contractuelle à l'Université de Technologie de Compiègne. Dans notre contrat nous pouvons durant $\frac{1}{6}$ ème de notre temps effectuer une de ces quatre missions doctorales : mission d'enseignement au sein d'une équipe pédagogique, mission de valorisation et coopération européenne, mission d'expertise et de conseil (dans une entreprise, une collectivité territoriale, une administration, un établissement public, une association ou une fondation), et mission de diffusion et médiation scientifiques. J'ai fait le choix de cette dernière au sein de l'unité mathématiques du PALAIS DE LA DÉCOUVERTE dans laquelle j'ai été recrutée. J'ai eu l'opportunité dans cette unité de construire, avec supervision de mes collègues permanents, ma promenade dans les mathématiques auxquelles vous assistez. J'ai choisi de mêler les mathématiques et l'informatique, ma discipline de thèse, en vous présentant un objet mathématique qu'est la fractale en première partie, puis de vous en montrer un exemple concret d'utilisation à travers l'informatique via les jeux vidéos.

—Mélody Laurent (1988 -), texte introductif à la PROMENADE DANS LES MATHÉMATIQUES au PALAIS DE LA DÉCOUVERTE.

Au PALAIS DE LA DÉCOUVERTE je remercie Guillaume Reuiller, Robin Jamet et Pierre Audin pour cette aventure humaine dans les sciences fondamentales dans un merveilleux musée scientifique, dont la particularité réside en leurs existences : les médiateurs scientifiques et leurs conférences quotidiennes. Je remercie le reste de l'équipe mathématique Arnaud et Laure. Je remercie aussi l'équipe du FESTIVAL DES JEUNES CHERCHEURS, c'est-à-dire une équipe de médiateurs et plus particulièrement mon coach Ludovic Fournier sans qui cette thèse n'aurait jamais pu avoir la même portée si je n'avais pas mis en acte le rhizome. Je remercie aussi Méropi Morfouli, femme et chercheuse philosophe inspirante.

Les proches :

À Paris je remercie *mon ancien voisin* - Étienne Kaya - pour nos soirées matinales grâce à qui la PROMENADE DANS LES MATHÉMATIQUES a pu être infinie. Je remercie Djellali Melouk pour son écoute, son énergie festive et grâce à qui 635.6 HZ est une nouvelle station de radio. Je remercie mon ami et voisin Alexandre Mendez pour nos cafés et le partage d'espace de travail ainsi que pour son rôle envers Mono. Je remercie Céline Mangiardi

pour pour son soutien affectif et moral, ainsi que ses conseils avisés en gestion de crises personnelles et professionnelles. Je remercie Ludovic Pereira pour nos dîners réconfortants, son ouverture culturelle et sa disponibilité. Céline & Ludo ont été des piliers dans le développement de ma famille et grâce à eux l'exposition de mes travaux de recherche à L.A s'est réalisée en toute confiance. Je remercie Sébastien Jarraud pour nos confidences, notre solidarité mutuelle et les temps heureux partagés en famille avec Mami-Do, Adèle & Lucas et Élie. Je remercie le pilier parisien Thomas Martin qui grâce à son amour ineffable et son soutien inconditionnel a permis à ces travaux de recherche d'être menés conjointement à une vie de famille épanouie, à Paris et ailleurs. Au cours de cette aventure scientifique et humaine, toute sa famille nous a toujours accueillie chaleureusement. Je remercie tout particulièrement Myon et Geneviève & Jean-Marc pour les vacances estivales et toutes les fêtes de fin d'année partagées avec Élie. Enfin je remercie tous les parisiens qui ont entendu et ré-entendu plusieurs versions des 10 minutes - moins de 720 fois.

Depuis chez moi, le devenir thèse de mes recherches a été accompagnée du devenir enfant de mon nourrisson. Je le remercie pour les connaissances que nous avons partagé tant humainement que scientifiquement. Je remercie de tout cœur sa famille algérienne, Fahima & Zora & Anis & Tonton Mr., ses parrains Ludo & Thomas, son initiatrice au milieu aquatique Céline, sa robe designer Élodie Collet, ainsi que ses baby-sitters Sandrine & Kevin, Nadia, Pélagie et Nora pour tout l'amour qu'ils ont su donner à cet enfant. Enfin je remercie Patricia et Achille, les parents de sa copine Margot, pour leur soutien durant toutes ces années et l'amitié qui nous lie aujourd'hui.

Depuis la Bretagne, les brestois ont permis à cette thèse de démarrer, ainsi je remercie Céline, Clem, Fred, Floo, Gloomy, H et Toinou. Je remercie mes cousines marchandes Agathe, Camille, Claire-Marie, Cognia et Victoire d'avoir pris le relai et surtout ma tante Isa. Un remerciement particulier à Willy Toscer et ses collègues Nantais pour m'avoir offert un bureau pour travailler à mes algorithmes. Je remercie Cindy Gaillard pour son amitié datant de l'enseignement secondaire et pour avoir relu avant soumission ce manuscrit. Je remercie Tangi Bodio & Marine Frémy pour leur amitié inspaciotemporelle et pour leur partage de la passion du jeu de rôle qui a nourri mon intérêt pour ces travaux de recherches dans le storytelling en environnement virtuel.

Enfin je remercie les personnes qui m'ont fait l'honneur d'assister à la soutenance de cette thèse : ma sœur Tess Laurent, mon ami brestois Antoine Philippon, mon collègue retraité de la CITÉ DES SCIENCES Patrick Beaufiles, mes voisins Tedeschi et mon ami manceau Florent Ouattara. Je « demande "merci pour la bonne humeur" » à Élie Riboulet-Deyris, venu assister à mon spectacle. Je remercie aussi tous ceux qui auraient voulu y être comme par exemple parmi les ÉDITIONS FRANCIS LEFEBVRE l'entrepreneur Anthony Graveline, à la CITÉ DES SCIENCES le concepteur Thierry Jori, au CARREFOUR NUMÉRIQUE² le hacker Matthieu, aux DÉCOUVERTES IMPOSSIBLE l'hérétique Marco, à l'UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE mon ami Clément Fièvre, à l'UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES mon binôme Heinrick Ratajczak et enfin à l'ÉCOLE DES Gobelins mon ami Thomas Martin.

Les mineurs :

J'écris une mention spéciale à l'espace de coworking du CENTRE NATIONALE DE LA DANSE, depuis lequel a été rédigé en partie ce manuscrit de thèse, ainsi qu'au cabinet de curiosités WE ARE PARIS avec qui j'ai partagé cet espace durant tout l'été pendant qu'il concrétisait lui-même aussi son projet d'installation en-des-murs. Je remercie aussi les chroniques de NOUS AVONS UN CERTAIN MODE DE VIE (NAUCMDV) et je souhaite longue vie à ses SOUVENIRS. Enfin, remerciements à Hubert, pour son soutien sans faille.

Table des matières

Résumé	e
Abstract	g
Remerciements	i
I Simulacre d'Informatique et Paradigme Rhizome	1
1 Introduction Générale	3
1.1 Motivations	5
1.2 Problématique	7
1.3 Approche et proposition	8
1.4 Découpage de ce manuscrit	9
2 De la philosophie à l'informatique	11
2.1 Deux systèmes : Rhizome et Simulacre	13
2.1.1 Concepts et Principes du Rhizome	13
2.1.2 Du réel au virtuel : repenser la définition du Simulacre	15
3 Critères pour la conception d'un environnement virtuel narratif et interactif	17
3.1 Opposition en espace métrique	19
3.2 Comparaison multi-dimensionnelle par systèmes de valeurs	23
3.3 Bilan	26
II Linéarité et générativité	27
4 De l'entraînement réel au virtuel	29
4.1 Compétences Non-Techniques	31
4.1.1 Définitions et typologie appliquées à la médecine	31
4.1.2 Exemples de formation en environnements virtuels	32
4.1.3 Environnement virtuel pour l'apprentissage humain pour le sauvetage au combat	34
4.1.4 Bilan	36
4.2 Entraînement professionnel	37
4.2.1 Pratiques réflexives et environnement virtuel	37
4.2.2 Mémoire informatique et manipulation du temps	38
4.2.3 L'uchronie : approche réflexive "et si?"	41
4.2.4 Bilan	42
4.3 Entraînement en trois phases	43

4.3.1	En réel : briefing + mise en pratique + débriefing	43
4.3.2	EVAH : débriefing et rejeu	44
4.3.3	Bilan	46
4.4	Limites de l'intégration des phases d'entraînement en EV et leurs scénarisations	47
5	Principes de scénarisation et récits interactifs en environnement virtuel	49
5.1	Espace labyrinthique	51
5.1.1	Unicursal : l'avancée du temps, et son irrévocabilité	51
5.1.2	Maniériste : l'arborescence des choix	53
5.1.3	Rhizome : structurable et jamais définitivement structuré	56
5.1.4	Bilan	58
5.2	Interprétation informatique du rhizome	59
5.2.1	Générer un récit interactif	59
5.2.2	Perception du récit par l'utilisateur	61
5.2.3	Mise en scène et critères narratifs	63
5.2.4	Générativité et généricité du rhizome	66
5.2.5	Bilan	67
III	Génération de l'expérience utilisateur	69
6	Entraînement virtuel aux compétences non-techniques en trois phases	71
6.1	Briefing	73
6.1.1	<i>Scénario initiateur</i>	73
6.1.2	Exemple d'initialisation	73
6.2	Mise en pratique	74
6.2.1	Système habituel	74
6.2.2	Système <i>informé</i>	74
6.2.3	Illustration de la mise en pratique	74
6.3	Débriefing	76
6.3.1	Interface à l'aide d'une <i>timeline</i>	76
6.3.2	Illustration de notre système	77
7	Entraînement fondé sur la génération d'un récit uchronique	79
7.1	Conception de l'environnement virtuel	81
7.1.1	Définitions et notations du monde et des variables	81
7.1.2	Formalisation du monde et des variables	83
7.2	Scénarisation d'une approche réflexive fondée sur l'uchronie	86
7.2.1	Caractéristiques d'une scénarisation rhizomatique	86
7.2.2	Représentation d'un scénario	87
7.2.3	Principes pour la scénarisation de l'histoire uchronique	87
7.3	Génération dynamique de situations de crise	89
7.3.1	Ajustement du scénario : <i>late commitment</i>	89
7.3.2	Transformation lors des retours en arrière : probabilités	91
7.3.3	<i>Sauvegarde informée</i> : générateur du scénario-rhizome	94

IV	Implémentations et protocole d'évaluation	97
8	Implémentations du modèle d'uchronie	99
8.1	Maquette web : UCHRONIE	101
8.1.1	Déroulement	101
8.1.2	Architecture du prototype	102
8.1.3	Scénarios d'usage	104
8.2	Démonstration en environnement 3D : VICTEAMS	105
8.2.1	Plateforme	105
8.2.2	Interfaces	106
8.2.3	Système de sauvegarde	107
9	Protocole pour évaluer l'impact de la sauvegarde <i>informée</i> sur la réflexivité	109
9.1	Méthode	111
9.1.1	Population	111
9.1.2	Hypothèses	111
9.2	Pré-test : Déroulement sans interruption possible	112
9.3	Groupe 1 et 2 : Déroulement utilisant un système de sauvegarde	112
9.3.1	Durant la mise en pratique	112
9.3.2	Durant le débriefing	113
V	Thèse-Rhizome et Conception d'un Simulacre	115
10	Conclusion générale	117
11	De l'Intelligence Artificielle à la philosophie	121
11.1	Essai sur la définition d'Intelligence, d'Artificielle et de Liberté	123
11.1.1	Intelligence	123
11.1.2	Artificielle	123
11.1.3	Liberté	124
11.1.4	Conclusion	125
11.2	Deux systèmes : Rhizome et Simulacre	126
11.2.1	Concepts et Principe	126
11.2.2	Du virtuel au réel : repenser la définition du Simulacre	126
12	Critères pour la conception d'EV narratif et interactif	127
12.1	Opposition en espace métrique	129
12.2	Comparaison multi-dimensionnelle par systèmes de valeurs	132
VI	Annexe	135
13	Liste des publications	137
Remerciements <i>informés</i> sous la forme de récits uchroniques		A
Scénario initiateur d'un parcours en études supérieures		C
Mise en pratique d'un entraînement à la recherche opérationnelle avec retour en arrière		D
Parcours en études supérieures avec remerciements habituels		D
Parcours en études supérieures avec remerciements <i>informés</i>		E
Débriefing		G

Résumé <i>informé</i>	I
<i>Informed</i> abstract	K
Bibliographie	

Liste des figures

1.1	De l'entraînement réel des leaders médicaux à l'entraînement virtuel	6
2.1	Rhizome Animal et Végétal	14
2.2	Répartition des jeux CAILLOIS [1967]	16
3.1	Autonomie et contrôle dans différents travaux sur la scénarisation CAR- PENTIER [2015]	19
3.2	PING model BEVENSEE et collab. [2012] dans KOENITZ et collab. [2013] . . .	20
3.3	IDN works BURA [2013] dans KOENITZ et collab. [2013]	20
3.4	N-Dimensional Diagrams KOENITZ et collab. [2013]	21
3.5	Interactive Drama Systems RIEDL et BULITKO [2012]	22
3.6	Analyse qualitative ROBERTS et ISBELL [2008]	23
3.7	Interactive Drama Systems ARINBJARNAR et collab. [2009]	24
3.8	Propriétés de différents modèles de scénarios pour environnements virtuels CLAUDE [2016]	24
3.9	Approches de scénarisation en EV BAROT [2014]	25
3.10	Résumé des espaces euclidiens de systèmes de classification d'œuvres exis- tantes	26
4.1	Conversation texte dans ICT LEADERS IUPPA et collab. [2004]	33
4.2	Système IN-TALE	33
4.3	Quel niveau de SC à quel endroit? Référentiel EVDG	35
4.4	Illustration ISAT	36
4.5	Crystal Island : feedback immédiat et accompagnements par les enseignants	45
5.1	Le labyrinthe à sept circuits de Dédale. © wikimedia.org	52
5.2	Labyrinthe maniériste et graphe associé (en orange). © Universcience. . . .	53
5.3	Labyrinthe maniériste Formes Mathématiques © Universcience	54
5.4	Graphe de scénario de ICT Leaders IUPPA et collab. [2004]	54
5.5	Architecture VIRTUAL HUMANS HILL JR et collab. [2003]	55
5.6	Ordre partiels entre les objectifs du scénario narratif de CRYSTAL ISLANDS .	56
5.7	Un exemple d'ordre partiel des points d'intrigues ISAT [MAGERKO, 2006] .	58
5.8	Illustration des stratégies dans IN-TALE [RIEDL et collab., 2008]	60
5.9	Déverrouillage de la "bonne" réponse, soulignée en b) LIFE IS STRANGE . .	62
5.10	Quatre entrées et une sortie Extrait de la vidéo de présentation de LIFE IS STRANGE lors de la "BAFTA SHOWCASE 2015"	63
5.11	Trois choix au sein d'un scénario et six permutations de dialogues possibles Extrait de la vidéo de présentation de LIFE IS STRANGE lors de la "BAFTA SHOWCASE 2015"	64

5.12 Exemple de scénario généré en fonction du choix courant et des choix antérieurs Extrait de la vidéo de présentation de LIFE IS STRANGE lors de la "BAFTA Showcase"	64
5.13 Illustration NOTHING FOR DINNER	65
5.14 démo MRE 2000 HILL JR et collab. [2003]	66
5.15 Cheminement d'un lecteur et conception d'une scénarisation à parcours multiples	68
6.1 Déroulement d'une mise en pratique "et si?"	75
6.2 <i>Realtimeline</i> de la web fiction WEI OR DIE	76
6.3 Déroulement de la phase de débriefing	77
7.1 Trois états du monde	87
7.2 Territoire inexploré : monde partiellement indéterminé	90
7.3 Déstabilisation : <i>commitment</i> d'un événement radio	90
7.4 Complexification ou facilitation : <i>commitment</i> de l'état d'un acteur	91
7.5 Probabilités d'occurrence d'un événement	92
7.6 Algorithme de planification d'événements lors du retour en arrière	93
7.7 Algorithme de déstabilisation des actions lors du retour en arrière	93
7.8 Sauvegarde et création d'un nouveau monde w_2	94
7.9 Etats du monde $s_2 w_1$ et $s_2 w_2$ distincts	95
7.10 L'apprenant revient après sa dernière arrivée	95
8.1 Interface utilisateur - quatre blocs	103
8.2 Capture d'écran de l'interface apprenant	103
8.3 Démonstrateur VICTEAMS	105
8.4 Interface apprenant	107
8.5 Système de sauvegarde : Save / Load	107
9.1 Évaluation réflexive - Groupe 1 et 2	113
12.1 Autonomie et contrôle dans différents travaux sur la scénarisation CARPENTIER [2015]	129
12.2 PING model BEVENSEE et collab. [2012] dans KOENITZ et collab. [2013]	130
12.3 IDN works BURA [2013] dans KOENITZ et collab. [2013]	130
12.4 Interactive Drama Systems RIEDL et BULITKO [2012]	131
12.5 N-Dimensional Diagrams KOENITZ et collab. [2013]	131
12.6 Analyse qualitative ROBERTS et ISBELL [2008]	132
12.7 Interactive Drama Systems ARINBJARNAR et collab. [2009]	133
12.8 Propriétés de différents modèles de scénarios pour environnements virtuels CLAUDE [2016]	134
12.9 Approches de scénarisation en EV BAROT [2014]	134

Liste des tableaux

2.1 Concepts opposant le rhizome à l'arbre	13
--	----

Première partie

**Simulacre d'Informatique et
Paradigme Rhizome**

Chapitre 1

Introduction Générale

Celui qui n'a pas d'objectifs ne risque pas de les atteindre.

—Sun Tzu (544 - 496 av. J.C), L'art de la guerre

Sommaire

1.1 Motivations	5
1.2 Problématique	7
1.3 Approche et proposition	8
1.4 Découpage de ce manuscrit	9

Cette thèse a été réalisée au laboratoire Heudiasyc (HEUristique et DIAgnostic des SYstèmes Complexes), une unité mixte de recherche entre l'Université de Technologie de Compiègne et le CNRS (rattachement à l'INS2I), en codirection avec le TECFA (Technologies et Education) de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation de l'Université de Genève. Cette thèse a été financée par la région Hauts-de-France et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre du projet INCREDIBLE (Interactive Narratives for Coherent and Relevant Events Direction in Believable virtual Environment) en partenariat avec l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques) et COSTECH EA 2223 – UTC.

1.1 Motivations

Cette thèse s'intéresse à la gestion de crise en environnements socio-techniques complexes. La notion de crise est une notion complexe difficile à définir précisément. On lui attribue quelques concepts communs aux organisations : brutalité de l'événement, rapidité de la prise de décisions, incertitude sur l'avenir, ampleur de la situation. La notion de crise est liée à la perception des acteurs et de l'organisation. On retiendra qu'elle se réfère à une dynamique [LAGADEC, 1991] survenant après un événement de rupture. La prévention et la préparation à ces crises est en enjeu pour les grandes organisations. La gestion de situations de crise, où l'on parle de CRM (Crisis Ressource Management) [COOPER et collab., 1984], amènent les équipes à se réorganiser et décider vite et bien pour faire face à de nombreux aléas. LAGADEC [1991] propose des outils de réflexion autour des situations de crise définies comme complexes et ambiguës. Son objectif est d'offrir aux décideurs en situations de crise des moyens de questionnement autour de la situation qui aille au-delà du simple constat des difficultés afin qu'ils développent une meilleure faculté de jugement.

Nos travaux de recherche s'appuient sur un cas d'application concret. Il s'agit du projet VICTEAMS¹ [HUGUET et collab., 2016] dont l'objectif est l'entraînement des leaders médicaux en cas d'afflux massif de blessés suite à des catastrophes naturelles, attentats ou encore au combat. La prise en charge d'afflux massif de blessés en médecine de l'avant est un événement prévisible, mais qui génère néanmoins une situation de crise. Par exemple, si le nombre de blessés graves est supérieur au nombre de membres de l'équipe médicale sur place, cette situation oblige la mise en place d'une organisation spécifique. Comme ce type de situation est susceptible de se produire, les experts du projet VICTEAMS, le service de santé des armées et la brigade des sapeurs pompiers, y prépare leurs équipes médicales et vise à améliorer leur préparation. Dans ce type d'entraînement on a deux solutions, illustrées en figure 1.1, pour entraîner le leader médical :

- Mise en situation réelle, simulation *in situ* délocalisée. Les leaders médicaux jouent le personnage principal d'un jeu de rôle au cours duquel leurs collègues jouent aussi l'équipe et autres personnages avec qui ils ont à interagir, et des mannequins inanimés servent pour l'entraînement aux soins techniques. Ces types de formation sont coûteuses en terme de matériel, mobilisent un nombre important de personnes et présentent peu de variabilité.
- Mise en situation virtuelle, simulation virtuelle. Les leaders médicaux en formation ne vont ni physiquement sur le terrain ni en salle avec mannequin. Ils sont dans une salle avec un formateur et s'entraînent à l'aide de simulations virtuelles. Une telle formation est complémentaire à la formation en situation réelle, elle nécessite moins de ressources en terme de coût et de formateurs, et selon sa conception peut apporter plus de variabilité.

Les travaux menés dans le domaine des environnements virtuels permettent aujourd'hui d'envisager leur utilisation de manière efficace pour la formation. Ces environnements permettent aux utilisateurs de voir l'impact de leurs décisions sur des systèmes techniques, organisationnels et humains auxquels ils prennent part et dont ils ont pour

1. Projet co-financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-14-CE24-0027), la Direction Générale de l'Armement (DGA) et reçoit un soutien de la part de la Région Hauts-de-France et du Fonds européen de développement régional (FEDER) et du Labex MS2T. <https://victteams.hds.utc.fr/>



FIGURE 1.1 – De l'entraînement réel des leaders médicaux à l'entraînement virtuel

partie, individuellement et collectivement, la charge. L'un des défis de demain est de pouvoir utiliser ces environnements pour former non plus seulement à des compétences techniques mais à des compétences non-techniques (par exemple : gestion d'équipes, communications, gestion du stress, prise de décision, prise de conscience de la situation, leadership) [FLIN et collab., 2008]. Dans cette thèse on souhaite proposer un environnement virtuel pour l'entraînement professionnel dans des environnements socio-techniques complexes pour la maîtrise des risques et la gestion de crise afin de former aux Compétences Non-Techniques (CNT) importantes en situations de crise.

Les étapes de développement d'un tel EVAH font appel à un réseau d'experts interdisciplinaires. Par exemple ce projet VICTEAMS, qui réunit un consortium de plusieurs partenaires, s'appuie sur des données d'experts (médecins, psychologues, ergonomes, etc.) et la partie 3D a été confiée à une société externe. Il a été décidé que le scénario ait lieu dans un Poste Médical de secours Avancé (PMA). Dans cet environnement, l'apprenant joue le rôle de leader et les membres de l'équipe sont des personnages virtuels. Les équipes de recherche de ce projet travaillent à rendre compte des comportements réels des équipiers en environnement virtuel en créant des entités dotées d'Intelligence Artificielle. Dans cette thèse on mobilise une expertise en informatique, mais aussi en sciences de l'information et de la communication et dans les technologies éducatives. Notre travail de recherche porte sur l'écriture d'un scénario qui ait la même organisation que leur entraînement réel, à savoir trois phases (briefing, mise en pratique et débriefing) tout en exploitant les caractéristiques du support informatique pour former l'apprenant de manière optimale.

On s'intéresse en particulier dans cette thèse aux recherches qui mobilisent le récit au sein de leur formation. Dans ce cadre, les moments clés d'une histoire permettent à l'apprenant d'envisager des solutions alternatives. D'après BRUNER [1987], notre mémoire est narrative et permet de mettre en épingle ces moments clés. De plus, "le fait d'apprendre à travers un récit présente de nombreux avantages en termes de contextualisation, de mémorisation et de facilitation de l'engagement émotionnel dans l'apprentissage" [SZILAS, 2014a]. Cependant, dans des systèmes tels que FEARNOT! [AYLETT et collab., 2007], NOTHING FOR DINNER [SZILAS et collab., 2015], IN-TALE [RIEDL et collab., 2008] et CRYSTAL ISLAND [ROWE et collab., 2011], les chercheurs sont confrontés à un verrou complexe : il est difficile pour ces systèmes informatiques de concilier le contrôle du récit par un auteur et une liberté de choix d'action pour l'utilisateur. Il s'agit de problèmes d'écriture

d'un scénario étroitement liés à des problèmes de programmation. Les chercheurs proposent des solutions pour que les concepteurs n'aient pas à tout écrire, notamment des systèmes génératifs; les auteurs se heurtent néanmoins à des problèmes d'écriture pour maintenir une cohérence globale sur le récit généré en fonction des actions de l'utilisateur.

Dans cette thèse, notre choix s'est porté sur la notion de réflexivité pour l'apprentissage de compétences non-techniques en situations de crise. L'apprentissage réflexif doit permettre à l'apprenant d'apprendre par l'action et de lui apporter la possibilité de réfléchir sur son propre apprentissage. Dans des contextes professionnels on parle de pratiques réflexives, un courant issu des travaux de Schön et Argyris sur la science action. Le principe est que l'action est source de connaissance ("learning by doing") [SCHON, 1994]. Ces pratiques sont mises en place pour amener le praticien à développer une autonomie et une conscientisation face à son propre apprentissage. Ceci permet de développer un apprentissage continu tout au long d'une carrière.

1.2 Problématique

Dans le cadre de cette thèse on s'intéresse à l'entraînement aux CNT en situations de crise en environnement virtuel. Cet entraînement est particulier car il demande de prendre en considération plusieurs dimensions étroitement liées et difficiles à concilier : la temporalité, la criticité et la complexité de l'action. Au niveau du design de scénarisation, la gestion de ces composantes oblige à écrire beaucoup, contrairement aux systèmes cités précédemment, car ce type de projet s'appuie sur de nombreuses données d'experts. Une autre difficulté réside dans le passage de l'écriture d'un scénario scripté à la modélisation d'un scénario non-linéaire prenant en compte une complexité globale du terrain, en particulier le comportement des autres intervenants. Ces problèmes d'écriture liés à la scénarisation interactive et à la programmation de tels systèmes nous ont amenés à proposer une solution articulant l'informatique et les sciences de l'information et de la communication [BOUCHARDON, 2010]. De plus, en situations de crise les individus n'ont pas le temps de voir toutes les données à prendre en compte pour prendre une décision et ne prennent pas le temps de réfléchir aux alternatives qu'ils ont. Ainsi, dans le cadre de la mise en place de pratique réflexive, on souhaiterait que l'apprenant puisse prendre le temps de se poser la question "et si je faisais différemment / ... / j'avais un autre choix / ...?". On souhaite qu'il puisse revenir en arrière afin qu'il prenne conscience de la situation et puisse prendre des décisions en situations de crise. Ce type de solution va donc mobiliser trois dimensions étroitement liées : l'écriture, l'informatique et la pédagogie.

Nos questions de recherche sont "Comment scénariser le retour en arrière en environnement virtuel?" et "Comment permettre à l'apprenant en environnement virtuel de percevoir une situation de crise?".

Notre hypothèse est d'utiliser un concept narratif qui utilise des scénarios "et si" : l'uchronie. C'est le philosophe français Charles Renouvier qui inventa le terme dans son ouvrage UCHRONIE, L'UTOPIE DANS L'HISTOIRE [RENOUVIER, 1876], dans lequel l'avant-propos de l'éditeur écrit que "l'écrivain compose une uchronie, utopie de temps passés. Il écrit l'histoire, non telle qu'elle fut, mais telle qu'elle aurait pu être, à ce qu'il croit". Ici, l'écrivain serait l'apprenant au sein de la simulation à qui on permettrait de réécrire

l'histoire dynamiquement lui permettant ainsi de naviguer librement entre plusieurs histoires alternatives par procédé de correction via un "retour en arrière" sur ses décisions afin qu'il puisse ainsi observer les conséquences de réponses différentes à un moment-clé de l'histoire. Il pourrait corriger les erreurs qu'il aurait faites localement, afin d'essayer d'atteindre un résultat global plus satisfaisant par rapport à la mission de départ.

1.3 Approche et proposition

Notre approche est de mobiliser les moments-clés du récit de façon intégrante dans l'apprentissage en les mobilisant dans le système de scénarisation en environnement virtuel. On s'est intéressé aux mécanismes des sauvegardes dans le jeu vidéo. Les sauvegardes permettent de charger une partie précédente en cas d'échec ou pour essayer une nouvelle branche afin de construire le scénario et trouver ce qu'on estime être les bons choix. Dans le cadre de l'entraînement à la prise de décision en situations de crise, un scénario idéal ne peut pas suffire car il n'y a pas de bonne réponse. L'apprentissage dépend de la prise de conscience de l'apprenant des choix qu'il a fait ainsi que des conséquences qu'ils ont eues. Ainsi un tel scénario est plus difficilement représentable par un graphe dû à la complexité des situations.

Pour pallier cette difficulté de représentation on a approfondi nos connaissances sur les contributions de l'apprentissage aux compétences non-techniques et les outils informatiques qu'on pourrait utiliser pour proposer une scénarisation en environnement virtuel pour l'apprentissage humain qui soit adaptée à l'entraînement en cas de situations de crise. Pour pallier le problème d'écriture de scénario pour l'entraînement professionnel en environnement virtuel on a proposé de définir plusieurs principes de scénarisation qui prennent en compte les composantes fortes suivantes liées à l'entraînement de professionnels en situations de crise : la temporalité de l'action, la prise de conscience des choix et la réflexion sur son propre apprentissage.

Les ouvrages contemporains laissent de plus en plus de place au hasard, à l'ouverture des oeuvres ainsi qu'à la liberté que laisse l'auteur à l'interprète [ECO, 1965]. L'écrivain et sémiologue Umberto Eco a largement participé à la définition de ce rapport du lecteur à l'oeuvre. On s'est inspiré d'une typologie des labyrinthes qu'il a énoncée [ECO, 1987] pour concevoir notre solution. Chacun de ces labyrinthes nous a permis de définir les principes de scénarisation incontournables en environnement virtuel. Le labyrinthe le plus simple est une courbe. Il s'agit de l'unicursal du mythe de Thésée. On propose qu'il représente l'*irrévocabilité de l'avancée du temps* dû à son caractère linéaire et la conscientisation des événements. Le labyrinthe intermédiaire est un arbre. Il s'agit du labyrinthe maniériste, avec des croisements et des impasses. On propose qu'il représente l'*arborescence des choix* proposés et créés par les utilisateurs. Enfin le labyrinthe le plus complexe de cette typologie est une interprétation d'un modèle abstrait de réseau. Il s'agit du rhizome de DELEUZE et GUATTARI [1980]. On propose qu'il représente une scénarisation *structurable et jamais définitivement structurée*.

Notre approche est d'utiliser ces labyrinthes pour proposer une solution singulière. On souhaite permettre à l'apprenant de pouvoir briser cette irrévocabilité de l'avancée du temps en prenant le temps dans le virtuel, qu'il n'a pas dans le réel, pour développer son apprentissage et s'entraîner tout au long de sa carrière. On souhaite aussi un entraînement par l'action, donc mobiliser le principe d'arborescence des choix. Afin de concilier

ces pratiques à un entraînement à des compétences non-techniques en cas de situations de crise, on propose d'intégrer une approche réflexive en environnement virtuel durant la mise en pratique et le débriefing fondée sur la mémoire humaine et informatique.

La proposition de nos travaux consiste à développer un apprentissage par le récit en utilisant une approche réflexive, amenant l'apprenant à prendre conscience de ses stratégies d'apprentissage et du type d'apprenant qu'il est en adoptant une approche consciente face à sa progression tout au long de son parcours pédagogique.

1.4 Découpage de ce manuscrit

Ce mémoire est découpé en cinq parties.

La partie I s'intitule "Simulacre d'Informatique et Paradigme Rhizome". On y introduit ce manuscrit de manière générale, des motivations liées à la gestion de crise à la problématique de la scénarisation en environnement virtuel pour l'apprentissage humain mobilisant le récit. On y propose un chapitre introductif de deux systèmes philosophiques sur lesquels s'appuie cette thèse : le rhizome et le simulacre. On y introduit des environnements virtuels narratifs et interactifs fondés sur leur classification à travers des critères de conception.

La partie II s'intitule "Linéarité et générativité". On y présente dans un chapitre le passage d'un entraînement réel à un environnement virtuel en particulier pour les CNT appliquées à la médecine. On y définit une typologie de ces CNT, les pratiques réflexives lors d'un entraînement professionnel et les trois phases d'une simulation réelle afin de définir les contraintes à prendre en compte lors de la scénarisation d'un entraînement en environnement virtuel. On y présente dans un autre chapitre les principes de scénarisation en environnement virtuel, dans un espace labyrinthique. On prend en compte les contraintes particulières de notre cas d'application : la complexité et la temporalité de l'action en cas de situations de crise.

La partie III s'intitule "Génération de l'expérience utilisateur". On y décrit la génération d'une expérience utilisateurs par le déroulement de sessions en environnement virtuel à travers les trois phases mises en place dans le réel. On y propose un formalisme pour la conception d'une scénarisation fondée sur l'uchronie. On y présente notre approche réflexive de l'apprentissage en environnement virtuel. On y explique les mécanismes sous-jacents.

La partie IV s'intitule "Implémentations et protocole d'évaluation". On y présente les deux implémentations du modèle d'uchronie, sous forme de maquette web et d'une démonstration en environnement virtuel 3D. On y décrit le protocole d'évaluation orienté sur l'impact de notre proposition sur la réflexivité.

La partie V s'intitule "Thèse-Rhizome et Conception d'un Simulacre". On y conclut ce manuscrit de manière générale, du contexte de l'environnement virtuel pour l'apprentissage humain mobilisant le récit jusqu'à la proposition d'une approche réflexive en environnement virtuel fondée sur l'uchronie. Cette partie y contient un *essai-uchronique* sur le domaine de l'Intelligence Artificielle. On y propose un chapitre conclusif des contributions aux systèmes philosophiques sur lesquels s'est appuyée cette thèse, le rhizome et le

simulacre. Et on y conclut sur notre solution si elle était insérée au sein de classifications existantes d'environnements virtuels narratifs et interactifs du point de vue des critères de conception.

Chapitre 2

De la philosophie à l'informatique

La guerre est la poursuite de la politique par d'autres moyens.

—Carl von Clausewitz (1780 - 1831)

Sommaire

2.1 Deux systèmes : Rhizome et Simulacre	13
2.1.1 Concepts et Principes du Rhizome	13
2.1.2 Du réel au virtuel : repenser la définition du Simulacre	15

On décrit dans ce chapitre le fondement théorique qui sera mobilisé dans le reste des chapitres. Il s'agit de penser l'informatique non plus en termes d'arbre mais en termes de rhizome. On précisera la différence entre ces deux modèles biologiques, et on expliquera comment informatiquement on a souhaité s'inspirer du rhizome, et plus particulièrement le modèle conceptuel défini par deux philosophes français, pour répondre à notre problématique de recherche.

« Vous connaissez les rhizomes? Pas les carottes? Celui de Deleuze? »

DR. A.L

2.1 Deux systèmes : Rhizome et Simulacre

2.1.1 Concepts et Principes du Rhizome

Comme fondement théorique, cette thèse s'appuie sur les concepts définis par Gilles Deleuze (1925-1995) et Félix Guattari (1930-1992) autour de la métaphore du rhizome. En biologie, il s'agit d'une extension biologique horizontale, contrairement aux racines verticales, qu'on trouve chez certaines plantes vivaces. Par exemple sur la figure 2.1d, le rhizome permet la multiplication d'une plante proliférante. Gilles Deleuze et Félix Guattari sont respectivement un philosophe et un psychanalyste français. Ils ont co-écrit un ouvrage politique publié en 1980 : MILLE PLATEAUX, dont l'introduction est un modèle descriptif et épistémologique du rhizome [DELEUZE et GUATTARI, 1980] comme métaphore du réseau. Elle semble être pour eux un contrepoint intéressant au concept arborescent. Les différences entre les propriétés de l'arbre et le rhizome sont listées dans le tableau 2.1 :

TABLEAU 2.1 – Concepts opposant le rhizome à l'arbre

Rhizome	Arbre
Anarchique	Hiérarchique
Déterritorialisé	Territorialisé
Espace lisse	Espace strié
Hétérogène	Homogène
Multiple	Unitaire et binaire
Nomade	Sédentaire
Non-linéaire	Linéaire
Rhizomatique	Arborescent
Science mineure	Science majeure

En mobilisant ces concepts, qu'on a extrait dans le tableau 2.1, Deleuze et Guattari énumèrent "certains caractères approximatifs du rhizome" dans l'introduction de MILLE PLATEAUX qu'on a aussi approximé à ces citations :

- "1^{er} et 2^e principe de connexion et d'hétérogénéité : n'importe quel point d'un rhizome peut être connecté avec n'importe quel autre et doit l'être". Un rhizome peut connecter des éléments hétérogènes appartenant "à des modes d'encodage très divers, chaînons biologiques, politiques, économiques, etc. [...]."
- "3^e principe de multiplicité : c'est seulement quand le multiple est effectivement traité comme substantif, multiplicité, qu'il n'a plus aucun rapport avec l'Un comme sujet ou comme objet, comme réalité naturelle ou spirituelle, comme image et monde. [...]."
- "4^e 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. [...]. " On fait une rupture, on trace une ligne de fuite, mais on risque toujours de retrouver sur elle des organisations qui restructifient l'ensemble, des formations

qui redonnent le pouvoir à un signifiant, des attributions qui reconstituent un sujet [...] Oui, le chiendent est aussi rhizome. Le bon et le mauvais ne peuvent être que le produit d'une sélection active et temporaire, à recommencer. [...]."

- "5^e principe de cartographie et de décalcomanie : un rhizome n'est justiciable d'aucun modèle structural ou génératif. [...] Faire la carte, et pas le calque. [...] Si la carte s'oppose au calque, c'est qu'elle est tout entière tournée vers une expérimentation en prise sur le réel. 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. Elle peut être déchirée, renversée, s'adapter à des montages de toute nature, être mise en chantier par un individu, un groupe, une formation sociale. On peut la dessiner sur un mur, la concevoir comme une œuvre d'art, la construire comme une action politique ou comme une méditation. C'est peut-être un des caractères les plus importants du rhizome, d'être toujours à entrées multiples. [...]."

Dans leur ouvrage, ils utilisent des métaphores animales et végétales pour illustrer ces principes. Par exemple, le terrier en figure 2.1a leur permet d'illustrer le fait qu'un rhizome soit à entrées multiples, connectable dans toutes ses dimensions. L'histoire d'une guêpe et d'une orchidée leur permet d'illustrer plusieurs concepts car il s'agit d'un rhizome animal et végétal, connexions de deux éléments hétérogènes. Cette orchidée en figure 2.1b a la particularité de former un calque de guêpe. Cette dernière transportera le pollen, et ainsi l'orchidée "fait carte avec la guêpe au sein d'un rhizome", leur permettant d'expliquer le principe de cartographie et décalcomanie. Enfin la colonie de fourmis en figure 2.1c est un rhizome animal qui leur permet d'expliquer le principe de rupture assignifiante, "la plus grande partie peut être détruite sans qu'il cesse de se reconstituer." [DELEUZE et GUATTARI, 1980].



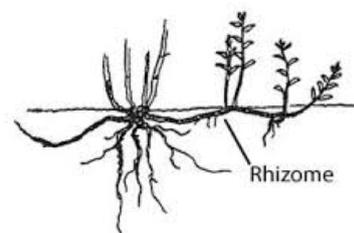
(a) Multiple



(b) Hétérogène



(c) Rupture assignifiante



(d) Plante à rhizome

FIGURE 2.1 – Rhizome Animal et Végétal

Dans cette thèse, on utilisera ces caractéristiques approximatives approximées ainsi qu'une interprétation qu'en a faite Umberto Eco pour définir des principes de scénarisation. Et nous y apporterons notre contribution.

2.1.2 Du réel au virtuel : repenser la définition du Simulacre

On pense qu'il faut proposer non pas une simulation, qu'elle soit réelle ou virtuelle, mais plutôt un simulacre, celui de la pensée deleuzienne. Pour Deleuze, le platonisme est construit sur l'idée de chasser les simulacres qui seraient les "mauvaises images". Dans son article *Platon et le simulacre* dans *Logique du sens* DELEUZE [1969b] amène à "détruire les modèles et les copies pour instaurer le chaos qui crée, qui fait marcher les simulacres et lever un phantasme". On ne contredit pas Platon le visionnaire sur le sujet des simulacres, mais la société contemporaine a amené des philosophes à repenser la définition de virtuel. "Le seul danger, en tout ceci, c'est de confondre le virtuel avec le possible. Car le possible s'oppose au réel [...] On aurait tort de ne voir ici qu'une dispute de mots : il s'agit de l'existence elle-même" [DELEUZE, 1968].

Plus particulièrement, est-ce que ça peut s'appliquer à la scénarisation et génération de récits interactifs en environnements virtuels pour la formation en environnements socio-techniques complexes? C'est-à-dire est-ce qu'on peut modéliser "un processus comprenant à la fois la spécification du ou des déroulements possibles ou souhaitables de la simulation et le contrôle (exécution et/ou suivi et correction) du déroulement des événements en temps réel" [BAROT, 2014] de manière rhizomatique en ayant pour objectif de proposer des modèles de récits interactifs dans des environnements virtuels peuplés de personnages virtuels autonomes à des fins d'entraînements d'experts?

Dans cette thèse on s'intéresse donc à entraîner des experts en Environnement Virtuel pour l'Apprentissage Humain, qui se distingue du jeu sérieux mais dont on va analyser les ressorts du jeu. CAILLOIS [1967] classe les jeux sur un curseur entre deux pôles antagonistes : le jeu discipliné et réglé par des conventions arbitraires et impératives, *ludus*, et le jeu spontané et turbulent, *paidia*. Cette contradiction constitue pour lui la dynamique fondamentale des jeux qui se ramènent à quatre catégories selon qu'y prédomine le rôle de la compétition, du hasard, du simulacre ou du vertige, qu'il appelle respectivement *Agôn*, *Alea*, *Mimicry* et *Ilinx*. Un même jeu peut relever de plusieurs ressorts et leurs croisements donne le tableau à double entrée illustré en figure 2.2.

Dans l'entraînement d'experts, les apprenants jouent un rôle. On est dans le simulacre, le faire semblant. En simulation réelle un maître du jeu (le formateur) fait jouer des personnages (les apprenants) à une histoire au cours de laquelle le personnage principal (l'apprenant) essaie d'en découdre avec une situation à laquelle participent des personnages ayant un script de départ (blessés et caractéristiques des blessures) et des mannequins pour pratiquer les gestes techniques. En simulation virtuelle, il faut que tous ces acteurs (formateur, apprenant, mannequins) aient la capacité à s'adapter les uns aux autres afin de proposer à l'apprenant un scénario dans lequel il peut se projeter. Or modéliser toutes ces situations reste complexe et infini, c'est là qu'intervient la mise en place du rhizome : au sein de ce système de simulacre, porté par le théâtre.

REPARTITION DES JEUX

	AGON — (compétition)	ALEA — (chance)	MIMICRY — (simulacre)	ILINX — (vertige)
PAIDIA	coursues } non réglées luttas } etc. } athlétisme	pile ou face comptines	imitations enfantines jeux d'illusion poupée, panoplies masque travesti	manège < tournis > enfantin balançoire valse
vacarme agitation fou-rire				
cerf-volant solitaire réussites mots croisés	boxe billard escrime dames football échecs	pari roulette		volador attractions foraines ski alpinisme voltige
LUDUS	compétitions spor- tives en général	loteries simples composées ou à report	théâtre arts du spectacle en général	

N. B. — Dans chaque colonne verticale, les jeux sont classés très approximativement dans un ordre tel que l'élément *paidia* décroisse constamment, tandis que l'élément *ludus* croit constamment.

FIGURE 2.2 – Répartition des jeux | CAILLOIS [1967]

Chapitre 3

Critères pour la conception d'un environnement virtuel narratif et interactif

Cet adage si rebattu de nos jours, que l'on naît Général, et qu'on n'a pas besoin d'étude pour le devenir, est une des nombreuses erreurs de notre siècle, un de ces lieux communs qu'emploient la présomption et la nonchalance, pour se dispenser des efforts pénibles qui mènent à la perfection.

—Charles, Archiduc d'Autriche (1771 - 1847), Principes de la Stratégie

Sommaire

3.1 Opposition en espace métrique	19
3.2 Comparaison multi-dimensionnelle par systèmes de valeurs	23
3.3 Bilan	26

La conception d'un environnement virtuel dépend de l'objectif visé et du contexte et peut vite devenir complexe. Dans cette thèse, on s'intéressera à ceux à fin pédagogique et plus particulièrement à ceux à fin d'entraînement professionnel. On considèrera dans cette section des œuvres virtuelles qui mêlent interactivité et narration. On les présentera à travers des systèmes de classification afin d'extraire les critères principaux qui définissent des environnements virtuels interactifs et narratifs, afin de l'adapter à notre proposition de game design pour un environnement virtuel pour l'apprentissage humain.

Les environnements virtuels qu'on évoquera ci-dessous seront pour certains réutilisés dans le reste de la thèse, et ce à différents endroits. On les illustrera toujours différemment, malgré un aspect perceptif de répétition. Si vous lisez cette thèse sur ordinateur, l'utilisation de la fonction de recherche dans le document est un atout.

3.1 Opposition en espace métrique

Dans cette section nous présenterons une façon d'illustrer un système de classification des œuvres selon des axes.

Les travaux de CARPENTIER [2015] utilisent un seul axe, figure en 3.1, pour différencier les systèmes de scénarisation en EVAH. Il met en opposition l'autonomie et le contrôle.

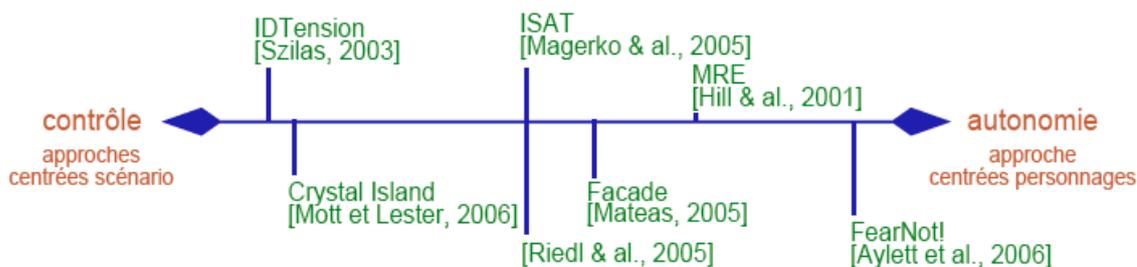


FIGURE 3.1 – Autonomie et contrôle dans différents travaux sur la scénarisation | CARPENTIER [2015]

Les figures suivantes illustrent des systèmes de classification de jeux vidéo qui nous permettent dans cette thèse d'extraire des critères de conceptions d'EV narratifs et interactifs. Le PING (Passive-Interactive-Narrative-Game) model en figure 3.2 utilise un repère orthonormé qui met en opposition l'interactivité *vs* la passivité et le jeu *vs* la narration. Un travail sur le récit numérique interactif¹ en figure 3.3 utilise un troisième axe qui met en opposition l'exploration et le contrôle. L'N-Dimensional Diagrams en figure 3.4 utilise aussi trois axes qui sont l'agentivité du drame, la complexité et l'agentivité. Et enfin, on a une classification en 3D selon trois axes qui mettent en relation la place de l'utilisateur, de l'auteur et des personnages dans des systèmes de narration interactive dans le monde de la recherche en figure 3.5.

Dans ces classifications, ce ne sont pas tant les jeux qui nous intéressent mais les axes qu'ils utilisent et qui ont semblé à leurs auteurs important d'utiliser pour mettre en opposition certaines œuvres qu'ils ont choisi d'illustrer dans leur modèle. Il est à noter que tous ces systèmes de classification ont en commun un jeu issu de la recherche sur lequel on reviendra dans la section suivante : *Facade*. On le retrouvera aussi dans la prochaine sous-section sur la classification par tableaux comparatifs.

Ces types de classification par axes représentent des limites en ce qu'ils sont réducteurs et complémentaires à la fois. Ce système par dimension entière ne permet pas de saisir tout l'enjeu de ces systèmes de jeux vidéo et EVAH. Pour récapituler voici les critères que l'on peut extraire de cette représentation par axes, certains s'opposant à d'autres :

- contrôle *vs* autonomie pour la scénarisation,
- interactivité *vs* passivité,
- jeu *vs* narration,
- contrôle indirect *vs* contrôle direct,

1. Traduction de *Interactive Digital Narrative* (IDN)

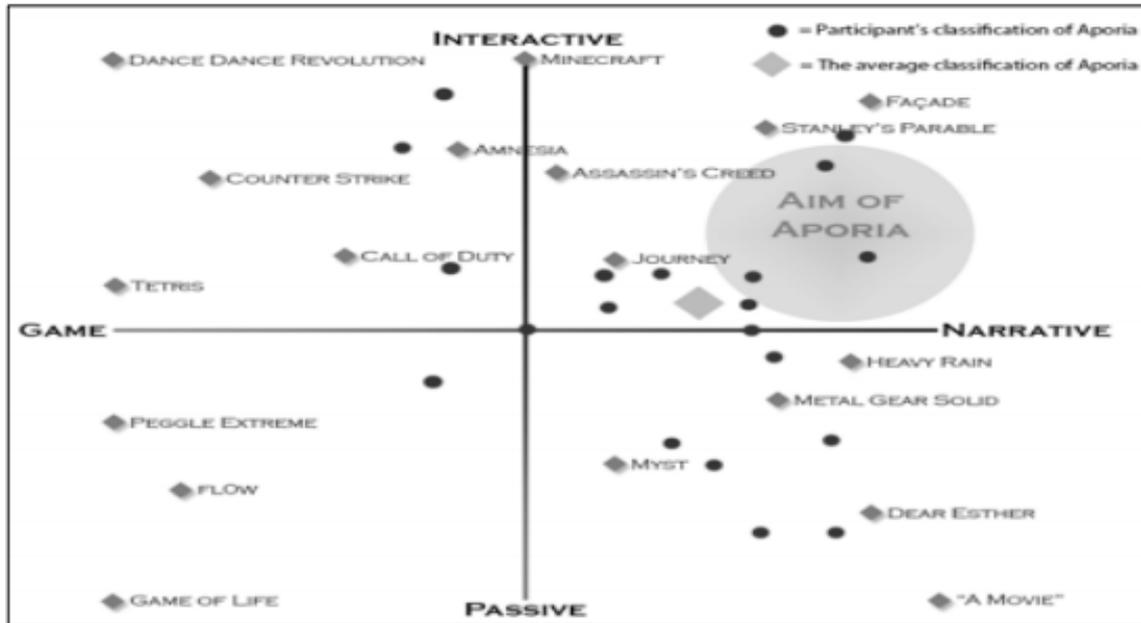


Fig. 1.The P.I.N.G model

FIGURE 3.2 – PING model | BEVENSEE et collab. [2012] dans KOENITZ et collab. [2013]

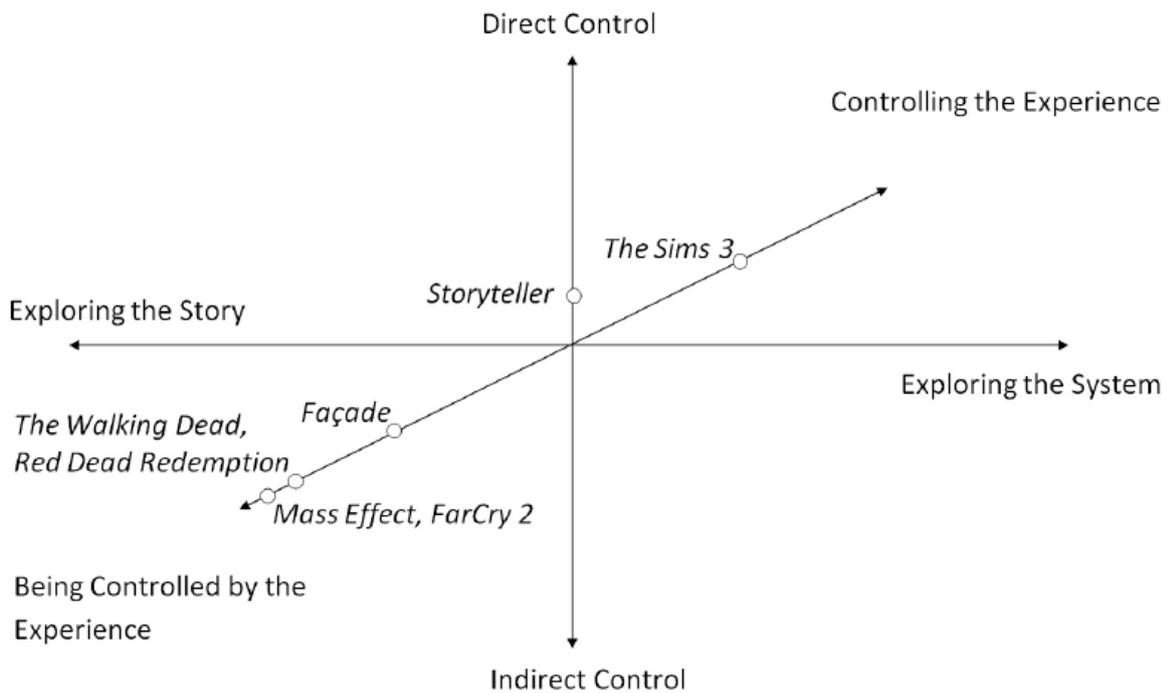


FIGURE 3.3 – IDN works | BURA [2013] dans KOENITZ et collab. [2013]

- exploration du système *vs* exploration de l'histoire,
- être contrôlé par l'expérience *vs* contrôler l'expérience,
- agentivité,
- complexité narrative,
- agentivité dramatique,
- personnages virtuels,

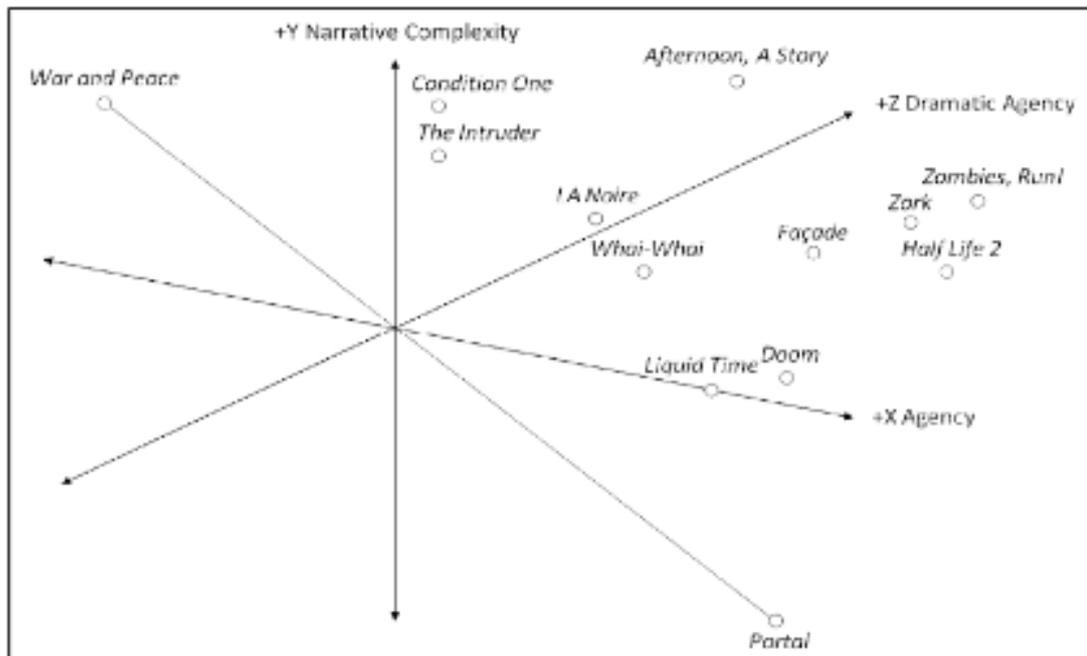


Fig. 3. Agency on the X axis, Complexity on the Y axis, Agency on the Z axis

FIGURE 3.4 – N-Dimensional Diagrams | KOENITZ et collab. [2013]

- modélisation du joueur,
- intention de l'auteur.

Dans les environnements virtuels à fin d'entraînement, le contrôle et l'autonomie doivent être équilibrés, et comme expliqué en introduction de section l'interactivité est importante dans le cadre de l'apprentissage par le récit. De plus, notre mémoire étant narrative [BRUNER, 1987] la narration est importante, et on n'est pas dans le cadre d'un jeu sérieux comme expliqué en section 4.2. Le formateur doit pouvoir contrôler l'expérience. La modélisation des personnages est importante car dans le cas d'entraînement de leader l'une des CNT est la gestion de la communication dans l'équipe.

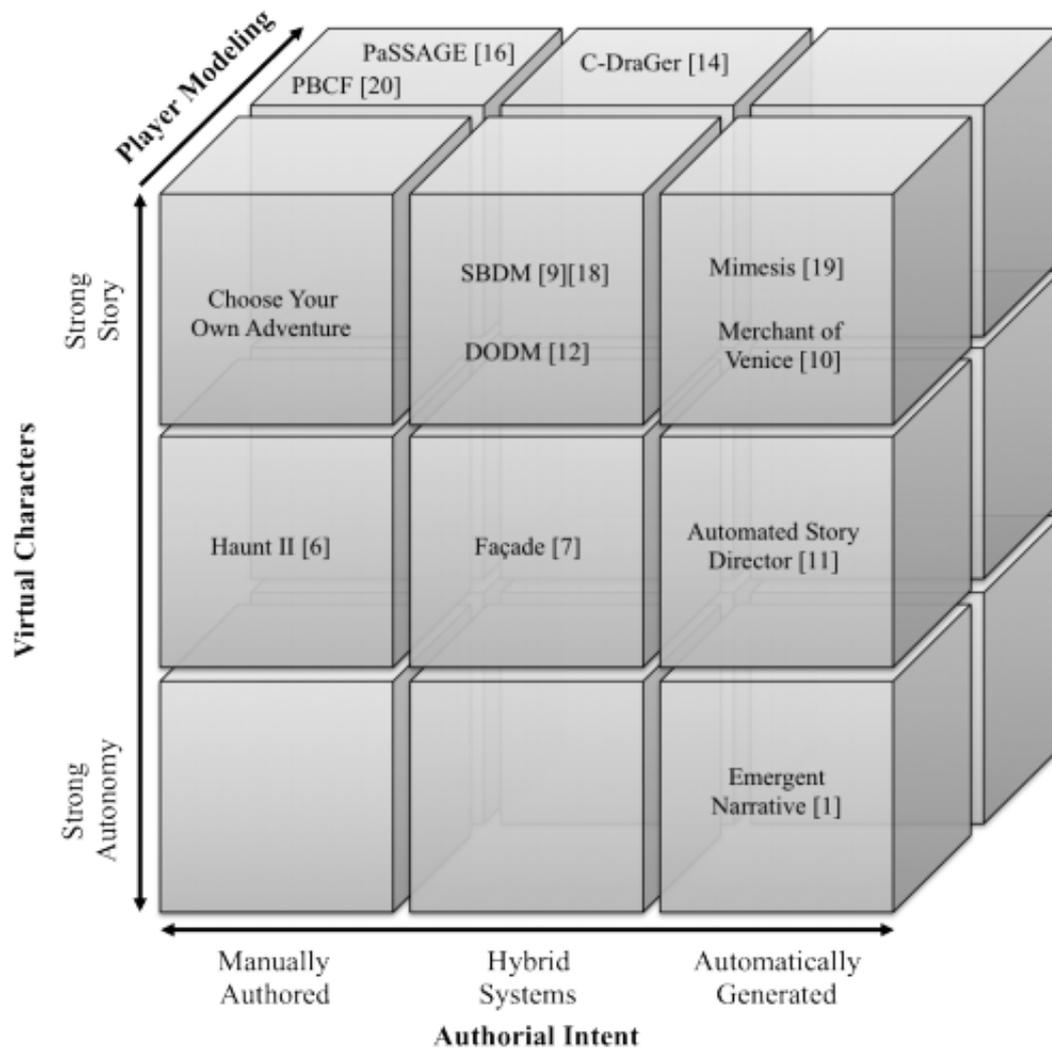


Figure 3: The landscape of interactive narrative research.

FIGURE 3.5 – Interactive Drama Systems | RIEDL et BULITKO [2012]

3.2 Comparaison multi-dimensionnelle par systèmes de valeurs

Les tableaux comparatifs ont l'avantage de pouvoir utiliser plus de critères, mais sont limités sur l'échelle de valeur qu'ils attribuent à chaque propriété. Certains utilisent des + et des - qu'on peut associer à du binaire 0 ou 1, d'autres utilisent du texte pour définir les propriétés associées à chaque colonne.

Par exemple, en figure 3.6 on présente une approche algorithmique des systèmes selon dix propriétés avec une échelles de valeurs de 3 : rond vide, rond à demi vide/remplit, rond plein. Alors qu'en figure 3.7 on a des systèmes issus des jeux commerciaux et des systèmes développés dans le cadre de projets de recherche qui sont rattachés à cinq propriétés et ensuite définis selon des critères textuels. Puis, la figure 3.8 synthétise les propriétés des différents modèles de scénario pour EV étudiés par CLAUDE [2016] en une même figure de deux tableaux à double entrée afin de répondre à une problématique de séquençement d'actions. Les critères utilisés sont uniquement textuels. Enfin, on a un tableau sur les approches de scénarisation en environnement virtuel en figure 3.9 qui réunit en un même tableau une classification selon les approches et selon les objectifs en utilisant soit des critères textuels, soit une échelle de valeurs (+ ou -).

	speed	coord	replay	control	autonomy	ease	adapt	sound	invisible	measure
SBDM	○	◐	○	◐	◐	○	○	○	◐	●
DODM	●	◐	○	◐	◐	○	○	●	◐	●
TTD-MDPs	●	◐	●	◐	◐	●	○	●	◐	●
IDA	○	●	○	○	●	●/○	○	○	●	●
Mimesis	○	●	○	●	●	○	○	○	○	○
ASD	●	◐	○	●	●	○	○	●	◐	○
Dilemmas	○	●	●	●	●	○	●	○	●	●
U-Director	○	◐	○	◐	◐	○	●	●	◐	●
Beat-based	●	●	●	●	●	○	○	○	◐	○
OPIATE	○	●	○	●	●	○	●	○	◐	○
Preference Modeling	○	◐	○	○	◐	◐	●	○	◐	●
PaSSAGE	●	◐	○	●	●	○	●	○	●	○
Narrative Learning	○	◐	○	●	●	●	○	○	◐	○

FIGURE 3.6 – Analyse qualitative | ROBERTS et ISBELL [2008]

Pour récapituler voici les critères que l'on peut extraire de cette représentation par tableau bi-dimensionnel :

- dans le tableau sur l'analyse qualitative des progrès récents dans les technologies de gestionnaire dramatique, les auteurs ROBERTS et ISBELL [2008] comparaient les systèmes en fonction de : la vitesse ; la coordination ; la rejouabilité ; le contrôle de l'auteur ; l'autonomie du joueur ; la facilité de création ; l'adaptabilité ; la robustesse² ; l'invisibilité ; la mesurabilité.
- dans le tableau sur l'interactivité les auteurs proposaient cinq critères : la nature du monde virtuel ; si on pouvait ou non interagir avec des objets ; si on pouvait interagir

2. Traduction de *soundness*

System	Virtual world	Interaction with objects	Social interaction	Dramatic structure	Fundamental difference
<i>Oz</i>	Simple graphics	Yes	Some	Plot graph	O(10)
<i>Virtual Theater Project</i>	Text	Some	Yes	Plot graph	O(1)
<i>Façade</i>	Simple graphics	Some	Some	Plot graph	O(10)
<i>IDA</i>	Simple graphics	No	Some	Plot graph	O(1)
<i>SASCE</i>	None	Some	Some	Plot graph	O(10)
<i>U-DIRECTOR</i>	Simple graphics	Some	Some	Bayesian networks	O(1)
<i>PaSSAGE</i>	Neverwinter Nights graphics	Yes	No	Plot graph	O(10)
<i>IN-TALE</i>	Graphics	Yes	Some	Plot graph	O(10)
<i>Mimesis</i>	Simple graphics	Yes	No	Plot graph	O(1)
<i>NOLIST</i>	Text-based	Yes	Some	Bayesian networks	O(∞)
<i>GADIN</i>	Text-based	Some	Yes	Planning and dilemmas	O(∞)
<i>Erasmatron</i>	Text-based	No	Yes	Dramatic interest rules and general patterns	O(10)
<i>DEFACTO</i>	Text-based and simple graphics	Some	Some	Dramatic interest rules and general patterns	O(10)
<i>OPIATE</i>	Simple graphics	Yes	Some	Proppian structures	O(10)
<i>DED</i>	Second Life	Yes	Yes	Schemas and emergence	O(∞)
<i>IDtension</i>	Text-based	No	No	Planning and tasks	O(10)
<i>I-Storytelling</i>	Simple graphics	No	Some	Character HTNs	O(10)
<i>BARDS</i>	Virtual reality	No	Some	HSP	O(10)
<i>FAtiMA</i>	Simple graphics	No	Yes	Character goals and emergence	O(10)

FIGURE 3.7 – Interactive Drama Systems | ARINBJARNAR et collab. [2009]

Solution	Utilisation	Niveau(x) de Contrôle	Agencement	Ressources	Actif	Collaboration	Graphique
<i>modèle à scénarios prédéfinis</i>							
<i>HCSM</i>	Générique	si prévu dans les scripts	séquentiel, parallèle, Concurrent	si prévu dans les scripts	si prévu dans les scripts	si prévu dans les scripts	oui
<i>HPTS++</i>	Générique	si prévu dans les scripts	séquentiel, parallèle, Concurrent	ressources symboliques intégrées (Sémaphores)	si prévu dans les scripts	si prévu dans les scripts	oui
<i>Story Nets</i>	Formation	Choix limités	Séquence, Concurrent	non	Pendant les Transitions	Un Utilisateur et plusieurs Agents	partiellement Possible
<i>LORA++</i>	Formation	Actions et Séquences d'actions prédéfinies	Séquentiel, parallèle, Concurrent	Oui	via un rôle "Environnement"	Utilisateurs et agents virtuels	oui
<i>HAVE</i>	Formation	Séquences d'actions prédéfinies	séquentiel, parallèle Concurrent	oui	via un acteur "Environnement"	Utilisateurs et Agents virtuels	oui
<i>ABL</i>	Narration	Comportements prévus	Séquentiel, Concurrent	non	non	un utilisateur et plusieurs Agents	partiellement Possible
<i>IVE</i>	Narration	Volonté d'action des acteurs	séquentiel, parallèle, concurrent	indirectement par les données des jetons	Obligatoire	utilisateurs et agents virtuels	oui
<i>Modèles à scénario émergent</i>							
<i>Theatrix</i>	Narration	actions libres, Guidées par objectifs	non Contrôlé	Inventaire d'objet acquis par l'acteur	non	Utilisateurs. et Agents virtuels	non, mode éditeur
<i>IDTension</i>	Narration	Actions libres avec préconditions, Guidées par objectifs	non Contrôlé	État des acteurs, connaissances	non	Un Utilisateur et plusieurs Agents	non
<i>EmoEmma</i>	Narration	Actions libres avec pré et post conditions	non Contrôlé	État des acteurs	non	Un Utilisateur et plusieurs Agents	non
<i>VRaptor</i>	Formation	Actions libres, État de l'Environnement	non Contrôlé	Environnement	non	au moins un Utilisateur et plusieurs Agents	non
<i>SELDON</i>	Formation	Actions libres, tâches à Réaliser	Tâches partiellement ordonnées, liées par contraintes sur l'env.	oui	oui, non contrôlé	au moins un Utilisateur et plusieurs Agents	partiellement Possible

Table 2.5 – Synthèse des modèles de scénarios existants.

FIGURE 3.8 – Propriétés de différents modèles de scénarios pour environnements virtuels | CLAUDE [2016]

socialement ou non ; la nature de la structure dramatique au niveau informatique ; et le nombre de récits fondamentalement différents pouvant être générés.

- dans le tableau qui classifiait les modèles de scénario en EV, on avait deux sous-tableaux présentant deux familles de modèles : les scénarios prédéfinis et les scénarios émergents. Dans les familles l'auteur proposait de répondre à ces questions : "Le formalisme de la solution permet-il d'exprimer des Agencements temporels et

CHAPITRE 3. CRITÈRES POUR LA CONCEPTION D'UN ENVIRONNEMENT VIRTUEL
NARRATIF ET INTERACTIF

	Approches			Objectifs			
	centrée sur...	intri- / extrinsèque	scénario prédéfini / généré	contrôle	liberté d'action	cohérence	adaptabilité
Simulations pures							
CS-WAVE, VTI, VRaptor, I-Storytelling, EmoEmma	personnages	intrinsèque	généré	-	++	++	++
Scénarios prédéfinis							
EMSAVE GVT	scénario	intrinsèque extrinsèque	prédéfini	++	-	++	-
Graphes multilinéaires							
PAPOUS, ICT Leaders Façade, U-Director	scénario	intrinsèque	prédéfini en partie prédéfini	++	+	++	-
Scénarios dynamiques							
IDTension Mimesis	scénario	intrinsèque	généré	++ (local) / - ++	++ ++	+ -	++ ++
Personnages partiellement autonomes							
MRE, FearNot! ISAT, IN-TALE	personnages scénario	intrinsèque	généré (local) / prédéfini en partie prédéfini	+ ++	+ ++	++ -	++ (local) / - ++
Contrôle de personnages autonomes							
ISR Virtual Storyteller Thespian Planification sociale	scénario personnages mixte personnages	intrinsèque	généré généré en partie prédéfini généré	- ++ (local) / - ++ (local) / - +	- ++ ++ pas d'utilisateur	++ ++ +	++ ++ + -

TABLE 2.1 – Tableau récapitulatif des différentes approches présentées pour la scénarisation en environnement virtuel

FIGURE 3.9 – Approches de scénarisation en EV | BAROT [2014]

causaux complexes? Comment le formalisme de la solution permet-il de prendre en compte les Ressources disponibles? Les mécanismes de la solution permettent-ils de définir des scénarios actifs? C'est-à-dire de déclencher des évènements indépendamment des actions des acteurs? Le modèle s'intéresse-t-il à la Collaboration? Fait-il des hypothèses sur le nombre ou la nature des acteurs? Le formalisme de la solution permet-il d'utiliser différents niveaux de Contrôle des acteurs? La solution propose-t-elle une représentation graphique du formalisme utilisé?" ;

- dans le tableau qui classifiait les approches de scénarisation en EV on avait principalement : celles centrées personnages ou scénario; les systèmes extrinsèques ou intrinsèques; si le scénario était prédéfini ou scripté;
- dans le tableau qui classifiait selon quatre objectifs et une échelle de trois critères : contrôle; liberté d'action; cohérence et adaptabilité.

3.3 Bilan

Jusqu'au $xx^{\text{ème}}$ siècle les mathématiques s'appuyait sur leur héritage antique, et ce n'est qu'après la crise des fondements en mathématiques qu'on a vu l'essor de la géométrie et en particulier des géométries qui utilisent des dimensions non-entières. Or les systèmes de classifications précédents utilise l'espace de représentation qui est celui d'Euclide fondée sur la géométrie traditionnelle développée dans ses éléments, 13 livres thématiques écrits vers 300 av. J.-C. Ils s'illustrent dans des espaces métriques ou par des systèmes de valeurs sur le corps des réels, ici entiers, dans des dimensions finies, ici tableaux à deux dimensions. Ainsi, ces systèmes sont limités par leur visualisation statique dans un plan, schématisé dans la figure 3.10. Cependant, il reste difficile et critiquable d'essayer de trouver un système universel de classification de ces œuvres.

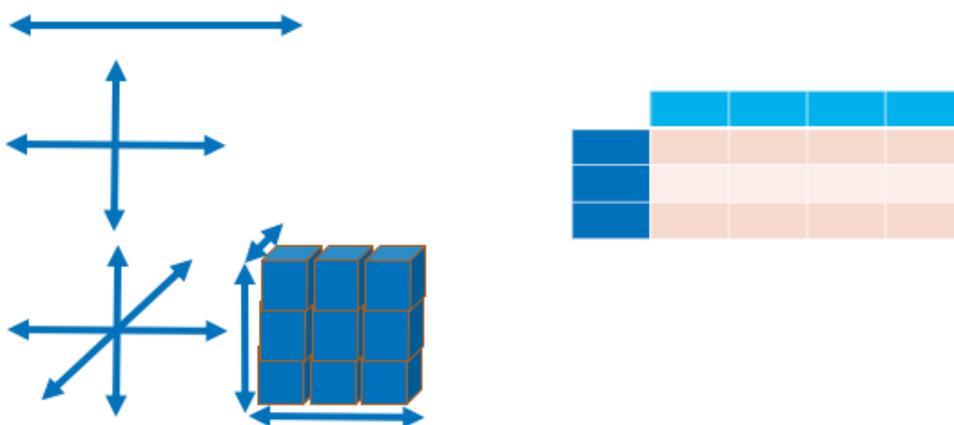


FIGURE 3.10 – Résumé des espaces euclidiens de systèmes de classification d'œuvres existantes

La limite des systèmes de classification est qu'ils sont dépendants du contexte d'étude et ne permettent pas de rendre compte totalement de la complexité de la conception d'un environnement virtuel et de l'intégration d'une architecture complexe. Ces classements portant sur un domaine limité sont cependant suffisants selon le point de vue adopté dans les articles, et leurs présentations nous permettent de mettre en évidence les critères importants pour la conception de tels environnements virtuels. On va considérer tous ces critères qui ressortent de nombreux travaux de recherches en environnements virtuels pour construire notre proposition. Par exemple la liberté d'action de l'apprenant; comme il s'agit d'un entraînement on doit aussi trouver un équilibre de contrôle; et les situations devront être variées.

Dans cette section, on souhaitait mettre en évidence le caractère hiérarchique de la classification, qui va à l'encontre de notre modèle en rhizome défini en section 2.1. Dans cette thèse, on propose une analogie labyrinthique afin d'utiliser un espace abstrait pour définir les principes de scénarisation en environnement virtuel.

Par ailleurs, l'autre système qu'on souhaite mettre en place est le simulacre défini en section 2.1.2. Il faut accepter l'existence du virtuel et ainsi utiliser les environnements virtuels comme moyen/outil car ils peuvent de nos jours être envisagés efficacement pour l'apprentissage humain. Et on accepte l'idée que notre proposition d'environnement virtuel sera toujours plus ou moins quelque chose selon ceux avec lesquels il sera comparé.

Deuxième partie

Linéarité et générativité

Chapitre 4

De l'entraînement réel au virtuel

L'histoire est la seule véritable philosophie. Lire et méditer les guerres des grands capitaines, c'est le seul moyen d'apprendre la guerre.

—Napoléon (1769 - 1821) à son fils

Sommaire

4.1 Compétences Non-Techniques	31
4.1.1 Définitions et typologie appliquées à la médecine	31
4.1.2 Exemples de formation en environnements virtuels	32
4.1.3 Environnement virtuel pour l'apprentissage humain pour le sauvetage au combat	34
4.1.4 Bilan	36
4.2 Entraînement professionnel	37
4.2.1 Pratiques réflexives et environnement virtuel	37
4.2.2 Mémoire informatique et manipulation du temps	38
4.2.3 L'uchronie : approche réflexive "et si?"	41
4.2.4 Bilan	42
4.3 Entraînement en trois phases	43
4.3.1 En réel : briefing + mise en pratique + débriefing	43
4.3.2 EVAH : débriefing et rejeu	44
4.3.3 Bilan	46
4.4 Limites de l'intégration des phases d'entraînement en EV et leurs scénarisations	47

Dans cette thèse on s'intéresse aux EVAH afin de proposer un espace d'entraînement à des CNT en situations de crise dans des domaines complexes. Dans ce chapitre on discute de ces entraînements dans le monde réel, et la manière dont on pourrait les transposer dans un espace virtuel pour en faire un simulacre, un espace du savoir-paraître.

Dans une première section on définit les CNT selon une typologie adaptée à notre cadre d'application, le triage des blessés par des médecins militaires, et on donne quelques exemples d'EVAH qui forment aux CNT dans le domaine médical et dans le domaine militaire afin d'en extraire les limites.

Puis dans une deuxième section on explique en quoi consiste un entraînement réel qui dure tout au long de la carrière d'experts, et quelles sont les contributions de l'apprentissage que l'on pourrait mettre en œuvre dans notre proposition. On discute de la présence partielle de ces théories dans les EVAH existants.

Enfin dans une troisième section on découpe cet entraînement selon la réalité du terrain, à savoir en trois phases : briefing, mise en pratique et débriefing. À partir de ces trois phases on définit les formes qu'elles prennent dans les EVAH et dans les jeux vidéo. On discute en particulier du rejeu et des sauvegardes.

4.1 Compétences Non-Techniques

On s'intéresse dans cette thèse à un type de compétences particulières, les Compétences Non-Techniques (CNT), dans un cas d'application particulier, le sauvetage au combat. La maîtrise des compétences techniques est étroitement liée aux CNT.

Dans cette section on commencera par définir les CNT appliquées à la médecine et par donner la typologie sur laquelle s'appuie cette thèse. Puis comme on souhaite permettre l'entraînement à ces CNT en environnement virtuel on fera un état de l'art des EVAH qui forment aux CNT. Enfin dans cette thèse on s'intéresse au cas particulier dans lequel ces CNT sont mises en œuvre par des médecins en chef lors du sauvetage au combat. On expliquera dans un premier temps les qualifications requises et les compétences mises en œuvre, puis on fournira aussi un état de l'art des EVAH qui entraînent au sauvetage de blessés.

4.1.1 Définitions et typologie appliquées à la médecine

Plusieurs auteurs tentent de définir la notion de compétences, pour nos travaux nous avons décidé de retenir la définition de [PERRENOUD \[1995\]](#) qui les désigne comme "des savoir-faire de haut niveau, qui exigent l'intégration de multiples ressources cognitives dans le traitement de situations complexes". En effet, dans le cadre de la médecine, la formation initiale est principalement axée sur des savoirs théoriques, procéduraux et techniques individuels, et il va être important de les situer dans un contexte complexe qui va faire émerger l'importance des CNT. Par exemple lors de la prise en charge d'un patient les intervenants d'une équipe médicale doivent s'adapter à des contraintes environnementales et sociales et c'est dans ce contexte que l'on va parler de CNT car elles ont leur importance dans la compréhension des erreurs médicales.

Les CNT sont nécessaires dans le développement professionnel continu de l'expert, et dans l'analyse des erreurs médicales dont [LECOMTE \[2016\]](#) distingue trois niveaux : les facteurs humains, les CNT et le Crisis Ressource Management. L'étude des facteurs humains porte sur les relations entre les individus et les systèmes avec lesquels ils interagissent en se concentrant sur l'amélioration de l'efficacité, de la créativité, de la productivité et de la satisfaction au travail en vue de minimiser les erreurs [[DONALDSON et collab., 2000](#)]. L'optimisation de ces facteurs humains permettent de définir un nouveau type de compétences, les CNT, définies par [TARDIF \[2006\]](#) comme "un savoir-agir complexe qui prend appui sur la mobilisation et la combinaison efficace d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations". Ces CNT sont définies par [FLIN et collab. \[2008\]](#) comme une "combinaison de savoirs cognitifs, sociaux et du savoir-faire procédural qui contribueraient à une performance efficiente et sûre".

On considérera dans le reste de cette thèse les sept CNT de la typologie ci-dessous définie par [FLIN et collab. \[2008\]](#) pour un individu ou un collectif d'individus :

1. conscience de la situation¹ : capacité des agents à percevoir les éléments constituant une situation dans un espace-temps donné, de leur donner du sens et à se projeter pour identifier les différents scénarios pouvant survenir;
2. prise de décision : capacité des agents à formuler un problème, à identifier les alternatives, à en sélectionner une et à l'implémenter;

1. Traduction anglaise de : situation awareness

3. communication : capacité des agents à échanger de l'information, des commentaires, des réponses, des idées ou des pensées en formulant et envoyant une information claire et explicite, en la recevant et en l'interprétant telle qu'attendu par l'émetteur;
4. travail d'équipe : capacité à soutenir les autres membres de l'équipe, à régler des conflits, à échanger de l'information et à coordonner les différentes activités;
5. leadership : capacité à exercer une autorité, à maintenir des standards à planifier et prioriser, à gérer la fatigue et les ressources;
6. gestion du stress : capacité à identifier les symptômes de stress, reconnaître les effets et mettre en œuvre des stratégies de prévention et de réponses adaptées;
7. gestion de la fatigue : capacité à identifier les symptômes et les effets de la fatigue et à les prévenir et les gérer efficacement.

Dans cette thèse, on s'intéresse au cas où les CNT sont mobilisées dans les situations de crise, qui diffèrent des situations d'urgence par leurs aspects "déstabilisants" [LAGADEC, 1993]. Lorsque ces CNT sont utilisées dans ces situations, on utilise le terme de "Crisis Ressource Management", dernier niveau dans l'analyse des erreurs médicales. Historiquement, ce terme est issu du concept de "Crew Resource Management" dans le domaine de l'aéronautique dans les années 70 lorsqu'on identifiait que l'origine des accidents venaient des erreurs humaines. Il faut attendre les années 90 pour que le concept de CRM soit transposé au milieu médical en "Crisis Ressource Management" (aussi appelé CRM) [MARTINEAU, 2015]. Des travaux de représentations de crises ont déjà été effectués pour le SAMU [SEDIRI et collab., 2012] et on s'appuiera sur leurs mises en place pour notre cas d'application, l'entraînement des médecins de la BRIGADE DE SAPEURS-POMPIERS DE PARIS et des MÉDECINS DES ARMÉES.

4.1.2 Exemples de formation en environnements virtuels

On souhaite proposer un entraînement en environnement virtuel aux CNT. Les principaux domaines d'utilisation référencés par FRASCA [2001], MICHAEL et CHEN [2005], ZYDA [2005], l'industriel Ben Sawyer et ALVAREZ et collab. [2007] sont les suivants : militaire, militant, marketing, éducation/formation, information et santé. Comme on axe nos travaux sur l'entraînement à la prise de décision d'un leader médical dans des situations de crise, dans cette sous-section on donne quelques exemples d'EVAH qui forment au leadership et à la prise de décision. Les domaines où ces CNT sont les plus développées en réalité virtuelle sont ceux pour la conduite de réunion, la gestion d'équipe, la conduite de projet, le développement personnel et le domaine militaire. Ce dernier utilise la réalité virtuelle dans ses formations [TER HAAR, 2005] et ses potentialités n'ont pas fini d'être exploitées comme on va le voir dans les exemples ci-dessous. De plus, qui dit leader dit équipe donc on va aussi voir comment sont exploités les personnages en réalité virtuelle.

ICT LEADERS [GORDON et collab., 2004] est un environnement virtuel pour la formation des dirigeants dans le domaine militaire. Pour ce faire, l'équipe a introduit deux classes de personnages : scriptés et autonomes. Les personnages scriptés sont des personnages d'arrière plan, comme des figurants, non-essentiels à l'histoire globale [GORDON et collab., 2004]. D'après les auteurs, ils permettent juste un meilleur engagement de la part de l'apprenant dans la situation en évolution. Les personnages autonomes sont essentiels à la progression de l'histoire, avec lesquels l'apprenant échange par texte comme

illustré en figure 4.1.



FIGURE 4.1 – Conversation texte dans ICT LEADERS | IUPPA et collab. [2004]

IN-TALE (Interactive Narrative - Tacit Adaptive Leader Experience) [RIEDL et collab., 2008] est un environnement virtuel destiné à la formation de chef militaire axé sur la conscience situationnelle, sociale et culturelle. Il s'agit d'une preuve de concept, la simulation dure quelques minutes et vise à les entraîner à des compétences de prise de décision et d'ouverture aux différences culturelles. L'apprenant incarne un capitaine dans l'armée américaine et doit gérer une crise entre deux marchands, personnages semi-autonomes lorsqu'on interagit avec eux et scriptés hors interaction, sur un marché afin de maintenir la paix.



FIGURE 4.2 – Système IN-TALE

MISSION REHEARSAL EXERCISE (MRE) [SWARTOUT et collab., 2006] est un environnement virtuel pour la formation de dirigeants militaires. L'apprenant joue le rôle d'un officier dans une ville dans laquelle il doit maintenir la paix. Le scénario le met dans une situation de crise où il fait face à un dilemme : alors que sa radio sonne pour l'informer d'un incident dans une rue adjacente, il assiste à un accident de voiture en face de lui, impliquant une mère et un enfant. Ces personnages sont semi-autonomes et il peut interagir avec eux. En arrière plan on voit arriver une foule en colère, des personnages scriptés.

Dans les trois exemples d'EVAH ci-dessus, la formation des leaders militaires se fait en contexte, entourés de personnages scriptés qui font partie du décor et d'autres personnages semi-autonomes avec lesquels l'apprenant peut interagir. Dans ces formations au leadership et à la prise de décision en situations de crise, les compétences techniques ne sont pas mobilisées, or elles sont pourtant très liées aux CNT et difficiles à dissocier. On souhaite proposer un entraînement qui mêle les compétences techniques ainsi que les compétences non-techniques.

4.1.3 Environnement virtuel pour l'apprentissage humain pour le sauvetage au combat

Le cas d'application de cette thèse est le sauvetage au combat (SC). Il s'agit d'un cas particulier de prise en charge des blessés. Selon le niveau des opérateurs, ce ne sont pas les mêmes compétences qui sont développées ni à acquérir. Il y a trois niveaux de qualifications qui font référence à des gestes et à des opérateurs de soins différents² :

- le sauvetage au combat de 1^{er} niveau ou SC1 : pour les combattants. Le SC1 consiste en la réalisation des seuls gestes salvateurs compatibles avec l'exposition aux dangers de la situation de combat ou d'engagement opérationnel, notamment le danger majeur du feu ennemi. Il est à mettre en œuvre dans les toutes premières minutes suivant la blessure, par tout militaire engagé proche du blessé ou par le blessé lui-même;
- le sauvetage au combat de 2^{ème} niveau ou SC2 : pour les auxiliaires sanitaires. Le SC2 consiste en la réalisation de gestes complémentaires à ceux du SC1, compatibles avec le contexte opérationnel. Il est à mettre en œuvre par un personnel ayant reçu une formation spécifique;
- le sauvetage au combat de 3^{ème} niveau ou SC3 : pour les médecins et les infirmiers. Le SC3 correspond à l'acquisition d'un niveau supérieur de connaissances en traumatologie et à la pratique de gestes médicaux spécialisés. Le SC3 consiste en la réalisation de gestes de réanimation à l'avant, complémentaires de ceux des SC1 et SC2, et compatibles avec le contexte tactique. Il est à mettre en œuvre par des médecins et des infirmiers ayant reçu une formation spécifique.

C'est le contexte opérationnel qui impose le niveau de SC : les acteurs de soins SC3 peuvent être amenés à ne réaliser que des gestes de type SC2 voire SC1 si le contexte tactique l'exige, comme cela est illustré dans la figure 4.3.

Avec le développement de la simulation, les CNT sont de plus en plus au centre des activités pédagogiques. Dans le cadre du triage de blessés, on a des logiciels professionnels et des projets de recherches. Par exemple les logiciels développés par des sociétés privées tels que XVR SIMULATION BV³ sont des outils destinés aux professionnels de la sécurité et des incidents, tels que la police, les pompiers ou les services médicaux, dans le cadre de leur formation et évaluation à travers la réalité virtuelle.

La simulation ZERO HOUR développée par l'université de recherche privée GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY en collaboration avec l'entreprise VIRTUAL HEROES se présente sous la forme d'une simulation visant à entraîner à la prise en charge médicale d'urgence.

2. Référentiel de formation de l'EVDG : http://sofia.medicalistes.org/spip/IMG/pdf/Enseignement_-_du_Sauvetage_au_Combat_Referentiel_de_formation_janvier_2012_.pdf

3. <http://www.xvrsim.com/>

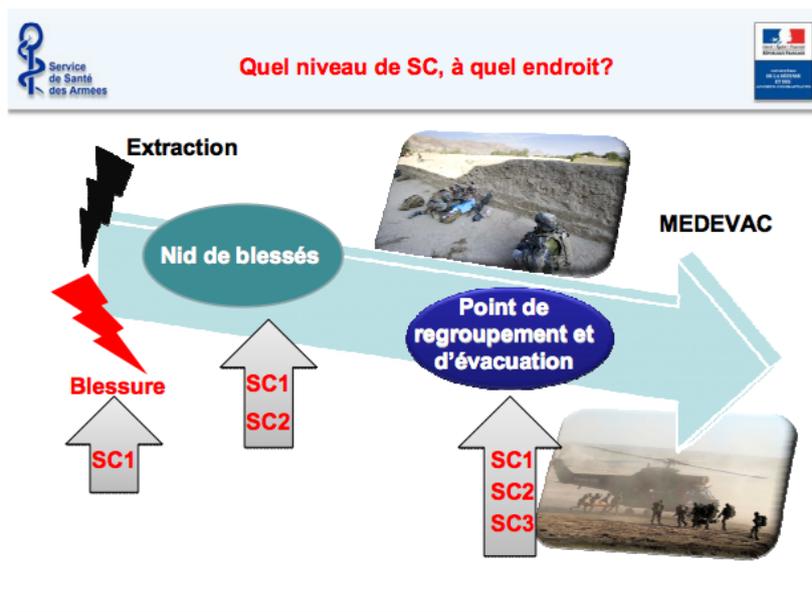


FIGURE 4.3 – Quel niveau de SC à quel endroit? | Référentiel EVDG

D'abord présenté en 2009, ce jeu est disponible en ligne⁴ depuis 2014 et tend à être plutôt un jeu vidéo grand public où tout le monde peut jouer au sauveteur plutôt qu'un EVAH. En effet, ce type de simulation rappelle AMERICA'S ARMY⁵ développé par l'armée américaine dans le but de recruter et qui aurait d'ailleurs été l'un de leurs moyens les plus efficaces pour les 16 - 24 ans [MICHAEL et CHEN, 2005]. Ce dernier est un *serious games*, dont le scénario pédagogique est défini ainsi par ALVAREZ [2007] : "Fonction dédiée à un "objectif pédagogique", dont la propriété est de susciter l'envie d'apprendre et dont la réalisation dépend d'un jeu vidéo avec lequel elle puisse s'intégrer".

Pour revenir aux CNT mobilisées dans le cadre du triage de blessés, le prototype développé par TRUSIM vise à entraîner à la prise de décision lors du triage des blessés. Dans ce jeu, l'histoire commence toujours par une explosion dans une grande rue bondée. Les apprenants doivent suivre les protocoles pré-définis afin de prendre leur décision et ils sont confrontés à des personnages réactifs. En France, on a MEDUSIMS en partenariat avec l'HÔPITAL D'INSTRUCTION DES ARMÉES BEGIN qui ont développé une simulation qui vise à former aux SC1 et SC2⁶. Cette simulation utilise un environnement scripté.

L'architecture ISAT (Interactive Storytelling Architecture for Training) [MAGERKO et collab., 2005] est issue de travaux de recherche. C'est une simulation 3D de formation d'infirmier au combat qui s'appuie sur la même approche utilisée pour former des techniciens médicaux d'urgence (ambulanciers). Ce système vise à introduire de l'adaptabilité dans les environnements virtuels pour la formation. La génération du scénario est gérée par un agent décrit en section 5.1.3 qui personnalise les séquences d'éléments scénaristiques en fonction des performances de l'apprenant. L'environnement est peuplé de personnages virtuels visant à amener l'apprenant vers un scénario prédéfini. Dans cette approche, les comportements des personnages sont totalement scriptés pour permettre le contrôle pédagogique.

4. <http://www.virtualheroes.com/portfolio/Medical/Zero-Hour-America-s-Medic>

5. www.americasarmy.com

6. <http://medusims.com/portfolio/sauvetage-au-combat/>

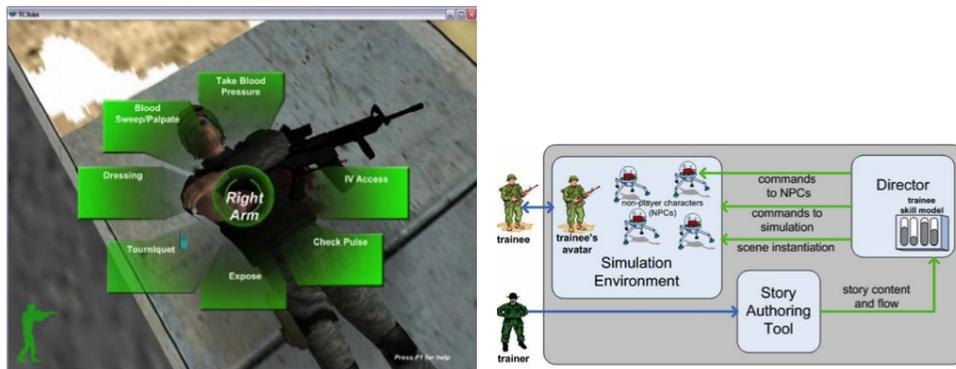


FIGURE 4.4 – Illustration ISAT

Dans le cas d'application qui nous intéresse, on souhaite proposer un simulacre⁷ pour entraîner aux CNT lors du 3^{ème} niveau de sauvetage au combat (SC3). Aucun des EVAH ou *serious game* présentés dans cette sous-section ne le font. À notre connaissance il n'y a pas non plus d'environnement générique qui répondrait à ce besoin. De plus, ce qui diffère entre les *serious game* et les EVAH est le côté ludique de l'un qu'on ne retrouve pas dans les EVAH dans le domaine militaire. On n'a pas besoin de motiver les professionnels pour s'entraîner.

4.1.4 Bilan

Les EVAH présentés dans cette section proposent des entraînements à une ou deux CNT, telles que la prise de décision ou le leadership. Or Flin propose une typologie de sept CNT. De plus, dans le cas où ces CNT sont mises en œuvre dans des situations de crise elles sont difficilement dissociables de la maîtrise des compétences techniques. On souhaite donc proposer un environnement virtuel qui mette en jeu les compétences techniques ainsi que les compétences non-techniques.

Par ailleurs, on fait la distinction entre un *serious game* grand public et un environnement virtuel pour l'apprentissage humain. Dans le premier, les scénarios sont moins techniques alors que dans les EVAH l'approche pédagogique respecte la réalité du terrain. Ainsi, dans la section suivante on va voir les contributions de l'apprentissage mises en place lors d'entraînement professionnel afin de les mobiliser dans notre solution.

7. Pour plus d'informations voir la section 2.1.2

4.2 Entraînement professionnel

On s'intéresse dans cette thèse à l'entraînement de professionnels lorsqu'ils sont confrontés à des situations complexes à gérer. Dans ce type d'entraînement, on amène les experts à mettre en place de bonnes pratiques, l'entraînement des experts s'effectuant tout au long de leur carrière. Une des pratiques les plus courantes est la réflexivité, qui implique d'accompagner l'expert (l'apprenant) dans la réflexion sur ses décisions afin qu'il prenne conscience de leurs implications et en proposer des alternatives.

Dans cette section on définit les contributions de l'apprentissage autour des pratiques réflexives, et discute leurs mises en place dans les EVAH. La réflexivité se fait en analysant le passé, ce qui mobilise la mémoire humaine en simulation réelle. En environnement virtuel, on a la possibilité de mobiliser la mémoire informatique en cours de session afin de revenir en arrière tout en continuant la session d'entraînement. On va décrire ce mécanisme sous la forme des sauvegardes auxquelles on peut revenir dans les jeux vidéo. Enfin on expliquera comment le récit peut permettre à ces sauvegardes de faire partie intégrante du scénario dans les jeux vidéo via les mécanismes de "retour en arrière".

4.2.1 Pratiques réflexives et environnement virtuel

Dans le cadre de l'entraînement à la prise de décision en cas de situations de crise, la compréhension des choix qu'opèrent des individus confrontés à un problème est importante. Le courant de recherche "Décision en Situation"⁸ s'intéresse à certains cas bien précis : des experts confrontés à des situations urgentes, risquées et complexes. Le principal modèle de ce cadre de recherche est le modèle dit de la "première reconnaissance"⁹ proposé par KLEIN [1997] qui distingue trois modalités de reconnaissance utilisées par les experts face à une situation dynamique : une "reconnaissance simple"¹⁰, un "diagnostic de la situation"¹¹, et une "évaluation d'un plan d'action"¹². Dans cette thèse on souhaite précisément permettre à l'apprenant d'apprendre par l'action, de déceler la notion de causalité entre ses décisions et leurs impacts dans le monde, et lui apporter la possibilité de réfléchir sur son propre apprentissage.

L'un des théoriciens fondateurs de l'apprentissage réflexif¹³ est John Dewey (1859-1952) avec son ouvrage *How we think* [DEWEY, 1933]. Ses travaux ont amené d'autres théoriciens à définir des pratiques réflexives, comme Donald Schön (1930-1997), Chris Argyris (1923-2013) et David Kolb (1939-). C'est surtout dans des contextes professionnels et universitaires qu'on parlera de pratiques réflexives. Ces pratiques sont mises en place pour amener le praticien à développer une autonomie et une conscientisation face à son propre apprentissage. Ceci permet de développer un apprentissage continu tout au long d'une carrière.

Dans cette thèse, on souhaite favoriser l'entraînement aux compétences non-techniques en environnement virtuel à travers le développement de pratiques réflexives. Leurs mises

8. Traduction de "Naturalistic Decision Making" par LEBRATY et PASTORELLI-NEGRE [2004].

9. Traduction de "Recognition-Primed Decision".

10. Traduction de "simple match".

11. Traduction de "diagnose the situation".

12. Traduction de "evaluate a course of action".

13. Pour plus de précision, on a contribué à l'article sur l'apprentissage réflexif disponible sur ce wiki : https://edutechwiki.unige.ch/fr/Apprentissage_r%C3%A9flexif.

en place dans les EVAH existants pour l'entraînement aux CNT dans le domaine militaire ou médical, tels que ISAT, IN-TALE, ICT LEADERS ou MRE, ne sont pas explicites. Un exemple d'EVAH qui utilise explicitement la réflexivité en cours de session est le système BILAT [KIM et collab., 2009] dans lequel l'apprenant dialogue avec un agent conversationnel qui joue un rôle de "tuteur réflexif". Cette méthode ne peut s'appliquer à notre cas d'application, dans lequel l'apprenant est mis en situations de crise et est entouré de son équipe.

Les pratiques réflexives définies par Schön sont de deux types : "*in-action*" par le fait de réfléchir à ce que l'on fait pendant qu'on est en train de le faire, et "*on-action*" caractérisé par un événement inconscient traité par notre base de connaissance afin de résoudre les problèmes. Ces deux types de réflexions participent au processus réflexif. Dans cette forme d'apprentissage, l'apprenant doit tourner son attention vers lui-même et son activité, plutôt que vers le contexte dans lequel elle se déroule [ARMELLE, 2012]. Cependant dans cette thèse, on souhaite proposer un entraînement virtuel d'experts à des compétences non-techniques, qui elles se font en contexte.

Alors, pour faire le lien entre le processus continu d'une pratique réflexive "*in-action*" et "*on-action*" pour un entraînement en contexte de compétences-non techniques, on va proposer de mobiliser le récit. En effet, le récit présente de nombreux avantages dont celui de la contextualisation [SZILAS, 2014a], et la narration intervient dans la mémorisation BRUNER [1987], durant laquelle notre cerveau met en évidence des moments-clés. Ainsi, dans les sous-sections suivantes on propose d'utiliser les mécanismes propre au monde virtuel pour favoriser une approche réflexive intégrante à l'action en mobilisant la narration et la création de ces moments-clés.

4.2.2 Mémoire informatique et manipulation du temps

On propose que le développement des pratiques réflexives fasse partie intégrante du système d'entraînement. Pour ça, on va utiliser la particularité qu'a l'environnement virtuel par rapport au réel : la manipulation du temps. En effet, au cours d'une même session virtuelle, on peut revenir en arrière. Dans les jeux vidéo, on le fait au travers de sauvegardes qui sont des points clés créés par le système ou l'utilisateur. On commencera par définir ce mécanisme et son utilité. Puis on verra une mécanique de jeu particulière dont les sauvegardes sont intégrantes au scénario par "retour dans le temps".

Sauvegarde dans le jeu vidéo

Lorsque les jeux sont passés du réel au virtuel, il fallait que les joueurs puissent mettre en pause leur partie, certains scénarios pouvant durer plusieurs heures, et c'est ainsi que sont nés les systèmes de sauvegarde. Au début, les espaces de stockage des consoles de jeux étant faibles, les sauvegardes étaient des points clés dans le jeu que le joueur déverrouillait en avançant dans le scénario et à qui on délivrait un code correspondant à ce point clé. Mais le joueur revenait à ce point avec des éléments de base (moyenne de point de vie, ressources, ...), la sauvegarde n'était pas personnalisée.

Depuis que les espaces de stockages sont plus importants, il est possible de stocker plusieurs éléments personnalisés du joueur (statut du joueur, progression dans le jeu, ...) et l'état du monde dans lequel il se trouvait. Le système de sauvegarde classique ne permet au joueur de sauvegarder qu'au début d'un niveau, lors d'une phase de repos ou à

certains endroits précis et pré-programmés. De plus la méthode classique de recharge, par le menu général "jouer, sauver, charger, options, quitter", est extérieure au scénario et demande au joueur de la penser, et de la rendre stratégique par exemple avec "la méthode "charger / sauvegarder" pour sauvegarder sa progression et se préserver du danger" [AMATO, 2003].

Les concepteurs ont intégré les sauvegardes pour niveler la difficulté du jeu. Par exemple, avec les *checkpoints*¹⁴, qui sont des sauvegardes automatiques lorsque le joueur les franchit, plus il y en a plus c'est facile, et moins il y en a plus c'est difficile car le joueur doit recommencer une plus grande partie du jeu et a plus de probabilités de mourir à d'autres endroits qu'il avait auparavant réussi à franchir. Un autre exemple est la fonctionnalité en temps réel du *quicksave*¹⁵, qui est une sauvegarde unique à laquelle on peut revenir avec une combinaison de touches. Comme pour les *checkpoints*, plus cette fonctionnalité est utilisée plus le jeu est facile. Néanmoins, une utilisation trop fréquente de cette fonctionnalité [DAVID, 2003] réduirait l'intensité émotionnelle créée par le jeu, la puissance de son illusion diégétique [KING et KRZYWINSKA, 2006]. Certains jeux proposent cette fonctionnalité de façon encadrée (certains niveaux, nombre limité d'utilisations, etc.), et comme cette fonctionnalité est parfois décrite comme étant de la triche, elle n'est activable qu'au moyen d'un *cheat code*.

On propose dans le cadre de cette thèse que la sauvegarde soit considérée comme une expérience utilisateur. On souhaite qu'elle favorise les pratiques réflexives en étant un appui pour la prise de conscience de la situation et que l'apprenant l'utilise pour changer de décision en revenant dessus. Plus particulièrement, pour favoriser l'apprentissage par le récit on propose d'utiliser la sauvegarde comme un élément de narration, qu'elle fasse partie intégrante du récit. Afin qu'elle soit intrinsèque à la scénarisation, on va proposer de l'intégrer à un autre mécanisme qui est le "retour dans le temps" car c'est généralement déjà ce qu'il se passe avec une sauvegarde : revenir à un point clé précédent.

Retour en arrière comme partie intégrante du système

Dans le cas d'application qui nous intéresse, la gestion du temps est une composante importante car l'apprenant doit prendre des décisions en situations de crise. Dans un environnement virtuel, l'utilisateur peut manipuler le temps en le mettant en pause, en revenant dans le passé ou en avançant dans le futur. Par exemple ces mécanismes de retour en arrière et leurs règles associées font parties intégrantes de plusieurs jeux vidéo. L'un des plus connus est PRINCE OF PERSIA qui possède un système de sauvegarde classique, et afin d'éviter d'avoir à y revenir le joueur à la possibilité d'utiliser un pouvoir du temps qui le ramène dix secondes en arrière. Dans le jeu de plate-formes et de réflexion BRAIDS, la manipulation du temps permet de résoudre les énigmes. Ce qui nous intéresse est que la manipulation du temps soit prise en compte dans la narration et dans l'interaction. On va décrire quelques fictions interactives et un jeu vidéo qui utilisent explicitement et de manière intégrante la manipulation du temps.

La fiction interactive PAUSE propose une navigation rétroactive. L'action de l'utilisateur détermine ici ce qui a pu se passer "avant" la scène qu'il voit¹⁶. Le concepteur pro-

14. Anglicisme : point de contrôle, point de passage, ou étape obligatoire

15. Anglicisme : sauvegarde rapide

16. François Coulon, *Pause*, CD-Rom, Kaona, 2002, <http://www.francoiscoulon.com/>

pose à l'utilisateur "une cartographie de tous les épisodes sous forme de roue : le lecteur peut dès lors consulter à la suite tous les fragments qui constituent les fins possibles du récit. Dans cette exploration séquentielle des différentes fins possibles, la clôture de chaque histoire correspond à une étape dans le parcours de lecture" [BOUCHARDON, 2006]. On ne revient pas activement en arrière, mais une place est laissée au lecteur dans la construction de l'histoire en fonction des choix qu'il opère "en arrière" de la fin de l'histoire pré-écrite.

D'autres jeux orientés écriture d'histoire interactive tels que SAVE THE DATE et ZERO ESCAPE : VIRTUE'S LAST REWARD mettent en place des éléments de *métagame*¹⁷ du rembobinage en tant que mécanisme de base. Les travaux de recherche de KLEINMAN [2016] se sont concentrés sur l'acte de rembobiner au sein d'une narration interactive, et ont proposés l'histoire interactive ROUGH DRAFT qui permet activement à l'utilisateur de refaire un choix. Cependant, dans le cadre de cette thèse on souhaite que le récit soit mobilisé pour faire le liant entre un entraînement en contexte des CNT et la décontextualisation d'une pratique réflexive. On souhaite donc aller plus loin que l'écriture d'une histoire bien qu'on se confronte à la même problématique d'écriture identifiée comme un paradoxe par LOUCHART et AYLETT [2004] : "On the one hand the author seeks control over the direction of a narrative in order to give it a satisfactory structure. On the other hand a participating user demands the autonomy to act and react without explicit authorial constraint"¹⁸.

Un jeu vidéo donne l'illusion de résoudre ce paradoxe, il s'agit de LIFE IS STRANGE¹⁹. Il s'agit d'un jeu fictionnel²⁰ interactif qui intègre le *métagame* de retour dans le temps dans le jeu en tant que mécanisme de base. Le personnage principal, une adolescente, a un super pouvoir pour remonter dans le temps. L'émotion et l'empathie amènent le joueur à vouloir utiliser ce mécanisme pour éviter des situations délicates et pour essayer de prévenir les résultats négatifs d'un événement de plus en plus dangereux qui va se dérouler autour d'un personnage. Ce pouvoir fait partie intégrante du jeu mais les concepteurs ont mis des règles, comme pour les sauvegardes. Ce jeu est découpé par épisode comme expliqué en section 5.1.2 et les choix qu'on a effectués influencent les choix qu'on nous propose dans les épisodes suivants mais pas sur l'histoire globale. C'est là qu'est l'illusion. Le joueur peut refaire le dernier ou l'avant-dernier choix qu'il a effectué et a la possibilité d'explorer plusieurs résultats immédiats avant de choisir. Le joueur pense avoir le contrôle sur l'histoire globale et en changer le cours.

On propose pour notre cas d'application que le *métagame* de retour dans le temps soit un mécanisme favorisant l'entraînement aux CNT offrant une approche de conscientisation dans l'apprentissage et favorisant les pratiques réflexives. De plus, on a identifié la narration comme liant pour expliciter ces retours au sein de l'entraînement, et on propose un concept narratif qui mêle temps et histoire alternative : l'uchronie.

17. Définition Wikipédia 2017 : l'ensemble des stratégies et des méthodes qui ne sont pas explicitement prescrites par quelque règle que ce soit, mais qui résultent de la seule expérience des joueurs.

18. Traduction : "D'un côté, l'auteur cherche à contrôler la direction d'un récit afin de lui donner une structure satisfaisante. D'un autre côté, un utilisateur participant demande l'autonomie nécessaire pour agir et réagir sans contrainte d'autorité explicite."

19. http://dontnodentertainment.wikia.com/wiki/Life_Is_Strange/

20. Une définition du jeu narratif, de la fiction ludique et du jeu vidéo fictionnel est donné par [RYAN, 2007].

Moments-clés

Les moments-clés dans un monde virtuel peuvent être créés activement par l'utilisateur et on va maintenant en distinguer deux types : le point de sauvegarde et le point de divergence par retour en arrière. Les points de sauvegardes permettent par exemple à l'utilisateur d'essayer une autre branche s'il est dans une impasse ou bien avant d'avancer plus dans la simulation d'en essayer une autre; et les points de divergence sont des mécanismes intégrés dans l'histoire par retour dans le temps et permettent à l'utilisateur d'envisager des solutions alternatives au récit en cours.

4.2.3 L'uchronie : approche réflexive "et si?"

L'uchronie est un type de récit consistant en des histoires dans lesquelles un ou plusieurs événements historiques se produisent différemment de la réalité. Il est largement utilisé dans les œuvres de fiction non-interactives telles que les bandes dessinées, par exemple UCHRONIE(S), ou dans les films dont le point de départ est une version alternative de l'Histoire et dont le film envisage les conséquences, par exemple INGLOURIOUS BASTERDS (2009) de TARANTINO. Dans ce film le point de départ divergent est la mort d'Hitler non pas en Allemagne mais en France, dans un cinéma parisien où les Allemands fêtent la première d'un film de propagande. Pour DUFOUR [2011] "L'uchronie INGLOURIOUS BASTERDS changeait les moyens mais pas la fin (mort de Hitler, victoire des Alliés)". Ce film a été taxé de révisionniste. Pourtant ce film est pleinement assumé comme une uchronie. "L'uchronie de TARANTINO n'équivaut donc nullement à nier la Seconde Guerre mondiale, mais à rappeler que la guerre, au sens d'un combat pour de véritables valeurs, est toujours et encore à faire (l'Histoire comme tâche infinie)" [DUFOUR, 2015].

L'uchronie est une variante divertissante des concepts de *virtual history*, *alternative history* ou encore *counterfactual history* qui établissent une démarche de réflexion en science historique depuis les années 90 dans les pays anglo-saxons. Ces démarches ont été controversées dues à des dérives politiques, réécriture historique. Deux chercheurs français s'intéressent à l'apport de la démarche contrefactuelle en histoire et la définissent comme permettant "de questionner de manière originale les problèmes de la causalité, du rôle de l'imagination, de l'écriture et des usages politiques de l'histoire."²¹ et se sont récemment intéressés à la question des possibles : les potentialités, les futurs non advenus, les futurs du passé et plaident pour que la démarche réflexive soit utilisée par les historiens [DELUERMOZ et SINGARAVÉLOU, 2016]. Dans cette thèse on souhaite mobiliser ce concept en environnement virtuel afin de développer une approche réflexive ("et si j'avais fait autrement") à travers un récit interactif uchronique.

Dans les jeux vidéo, l'uchronie est utilisée comme un élément de gameplay, comme dans LIFE IS STRANGE décrit en sections 4.2.2 et 5.2.2, qui permet aux joueurs de revenir sur leurs décisions consciemment par un pouvoir lié au temps. Mais cela fait partie du scénario pré-écrit par l'auteur. Dans les œuvres hypermédias, l'uchronie est traitée d'un point de vue historique, comme dans les séries interactives UCHRONIQUES (2015)²² qui sont au carrefour du jeu, du documentaire et de la fiction. Elle permet à l'utilisateur de modifier dix moments clés de l'Histoire et d'en changer le cours. Cependant, on ne peut

21. À la conférence "What If...? Apports, limites et enjeux de la démarche contrefactuelle en histoire", <http://enseignements-2009.ehess.fr/2009/ue/129/>

22. uchroniques.nouvelles-ecritures.francetv.fr

pas revenir en arrière pendant le scénario. On a la possibilité de voir trois ou quatre alternatives de chaque Histoire, en effectuant en début de scénario un choix décisif. L'uchronie tel que présentée pourrait répondre aux conditions énoncées par RYAN [2007] : "La réconciliation du jeu et de l'histoire ne se réalisera toutefois pleinement que lorsque deux conditions seront remplies : 1. le joueur sera motivé par l'intérêt pris à l'histoire; 2. le joueur construira l'histoire par ses actions, et chaque fois qu'il jouera, il produira une nouvelle histoire."

On propose de mobiliser ce concept narratif. Il répond à notre objectif d'entraînement des CNT en contexte car quand on revient en arrière, on reste dans le même cadre d'actions. Ce concept répond aussi à notre objectif de permettre une pratique réflexive dans un environnement virtuel en intégrant au scénario le fait de changer l'histoire initiale tout en prenant conscience de la situation.

4.2.4 Bilan

Lors d'un entraînement professionnel la mise en place de pratiques réflexives est efficace. On souhaite favoriser ces pratiques en environnement virtuel. On souhaite donc mettre en place un entraînement en contexte pour les CNT tout en favorisant cette mise en place d'une posture réflexive. Il n'y a à notre connaissance aucun EVAH qui explicitement favorise ce genre de pratique, et on souhaite fonder notre approche là-dessus. On a identifié que la création de points-clés par l'apprenant pourrait favoriser une telle approche. Il pourrait prendre conscience des points divergents dans une histoire et revenir à ce point-clé consciemment pour en changer l'histoire originale en prenant une autre décision en fonction de ce qu'il aurait vu en avant, dans le futur.

La sauvegarde permet un phénomène exploratoire du scénario. On souhaite mobiliser ce mécanisme pour que l'apprenant développe une pratique réflexive. Cependant, dans les jeux vidéo la sauvegarde fait office de filet de sécurité pour le joueur. Elle lui permet une exploration sécurisée du scénario, bien que certaines règles soient mises en place pour favoriser la prise de risque, par exemple en limitant le nombre de sauvegardes possibles. On souhaite utiliser les sauvegardes en mobilisant le récit interactif fondé sur les retours dans le temps avec la création d'une histoire alternative grâce aux systèmes de stockage qui permettent d'enregistrer l'état du monde (personnages, ressources, ...) et de le recharger en temps réel. Le concept mobilisé est l'uchronie.

Dans le chapitre 5.1, on explique les difficultés que pose l'intégration d'un tel mécanisme en terme de scénario/scénarisation. Les jeux vidéo de cette section exposent la potentialité de ce mécanisme en terme de conscientisation de la situation et sur l'aide à la prise de décision. Notre objectif est de proposer une scénarisation mobilisant le récit et permettant une approche réflexive et située à l'apprentissage des adultes lors d'entraînement en environnement virtuel.

4.3 Entraînement en trois phases

On s'intéresse dans cette thèse à l'entraînement d'experts en environnement virtuel. On va dans cette section consolider nos connaissances sur l'entraînement de terrain en situation réelle. Notre cas d'application consiste en l'entraînement de leaders médicaux au triage des blessés, ce qui implique en environnement virtuel de modéliser aussi l'équipe soignante. On va détailler comment se déroule un entraînement en situation réelle afin de l'adapter en environnements virtuels en extrayant les limites de l'existant.

4.3.1 En réel : briefing + mise en pratique + débriefing

Dans notre cas d'application, on s'intéresse à la prise en charge des blessés sur le terrain ou en prise en charge pré-hospitalière de l'avant²³ par des médecins militaires, qualifiés SC3²⁴. Lors de leur Stage de Médicalisation en milieu Hostile (MEDICHOS) l'équipe est constituée d'un médecin, d'un infirmier et de deux auxiliaires sanitaires, et la séance se déroule selon un schéma pré-établi qui comprend trois phases distinctes [JAOUEN, 2013] :

1. **le briefing** : est assuré par le chef de section qui fait un bref point sur la situation tactique et médicale;
2. **la mise en pratique** : le scénario est défini par des objectifs pédagogiques précis dans le domaine du soin et du combat par les formateurs. Le reste de la section joue les blessés et les soldats de l'unité avec des consignes précises sur les comportements à adopter. Toute l'équipe rejoint la zone cible. Les encadrants sont des observateurs qui suivent les mises en scène, les filment, relèvent les points critiques, et font évoluer les situations;
3. **le débriefing** : est en deux parties :
 - L'action tactique de la mission s'effectue à chaud avec la présence des apprenants, de l'ensemble de leur section, et du chef de section. Après un résumé de la situation tactique initiale, l'équipe analyse par elle-même leurs actions puis est analysée par le chef de section.
 - Le domaine du soin a lieu le soir. Elle est animée par une partie des encadrants et en particulier un médecin anesthésiste-réanimateur ou un médecin généraliste ayant de l'expérience dans ce domaine. Les formateurs ont préparé pour cette phase un montage vidéo d'après ce qui a été filmé durant la mise en pratique. Ils ont sélectionné de manière équilibrée des conduites appropriées et inappropriées afin que ce montage serve de support de discussion. Cette méthode a pour objectif de favoriser l'auto-évaluation et l'échange entre les apprenants et les encadrants.

Dû à l'essor des simulations en santé, depuis 2012 la Haute Autorité de Santé (HAS) a promu l'optimisation du débriefing comme étant un enjeu majeur. Le débriefing vise à aider à transformer l'expérience de simulation en apprentissage à travers la réflexion [EPICICH et CHENG, 2015] en offrant un soutien émotionnel pour favoriser la connaissance de soi et le développement de connaissances professionnelles [DIECKMANN et collab., 2012]. Le débriefing se situe dans l'activité dans laquelle il se déroule et où d'après LAVE et WENGER [1991] la connaissance est indissociable du contexte social et culturel dans lequel elle

23. "La médicalisation à l'avant a pour objet d'amener, au plus près du blessé et dans des délais courts, du personnel compétent, rompu aux techniques de prise en charge des blessés de guerre" [BOUIX et collab., 2015]

24. Définit en section 4.1.3

est construite et utilisée. Dans la méthode des incidents critiques, décrite pour la première fois par FLANAGAN [1954], la méthode consistait à comprendre l'incident du point de vue des personnes impliquées durant une phase de débriefing. Elle permet d'identifier les points faibles en termes de connaissances et d'habilités qui ont été mis en évidence par le scénario de simulation. Un débriefing efficace et complet en médecine doit comprendre des analyses et commentaires concernant les écarts de performance, c'est-à-dire la différence entre la performance désirée et celle qui est effectivement observée [RUDOLPH et collab., 2008].

FANNING et GABA [2007] insistent sur l'importance cruciale pour un bon entraînement du rôle du débriefing comme processus facilitateur d'apprentissage. Pourtant, bien que le débriefing semble effectivement être un complément utile au processus d'apprentissage, cette étude de BYRNE et collab. [2002] a évalué empiriquement son impact et n'a pas été concluante. Leurs résultats ont montré que les performances ne s'amélioraient pas entre le pré-test et le post-test, peu importe les retours reçus. Les auteurs ont attribué leurs résultats déconcertants à la grande variabilité de leurs mesures et à l'utilisation de différents domaines de contenu pour les scénarios de pré-test et post-test, plutôt qu'à une inefficacité du retour. Il convient également de noter que dans leur conception le rôle du formateur se limitait à fournir une brève explication de la crise et ne comportait pas de commentaires constructifs sur la performance. Par conséquent, leur rétroaction limitée peut ne pas avoir été efficace.

Dans cette thèse on s'intéresse à l'entraînement aux CNT. Le travail mené par SAVOLDELLI et collab. [2006] a étudié l'effet de deux modalités différentes de débriefing en simulation lors de l'entraînement à des CNT. Les performances des participants ne se sont pas améliorées en l'absence de débriefing, alors que les commentaires constructifs de la part des formateurs qualifiés sur la performance initiale a entraîné une amélioration significative. L'ajout d'un montage vidéo n'a offert aucun avantage sur les commentaires oraux. Leurs résultats confirment que, du point de vue éducatif, l'exposition à une crise simulée sans débriefing semble offrir peu d'avantages aux apprenants. La réflexion des apprenants ainsi que les commentaires des formateurs lors d'une séance de débriefing semblent être nécessaires lors d'entraînement en simulation. Cependant l'évaluation a été difficile car le modèle d'évaluation ANT [FLETCHER et collab., 2003] [YEE et collab., 2005] présente certaines limites, telles qu'une faible fiabilité et une difficulté à dissocier les compétences non-techniques des compétences techniques (connaissance médicale pure, etc.) dans certains des éléments de l'échelle.

On souhaite que la phase de débriefing soit un support au développement des pratiques réflexives. Ainsi, on propose dans cette thèse qu'elle fasse partie intégrante de l'entraînement virtuel et que ce dernier suive les trois phases mises en place lors des stages MEDICHOS : briefing, mise en pratique et débriefing.

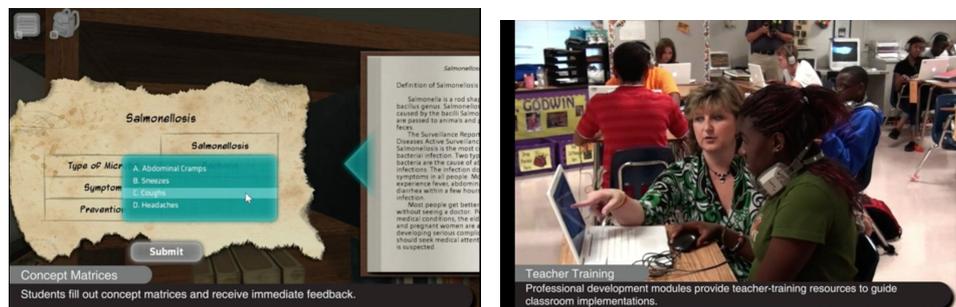
4.3.2 EVAH : débriefing et rejeu

Lors des stages MEDICHOS le montage vidéo mis en place pourrait être assimilé à du rejeu non-interactif (forme linéaire), mais très interactif entre les participants (formateurs, apprenants, etc.). Dans cette sous-section on va voir comment le débriefing ou le rejeu sont mis en place dans les Environnements Virtuels pour l'Apprentissage Humain (EVAH) destinés aux jeunes publics puis aux adultes afin d'en extraire les éléments au ni-

veau du débriefing, du rejeu ou de l'accompagnement.

FEARNOT! (Fun with Empathic Agents Reaching Novel Outcomes in Teaching) [AYLETT et collab., 2006]²⁵ est une application à but éducatif pour les 8-12 ans. Elle a été conçue par des psychologues et des informaticiens européens pour simuler des situations de brimades à l'école. Durant une session de 20 à 90 minutes, l'enfant joue un "personnage invisible" dans une école primaire et donne des conseils à un enfant, un personnage virtuel semi-autonome, qui subit des brimades. L'apprenant constate l'impact du conseil qu'il vient de donner dans la suite de l'épisode. L'application n'a pas pour but d'être rejouée par l'enfant, et le rôle de l'enseignant est de "fournir un contexte autour de la question de l'intimidation et de débriefing et de discuter des problèmes découlant de l'utilisation de l'EVAH [PADMORE et collab., 2006].

CRYSTAL ISLAND [ROWE et collab., 2011] est un EVAH destiné aux collégiens dans des cours de Science de la Vie et de la Terre. Il est utilisé par un millier d'élèves de Caroline du Sud aux États-Unis. Le but est de résoudre un mystère scientifique. Cet EVAH propose six expériences narratives différentes : trois scénarios coopératifs et trois non coopératifs entre utilisateurs. Les élèves ont un feedback immédiat de leurs réponses durant le jeu. Cet EVAH n'est pas évolutif car il correspond à une tranche d'âge spécifique et valide des connaissances dans un domaine très précis. Le rôle des enseignants est d'accompagner les élèves durant la mise en pratique en salle de classe, et les enseignants ont reçu une formation pour encadrer leur classe sur ce jeu, comme illustré en figure 4.5²⁶.



(a) Les élèves reçoivent un feedback immédiat sur leurs réponses

(b) Les enseignants sont formés pour assister les classes en cours de simulation

FIGURE 4.5 – Crystal Island : feedback immédiat et accompagnements par les enseignants

NOTHING FOR DINNER (NFD), une application du laboratoire TECFA [HABONNEAU et collab., 2012], a été développée dans le cadre d'un projet de recherche en psychologie clinique, pour aider des adolescents dont le père, ou la mère, a été victime d'un accident cérébral. Ce type de situations nécessite un suivi psychologique particulier car, suite à l'accident du parent, il devient extrêmement difficile pour l'adolescent de gérer la situation familiale. Le scénario dure quelques minutes durant lesquelles l'adolescent interagit avec quelques membres d'une famille. NFD est rejouable, mais cela n'a pas été testé, et il ressort d'une analyse qualitative que "l'ajout de la phase de débriefing pourrait aider les autres participants à mieux extraire une connaissance générale à partir des histoires

25. FearNot! demonstrator [Aylett R., 2013] : <https://www.youtube.com/watch?v=x0Hzw4WG4iI>

26. Extrait de la vidéo de présentation : <http://projects.intellimedia.ncsu.edu/crystalisland/about/>

particulières qu'ils ont vécues dans NFD" [SZILAS et collab., 2015].

Lors de ces formations, les apprenants peuvent recevoir un feedback immédiatement en cours de scénario et une fois la partie finie, ils peuvent la rejouer en essayant d'obtenir un meilleur score. La phase de débriefing telle que décrite précédemment semble absente de ce type de formations où la phase d'évaluation se suffit à elle-même, car le résultat est un indicateur d'analyse sur ses performances. Les EVAH cités en section 4.1 et 4.2 sont plus spécifiques à notre cas d'application car ils sont destinés à l'adulte. Mais ni ISAT, ICT LEADERS ou MRE n'ont mis en place des phases de débriefing explicites. De plus, les scénarios étant soit pré-écrits soit comportants peu de choix, il est peu intéressant de rejouer pour l'apprenant car ces EVAH ont pour vocation de les entraîner à plusieurs situations complexes qui se succèdent, non pas à de l'apprentissage par coeur. On souhaite dans notre proposition mettre en place de la variabilité dans les scénarios lorsqu'ils sont rejoués.

4.3.3 Bilan

Les deux premières phases d'un entraînement, le briefing et la mise en pratique, sont généralement bien mises en place et connues dans tous les domaines. On peut extrapoler la définition de briefing et la voir comme la lecture des règles d'un jeu; les phases de tutoriel de jeu vidéo; et les démonstrations sportives par les coaches. S'en suit naturellement la mise en pratique du joueur ou de l'apprenant. Dans la définition du scénario donné ci-dessus, l'équipe médicale est jouée par d'autres apprenants et ils possèdent un script précis donné en amont. En environnement virtuel cela correspond à des personnages virtuels réactifs et scriptés, voire avec les techniques actuelles des personnages semi-autonome. De plus, le scénario étant entièrement filmé, cela correspond à l'enregistrement en environnement virtuel de tout ce qu'il se passe selon un point de vue dans l'environnement. Et enfin, le formateur intervient en temps réel dynamiquement durant le scénario afin d'en adapter la difficulté.

Dans les EV à des fins d'entraînement, bien que le processus de débriefing soit important, il est très peu présent et ne fait pas partie intégrante des EVAH. Certains EVAH offrent la possibilité de rejouer le scénario, souvent pour s'améliorer, on se retrouve dans un apprentissage tel que celui du rat décrit en section 5.1.2 si le scénario ne change pas d'une fois à une autre, ou du moins pas assez. On note que la donnée la plus présente est l'accompagnement des enseignants / formateurs durant le scénario.

4.4 Limites de l'intégration des phases d'entraînement en EV et leurs scénarisations

On s'est intéressé dans ce chapitre à la définition d'entraînement de terrain afin de pouvoir les transposer en environnement virtuel.

Comme le cas d'application de cette thèse est l'entraînement aux compétences non-techniques dans des situations de crise, nous avons commencé par définir les CNT. Flin en défini sept et pour l'instant les EVAH proposent des entraînements à une ou deux d'entre elles. Cet entraînement se fait en contexte. Dans le cas d'entraînement de leaders, on note que les personnages virtuels scriptés favorisent la mise en contexte, étant utilisés comme éléments de décor. Le personnage de l'apprenant peut interagir avec des personnages semi-autonomes. On a aussi identifié que lorsque les CNT sont mobilisées en situations de crise, elles étaient étroitement liées à la maîtrise des compétences techniques.

Comme notre cas d'application s'adresse à des adultes, on a identifié qu'une approche réflexive sur son propre apprentissage était une bonne pratique. En simulation réelle, ces approches sont favorisées par un retour sur l'apprentissage, ce qui mobilise la mémoire humaine. En situation virtuelle, on va mobiliser la mémoire informatique via les systèmes de sauvegardes. On souhaite favoriser une réflexivité de l'apprentissage durant la session. Cependant comme la réflexivité de l'apprentissage tend à ce que l'apprenant soit tourné vers lui-même, hors du contexte de l'activité afin d'identifier le type d'apprenant qu'il est, et que l'entraînement aux CNT se fait en contexte on propose de mobiliser le récit comme liant. En effet, on a identifié que le récit permet la mise en exergue de moments-clés ce qui favorise d'une part une meilleure mémorisation et d'autre part une bonne contextualisation. On propose que les sauvegardes soient des moments-clés intégrés au scénario, en permettant à l'apprenant d'en faire partie intégrante de son processus d'apprentissage par *metagame* de retour dans le temps. Ainsi, on va proposer un concept narratif qui mêle temps et histoire alternative, connue comme genre de la fiction "uchronie".

Comme notre cas d'application est spécifique à la prise en charge des blessés par des médecins militaires, on a extrait de leurs stages les phases mises en place : briefing, mise en pratique et débriefing. Dans la plupart des entraînements virtuels, même hors du domaine médical, les deux premières sont bien présentes. Cependant la dernière qui semble primordiale, est moins présente et plus difficile à mettre en place, et dont les évaluations sont peu concluantes dû probablement aux biais et nombreux paramètres à prendre en compte. On souhaite que cette troisième phase fasse aussi partie intégrante de notre proposition qui sera donc construite comme une expérience utilisateur en trois phases. De plus, on a identifié qu'en phase de débriefing, il y avait aussi une part importante de réflexivité, et on a étudié les phases de rejeu qui peuvent servir de support de débriefing lorsqu'ils sont accompagnés d'un formateur.

Ainsi, on propose un game design qui intègre les trois phases d'un entraînement réel en virtuel. On mobilise les avantages du virtuel, à savoir la manipulation du temps, pour que les apprenants y développent une approche réflexive. C'est le récit qui va être porteur de cet entraînement. Le scénario devra intégrer la mise en pratique des CT et des CNT, donc être très riche et très varié. Donc dans le chapitre suivant on étudie les outils informatiques qui permettent la scénarisation d'un récit en environnement virtuel.

Chapitre 5

Principes de scénarisation et récits interactifs en environnement virtuel

La réalité du champ de bataille est qu'on n'y étudie pas; on fait simplement ce que l'on peut pour appliquer ce que l'on sait; dès lors, pour y pouvoir un peu, il faut savoir beaucoup et bien.

—Maréchal Ferdinand Foch (1851 - 1926), Des principes de la guerre

Sommaire

5.1 Espace labyrinthique	51
5.1.1 Unicursal : l'avancée du temps, et son irrévocabilité	51
5.1.2 Maniériste : l'arborescence des choix	53
5.1.3 Rhizome : structurable et jamais définitivement structuré	56
5.1.4 Bilan	58
5.2 Interprétation informatique du rhizome	59
5.2.1 Générer un récit interactif	59
5.2.2 Perception du récit par l'utilisateur	61
5.2.3 Mise en scène et critères narratifs	63
5.2.4 Générativité et généricité du rhizome	66
5.2.5 Bilan	67

Dans cette thèse on s'intéresse à la phase de scénarisation d'un entraînement virtuel. Notre approche consiste à mobiliser la narration, porteuse d'apprentissage en contexte, et plus particulièrement le récit interactif, car l'interactivité est primordiale pour un apprentissage par l'action. Dans ce chapitre on va définir les principes de scénarisation d'un environnement virtuel, et les outils informatiques que l'on va mobiliser afin de répondre à notre objectif de game design fondé sur une approche réflexive de l'apprentissage.

Dans la première section, on propose une façon de classer les principes de scénarisation existants en utilisant un espace labyrinthique qui prend en compte le mouvement, c'est-à-dire l'espace et le temps. On utilise une typologie de labyrinthes énoncée par Umberto Eco. Dans cette section, on présente des environnements virtuels qui concilient narration et interactivité.

Puis dans la deuxième section, on contribue à l'interprétation du rhizome, défini par [DELEUZE et GUATTARI \[1980\]](#) et utilisé par Eco pour classer les labyrinthes, afin d'en extraire un modèle mathématique puis les outils informatiques qui seront nécessaires à la construction d'un entraînement à des CNT en situations de crise, qui ont pour composantes importantes : le temps, la criticité de l'action et de la complexité des moyens mis en œuvre.

5.1 Espace labyrinthique

Dans cette thèse on s'intéresse à la phase de scénarisation dans les Environnements Virtuels pour l'Apprentissage Humain (EVAH). Cette phase est un processus défini "comprenant à la fois la spécification du ou des déroulements possibles ou souhaitables de la simulation et le contrôle (exécution et/ou suivi et correction) du déroulement des événements en temps réel" [BAROT, 2014]. "Ces deux étapes de la scénarisation sont ainsi relatives d'une part à la spécification du scénario prescrit et d'autre part au suivi et au contrôle du scénario effectif" [CARPENTIER, 2015]. Dans cette thèse on intégrera ces deux étapes à l'entraînement.

L'entraînement que l'on propose en environnement virtuel se déroule en trois phases et fait intervenir deux utilisateurs : le formateur et l'apprenant. Dans cette section on s'intéresse à la relation de l'utilisateur au système, en mobilisant les travaux d'Umberto Eco qui s'est interrogé sur le rôle du lecteur et de son rapport à l'œuvre [ECO, 1985]. Il a décrit des œuvres comme "ouvertes", laissant une très grande place à l'interprétation du lecteur tout en maintenant la place de l'auteur [ECO, 1965]. Umberto Eco était un passionné d'intrigues labyrinthiques et il a défini trois types de labyrinthes selon la forme qu'ils auraient si on pouvait les dérouler : le premier se ramènerait à une courbe, le second à un arbre et le dernier à un réseau [ECO, 1987].

Dans cette section, on fera de cette analogie une partie intégrante de la définition des principes de scénarisation d'un récit interactif. Ces principes doivent prendre en compte dans le cas de notre cas d'application très particulier d'entraînement les composantes du temps, de la criticité de l'action et de la complexité des moyens mis en œuvre en cas de situations de crise. On fera la comparaison entre un voyageur dans un labyrinthe et un apprenant au sein d'un scénario d'entraînement en environnement virtuel qui a pour objectif d'y développer une approche réflexive.

5.1.1 Unicursal : l'avancée du temps, et son irrévocabilité

Dans le cas d'application de l'entraînement à la prise de décision en situations de crise, la gestion de la temporalité est primordiale. Ainsi, dans cette sous-section on va illustrer ce principe à travers le labyrinthe le plus simple de la typologie : le labyrinthe unicursal illustré en figure 5.1, décrivant généralement le mythe grec de Thésée. Ce labyrinthe est formé de couloirs courbes, qui peuvent être découpés en sept parties. Thésée pénétra par l'entrée/sortie 0 et rencontra dans l'ordre les zones 3, 2, 1, 4, 7, 6 et 5. En M, il vainquit le Minotaure. Et pour ressortir? Il retrouva son chemin grâce à la pelote de laine déroulée depuis l'entrée sur les conseils d'Ariane, fille de Minos. Mais était-ce bien nécessaire d'utiliser cette astuce alors que ce labyrinthe ne comportait aucune impasse? Les mythologues s'accordent à dire que ce fil symbolisait la maîtrise consciente des événements. ECO [1987] l'appelle le paradoxe du fil d'Ariane, car force est de constater que ce labyrinthe entier se confond avec le fil lui-même, et peut donc être déplié en une simple ligne droite.

On énonce ce premier principe comme étant l'*avancée du temps, et son irrévocabilité*. En définissant ce fil comme la ligne du temps, alors l'apprenant avance irrévocablement dans le système de scénarisation qu'on lui présente. Au niveau de l'écriture, ce labyrinthe s'apparente à l'écriture des livres classiques qui ont une introduction et une conclusion,

dont la lecture se fait linéairement en suivant l'intention de l'auteur dans sa narration, sans intervenir sur le cours de l'histoire. Ce principe nous permet de mettre en avant les problèmes d'écriture liés à la temporalité de la crise de la situation et de la prise de conscience de la situation.

Les grands types d'EVAH qui illustrent ce principe sont les programmes d'entraînements qui s'appuient sur une simulation. Par exemple un entraînement sur simulateur de vol : en figure 5.1 la partie verte correspond au brouillard, celle grise à de la pluie, la beige à une autre perturbation, etc. Le programmeur peut changer la durée ou l'ordre des événements, mais pas le joueur. Chaque partie présente un taux de succès ou d'échec, sans modification de l'histoire cependant. Ils utilisent des scénarios scriptés qui sont linéaires et spécifiés en amont de l'exécution dans le but d'apprendre des procédures dans des situations clairement définies comme par exemple dans MEDUSIMS discuté en section 4.1.3. Un autre exemple est VRAPTOR [SHAWVER, 1997] qui est un système de formation complétant l'entraînement physique. Ce dernier consiste à utiliser dans le réel des mannequins inertes lors de simulation de prise d'otage. L'environnement virtuel permet d'avoir des personnages virtuels réactifs dont les rôles et les comportements sont prédéfinis à l'avance par le formateur.



FIGURE 5.1 – Le labyrinthe à sept circuits de Dédale. | © wikimedia.org

Dans cette thèse, on s'intéresse à l'entraînement des CNT en situations de crise. Dans le chapitre 4, on définit nos besoins en terme de scénarisation. On souhaite palier la problématique d'entraînement en EV en permettant à l'apprenant de revenir en arrière. On propose de briser ce principe d'*irrévocabilité de l'avancée du temps* pour lui permettre de revenir sur ses décisions. Au niveau de l'écriture, il faut s'éloigner de la forme matérielle (le volumen, le rotulus, le codex) du livre qui incite à une lecture linéaire d'une introduction à une conclusion écrite par l'auteur. Au niveau informatique, il s'agit de permettre les passerelles entre les lignes de temps. Au niveau pédagogique, notre cas d'application demande une gestion de la temporalité très particulière, et on a besoin de pouvoir mettre en pause cette avancée et la rendre moins irrévocable afin que l'apprenant puisse reconsidérer ses choix.

5.1.2 Maniériste : l'arborescence des choix

Dans le cas d'application de l'entraînement à la prise de décision, il est important que l'apprenant puisse être confronté à des choix et qu'il puisse prendre conscience de ses erreurs et qu'il perçoive des alternatives. Ainsi dans cette sous-section, on va illustrer avec le deuxième labyrinthe de la typologie défini par Umberto Eco les choix sous un modèle arborescent. Ce deuxième type de labyrinthe a été dessiné à la Renaissance à des fins d'amusement, il s'agit du labyrinthe dit maniériste. À partir du labyrinthe unicursal, on pourrait imaginer une alternative au mythe de Thésée. On commencerait par dessiner ce type de récit sous la forme de ce labyrinthe en faisant un nœud dans le fil à chaque événement décisif de la vie de Thésée. On pourrait écrire ces mythes sous le genre communément appelé "le livre dont vous êtes le héros" en les décrivant sous forme d'arbres de choix, de graphe (voir figure 5.2).

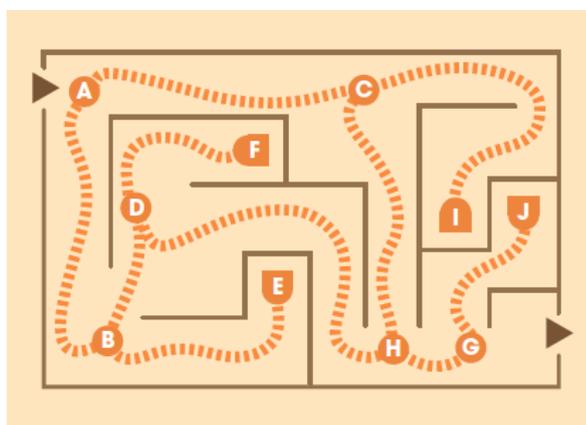
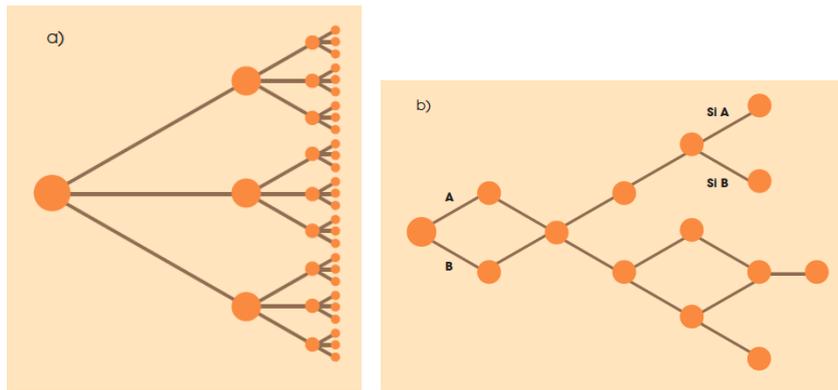


FIGURE 5.2 – Labyrinthe maniériste et graphe associé (en orange). | © Universcience.

On énonce ce deuxième principe comme étant l'*arborescence des choix*. Chaque nœud correspondrait à un événement décisif, et chaque feuille une fin possible. En imaginant qu'à chaque étape l'apprenant est confronté à trois choix exactement, il faut envisager vingt-sept fins possibles pour une histoire sommaire à trois étapes (voir figure 5.3a)! Pour l'auteur et le programmeur, cela représente une grosse charge de travail. Et l'écriture d'une histoire plus longue serait proprement ingérable, n'offrant qu'un résultat finalement assez pauvre pour le joueur. Ce principe nous permet de mettre en avant les problèmes d'ordonnancement des étapes et le verrou lié aux travaux de recherche lors de la conception d'EV permettant de prendre en compte l'interaction de l'utilisateur.

Il est possible de créer des passerelles d'une branche à l'autre - différents débuts d'histoire menant à une même étape du jeu - en autorisant notamment des "erreurs" pouvant être rattrapées. Une autre solution consiste à établir des liens conditionnels en considérant que notre système possède une mémoire (voir figure 5.3b). C'est d'ailleurs ce qui est utilisé majoritairement dans les jeux vidéo actuels. Dans le chapitre 4, on définit en section 4.2 la sauvegarde dans les jeux vidéo comme étant des moments-clés construits activement par l'apprenant durant la mise en pratique. On propose que ces moments-clés correspondent à des nœuds de l'arbre de choix, dont l'apprenant serait l'auteur et non pas le formateur.

Dans le cadre de cette thèse, le cas d'application est l'entraînement de chefs d'équipe à des situations de crise dont les besoins pour transposer les éléments du réel au virtuel



(a) Vingt-sept étapes à écrire pour la dernière d'une histoire à trois choix systématiques. | © Universcience. (b) Histoire à passerelles et liens conditionnels (b). | © Universcience.

FIGURE 5.3 – Labyrinthe maniériste | Formes Mathématiques © Universcience

sont définis dans le chapitre 4. Dans cette section, on va illustrer le principe qu'on vient de définir sur l'arborescence des choix en fonction de ces deux besoins : les experts en situations de crise ne peuvent pas faire le "bon" choix car il n'y en a pas, et dans le cas d'entraînement au leadership ils doivent être entourés par des personnages jouant le rôle d'une équipe.

Dans ICT LEADERS [GORDON et collab., 2004] l'environnement est peuplé de personnages scriptés et de personnages semi-autonomes. L'apprenant interagit avec les personnages semi-autonomes au sein d'un scénario à embranchements comme illustré en figure 5.4. L'apprenant doit prendre 63 décisions qui ont des conséquences sur le résultat.

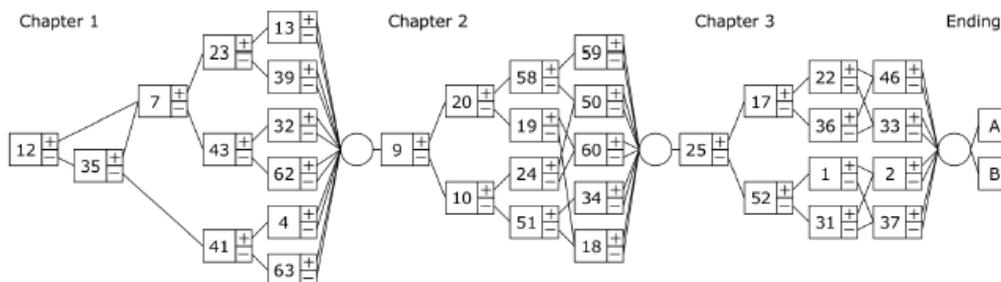


FIGURE 5.4 – Graphe de scénario de ICT Leaders | IUPPA et collab. [2004]

Un EVAH similaire est MISSION REHEARSAL EXERCISE (MRE) [SWARTOUT et collab., 2006] dans lequel l'environnement est aussi peuplé de personnages scriptés et de personnages semi-autonomes. En 2000, lors de la première démonstration, d'après un article de journal "The Mission Rehearsal Exercise, a Virtual Reality Tour de Force" (Calverley, 2001), le scénario durait environ cinq minutes et il y avait une entrée au scénario et deux sorties qui dépendaient des décisions de l'apprenant. Le scénario a été enrichi et les auteurs SWARTOUT et collab. [2005] ont par la suite intégré l'architecture complexe VIRTUAL HUMANS illustré en figure 5.5. Ils concluent dans leur article que son intégration est une partie importante à prendre en compte durant la phase de recherche et non pas comme une étape finale post-recherche.

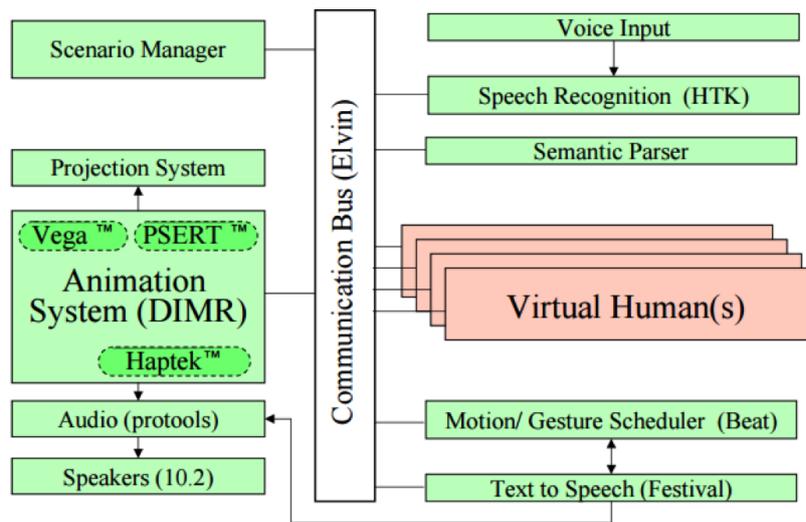


FIGURE 5.5 – Architecture VIRTUAL HUMANS | HILL JR et collab. [2003]

Les exemples d'EVAH pour un profil plus jeune, discuté en section 4.3 à propos du rejeu et des lacunes de la présence de débriefing, illustrent bien la présence des choix qui s'offrent à l'utilisateur ainsi que la présence de personnages.

FEARNOT! (Fun with Empathic Agents Reaching Novel Outcomes in Teaching) [ALLET et collab., 2006] utilise des personnages semi-autonomes en utilisant l'architecture d'agent FATiMA. L'apprenant joue le rôle d'un personnage invisible qui assiste à un incident et ensuite peut dialoguer textuellement avec le personnage victime de la brimade. L'apprenant déroule deux scénarios : un bizutage physique et un scénario relationnel. L'apprenant peut orienter de trois façons la suite du scénario : conseiller à la victime d'ignorer l'auteur des brimades, répliquer, ou se confier à quelqu'un. Dans l'épisode suivant, l'apprenant va connaître l'impact du conseil qu'il vient de donner. Les buts adoptés par les personnages sont sélectionnés dynamiquement par un STORY FACILITATOR [FIGUEIREDO et collab., 2008], en fonction de pré-conditions sur des événements.

NOTHING FOR DINNER s'appuie sur le moteur narratif IDTENSION [SZILAS, 2003] [SZILAS, 2007]. Il propose tout au long de la simulation des dizaines de choix à l'utilisateur selon un ensemble de règles de production et les actions des personnages sont sélectionnées selon un certain nombre de critères narratifs. L'inconvénient est que les enchaînements des actions ne sont pas tous cohérents, car il est difficile de définir ces critères [SZILAS, 2014b]. Cependant, pour les auteurs [SZILAS et collab., 2017] l'intérêt d'un tel système par rapport à ceux qui utilisent des techniques de planification en Intelligence Artificielle est qu'il propose tout au long de la simulation des dizaines de choix à l'utilisateur.

Au niveau de l'apprentissage, le labyrinthe maniériste offre une analogie intéressante que soulève Umberto Eco lui-même : "ce labyrinthe est un modèle des essais et erreurs." Depuis le début du 20^{ème} siècle les animaux ont été utilisés afin d'étudier leur apprentissage spatial et leur mémoire. D'abord initié par THORNDIKE [1898] qui enferma des chats dans des boîtes, on utilisa ensuite des rats dans des labyrinthes. De ces expériences on définit ce type d'apprentissage comme de l'"essai-erreur", base du béhaviorisme gouverné par les principes "stimulis-réponse". On retrouve cet apprentissage dans l'EVAH CRYSTAL

ISLANDS [ROWE et collab., 2011] où comme expliqué en section 4.3.2 les élèves reçoivent un feedback immédiat à leur réponse. De plus, cet EVAH s'apparente à un labyrinthe maniériste dans sa conception : il n'y a qu'une entrée, la présentation du mystère à résoudre, et qu'une seule fin, la résolution de cette enquête. La méthode du rat est à nuancer car informatiquement cet EVAH qui utilise un graphe multilinéaire, où un modèle du domaine est pré-défini, permet que des objectifs intermédiaires soient à compléter durant le scénario, certains avec des relations fortes représentées par les flèches pleines en figure 5.6 ou plus relatives représentées par les pointillés.

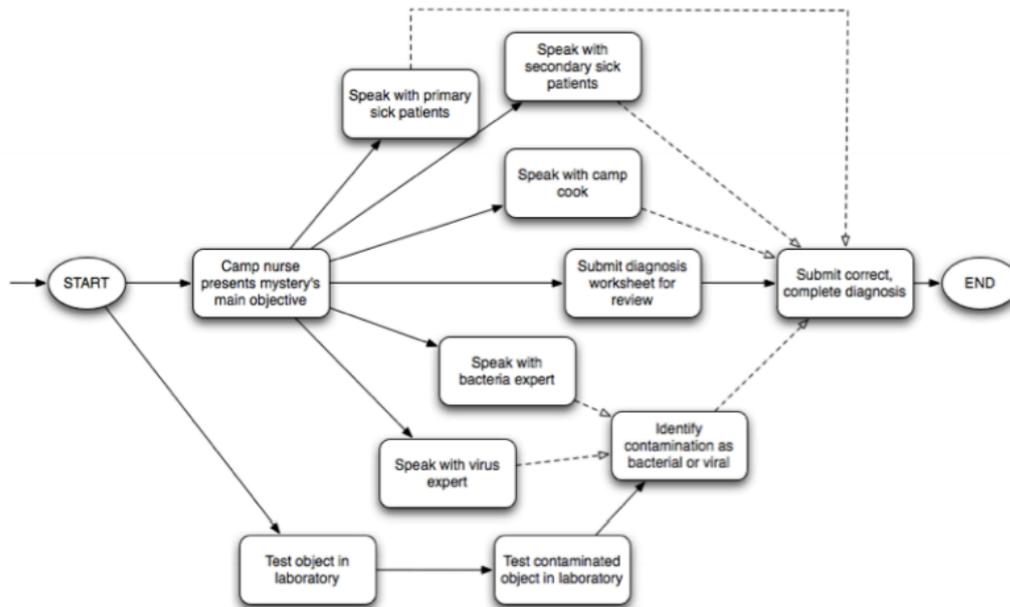


FIGURE 5.6 – Ordre partiels entre les objectifs du scénario narratif de CRYSTAL ISLANDS

Avec le principe de scénarisation de l'arborescence des choix, l'écriture d'un scénario nécessite de penser les choix et un ordre de lecture. On propose aux deux utilisateurs de notre système d'entraînement de mobiliser le principe de scénarisation dans les trois phases de l'entraînement. Durant le briefing, le formateur écrit un scénario initiateur qui offre des choix à l'utilisateur. Durant la phase de mise en pratique, l'apprenant peut effectuer des choix dont celui d'essayer de les changer en revenant en arrière. Ce processus de retour en arrière est continu durant la mise en pratique, donc l'apprenant ne pourra pas revenir sur ce choix du retour en arrière. En phase de débriefing l'apprenant pourra réfléchir sur tous ses choix et envisager des solutions alternatives.

5.1.3 Rhizome : structurable et jamais définitivement structuré

Dans le cas d'entraînements professionnels en situations de crise, la complexité de l'action et l'aspect dynamique des situations sont importants à transposer dans l'environnement virtuel. Ainsi dans cette sous-section, on va illustrer cette complexité à travers le dernier type de labyrinthe défini par Umberto Eco, qui est le plus complexe car il demande de s'abstraire d'une représentation physique/visuelle. L'idée vient d'un concept philosophique d'une définition du rhizome donnée par DELEUZE et GUATTARI [1980] dans MILLE PLATEAUX où ils proposent plusieurs concepts définissant le rhizome (voir section 2.1). Dans cette sous-section on s'intéresse à son interprétation par Umberto ECO [1987]

dans sa typologie des labyrinthes : "Le rhizome est fait de telle sorte que chaque chemin peut se connecter à chaque autre chemin. Il n'a pas de centre, pas de périphérie, pas de sortie parce qu'il est potentiellement infini". C'est cette caractéristique qui le distingue des deux précédents : son absence de centre. Dans son apostille du NOM DE LA ROSE, Umberto Eco explique que le dédale de la bibliothèque est un labyrinthe maniériste, mais ce qui l'a interpellé est la ramification entre son histoire de base (l'enquête) et les histoires qui se sont développées dans des espaces de conjectures auprès des lecteurs, mêmes des plus naïfs. Ainsi, l'exemple de Thésée serait qu'une fois sorti de son dédale, une fois les choix effectués, le lecteur pourrait continuer à se demander "et si Égée avait attendu l'arrivée du bateau avant de se jeter dans la mer?", sa conjecture sur la mort de son fils aurait pu être démontrée par l'étourderie de son fils bien vivant sur le bateau. D'un point de vue contemporain, la mer d'Égée aurait porté un autre nom. Et ainsi, au vu de toutes les implications historiques et géographiques, le changement d'une étape rend la légende potentiellement infinie.

Umberto ECO [1987] décrit le monde d'un des personnages principaux¹ d'AU NOM DE LA ROSE comme "structuré en rhizome : il est *structurable et jamais définitivement structuré*" et c'est ce qu'on énonce comme troisième et dernier principe de scénarisation. Le rhizome est opposé à l'arbre sur plusieurs points (voir tableau 2.1) et par rapport au principe d'arborescence où les nœuds étaient décrits comme des choix, ici on va décrire ces nœuds comme des étapes, qui en planification et en *storytelling* s'appelle des points clés. Plusieurs travaux l'ont formalisé. Par exemple les travaux d'HOFFMANN et collab. [2004] conceptualisent ces points clés par des *landmarks* qui sont des étapes par lesquelles le plan doit passer afin d'arriver à la situation finale, le but. Ils sont écrits au préalable par l'auteur comme une succession temporelle distendue qui permettent de *rendre structurable un scénario sans jamais définitivement le structurer* puisque d'autres actions peuvent s'intercaler.

Parmi les EVAH cités dans le chapitre 4 le système IDA (Interactive Drama Architecture) [MAGERKO, 2006] utilise des personnages semi-autonomes au sein de son architecture globale pour un drame interactif, et un agent omniscient dirige ces personnages ainsi que l'histoire. Le système utilise un graphe partiellement ordonné d'étapes appelées *plot points* (point d'intrigues), comme illustré en figure 5.7. Ce système est utilisé dans l'architecture ISAT (Interactive Storytelling Architecture for Training) décrite dans la section 4.1.3 et permet de guider le scénario par la génération dynamique entre les points clés partiellement ordonnés.

Le système IN-TALE (Interactive Narrative - Tacit Adaptive Leader Experience) RIEDL et collab. [2008] utilise un système similaire illustré en figure 5.8 où chaque *islands* est un état du monde par lequel le scénario doit passer. Ces étapes ont été spécifiées en amont.

Le système MIMESIS est une architecture pour la création de jeux vidéo interactifs. L'exécution du récit est contrôlé [YOUNG et collab., 2001]. Il utilise de la planification avec ordre partiel en utilisant l'algorithme DPOCL (Decomposition and causality in partial order planning). La structure de cette planification est hiérarchique. La fin est écrite et les étapes intermédiaires sont le résultat d'un calcul tracé à des fins d'explication.

Dans cette thèse on s'intéresse à l'entraînement d'experts à des situations de crise,

1. Le moine Guillaume de Baskerville.

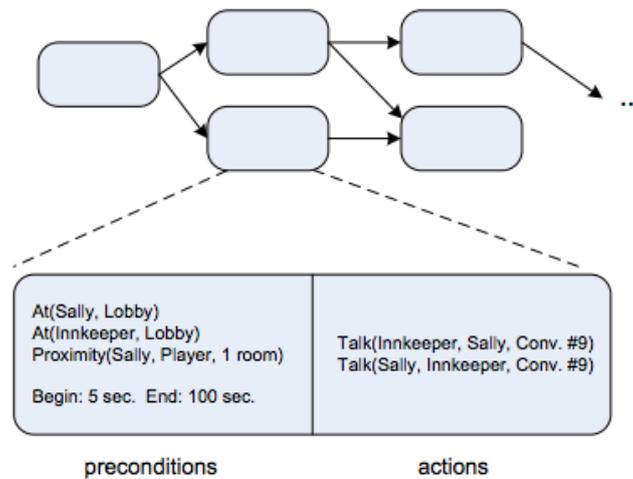


FIGURE 5.7 – Un exemple d'ordre partiel des points d'intrigues | ISAT [MAGERKO, 2006]

dont leurs particularités sont d'être déstabilisantes. L'écriture d'un scénario pour ce type d'entraînement nécessite donc une structure qui ne soit pas définitivement figée pour laisser place au système ou au formateur; en fonction des actions de l'apprenant; de pouvoir l'ajuster. La mise en place des points clés pour structurer le scénario semble donc approprié à notre cas d'application. Dans le cadre d'un récit, l'auteur peut appliquer un ordre partiel sur les liens. Mais il se retrouve toujours contraint au problème de l'ordonnement des moments clés afin d'être certain de fournir une histoire "intéressante". Une autre solution est d'avoir un enchaînement d'événements soumis à des conditions logiques d'apparitions. Il faut donc que la structure globale ne soit pas complètement définie et que les utilisateurs (formateur et apprenant) puisse la modifier dynamiquement. De plus comme la hiérarchie est propre à l'arbre, il faut proposer une structure anarchique propre au rhizome.

5.1.4 Bilan

Dans cette section on propose un espace de description abstrait labyrinthique pour définir les principes de scénarisation. À travers le labyrinthe unicursal, on énonce l'*irrévocabilité de l'avancée du temps* qui pose comme limite dans notre cas d'application le besoin de le briser afin de permettre à l'apprenant de revenir sur ses décisions. Le labyrinthe maniériste met en évidence le besoin d'interactivité de l'utilisateur au sein d'un environnement virtuel et on énonce comme principe de scénarisation la conception d'une *arborescence des choix*. Pour notre cas d'application on souhaite que cette arborescence des choix soient conçue par les deux utilisateurs, le formateur lorsqu'il propose un scénario initiateur et l'apprenant en cours de mise en pratique quand il fait le choix de briser l'avancée du temps. Cependant, la méthode d'apprentissage par essai-erreur développée dans ce type de labyrinthe n'est pas envisageable pour notre cas d'entraînement à des situations de crise. Enfin le labyrinthe-rhizome permet de mettre en valeur la complexité de la conception d'environnement variable et d'énoncer un principe d'environnement *structurable et jamais définitivement structuré*.

5.2 Interprétation informatique du rhizome

Dans cette thèse, on souhaite permettre à un apprenant en environnement virtuel de s'entraîner à des compétences non-techniques telles que définies en section 4.1. Ce type d'entraînement nécessite de présenter des situations variées à l'apprenant afin qu'il puisse appréhender la prise de décision en situation de crise, et prendre conscience des situations. Dans l'entraînement en situation réelle de leader, le formateur peut agir lors de la mise en pratique sur les objets et les apprenants qui jouent les rôles des équipiers par rapport au script de base. Le scénario est ainsi généré en fonction des actions de l'apprenant et des ressources à disposition du formateur. De plus, dans ce type d'entraînement il n'y a pas de "bonne" ou de "mauvaise" fin. La réflexion de l'apprenant sur sa mise en pratique est importante. La perception de son propre récit est un critère narratif qu'on souhaite prendre en compte.

Ces deux composantes, la génération du récit et sa perception, ne sont pas prises en compte dans les principes de scénarisation décrits en section 5.1. En effet, l'espace singulier de scénarisation repose uniquement sur la classification d'ECO [1987]. Or elle a été inspirée de SANTARCANGELI [1967] et de DELEUZE et GUATTARI [1980], puis a été reprise par CAISSON [1995], et enfin par ECO [2010] lui-même. Ce dernier complète son interprétation du rhizome : la structure de ce réseau "pourrait toujours être différente de ce qu'elle était un instant auparavant" car les processus de connexions sont aussi des processus de reconnexions, ce que nous interprétons dans cette section comme une génération dynamique de la structure. Mais aussi que l'apprenant puisse développer ses pratiques réflexives afin qu'il réévalue de manière continues ses croyances. En effet, Umberto Eco rajoute que le voyageur s'y déplace indéfiniment à tâtons en suivant un algorithme dit "myope" : localement il peut faire une hypothèse sur ce qu'il y a après, et ensuite il corrige ses précédentes hypothèses et en fait de nouvelles pour avancer à nouveau... Ici chaque nœud du réseau peut être connecté avec n'importe quel autre (et le doit) et ceux-ci sont hétérogènes. Dans cette section on développe cet aspect sous l'angle de la perception.

Dans cette section, on souhaite contribuer à l'interprétation du rhizome utilisé par Eco dans sa typologie du labyrinthe et on intègre ces deux composantes : la généralité et la perception. Dans cette section on expliquera comment ils peuvent être mis en scène et quels outils informatiques peuvent être utilisés pour les mettre en place.

5.2.1 Générer un récit interactif

Notre objectif est de proposer une scénarisation fondée sur le récit, porteur d'apprentissage, notamment, lorsqu'il est interactif. En effet SZILAS [2014a] "constate que l'apprentissage dans le récit et l'apprentissage dans l'interaction partagent cette idée forte que l'apprentissage s'effectue de manière indirecte." Dans notre cas d'application, il n'y a pas de "bonne" ou de "mauvaise" réponse, et il faudrait qu'on puisse générer le récit en fonction des choix opérés par l'apprenant. Certains environnements virtuels pour l'apprentissage humain l'ont mis en place.

Le projet NOTHING FOR DINNER est fondé sur le moteur narratif IDTENSION [SZILAS, 2003] [SZILAS, 2007] qui vise à concevoir un générateur d'action dramatique, capable d'interagir avec son public. Les actions sont décomposées en deux niveaux (acte narratif générique et tâches spécifiques). Ils sont articulés afin de permettre une grande variabi-

lité des actions générées. Une logique narrative génère toutes les actions possibles à un moment donné. Et ce moteur génère une suite d'événements narratifs en fonction des actions d'un utilisateur SZILAS et collab. [2017].

Le système IN-TALE (Interactive Narrative - Tacit Adaptive Leader Experience) [RIEDL et collab., 2008] est un gestionnaire génératif de drame à partir d'un plan narratif pré-écrit et non ramifié le système génère automatiquement des branches afin de gérer les exceptions. Deux autres systèmes ré-ajustent ainsi le scénario. L'AUTOMATED SCENARIO ADAPTATION de NIEHAUS et collab. [2011] intègre un Automated Story Director qui re-génère l'histoire initialement pré-écrite en fonction des actions (imprévues) de l'utilisateur. Le système MIMESIS prévoit un scénario totalement structuré en amont qui est ensuite généré dynamiquement soit en ré-ajustant en fonction des actions non-prévues de l'utilisateur [YOUNG et collab., 2004] soit en les évitant complètement s'il n'est pas possible de les intégrer à l'histoire.

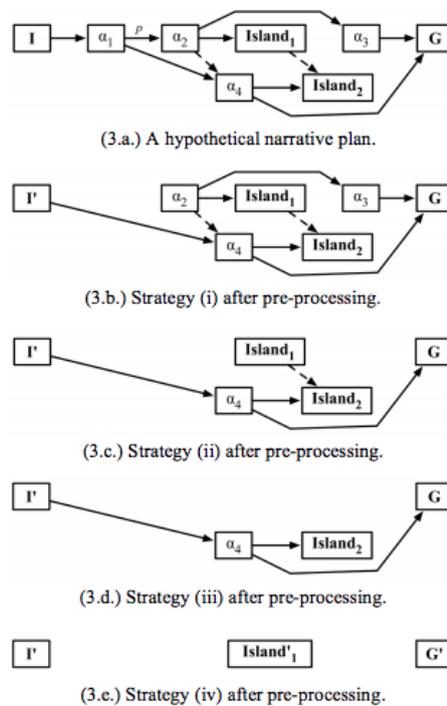


FIGURE 5.8 – Illustration des stratégies dans IN-TALE [RIEDL et collab., 2008]

Deux environnements virtuels complètent l'illustration de la génération de récit. I-STORYTELLING [CAVAZZA et collab., 2002] est un prototype de visionnage de série télévisée sur lequel on pourrait intervenir à tout moment. Le cas d'application est un épisode de la série télévisée FRIENDS dans lequel on interagit sur des objets afin de faciliter ou perturber le personnage qu'on suit à demander à une femme de sortir avec lui. Une fois qu'elle a donné sa réponse, le scénario prend fin. Cet EV utilise une technique de planification qui supporte la génération de l'histoire tout en autorisant l'intervention de l'utilisateur à tout moment.

FAÇADE [MATEAS, 2002] est un drame interactif permettant à l'utilisateur d'intervenir dans une histoire en incarnant un personnage. L'EV met en scène un couple de personnages dont le mariage bat de l'aile. L'utilisateur peut interagir au sein d'un scénario contenant vingt-sept scènes modélisées sous forme d'un graphe. Ses nœuds ne sont pas

ordonnés mais possèdent des pré-conditions et des post-conditions qui permettent la reconstruction dynamique d'un graphe possible en fonction des actions de l'utilisateur. Il y a aussi de la générativité dans l'intrication de ces scènes, et dans la gestion comportementale (réactions émotionnelles des personnages). Le scénario dure une vingtaine de minutes et selon les actions de l'utilisateur il se finit soit par la rupture du couple soit par sa réconciliation. La raison pour laquelle ce jeu est si connu et cité dans chacune des classifications de la section 3 est avant tout parce qu'il fonctionne, et aussi qu'il a demandé un effort titanesque aux développeurs de l'EV au niveau écriture de tous les nœuds et l'ensemble des conditions nécessaires pour générer des transitions possibles [MATEAS et STERN, 2005].

Dans ces quatre EV développés à des fins de recherche, la génération du récit permet à l'utilisateur d'agir, et au système de s'adapter, rattraper les erreurs de parcours. Cet aspect génératif est une contribution à l'interprétation du rhizome. En effet, le rhizome se génère dynamiquement en fonction du principe de connexions et de reconnexion continues des croyances, et on souhaite permettre à notre apprenant de faire des choix, et que ces derniers soient dynamiquement pris en compte dans le système de scénarisation décrit en section 5.1. Cependant, les interactions avec les personnages rendent complexes le maintien de la cohérence du scénario et demandent un lourd travail d'écriture pour amener finalement à des fins d'histoire assez pauvres.

5.2.2 Perception du récit par l'utilisateur

Dans le cadre d'un entraînement où il n'y a pas de "bonne" ou de "mauvaise" réponse, on pense que la réflexion de l'apprenant sur sa propre perception de son expérience est importante. Dans la section 5.1 on a défini trois principes de scénarisation en fonction de la forme qu'il prendrait s'ils étaient des labyrinthes. Dans l'interprétation du parcours du rhizome par Umberto Eco [2010], il y définit la perception du chemin parcouru linéaire du point de vue voyageur, et le chemin comme localement arborescent en fonction des choix faits par le voyageur, "à condition de savoir qu'il s'agit d'une feinte pour des raisons de commodité provisoire" [Eco, 2016]. On y retrouve les deux autres principes de scénarisation qui étaient liés à la linéarité du labyrinthe unicursal, et à l'arborescence du labyrinthe maniériste.

On peut illustrer ce critère par le récit de Thésée lorsqu'il revint de son périple dans le dédale. On nous raconte qu'il oublia de changer les couleurs des voiles de son bateau et que son père se jeta dans la mer croyant qu'il était décédé. À la suite à cet oubli, Thésée devint roi. Mais que serait-il advenu s'il avait pensé à changer la couleur de ses voiles? Il serait quand même devenu roi, mais plus tard. Et si Thésée avait fait exprès? Il serait aussi devenu roi. La perception du récit est différente dû aux relations causales entre les événements : suite au suicide de son père Thésée devient roi car il s'est trompé ou car il l'a fait exprès. Néanmoins le rapport du lecteur à l'histoire globale du mythe de Thésée qui devient roi reste inchangée.

Ce rapport du lecteur à l'œuvre fait écho à l'"histoire racontée", la *fabula* définie chez Umberto Eco [1985]. SWARTJES et THEUNE [2006] ont proposé un modèle formel de la *fabula* et ont défini des relations causales entre six éléments : buts, actions, résultats, événements, perceptions et éléments internes. Les recherches menées sur les EVAH cherchent à trouver un compromis entre une cohérence narrative et la perception de l'utilisateur

de l'agencement du scénario, comme par exemple dans le système IN-TALE [RIEDL et STERN, 2006] où un *director* peut ordonner aux personnages semi-autonomes des nouveaux buts ce qui au niveau local du scénario n'a pas d'impact sur le scénario mais peuvent avoir un impact sur la perception de l'apprenant dû aux incohérences possibles avec les précédentes actions du personnage. En effet, le personnage ne garde pas en mémoire ses précédentes actions lorsqu'il génère ses futurs agissements. Dans le cadre d'un entraînement aux CNT en situations de crise, on définit en section 4.2 l'importance de la réflexivité et on a souhaité proposer un mécanisme de retour dans le temps intégrant à l'apprentissage réflexif.

LIFE IS STRANGE est un jeu vidéo épisodique d'aventure en vue objective qui se rapproche du film interactif. En section 4.2 on détaille la mécanique de jeu utilisant le temps comme mécanisme de jeu. Dans cette section on s'intéresse au scénario. Lors de l'Académie Britannique des Arts de la Télévision et du Cinéma² 2015 l'équipe de développement de Dontnod Entertainment a discuté de la réalisation de ce jeu³. On peut par exemple voir en figure 5.10 qu'on a une entrée dans le scénario (est-ce qu'on se cache dans un placard) avec quatre choix possibles mais tous mènent à la même sortie (aller dans le bureau du directeur). Ainsi au niveau global du scénario du jeu l'histoire principale reste la même. On est dans le labyrinthe maniériste avec choix conditionnels au niveau de la globalité du scénario. De plus, les concepteurs ont mis en place un autre aspect du pouvoir illustré en figure 5.9 : le "bon" choix n'est pas présenté lors du premier essai mais il n'est présenté que lorsqu'on a d'abord fait le "mauvais" choix puis qu'on a rembobiné [KLEINMAN, 2016]. Or dans l'entraînement aux CNT, il n'y a pas de bon ou de mauvais choix et revenir dans le temps ne doit pas inciter à essayer de faire le "bon" choix pour arriver à une "bonne" fin.



(a) Choix présentés la première fois (b) Choix présentés après un rembobinage

FIGURE 5.9 – Déverrouillage de la "bonne" réponse, soulignée en b) | LIFE IS STRANGE

Cela ajoute à l'illusion décrite en section 4.2.2 car quelques soient nos choix la fin de l'histoire sera la même, c'est la façon d'y arriver qui sera différente. En effet, la particularité de ce jeu est d'être découpé par épisode. Et au niveau global, certains de nos choix antérieurs modifient ce scénario. Par exemple en figure 5.11 on a trois choix principaux et ceux-ci produisent 6 permutations de dialogue. Par exemple, en figure 5.12 on voit un scénario en fonction des choix précédents et du choix qui vient d'être effectué. On est dans le labyrinthe maniériste avec choix conditionnels au niveau de la globalité du scénario, et on a des permutations possibles au sein d'un même scénario en fonction de ses

2. Traduction de : British Academy of Film and Television Arts (BAFTA)

3. http://dontnodentertainment.wikia.com/wiki/File:Life_is_Strange_BAFTA_Showcase

choix. De plus, la façon dont on interagit avec un personnage dans un chapitre affecte notre relation avec ce dernier dans les chapitres/épisodes suivants. On peut aussi rappeler le côté linéaire du premier labyrinthe où quelque soit le choix on suit inévitablement la ligne du temps qui reste linéaire malgré un côté illusoire d'un mécanisme de retour en arrière intégré dans le jeu comme un pouvoir surnaturel nous laissant croire qu'on a le choix et qu'on peut revenir sur des décisions qui changeraient la suite de l'histoire, on note qu'on peut néanmoins changer nos relations avec les personnages.

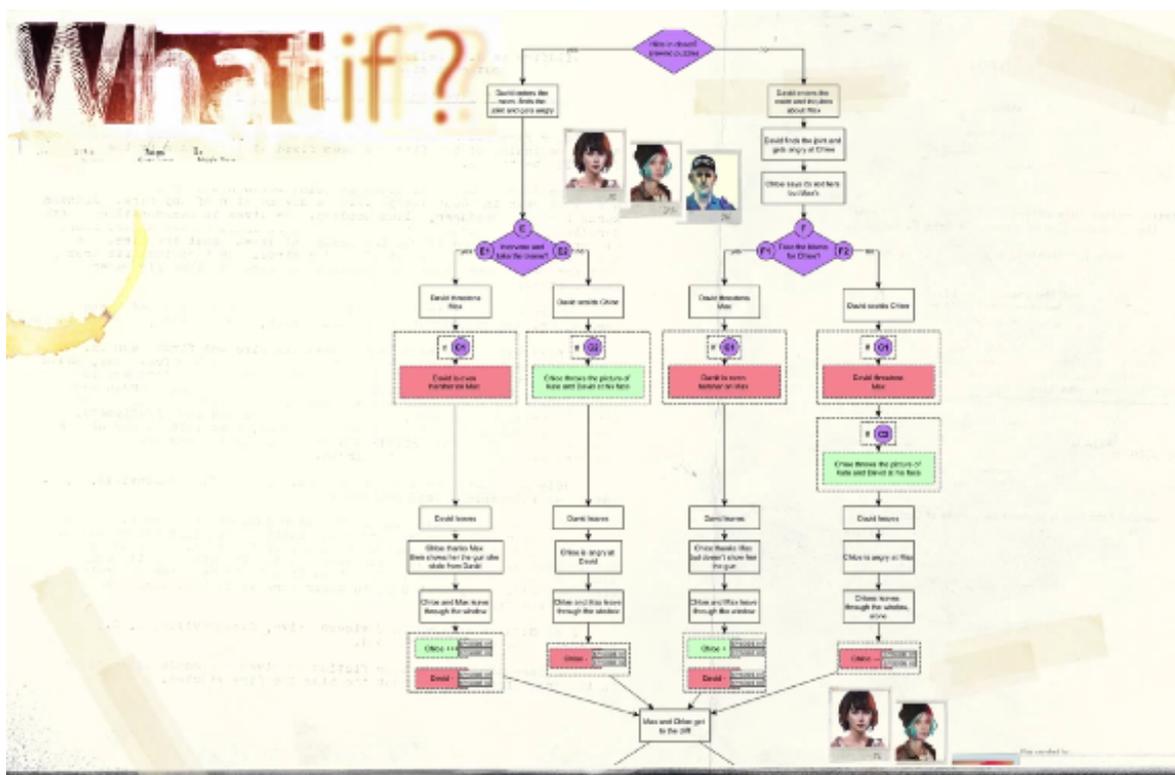


FIGURE 5.10 – Quatre entrées et une sortie | Extrait de la vidéo de présentation de LIFE IS STRANGE lors de la "BAFTA SHOWCASE 2015"

Dans ce jeu vidéo, la limite réside dans le côté illusoire de l'impact des choix de l'utilisateur dans le jeu. Cependant, les utilisateurs ne perçoivent pas cette illusion s'ils ne rejouent pas ou s'ils ne se concertent pas la communauté ayant joué à ce jeu. La perception du chemin parcouru pendant le jeu a été positive pour l'utilisateur. Cette perception contribue à l'interprétation du rhizome, déjà identifié par Umberto Eco. On souhaite faire du mécanisme de retour en arrière mêlée à la perception d'*agency* partie intégrante de notre proposition.

5.2.3 Mise en scène et critères narratifs

Dans cette thèse on souhaite intégrer le théâtre dans la conception en rejoignant l'interprétation du simulacre donné par CAILLOIS [1967] et illustré dans le tableau 2.2. Le théâtre et les arts du spectacle en général favorisent la discipline et l'entraînement réglé. On souhaite pousser les mécanismes à sa mise en place en informatique. Par exemple les travaux de SWARTJES et THEUNE [2009] utilisent les mécanismes du théâtre d'improvisation pour définir ce qu'ils appellent du *late commitment*, c'est-à-dire que l'état du monde n'est pas nécessairement complètement déterminé à l'initialisation. En effet ce qui est

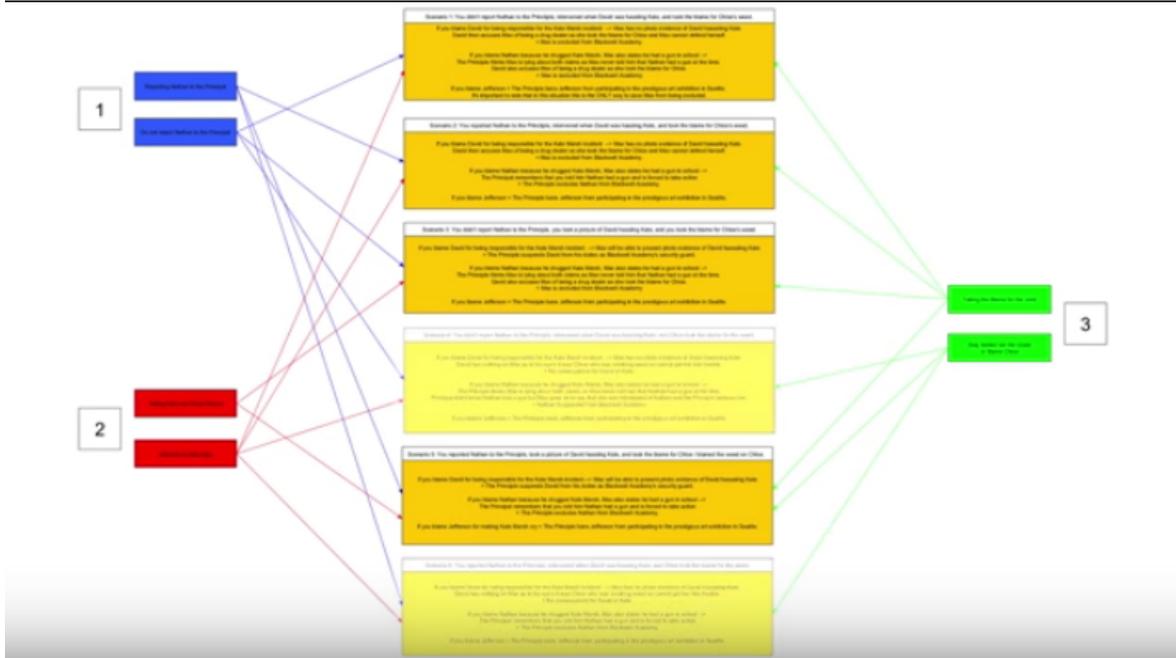


FIGURE 5.11 – Trois choix au sein d'un scénario et six permutations de dialogues possibles | Extrait de la vidéo de présentation de LIFE IS STRANGE lors de la "BAFTA SHOWCASE 2015"

Scenario 1: You didn't report Nathan to the Principle, intervened when David was hassling Kate, and took the blame for Chloe's weed.

If you blame David for being responsible for the Kate Marsh incident → Max has no photo evidence of David hassling Kate. David then accuses Max of being a drug dealer as she took the blame for Chloe and Max cannot defend herself.
= Max is excluded from Blackwell Academy.

If you blame Nathan because he drugged Kate Marsh, Max also states he had a gun in school → The Principle thinks Max is lying about both claims as Max never told him that Nathan had a gun at the time. David also accuses Max of being a drug dealer as she took the blame for Chloe.
= Max is excluded from Blackwell Academy

If you blame Jefferson = The Principle bans Jefferson from participating in the prestigious art exhibition in Seattle. It's important to note that in this situation this is the ONLY way to save Max from being excluded.

FIGURE 5.12 – Exemple de scénario généré en fonction du choix courant et des choix antérieurs | Extrait de la vidéo de présentation de LIFE IS STRANGE lors de la "BAFTA Showcase"

intéressant avec l'improvisation est que les personnages arrivent sur scène avec un minimum de background sur leurs personnages et au fur et à mesure des interactions des acteurs sur scène, ils peuvent construire ce background en réponse. De plus, cela permet que tout ne soit pas pré-écrit et offre une grande liberté aux acteurs. La difficulté résidant dans le fait de rester cohérent tout au long de la pièce et d'arriver à une histoire "intéressante".

Au niveau de la conception de l'architecture, l'application FEARNOT! (Fun with Empathic Agents Reaching Novel Outcomes in Teaching) [AYLETT et collab., 2006] s'inspire du théâtre forum [AYLETT et collab., 2005], une des formes du théâtre de l'opprimé. FRASCA [2001] l'avait conceptualisé dans son système de jeux vidéo inspirés des SIMS comme outils d'éducation et de conscience sociopolitique, et pour favoriser une prise de conscience critique⁴ il s'était tourné vers les contributions du constructivisme. Le projet NOTHING FOR DINNER [HABONNEAU et collab., 2012] s'inspire aussi du théâtre, illustrée en figure 5.13.

4. Traduction de "designing videogames for critical awareness."

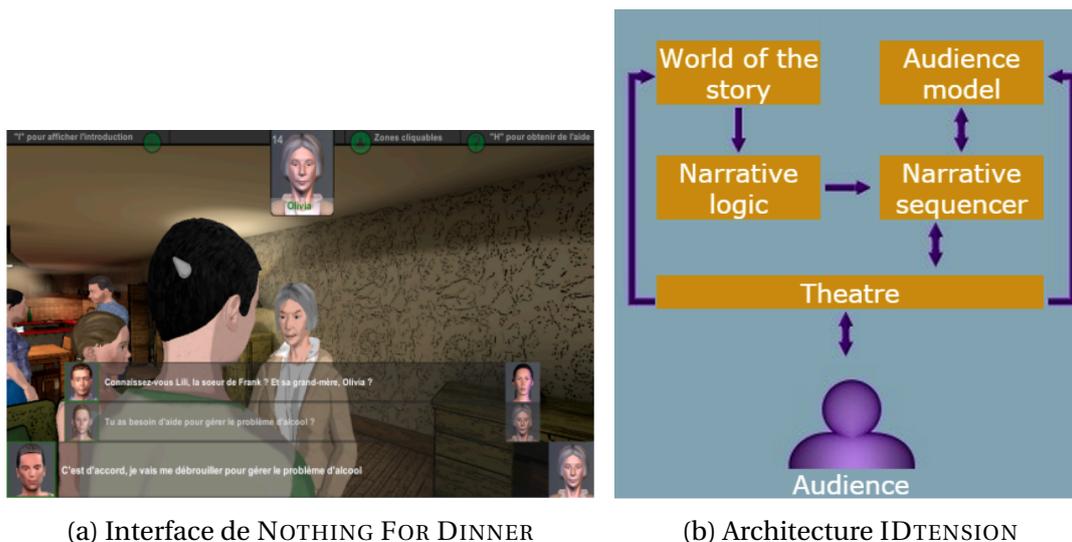


FIGURE 5.13 – Illustration NOTHING FOR DINNER

En environnement virtuel, la mise en scène est un élément de conception important dont la topologie peut influencer sur la génération du récit interactif⁵. Dans le projet EMO-EMMA AUTHORIZING TOOL [CAVAZZA et collab., 2007] le scénario s’inspire d’une œuvre existante, tout comme I-STORYTELLING. Ici il s’agit de la mise en scène du roman MADAME BOVARY de Flaubert. Un travail important a été effectué sur la modélisation des personnages, dont les émotions [PIZZI et collab., 2007] jouent un rôle important dans le déroulement de l’histoire. L’équipe de recherche MARTENS et collab. [2013] a travaillé sur la représentation des récits en s’appuyant sur la logique linéaire et en prenant comme support de travail PLANS ET SCÉNARIOS DE MADAME BOVARY [FLAUBERT et LECLERC, 1995]. Ce projet est contraint par une technologie en pleine essor et difficilement évaluable, ainsi qu’un texte existant. Ce dernier est accompagné de l’étape préparatoire détaillée de Flaubert qui peut permettre aux chercheurs une liberté dans leur conception, mais cadrée.

Dans les EVAH spécifiques à notre cas d’application, évoqués dans le chapitre 4, ICT LEADERS est un environnement d’apprentissage fondé sur l’histoire et a été développé en collaboration avec l’industrie du cinéma, Hollywood. Des scénaristes ont contribué à la conception et afin de donner un style cinématographique traditionnel, un directeur professionnel a travaillé à la conception de scènes cinématiques. Ces scènes sont donc scriptées et une fois exécutées on ne peut pas revenir en arrière, contrairement à notre besoin défini en section 4.2. Le scénario est déroulé linéairement. Un EVAH similaire est MISSION REHEARSAL EXERCISE (MRE) [SWARTOUT et collab., 2006] dont la mise en pratique a lieu dans une salle concave, avec l’installation de sièges de cinéma comme illustré en 5.14.

Le théâtre peut être mobilisé dans les environnements virtuels au niveau conception de l’architecture, aussi comme mécanisme d’ajustement du scénario. Ce mécanisme peut être utilisé par le formateur. Dans les environnements virtuels pour l’apprentissage humain qui sont proches de notre cas d’application, une mise en scène virtuelle et une mise en scène physique sont utilisées pour favoriser un apprentissage en contexte.

5. <http://pageperso.iut.univ-paris8.fr/delmas/recherche.html>



FIGURE 5.14 – démo MRE 2000 | HILL JR et collab. [2003]

5.2.4 Générativité et généricité du rhizome

On souhaite générer un récit interactif, fondé sur un mécanisme de retour en arrière utilisé par l'apprenant et un mécanisme d'ajustement utilisé par le formateur. La *générativité* en informatique se définit comme la capacité de l'ordinateur à générer de nouvelles données, à la demande de l'utilisateur, à partir des données emmagasinées (base de données), transformées par des calculs ou des simulations [MANOVICH, 2001]. À l'heure actuelle en informatique la générativité est un outil efficace. Ainsi, on souhaite compléter l'interprétation du rhizome avec cet outil.

Le rhizome est défini par Umberto Eco comme potentiellement infini et en constante évolution, la structure étant toujours différente d'un moment à l'autre. On s'y déplace à tâtons selon un algorithme dit "myope" en réactualisant nos connaissances. On y interprète que le rhizome se génère dynamiquement en fonction du principe de connexions et de reconnexions continues des croyances, et on souhaite permettre à notre apprenant de faire des choix, et que ces derniers soient dynamiquement pris en compte dans notre système de scénarisation. Il s'agit d'intégrer à son entraînement la conscientisation de son apprentissage par l'action. On souhaite qu'il puisse actualiser ses croyances / connaissances. De plus, dans le cas d'application qui nous intéresse, on souhaite proposer une scénarisation qui favorise l'apprentissage réflexif en mobilisant le récit. On souhaite que l'apprenant se confronte à des situations variées.

Cette variabilité, on peut la mettre en place grâce à un autre outil informatique : la généricité⁶ qui va nous permettre de contourner la problématique de la structure potentiellement infinie du rhizome, bien que comme expliqué en section 11.1 il sera impossible avec les machines de VON NEUMAN de visualiser l'infini mathématique. Cet outil a été utilisé pour caractériser un objet mathématique infini décrit comme "monstrueux" et "pathologique" [MANDELROT, 1983] avant la crise des fondements mathématiques du xx^{ème} siècle puis caractérisé en 1974 après l'avènement de l'informatique : la fractale. La géométrie fractale possède une dimension non-entière et permet de décrire à différents niveaux d'échelle des formes plus complexes que celles de la géométrie euclidienne (ligne droite, cercle...). Un rhizome possède les propriétés d'auto-similarité inspirées d'une fractale, où chaque élément d'un objet fractal est lui-même un objet fractal. La généricité est mobilisé dans la définition du rhizome par DELEUZE et GUATTARI [1980] à travers leur concept de "déterritorialisation". Par ailleurs, ils y énoncent dans l'introduction "Ainsi les arbres gé-

6. Définition Wikipédia 2017 : *En programmation, la généricité (ou programmation générique), consiste à définir des algorithmes identiques opérant sur des données de types différents.*

nératifs, construits sur le modèle syntagmatique de Chomsky, pourraient s'ouvrir en tout sens, faire rhizome à leur tour [10]. Être rhizomorphe, c'est produire des tiges et filaments qui ont l'air de racines, ou mieux encore se connectent avec elles en pénétrant dans le tronc, quitte à les faire servir à de nouveaux usages étranges." qu'on interprète par le fait que chaque élément peut générer par ses connexions avec un autre élément un nouvel élément différent.

Pour illustrer la genericité d'un scénario au sens fractal et par processus rhizomatique, on s'inspire ici de l'ensemble fractal le plus ancien défini par le père fondateur de la théorie des ensembles : ENSEMBLE DE CANTOR⁷. En figure 5.15 le segment représente un cheminement initiateur linéaire d'une introduction à une conclusion. Le segment avec points clés et ses droites parallèles représentent un cheminement générateur continu et interchangeable de certains des éléments (les droites parallèles représentent des alternatives possibles). La courbe brisée est la générativité et genericité des segments précédents par processus itératif :

1. Initiateur : imaginez que vous lisez cette thèse non interactive de l'introduction générale à la conclusion générale linéairement (le segment) ;
2. générateur : imaginez qu'en cours de lecture, l'auteur signale des points clés (les points) et propose des alternatives à certains paragraphes (les lignes parallèles), vous terminez néanmoins la lecture non interactivement et linéairement (le segment) ;
3. itération : imaginez que le manuscrit soit informatisé et que les paragraphes alternatifs soient affichés : vous revenez au point de départ (la courbe en pointillée⁸) et vous réitérez la lecture de la thèse en reprenant 1. une lecture de l'introduction à la conclusion (la courbe pleine) et 2. en naviguant entre les points clés (les points) et découvrant les alternatives (les pointillés) : vous générez votre cheminement de lecture suivant un algorithme de genericité puisque la thèse reste matériellement identique d'une lecture à une autre.

Au niveau pédagogique, on souhaite permettre un apprentissage par l'action et par la conscientisation de son propre apprentissage. Ainsi, on souhaite permettre à l'apprenant de répéter tout en lui offrant un scénario toujours différent du précédent avec comme outils informatiques la genericité et la générativité. De plus, la perception sur son propre apprentissage est en perpétuelle évolution en fonction des connexions créées entre le savoir déjà acquis et la réflexion sur son apprentissage. On souhaite proposer la création d'un *scénario-initiateur* qui se transforme au fil de la mise en pratique en un *scénario-rhizome*, scénario potentiellement infini constitué de scénarios.

5.2.5 Bilan

Dans cette section on propose une contribution à l'interprétation du rhizome, donnée par Umberto Eco lorsqu'il le définit comme un labyrinthe, afin de répondre à l'objectif de cette thèse qui consiste à proposer un environnement virtuel d'entraînement aux compétences non-techniques. Celles-ci se font en contexte. Or dans cette section, on constate

7. Construction de l'ENSEMBLE DE CANTOR : 1) initiateur : prendre un segment 2) générateur : lui retirer son tiers central 3) itération : prendre chacun des deux segments restants et leur retirer le tiers central 4) itération : refaire 3) itération : à l'infini. Ainsi, on forme une infinité de poussière de points dont la longueur est nulle, c'est-à-dire négligeable. Cependant l'ENSEMBLE DE CANTOR n'est pas dénombrable.

8. C'est votre "encyclopédie personnelle" définie par ECO [1985]

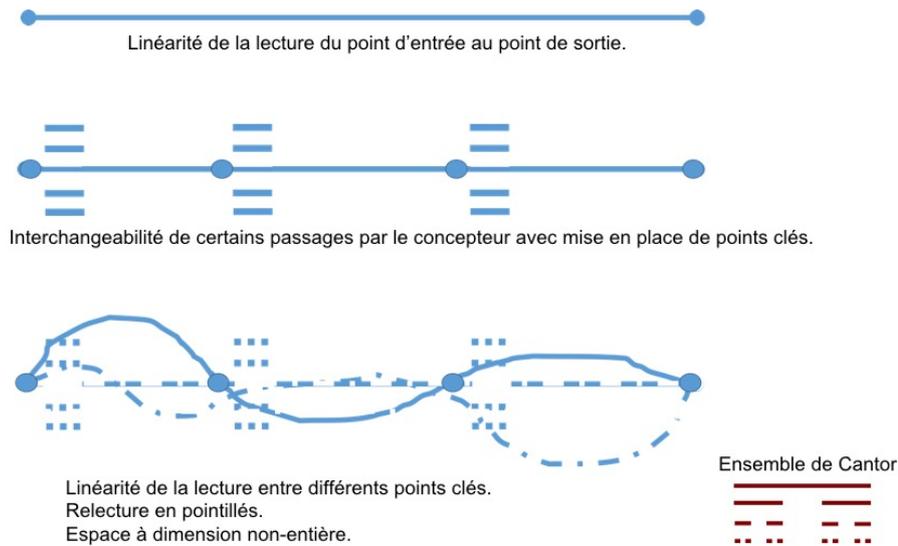


FIGURE 5.15 – Cheminement d'un lecteur et conception d'une scénarisation à parcours multiples

que dans les environnements qui s'appuient sur des œuvres existantes, tels qu'un roman ou une série télévisée, l'apprentissage en contexte est contraint. On propose de générer un récit propre à chaque domaine d'apprentissage qui soit fondé sur les concepts de l'uchronie afin de favoriser un apprentissage réflexif pour les adultes. Dans ce type d'apprentissage, la réflexion sur ses actions nécessite un travail sur la perception du scénario d'apprentissage développé par l'apprenant. On souhaite permettre au formateur d'ajuster le scénario à travers un mécanisme d'ajustement issu du théâtre. Dans notre proposition on souhaite que les mécanismes de retour en arrière et d'ajustement soient mêlés au concept perceptif. On propose deux outils informatique pour les mettre en place. La générativité, qui permet d'ajuster le scénario en fonction des besoins de formation, et la généricité, qui permet d'apporter de la variabilité au sein du scénario.

Troisième partie

**Génération de l'expérience
utilisateur**

Chapitre 6

Entraînement virtuel aux compétences non-techniques en trois phases

La théorie [...] est destinée à éduquer l'esprit du futur chef de guerre, disons plutôt à guider son auto-éducation et non à l'accompagner sur le champ de bataille, tout comme un pédagogue avisé oriente et facilite le développement spirituel du jeune homme sans pour autant le tenir en laisse tout au long de sa vie.

—Carl von Clausewitz (1780 - 1831), De la Guerre

Sommaire

6.1 Briefing	73
6.1.1 Scénario initiateur	73
6.1.2 Exemple d'initialisation	73
6.2 Mise en pratique	74
6.2.1 Système habituel	74
6.2.2 Système informé	74
6.2.3 Illustration de la mise en pratique	74
6.3 Débriefing	76
6.3.1 Interface à l'aide d'une <i>timeline</i>	76
6.3.2 Illustration de notre système	77

Une partie de notre contribution est la conception d'un EVAH respectant la réalité de l'entraînement en trois phases, briefing, mise en pratique et débriefing, des experts du cas d'application concret sur lequel s'adosent nos travaux de recherches, le projet VICTEAMS. Dans cette section on décrit une expérience fictive selon ce déroulement en se plaçant du point de vue des utilisateurs, apprenant et formateur, qui interagissent avec le système.

Dans la phase de briefing, le formateur propose un *scénario initiateur*, une mise en contexte de l'apprentissage. Dans les deux phases suivantes, l'apprenant peut intervenir. Durant la phase de mise en pratique, l'apprenant peut effectuer des actions et le formateur peut ajuster le scénario. L'apprenant peut aussi faire le choix de revenir en arrière auquel cas il charge une sauvegarde dite *informée*. En phase de débriefing, le formateur et l'apprenant peuvent visualiser les différents scénarios explorés par l'apprenant et analyser les choix effectués.

6.1 Briefing

Dans cette section, on explique le déroulement de la première étape : le briefing. En entraînement réel, la phase de briefing correspond aux informations fournies à l'apprenant par le formateur avant de commencer la mise en pratique.

Dans le cadre de cette thèse, le briefing fait partie intégrante du déroulement et le formateur devra pouvoir l'initialiser. On propose que le formateur puisse préparer ce qu'on appellera un *scénario initiateur*. Ce scénario constitue la base du déroulement. On l'illustre à travers un exemple initialisé dans le cadre du projet VICTEAMS.

6.1.1 Scénario initiateur

La phase de briefing est une phase de conception. Le formateur initialise le décor (ensemble d'objets présents ou qui pourront être ajoutés), les personnages nécessaires au contexte d'apprentissage (rôles et actions possibles) et définit des événements en fonction du temps alloué de la simulation. Cette première étape de conception correspond à l'écriture de ce qu'on appelle un *scénario initiateur*. L'apprenant n'y intervient pas.

Au niveau informatique, le *scénario initiateur* est un fichier à part qui est la base du scénario déroulé durant la mise en pratique. Il est préparé par le formateur. Il a la possibilité d'initialiser l'état du monde, à savoir par exemple la présence/l'absence et la quantité de certains objets propres au domaine d'application. Le formateur prépare le déclenchement de certains événements temporellement, par exemple l'arrivée d'un élément perturbateur à un moment pré-défini, et conditionnellement, par exemple si l'apprenant ne sollicite pas au moins une fois un équipier alors ce dernier crée un incident.

Ce *scénario initiateur* peut être vu comme un scénario scripté si dans la phase suivante ni le formateur ni l'apprenant n'interviennent durant la mise en pratique. En effet, les événements ont été préparés temporellement et conditionnellement, et peuvent s'enchaîner indéfiniment. Le formateur a la possibilité de définir des situations interdites, comme la mort d'un blessé, auquel cas la simulation prend fin ou propose un retour en arrière.

6.1.2 Exemple d'initialisation

Dans notre cas d'application, l'apprenant doit gérer au mieux son Poste Médical de secours Avancé (PMA) face à un afflux massif de blessés. L'apprenant devra gérer ses ressources, trier les blessés par ordre de gravité, mais aussi gérer son équipe afin de prodiguer les premiers soins aux blessés et sauver un maximum de blessés en vue d'une évacuation. Au niveau de la programmation, on doit initialiser le monde avec les données expertes, telles que les ressources médicales, l'évolution de l'état d'un blessé, les rôles des équipiers et on décide quels événements seront activés au début du scénario. Ainsi le formateur instancie l'état du monde au minimum avec les éléments suivants : présence des objets, leurs états, caractères des personnages, buts, etc. et pas seulement ceux qui sont indiqués à l'apprenant. En effet, le formateur peut décider d'initialiser plusieurs éléments et événements sans en informer l'apprenant qui le découvrira au fur et à mesure lors de la mise en pratique.

6.2 Mise en pratique

Dans cette section, on explique le déroulement de la mise en pratique qui correspond au moment où l'apprenant commence à interagir avec le système. L'apprenant déroule le scénario préparé par le formateur en effectuant des actions, et peut faire le choix de revenir en arrière.

6.2.1 Système habituel

Habituellement le moment auquel on revient constitue un point de sauvegarde et le scénario qu'on s'apprête à re-dérouler sera différent uniquement selon les actions qu'on va faire différemment. C'est ce qu'on appelle un système de sauvegarde habituel. Dans ce type de sauvegarde l'apprenant peut revenir à n'importe quel moment en utilisant la méthode du jeu vidéo "charger / sauvegarder" pour sauvegarder sa progression et se préserver du danger [AMATO, 2003] comme expliqué en section 4.2.2.

Or dans un contexte d'entraînement aux compétences non-techniques, il n'y a généralement pas de "bon" cheminement dans la simulation, qu'elle soit en situation réelle ou virtuelle. La méthode du "rat dans le labyrinthe" (voir section 5.1.2) n'est donc pas une méthode d'apprentissage adaptée et on lui préférera le processus de re-connexions continues du déplacement dans le rhizome (voir section 5.2.1).

6.2.2 Système *informé*

On conçoit un système qui permet un apprentissage par l'action et dont le "retour en arrière" ne ramène pas à une sauvegarde précédente. On propose à l'apprenant de pouvoir répéter toujours les mêmes actions tout en lui fournissant un scénario différent à travers le déroulement de la mise en pratique non-déterministe. Le formateur a préparé un *scénario initiateur* et va pouvoir initialiser de nouveaux éléments durant la mise en pratique en fonction des actions de l'apprenant. C'est-à-dire qu'en plus du déroulé pré-écrit certains éléments ont été laissés indéterminés dans le *scénario initiateur*. L'apprenant peut toujours interagir avec les objets et les personnages non-joueurs (équipiers, blessés, ...) et effectuer une suite d'actions au sein du scénario, qui n'est plus le *scénario initiateur*.

L'apprenant peut revenir à n'importe quel moment. Le formateur peut modifier le scénario en cours de mise en pratique. En particulier, les décisions du formateur peuvent être motivées par les actions de l'apprenant dans une trajectoire précédente, un monde alternatif. Ce système de sauvegarde est dit *informé*. Ainsi, la conception de notre design de scénarisation diffère d'un système de simple sauvegarde car l'apprenant en revenant en arrière ne trouvera pas de "meilleure fin". Les décisions prises par l'apprenant durant l'exploration d'un monde modifient les mondes alternatifs dans lesquels il pourrait revenir.

6.2.3 Illustration de la mise en pratique

Durant le déroulement de la mise en pratique, figure 6.1, le système enregistre tous les états des mondes vécus par l'apprenant. Les choix qu'il aura effectués "en avant" auront pour effet de changer dynamiquement la probabilité d'apparition d'un événement ou de réussite d'une action dans le nouveau scénario qu'il pourra vivre en revenant "en arrière".

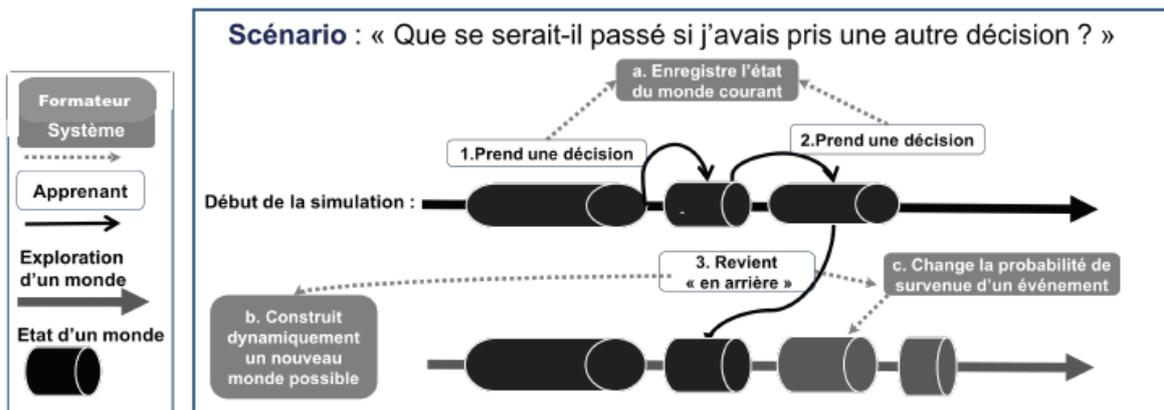


FIGURE 6.1 – Déroulement d'une mise en pratique "et si?"

6.3 Débriefing

Une fois que la mise en pratique est finie, l'apprenant passe en phase de débriefing. Cette phase est primordiale et on propose qu'elle soit intégrée à l'entraînement virtuel. On a conçu une interface qui s'inspire de l'entraînement réel, à savoir un montage vidéo (voir section 4.3), et qui favorise la pratique réflexive initiée en phase de mise en pratique.

6.3.1 Interface à l'aide d'une *timeline*

La phase de débriefing est une phase durant laquelle l'apprenant réfléchit aux actions et décisions qu'il a pris durant la mise en pratique. Afin de permettre à l'apprenant de développer une approche réflexive on propose une interface qui mêle temps et espace et qui reflète sa mise en pratique.

Les interfaces des œuvres hypermédias travaillent à briser la linéarité du temps. Par exemple le clip interactif 24 HOURS OF HAPPY (2013)¹ utilise une timeline de 24 heures sous forme de roue sur laquelle l'internaute peut se déplacer. Le webdocumentaire STAINS-BEAUPAYS (2015)² utilise aussi un système de navigation similaire sans début ni fin. Dans ces deux œuvres, l'utilisateur peut choisir son point de départ, qui n'est pas pré-établi par les concepteurs. Cependant le contenu est ensuite joué de façon continue et linéaire. C'est une autre œuvre hypermédia qui nous a intéressé pour le débriefing : le système de chronologie de la fiction immersive et interactive WEI OR DIE³. L'utilisateur peut naviguer en temps réel parmi des lignes constituées d'une série de contenus placés sur une échelle de temps réel, *realtimeline*, et prendre le point de vue des protagonistes au sein d'un thriller, illustré en figure 6.2.

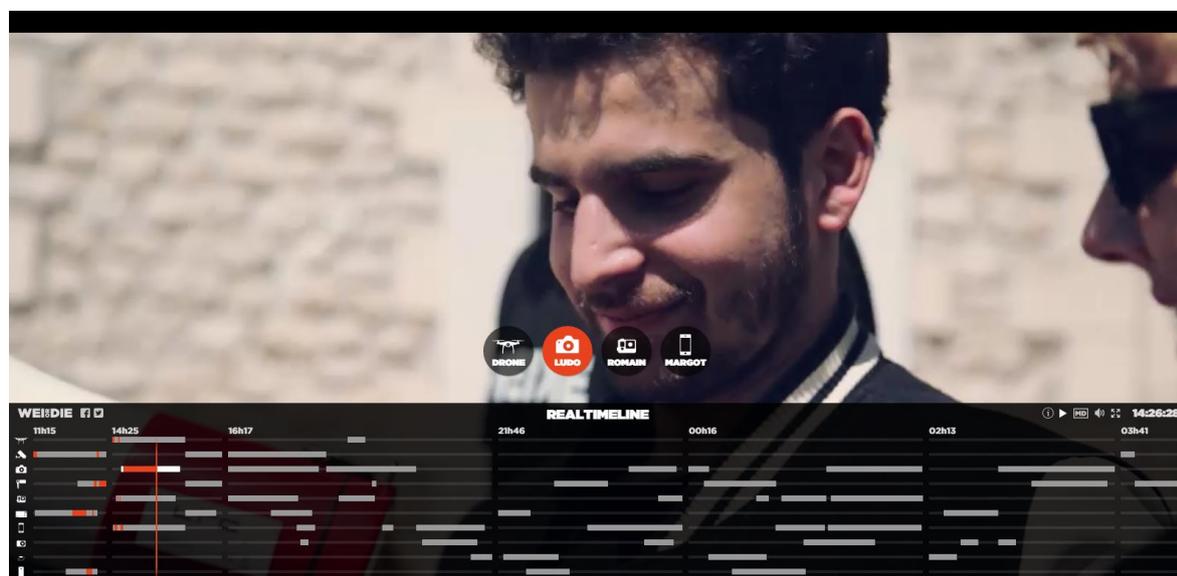


FIGURE 6.2 – *Realtimeline* de la web fiction WEI OR DIE

On utilisera ce système de *realtimeline* pour permettre à l'apprenant de naviguer entre les différentes alternatives qu'il aura vécues pour lui permettre de prendre conscience des

1. <http://24hoursofhappy.com/>
2. <http://stains-beaupays.nouvelles-ecritures.francetv.fr/>
3. <http://wei-or-die.nouvelles-ecritures.francetv.fr/>

conséquences de ses décisions et ainsi aider le formateur à avoir une interface pour lui montrer les conséquences de ses erreurs.

6.3.2 Illustration de notre système

L'apprenant peut arrêter la simulation interactive de mise en pratique à tout moment, et passe donc en phase de débriefing. On a souhaité que cette dernière phase soit intégrée au modèle car il s'agit d'une phase cruciale dans l'apprentissage. Dans cette phase, l'apprenant aura la possibilité de prendre conscience des enjeux de certaines de ses décisions et des conséquences de celles qu'il n'avait pas envisagées durant la simulation. Il naviguera entre tous les mondes alternatifs qu'il aura explorés et au-delà. C'est aussi un outil pour le formateur.

On propose une interface avec une timeline comme définie précédemment. Chaque histoire est représentée par une ligne de temps. Par exemple, sur la figure 6.3 on peut voir le déroulement de trois histoires. Les cylindres noirs et gris représentent les états du monde qu'il a réellement exploré. Durant cette phase de débriefing, l'apprenant a la possibilité de voir les événements qu'avait préparés le formateur dans le *scénario initiateur* dans les états du monde blanc, et peut aussi constater qu'ils ont aussi évolué lors de ses retours en arrière. L'apprenant peut naviguer entre chacune de ces temporalités. Il ne pourra plus agir dessus, mais seulement ré-explore les différents mondes.

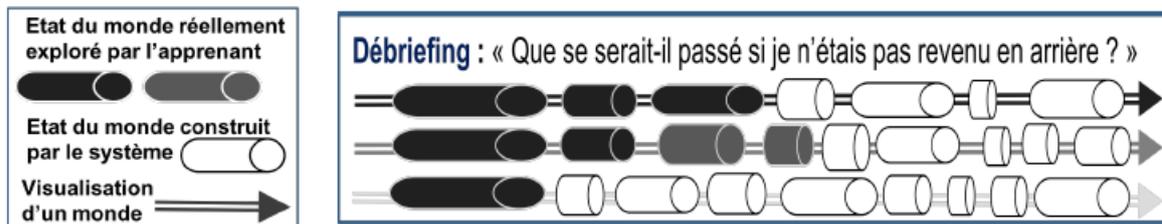


FIGURE 6.3 – Déroulement de la phase de débriefing

Chapitre 7

Entraînement fondé sur la génération d'un récit uchronique

*La stratégie, c'est l'art de la dialectique des volontés et des intelligences
employant entre autres la force ou la menace de recours à la force à des fins
politiques.*

—Georges Henri Soutou (1943 -) et Hervé Coutau-Bégarie (1956 - 2012)

Sommaire

7.1 Conception de l'environnement virtuel	81
7.1.1 Définitions et notations du monde et des variables	81
7.1.2 Formalisation du monde et des variables	83
7.2 Scénarisation d'une approche réflexive fondée sur l'uchronie	86
7.2.1 Caractéristiques d'une scénarisation rhizomatique	86
7.2.2 Représentation d'un scénario	87
7.2.3 Principes pour la scénarisation de l'histoire uchronique	87
7.3 Génération dynamique de situations de crise	89
7.3.1 Ajustement du scénario : <i>late commitment</i>	89
7.3.2 Transformation lors des retours en arrière : probabilités	91
7.3.3 <i>Sauvegarde informée</i> : générateur du <i>scénario-rhizome</i>	94

Au sein de l'expérience d'entraînement virtuel en trois phases on propose de mobiliser les concepts de l'uchronie, genre de la fiction qui mélange temps et histoire alternative. Dans cette proposition, l'apprenant a la possibilité de remonter dans le temps pour explorer un monde alternatif au monde original. Lors de ces explorations, l'apprenant construit au sein de chacun des mondes alternatifs des histoires alternatives à sa première exploration. Ces mondes alternatifs ont la particularité d'être structurellement identiques au monde original, qui est défini par le formateur, et dont les événements sont modifiés afin d'apporter l'aspect déstabilisant spécifique aux situations de crise.

Afin de répondre aux problèmes liés à l'écriture et la programmation dans un contexte de formation d'experts à la prise de décision en situations de crise, on propose de mobiliser les principes définis précédemment pour élaborer une solution. Notre approche est d'obtenir un rhizome résultant d'un système génératif par "retour en arrière". On aura bien des arbres de choix, mais revenir en arrière, de manière abstraite, brisera cette arborescence, générant un rhizome. Tout point ne sera pas accessible depuis n'importe quel autre, mais le système et l'apprenant vont créer ces connexions.

On commencera par définir notre représentation du monde et du temps dans une nécessité de conception dite uchronique. Ensuite on formalisera ces éléments afin de proposer une scénarisation. Et enfin, on proposera les mécanismes sous-jacents à la génération dynamique de ces situations de crise.

7.1 Conception de l'environnement virtuel

Dans cette section, on présente la conception de l'environnement virtuel. On commence par donner les définitions et les notations singulières au concept d'uchronie, tels que les concepts de mondes et d'histoires alternatives, puis on en propose la formalisation.

7.1.1 Définitions et notations du monde et des variables

Les définitions sont données par ordre alphabétique. Elles servent de glossaire pour définir les éléments qu'on va formaliser dans la sous-section suivante, et manipuler dans ce chapitre.

Acteur Un acteur est un personnage dans l'environnement virtuel. On note l'ensemble d'acteurs Act qui sont l'ensemble des personnages non joueurs, noté PNJ, de l'environnement virtuel ainsi que du personnage joueur. On note pnj_k un personnage non joueur, et pj le personnage joueur.

Action Une action est l'interaction d'un acteur avec un autre acteur ou un objet. On note a une action et A l'ensemble des actions possibles.

Apprenant L'apprenant est l'être humain qui utilise l'environnement virtuel à des fins d'apprentissage. Il est représenté dans l'environnement virtuel par le personnage du joueur. Ici, il n'y en a qu'un et on le note pj .

Environnement virtuel L'environnement virtuel est caractérisé par deux éléments : l'immersion de l'apprenant dans un simulacre et l'interaction de son personnage joueur avec des objets et d'autres acteurs. L'environnement virtuel est défini comme un espace d'état (l'ensemble des états des mondes possibles) et un espace d'action (l'ensemble des actions possibles).

État du monde Un état du monde est un ensemble de prédicats sur l'ensemble des objets et des acteurs présents dans le monde à un instant t . On note un état du monde s_w , où w est le monde.

Événement Un événement est un phénomène qui engendre un changement dans le monde. On note e un événement et E l'ensemble des événements possibles.

Événement survenu Un événement qui a eu lieu est appelé événement survenu. On note es un événement survenu et ES l'ensemble des événements survenus.

Événement déclenchable Un événement qui peut être déclenché par un intermédiaire (système ou formateur) est appelé événement déclenchable. On note ed un événement déclenchable et ED l'ensemble des événements déclenchables. Un élément déclenchable ed devient un événement survenu es lorsqu'il s'est effectivement produit dans l'environnement virtuel suite à son déclenchement par le système ou le formateur.

Événement *commité* Un événement qui est ajouté par le formateur ou le système en cours de mise en pratique. On *commit* un état, qui devient cet événement. On note *ec* un événement *commité* et EC l'ensemble des événements *commités*. Un élément *commité ec* devient un événement déclenchable *ed* lorsqu'il est *commité* par le système ou le formateur.

Histoire Une histoire est une séquence temporellement et conditionnellement ordonnée par les actions effectuées et les événements survenus. On note *h* une histoire et H l'ensemble des histoires possibles.

Histoire uchronique Une histoire uchronique est une histoire ayant eu lieu au cours de la mise en pratique entre le moment où l'apprenant entre dans un monde et le moment où il en sort. On note h_w l'histoire uchronique correspondant au monde *w* et HU l'ensemble des histoires de la mise en pratique.

Monde Un monde est une structure composée d'un ensemble d'acteurs et d'objets. Le décor, les lieux etc. sont des éléments perceptifs non manipulables par le joueur et qui ne font pas partie de la description du monde. On note *w* un monde. On note W l'ensemble des mondes possibles.

Monde original Un monde original est le monde initialisé en début de simulation. Une partie de ce monde est définie par le formateur lorsqu'il initialise le *scénario initiateur*. On note le monde original w_0 .

Monde uchronique Un monde uchronique est un monde alternatif au monde original. À chaque retour en arrière, on crée un nouveau monde alternatif dit uchronique. On note ce monde w_i , avec *i* correspondant au nombre de retour en arrière au cours de la mise en pratique. On note WU l'ensemble des mondes créés par l'apprenant au cours de la mise en pratique.

Objet Un objet est une chose pouvant être manipulée ou utilisée par un acteur ou le joueur. On note un objet *o* et O l'ensemble des objets possibles.

Rôle Un rôle est une classe de personnage. On note *r* un rôle et R l'ensemble des rôles possibles.

Scénario Un scénario est une séquence d'actions et d'événements. Cette séquence est temporellement et conditionnellement ordonnée par les actions effectuées et les événements survenus, et est composé d'une liste d'événements déclenchables. On note un scénario S_{s_w} , où s_w correspond à l'état du monde présent.

Scénario initiateur Le *scénario initiateur* est le scénario initialisé par le formateur pour le monde original. On le note S_I .

Scénarisation Une scénarisation est un processus d'organisation et de gestion en temps réel (interactif) du scénario en cours.

Temporalité Une temporalité est associée aux actions, aux événements et aux histoires. On distingue deux types de temps selon la paire de concepts définis par DELEUZE [1969a]¹ :

- **Aiôn** : est le temps du passé et du devenir. Il n'y a pas de transformation, ici le temps Aiôn est un système de tag. On note ce temps t_{aion} . On tag à $t_{aion_{w_i}}$ chaque temps associé à des débuts ou fins actuellement créés dans chaque monde w_i .
- **Chronos** : est le temps du présent. C'est le temps du processus de calcul qui sera utilisé par les mécanismes sous-jacents à la scénarisation, et continu dans tous les mondes. On note ce temps t_{chro} .

7.1.2 Formalisation du monde et des variables

Le formalisme est donné par ordre alphabétique.

Acteur Un acteur p est défini par $p = \langle r, A_p \rangle$ où $r \in R$ est son rôle et $A_p \subset A$ l'ensemble des actions qui lui sont permises.

Action Une action est définie par $a = \langle param, pre, eff, dur \rangle$, où $param$ est une liste de paramètres, pre est un ensemble de pré-conditions à vérifier composé de prédicats, eff est l'ensemble des effets composé de prédicats, et dur est la durée de l'action. Une action effectuée est définie par $ad = (t_{a_{w_i}}, a)$, où $t_{a_{w_i}}$ est le temps auquel l'action a a débuté dans le monde w_i . On associe \mathbb{P}_r une fonction de probabilité $\mathbb{P}_r : A \times \{0, 1\}$ à la réussite d'une action $a \in A_{pn_{j_i}} \cup A_{pj_i}$.

État du monde Un état s_{chro} du monde w_i est visualisé au temps $t_{chro} \in [t_{debut_{w_i}}, t_{chro_{w_i}}]$ du scénario $S_{s_{chro_{w_i}}}$. On lui associe un ensemble de prédicats $P(x_0, \dots, x_i, \dots, x_n)$, dont les variables x_i sont des objets et des personnages, où $x_n \in PNJ \cup O$.

Événement Un événement est défini par $e = \langle param; pre; dur; eff \rangle$ où $param$ est une liste de variables, pre est un ensemble de pré-conditions à vérifier et composé de prédicats, dur est la durée de l'événement et eff est l'ensemble des changements composés de prédicats.

Événement survenu Un événement survenu est défini par $es = (t_{surv_{w_i}}, e)$, où $t_{surv_{w_i}}$ est le temps auquel l'événement e est survenu dans le monde w_i .

Événement déclenchable Un événement déclenchable est défini par $ed = (t_{decl_{w_i}}, e)$, où $t_{decl_{w_i}}$ est le temps auquel l'événement e sera déclenché dans le monde w_i . Une liste $list_{ed}$ correspond aux événements dont le temps $t_{decl_{w_i}}$ est supérieur au temps t_{chro} présent. Un événement déclenché devient un événement survenu avec $t_{decl_{w_i}} = t_{surv_{w_i}}$ et ne fait plus partie de la liste $list_{ed}$. On associe \mathbb{P}_a une fonction de probabilité d'apparition $\mathbb{P}_r : A \times \{0, 1\}$ d'un événement ed .

Événement *commité* Un événement *commité* est un sous-événement d'événement déclenchable. Quand le formateur ou le système le *commite*.

1. [Si] Chronos n'a qu'un temps, le « présent vivant » (Logique du sens, 1969, p. 13), Aiôn en possède deux, le passé et l'avenir, mais n'a pas de présent. »(Philippe Mengue, « Aiôn / Chronos » in Le vocabulaire de Gilles Deleuze (sous la dir. Robert Sasso et Arnaud Villani), Les Cahiers de Noesis n° 3, Printemps 2003, p. 41.)

Histoire uchronique Une histoire uchronique h_{w_i} est créée pour chaque monde exploré w_i , où i correspond au numéro du monde w_i à laquelle est associée l'histoire.

Il s'agit d'une séquence du sous-ensemble d'actions effectuées et du sous-ensemble des événements survenus entre $t_{debut_{w_i}}$ et $t_{fin_{w_i}}$, où $t_{debut_{w_i}}$ correspond au moment où l'apprenant est arrivé dans le monde w_i et $t_{fin_{w_i}}$ le moment où il l'a quitté.

Une histoire uchronique est définie par $h_i \subset s_{fin_{w_i}}$ tel que $\forall a \in S_{chro_{w_i}}, t_{eff}(a) \in [t_{debut_{w_i}}, t_{fin_{w_i}}] \mid a \in h_i$ et $\forall e \in S_{chro_{w_i}}$ tel que $t_{decl}(e) \in [t_{debut_{w_i}}, t_{fin_{w_i}}] \mid e \in h_i$.

Monde Un monde est défini par $w = \langle Act, O \rangle$.

Monde uchronique Un monde uchronique est défini par $w_i = \langle Act_{w_i}, O_{w_i} \rangle$. Un monde uchronique est créé au moment $t_{debut_{w_i}}$ auquel est revenu l'apprenant, et sa structure est composée des sous-ensemble d'acteurs Act_{w_i} et d'objets O_{w_i} qui ont évolué au cours du temps t_{chro} jusqu'à la $t_{fin_{w_i}}$.

Scenario initiateur Lors du briefing le formateur définit le *scénario initiateur* par $S_{SI} = \{w_0, E_{SI}, ES_{SI}, ED_{SI}\}$, avec les variables qu'il peut initialiser :

— **Le monde original :**

- **Les objets :** le formateur initialise un ensemble d'objets $O_{SI} = \{o_1, \dots, o_n\} \subset O$. O_{SI} correspondant à l'ensemble des objets nécessaires au contexte d'apprentissage parmi un ensemble d'objets O .
- **Les acteurs :** le formateur initialise un ensemble d'acteurs $PNJ_{SI} = \{pnj_1, \dots, pnj_n\} \subset PNJ$. L'ensemble PNJ_{SI} correspond à l'ensemble des acteurs pouvant faire partie du contexte d'apprentissage.
- **Les événements :** le formateur initialise un ensemble d'événements $E_{SI} = \{e_1, \dots, e_n\} \subset E$. E_{SI} correspondant à l'ensemble des événements nécessaires au contexte d'apprentissage parmi un ensemble d'événements E . Et les sous-ensemble suivants :
 - **Les événements survenus :** un ensemble d'événements survenus $ES_{SI} = \{es_1, \dots, es_n\} \subset E_{SI}$. ES_{SI} correspond à l'ensemble des événements déjà survenus à l'instant $t_{debut_{w_0}}$ du début de mise en pratique.
 - **Les événements déclençables :** le formateur choisit un ensemble d'événements qui seront déclenchés $ED_{SI} = \{ed_1, \dots, ed_n\} \subset ED$. Le formateur initialise les temporalités, qui peuvent être inférieures au temps $t_{debut_{w_0}}$ auquel commencera la mise en pratique.

Le *scénario initiateur* est une séquence ordonnée temporellement et conditionnellement par tous les événements survenus et déclençables.

Scénario Un scénario $S_{s_{chro_{w_i}}}$ est une séquence ordonnée par les sous-ensembles d'actions effectuées et du sous-ensemble des événements survenus entre $t_{debut_{w_i}}$ et t_{chro} , où $t_{debut_{w_i}}$ correspond au moment où l'apprenant est arrivé dans le monde w_i et t_{chro} le moment présent.

Un scénario est défini par $S_{s_{chro_{w_i}}}$ tel que $\forall a \in S_{s_{chro_{w_i}}}, t_{eff}(a) \in [t_{debut_{w_i}}, t_{chro}] \mid a \in S_{chro_{w_i}}$ et $\forall es \in S_{s_{chro_{w_i}}}$ tel que $t_{surv}(es) \in [t_{debut_{w_i}}, t_{chro_{w_i}}] \mid es \in S_{chro_{w_i}}$.

Scénarisation Une scénarisation est définie par ses principes en sous-section suivante.

Temporalité Les deux concepts de temporalités permettent de dissocier la construction des histoires pour le débriefing, et les calculs en cours durant la mise en pratique :

- **Aiôn** : Un temps aiôn est défini par un temps $t_{aion_{w_i}}$ servant de tag pour la construction des histoires et des scénarios des mondes w_i :
 - Une histoire h_{w_i} a un début $t_{debut_{w_i}}$ et une fin $t_{fin_{w_i}}$;
 - Une action ad débute à $t_{a_{w_i}}$ et prend fin au dernier effet eff à $t_{eff_{w_i}}$;
 - Un événement es survient à $t_{surv_{w_i}}$ et un événement déclenchable possède un temps de déclenchement $t_{decl_{w_i}}$.
- **Chronos** : Un temps chronos est défini par un temps $t_{chronos}$ utilisé pour générer les scénarios. C'est le temps de l'espace des conjectures (voir section 5.1.3) dans lequel se déroule les scénarios $S_{s_{chro_{w_i}}}$.

7.2 Scénarisation d'une approche réflexive fondée sur l'uchronie

Dans cette section on a conçu un design de scénarisation qui permet à l'apprenant de développer une approche réflexive de son apprentissage fondée sur l'uchronie. Au sein d'une même mise en pratique, l'apprenant a la possibilité de répéter différemment l'histoire originale. Ainsi il peut se confronter à plusieurs situations déstabilisantes et prendre conscience de ces situations afin de s'entraîner à la prise de décision dans ces crises.

Cette variabilité on l'obtient grâce à la généralité, définie en section 5.2.4 avec l'exemple d'un objet fractal. La généralité d'un scénario au sens fractal et par processus rhizomatique commence par la définition du *scénario initiateur*, l'initiateur. On considère que chaque scénario uchronique $S_{S_{chro_{w_i}}}$ est une partie de ce type de scénario qu'on appellera *scénario-rhizome*. Dans cette section on va en donner les caractéristiques, puis on expliquera comment on mobilise les principes de scénarisation labyrinthique définis en section 5.1 pour créer les scénarios uchroniques afin de générer ce *scénario-rhizome*.

7.2.1 Caractéristiques d'une scénarisation rhizomatique

On va extraire des concepts et des principes du rhizome, définis par DELEUZE et GUATTARI [1980] et repris en section 2.1, les éléments qui nous intéressent pour caractériser une scénarisation rhizomatique. Les dimensions étroitement liées qu'on cherche à concilier sont : la temporalité, la criticité et la complexité de l'action. On va décrire les concepts du rhizome d'un point de vue scénario, et aussi d'un point de vue utilisateur (apprenant et formateur) :

Anarchique : le *scénario initiateur* est défini comme une séquence ordonnée, tout comme chacun des scénarios générés. La scénarisation rhizomatique doit présenter une absence d'ordre pré-établi entre ses éléments lorsqu'elle tend vers le *scénario-rhizome*. L'apprenant développe son propre parcours en fonction des actions qu'il effectue et n'est pas contraint dans son apprentissage.

Deterritorialisé : la scénarisation rhizomatique définie pour un domaine peut être transposée dans un autre. Le formateur intervient pour caractériser le domaine. L'apprenant développe un processus de décontextualisation d'un ensemble de relations qui lui permet de les actualiser dans d'autres contextes.

Espace lisse : l'espace d'une scénarisation rhizomatique est lisse si la nature de ses points permet de tracer des lignes directionnelles et vectorielles, et non pas dimensionnelles, n'exprimant pas la mesure. Il y existe des chemins mais ils ne sont pas tous tracés selon des étapes pré-définies. C'est un espace propice à la transformation où l'apprenant y habite en Nomade.

Hétérogène : le scénario est une séquence de deux éléments de natures différentes qui sont connectés : actions et événements survenus et déclenchables. La scénarisation rhizomatique permet à l'apprenant et au formateur de créer ces connexions.

Multiple : la scénarisation rhizomatique "n'a pas de commencement ni de fin, mais toujours un milieu, par lequel il pousse et déborde". Les scénarios ne se laissent pas ramener à l'Un, leur original (par exemple le *scénario initiateur*), une fois que le mécanisme de transformation est en marche. Les scénarios sont comptés à N-1, soustraction de l'Original (par exemple du *scénario initiateur*) au Tout. L'apprenant lui-même est un multiple.

Nomade : la scénarisation rhizomatique possède des aspects spatiaux-géographiques; aspect arithmétique ou algébrique; aspect affectif. L'apprenant nomade est extérieur au scénario, chaque point y existe pour être quitté. Il évolue en fonction de ses nécessités, de ses décisions.

Non-linéaire : la scénarisation rhizomatique crée des connexions entre les éléments et utilise des effets de boucle temporelle. L'apprenant développe une pratique réflexive, qui est non-linéaire en fonction de l'expérience vécue. Ce qui crée des connexions avec sa base de connaissance, et par un processus de reconnexions l'enrichit.

Rhizomatique : la scénarisation rhizomatique est un processus de transformation. Ce même mécanisme est appliqué à l'apprentissage de l'apprenant qui est transformé après chaque entraînement.

Science mineure *Non pertinent dans le cadre de cette thèse.*

7.2.2 Représentation d'un scénario

La représentation sur plan, tel que ce manuscrit, est problématique car elle ne permet pas de prendre en compte la complexité du scénario. En section 3.3 on illustre ce problème à travers la représentation des systèmes de classification qui utilisent l'espace de représentation d'Euclide. En section 5.1 on proposait un espace abstrait labyrinthique pour présenter des principes de scénarisation.

Dans ce chapitre, on propose de visualiser le scénario à l'aide de séquences de cylindres circulaires droits. Chaque cylindre représente un état du monde $S_{S_{chro}w_i}$ au temps t_{chro} . Ainsi on y voit : des acteurs; des objets; une action ou des événements.



FIGURE 7.1 – Trois états du monde

Par exemple depuis la figure 7.1 qui représente trois états du monde, on peut construire un scénario où l'un des acteurs serait l'apprenant p_{j_0} : "Deux équipiers ont brancardé un blessé. Puis l'apprenant a ausculté le blessé. Puis il a pris la décision de l'opérer".

7.2.3 Principes pour la scénarisation de l'histoire uchronique

Une fois que le *scénario initiateur* est initialisé, les autres scénarios vont répondre aux principes de scénarisation défini en section 5.1 et vont mobiliser les concepts définis et interprétés en sous-section 7.2.1 :

Irrévocabilité de l'avancée du temps : Le temps avance selon t_{chro} , et les événements se déclenchent aux temps t_{decl} définis par le formateur lorsqu'il a initialisé l'ensemble des événements ED_{SI} . Ainsi, au début de la mise en pratique, le scénario s'il n'était qu'une séquence d'événements et d'actions faites par les acteurs avanceraient irrévocablement de manière scriptée et linéaire.

Pour briser cette irrévocabilité de l'avancée du temps dans l'environnement virtuel (irrévocabilité qu'il subit dans le monde réel), l'apprenant peut revenir en arrière et ce avant le début $t_{debut_{w_0}}$ du monde original initialisé par le *scénario initiateur*. En effet comme des événements survenus ont été initialisés, l'apprenant peut donc revenir avant le début de ces événements, qui deviennent des événements déclenchables.

Arborescence des choix : Des choix sont offerts à l'apprenant durant la mise en pratique. Il peut interagir sur le scénario en fonction des choix d'actions définis par le formateur lors du *scénario initiateur* lorsqu'il définit le groupe d'acteurs et les actions qui leur sont permises.

Comme défini en section 4.2, les sauvegardes dans les jeux vidéo peuvent être des étapes construites par l'utilisateur. Ainsi, la construction de ces étapes de sauvegardes fera partie intégrante de notre système, et seront des noeuds de l'arbre de choix réellement construit par l'apprenant dans le *scénario-rhizome*. Ici, on souhaite permettre à l'apprenant de développer une pratique réflexive, en utilisant les mécanismes de retour en arrière fondés sur l'uchronie. Ainsi on conçoit le choix du retour comme mécanisme d'interaction intégrant le choix du retour en arrière et l'arrivée dans un monde uchronique w_i .

Structurable et jamais définitivement structuré : L'apprenant durant la mise en pratique fait des choix en fonction du *scénario initiateur* structuré par le formateur. En phase de débriefing, la mise en pratique sera structurable par les choix qu'il aura effectués, et par les points de sauvegarde qu'il aura créés.

On souhaite que l'apprenant développe une pratique réflexive qui prendrait forme ici dans un espace de conjecture, comme défini en section 5.1.3. En phase de briefing, le formateur structure le scénario en initialisant des événements déclenchables : les étapes. Durant la mise en pratique, les points de sauvegardes sont des étapes où l'apprenant a estimé qu'il fallait revenir en arrière pour modifier un ou plusieurs de ses choix. Ces hypothèses et la trajectoire de l'apprenant s'appuient sur l'initiateur et créent de nouveaux motifs. Il est lui-même générateur du *scénario-rhizome*. Le formateur et le système interviennent aussi pour apporter de la variabilité car des éléments indéterminés le deviennent et des fonctions de probabilités associées à des éléments sont relancées permettant le devenir de nouveaux événements. De plus, les événements déclenchables qui structurent le scénario initiateur, sont temporellement et conditionnellement modifiables à chaque retour en arrière. En phase de débriefing, même si les points de sauvegardes et les lignes de temps sont figés, l'histoire que va se raconter l'apprenant est sujette à modification en fonction de la réflexivité qu'il développera sur son propre apprentissage. Afin de favoriser le développement d'une pratique réflexive l'apprenant doit réévaluer ses croyances jamais définitivement structurées.

7.3 Génération dynamique de situations de crise

Durant la phase de mise en pratique, la simulation interactive évolue dynamiquement au cours du temps présent t_{chro} en fonction des événements survenus et déclenchables initialisés par le formateur. On rappelle qu'on souhaite développer une stratégie d'apprentissage réflexive chez l'apprenant qui s'appuierait sur sa prise de conscience de la situation de crise dans laquelle il se trouve, c'est-à-dire une situation déstabilisante. On fait en sorte qu'il prenne conscience des alternatives qui s'offrent à lui dans un même contexte d'apprentissage lors de ses prises de décisions, afin qu'elles soient fondées sur ses expériences passées et les événements à venir.

Le *scénario initiateur* S_{SI} est l'initiateur du *scénario-rhizome*. On va expliquer dans cette section les mécanismes de transformation sous-jacents qu'on va appliquer au *scénario initiateur* pour la génération des scénarios S_{sw} . Il s'agit de mécanismes d'ajustement et probabiliste. On va ensuite expliquer comment l'expérience de l'apprenant est prise en compte tout au long de la mise en pratique. Ces mécanismes sont propagés dans les *sauvegardes informées* et deviennent les générateurs, ajout d'un motif sur l'initiateur au sens fractal, du *scénario-rhizome*.

7.3.1 Ajustement du scénario : *late commitment*

Le formateur a la possibilité d'ajuster le scénario grâce à un mécanisme de *late commitment*² durant la mise en pratique. Ainsi, le processus de mise à jour du scénario est continu, que l'apprenant revienne ou non en arrière.

Comme pour les travaux de SWARTJES et THEUNE [2009] qui se sont inspirés du théâtre d'improvisation pour définir ce mécanisme, on propose au formateur - lorsqu'il initialise le *scénario initiateur* - de laisser certains éléments indéterminés. Puis, comme dans les travaux de BAROT [2014] qui l'utilise pour modifier des contraintes d'occurrence à la volée, on mobilise ce mécanisme pour que le formateur puisse déterminer ces éléments en fonction des besoins et des interactions de l'utilisateur avec le système. On peut *commiter*³ l'état des objets et des acteurs.

Par exemple, dans le cadre de notre cas application, la figure 7.2 représente le début d'une mise en pratique. Un événement vient de survenir, il s'agit de l'arrivée de nouveaux blessés. L'apprenant commence la mise en pratique en dehors du Poste de secours Médical Avancé (PMA), et quand il y rentre il fait le choix d'installer le blessé sur l'un des lits les plus proches de l'entrée/sortie. Ces choix s'effectuent en fonction du degré de gravité des blessés et de la proximité de certains éléments du PMA, tel que la radio représentée en figure 7.3. L'apprenant ne l'a pas remarqué car il installe aussi le deuxième blessé loin de la radio. Pour déstabiliser l'apprenant, le formateur peut décider de *commiter* un événement radio.

Un autre exemple, est que le formateur peut faire évoluer les prédicats numériques associés à un acteur, par exemple dans notre cas son degré de gravité $degreGravite(pn_ji) \in [0, 1]$. Dans la figure 7.4, l'équipier a exploré le reste du PMA et

2. Le *late commitment* est un mécanisme d'ajustement qui consiste à préciser progressivement durant la simulation des états laissés incertains à l'initialisation [BAROT, 2014].

3. Anglicisme informatique : opérer la mise-à-jour.



FIGURE 7.2 – Territoire inexploré : monde partiellement indéterminé

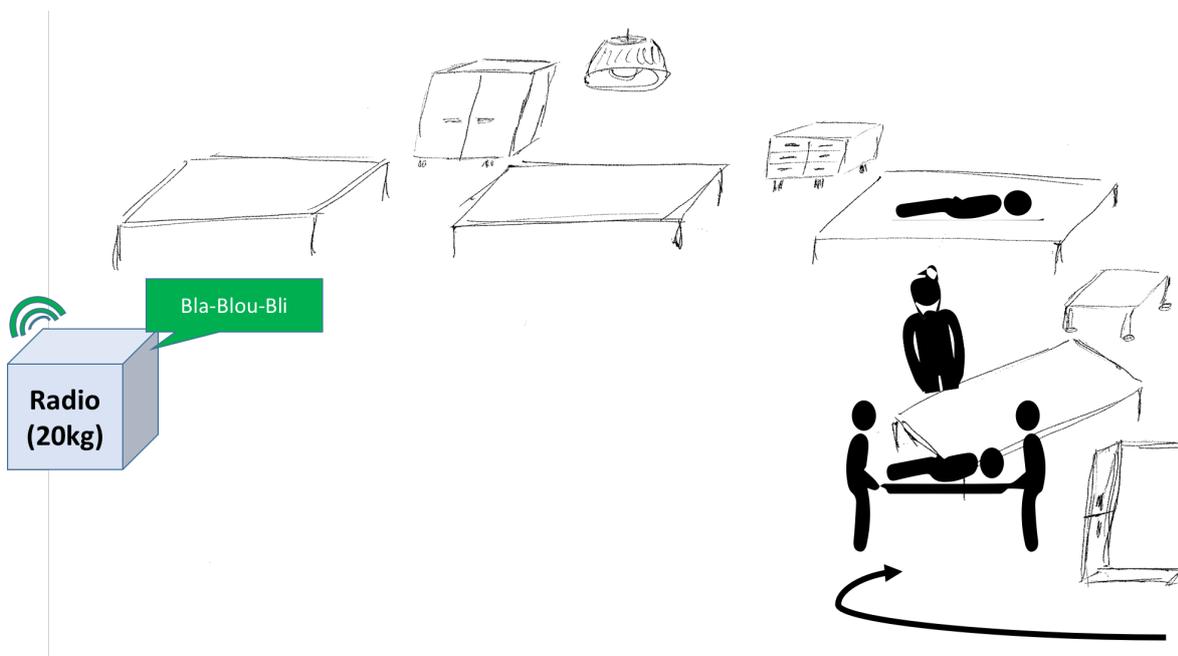


FIGURE 7.3 – Déstabilisation : *commitment* d'un événement radio

connait la présence du fauteuil roulant qui pourrait accueillir l'un des blessés. Le formateur peut faciliter ou complexifier en *commitant* tous les blessés à des degrés de gravité qui ne lui permettent pas de les installer assis.

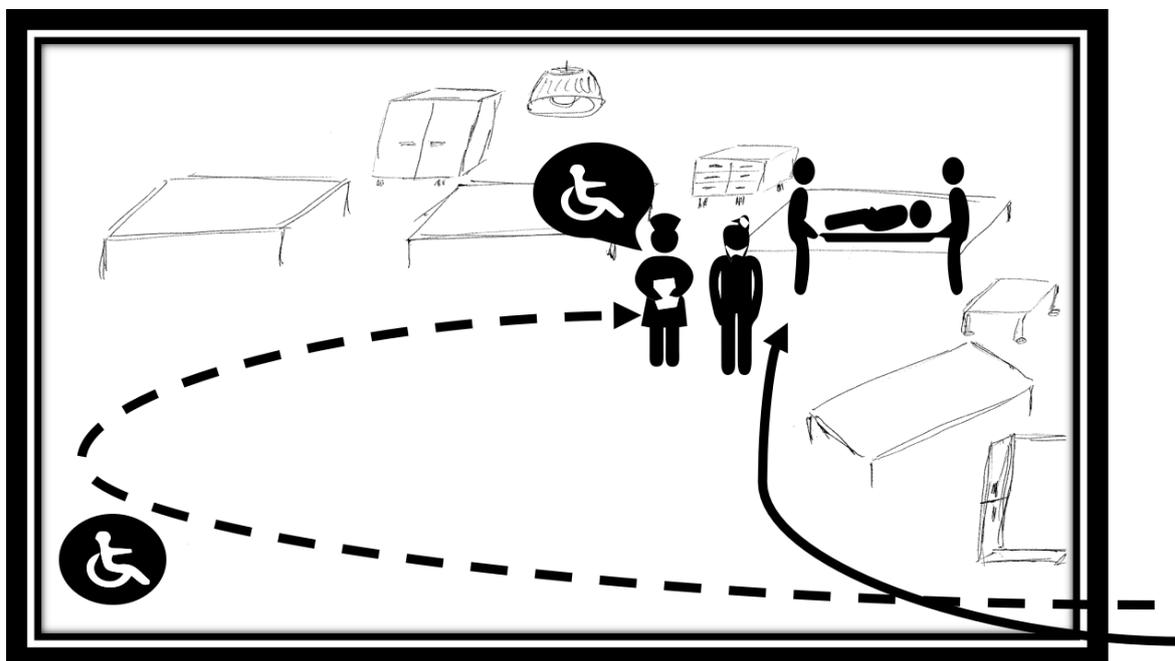


FIGURE 7.4 – Complexification ou facilitation : *commitment* de l'état d'un acteur

7.3.2 Transformation lors des retours en arrière : probabilités

On a associé des probabilités aux actions et aux objets pour apporter de la variabilité au scénario. Ce type de méthode est utilisé en modèle d'analyse de risque, comme par exemple dans les travaux qui transposent des nœuds papillons [DEBRAY et collab., 2006] en réseaux bayésiens [AMOKRANE, 2010]. Les probabilités d'occurrences sont initialisées par le formateur en début de simulation dans le *scénario initiateur*. Lorsque l'apprenant revient en arrière, on change les fonctions de probabilités associées aux réussites des actions et aux apparitions des événements pour apporter de la variabilité entre les mondes uchroniques. Voici deux façons de faire évoluer les fonctions de probabilités afin d'apporter de la variabilité dans le scénario :

- En fonction du choix de quitter w_i : dans le labyrinthe unicursal, on développe une maîtrise consciente des événements. Dans l'entraînement aux compétences non-techniques on favorise la prise de décision par la prise de conscience de la situation. Afin de modifier les situations d'un monde à l'autre, le système fait varier aléatoirement la probabilité d'apparition d'un événement après chaque retour en arrière. L'algorithme est présenté en figure 7.6.
- En fonction des choix dans le monde w_i : dans le labyrinthe maniériste, on développe un apprentissage par essai-erreur afin de motiver l'apprenant par des systèmes de récompense. Or dans notre cas d'application on souhaite entraîner des apprenants à des situations de crise (déstabilisantes). Comme à chaque action est associée une fonction de probabilité de réussite, le système la fait varier après chaque retour en arrière. L'algorithme est présenté en figure 7.7.

L'intérêt de changer la probabilité d'occurrence des événements à chaque retour en arrière est d'assurer l'évolution du scénario vers une autre intrigue favorisant la gestion de crise. Par exemple, dans la figure 7.5, l'apprenant est revenu à l'auscultation d'un blessé (état du monde s_2) et aurait pu chercher la "bonne" solution au traitement de ce blessé, cependant au lieu que l'équipier l'informe de la présence d'un fauteuil il l'informe de l'arrivée d'un véhicule. Ainsi, l'apprenant est amené à éprouver ses capacités décisionnelles en situations déstabilisantes en raison de l'apparition de ce nouvel événement. Il en va de même pour la probabilité de réussite d'une action.

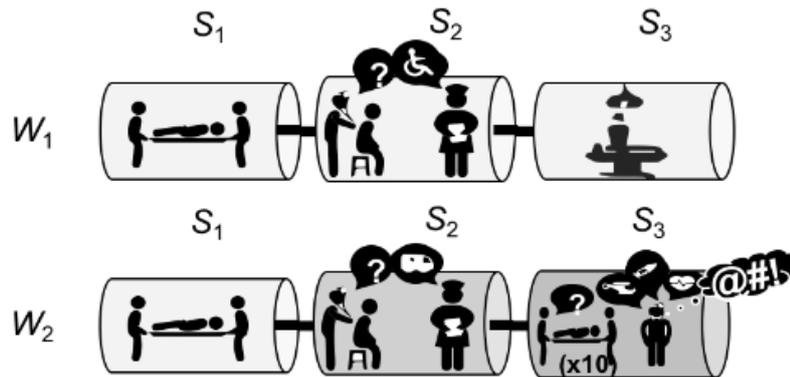


FIGURE 7.5 – Probabilités d'occurrence d'un événement

L'algorithme en figure 7.6 prend en entrée une liste d'événements déclençables, le temps présent, l'état courant du monde et une constante de durée. Pour chaque événement déclençable de la liste (ligne 5) qui a réellement été déclenché et dont les préconditions sont toujours vérifiées à l'état courant, alors on tire aléatoirement un nombre. Si ce nombre est supérieur à la probabilité d'apparition de l'événement déclençable alors on calcule le nouveau temps auquel l'événement sera déclenché, avec une variabilité constante (T) pour tous les événements déclençables. On ne garde que les événements déclençables dont le nouveau temps est supérieur au temps courant et on sauvegarde ce couple nouveau temps / événement dans la liste *plan_ed*. On s'assure que tout événement nouvellement ajouté dans la liste est applicable. L'événement est appliqué à l'état courant (ligne 12) et le temps courant est mis-à-jour avec le temps de l'événement pour le calcul de l'événement suivant de la liste. Quand on a parcouru toute la liste *list_ed*, on retourne la nouvelle liste *plan_ed* qui sert à planifier les événements déclençables dans le nouveau monde.

```

1: function PLANIFÉVTUCHRONIQUE(list_ed, t_chro, swi, T)
2:   current_state ← swi
3:   current_t ← t_chro
4:   plan_ed ← ()
5:   for each ed = (t_decl, e) ∈ list_ed do
6:     if ed.t_decl > t_chro and current_state ⊨ pre(ed.e) then
7:       proba_decl = rand(0, 1)
8:       if proba_decl ≥ Pa(ed) then
9:         new_t = ed.t_decl ± T
10:        new_t = min(current_t, new_t)
11:        plan_ed ← (new_t, ed)
12:        current_state = apply(ed.e, current_state)
13:        current_t = new_t
14:   return plan_ed
    
```

FIGURE 7.6 – Algorithme de planification d'événements lors du retour en arrière

```

1: function ACTIONSUCHRONIQUE(list_ad, t, s)
2:   current_state ← s
3:   current_t ← t
4:   plan_ad ← ()
5:   for each ad = (t_a, a) ∈ list_ad do
6:     proba_reu = rand(0, 1)
7:     if proba_reu ≥ Pr(a) then
8:       Pr(a) = proba_reu
9:       list_a ← Pr(a)
10:  return list_a
    
```

FIGURE 7.7 – Algorithme de déstabilisation des actions lors du retour en arrière

7.3.3 Sauvegarde informée : générateur du scénario-rhizome

À l'origine du *scénario-rhizome* est un *scénario-initiateur*, qui est une séquence ordonnée temporellement et conditionnellement par tous les événements survenus et déclenchables, et un générateur, une séquence anarchique d'ensemble d'événements survenus et déclenchables issus des algorithmes 7.6 et 7.7.

À la première sauvegarde, chaque séquence ordonnée temporellement et conditionnellement par tous les événements survenus et déclenchables du *scénario-initiateur* est remplacée par le générateur. À l'étape suivante, chaque séquence ordonnée temporellement et conditionnellement par tous les événements survenus et déclenchables du scénario obtenu à la première étape est remplacée par le générateur et ainsi de suite, jusqu'à l'infini... En pratique, on s'arrête quand l'apprenant ou le formateur met fin à la mise en pratique.

À chaque sauvegarde, le générateur relance les probabilités des événements déclenchables en fonction des événements qui ont réellement été déclenchés, selon l'algorithme 7.6. Dans les systèmes de sauvegardes habituels, on peut avoir ce type d'algorithme qui relance une probabilité à chaque retour en arrière. Mais le fait d'avoir aussi un mécanisme d'ajustement qui lui est rétropropagé lorsqu'on revient en arrière, est notre solution singulière. En effet, comme le formateur a la possibilité de *commiter* de nouveaux événements, ceux-ci sont ajoutés dans la liste des événements déclenchables (*list_ed*). De plus, à chaque itération, le générateur relance les probabilités sur les actions en fonction de celles qui ont été réalisées. C'est ainsi que le nouveau scénario est issu d'une sauvegarde dite *informée*. Ce qui a pour effet qu'après plusieurs retours en arrière on tend vers un scénario différent du premier *scénario initiateur*. C'est le *scénario-rhizome*. Les utilisateurs ont une influence sur le *scénario-rhizome*, pas uniquement sur l'un des scénarios.

Par exemple, la figure 7.8 illustre une partie de l'état du monde s_{1w_1} dans lequel des acteurs brancardent un autre acteur. L'état du monde correspondant à s_{1w_1} est sauvegardé si l'apprenant revient après et copié par ce qu'on illustre en s_{1w_2} .

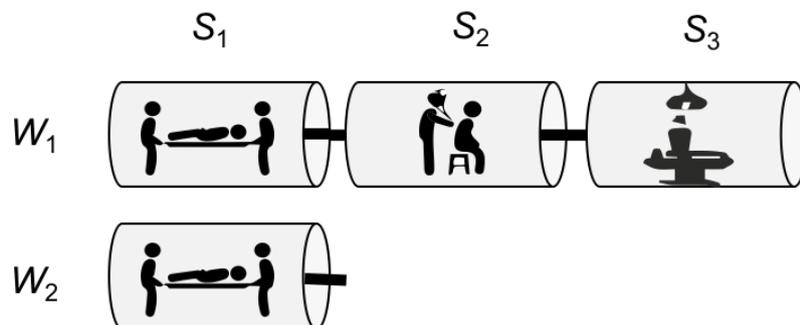


FIGURE 7.8 – Sauvegarde et création d'un nouveau monde w_2

Dans la figure 7.9, même si l'apprenant répète la même action que dans le monde précédent, les états du monde sont différents. Ici, s_{2w_1} et s_{2w_2} sont distincts, car ce qu'il s'est passé en s_{3w_1} peut influencer sur ce qui a été copié dans le monde w_2 . Par exemple, lorsque l'apprenant effectuait l'action d'opérer, la probabilité d'échec était peut-être forte ce qui a motivé l'apprenant à revenir et retenter immédiatement l'opération sans l'ausculter. Ce retour en arrière aura pour effet de modifier la séquence d'événements déclencheables et

aussi les probabilités de réussite sur les actions.

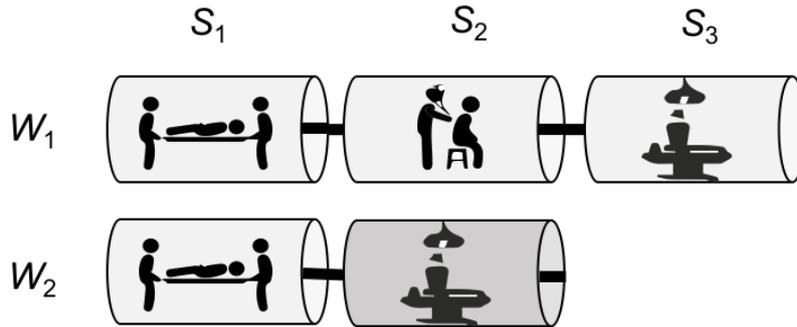


FIGURE 7.9 – Etats du monde s_2w_1 et s_2w_2 distincts

Il en va de même pour chaque retour en arrière comme sur la figure 7.10. Lors du premier scénario l'apprenant avait ausculté puis opéré un blessé. Lorsqu'il revient en arrière au moment de l'auscultation, l'arrivée d'un blessé survient entre cette action et celle d'ausculter. L'apprenant pourra revenir en arrière indéfiniment pour essayer de trouver la "bonne" solution au traitement d'un blessé par exemple, le scénario sera toujours différent. Cela est dû soit à l'influence du formateur par le mécanisme de *late commitment* soit par la transformation des scénarios en *scénario rhizome* à chaque sauvegarde *informée*.

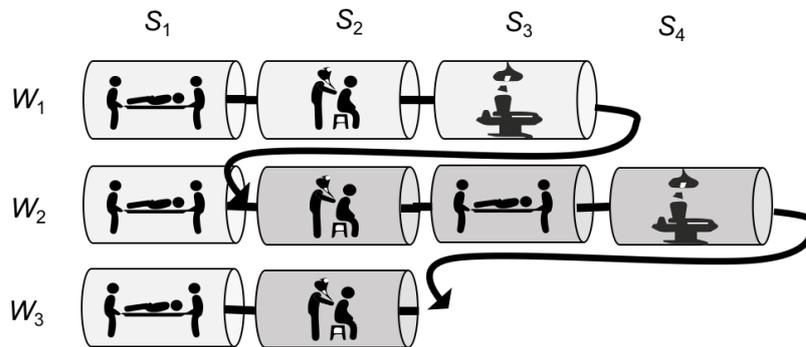


FIGURE 7.10 – L'apprenant revient après sa dernière arrivée

Quatrième partie

**Implémentations et protocole
d'évaluation**

Chapitre 8

Implémentations du modèle d'uchronie

La stratégie est l'art de la dialectique des volontés employant la force pour résoudre leur conflit.

—Général André Beaufre (1902 - 1975)

Sommaire

8.1 Maquette web : UCHRONIE	101
8.1.1 Déroulement	101
8.1.2 Architecture du prototype	102
8.1.3 Scénarios d'usage	104
8.2 Démonstration en environnement 3D : VICTEAMS	105
8.2.1 Plateforme	105
8.2.2 Interfaces	106
8.2.3 Système de sauvegarde	107

Cette thèse a fait l'objet de deux implémentations dont l'objectif était d'implémenter un scénario de test dans le contexte d'entraînement des experts du projet VICTEAMS. L'une est un prototype web spécifiquement développé dans le cadre de cette thèse, et ne se focalisant que sur l'aspect de la sauvegarde informée. L'autre implémentation a été intégrée dans le démonstrateur du projet VICTEAMS.

8.1 Maquette web : UCHRONIE

Cette maquette web a été conçue avec objectif de proposer un protocole d'évaluation de l'impact de la sauvegarde *informée* sur la réflexivité, présenté en section 9. Cette maquette web a fait l'objet d'une UV projet par un étudiant ingénieur de l'Université de technologie de Compiègne. L'étudiant, Mr Alexandre Thouvenin, y est intervenu sur la conception et l'implémentation. On commencera par décrire le déroulement, puis l'architecture du prototype et enfin on décrira un scénario d'usage.

8.1.1 Déroulement

But du jeu : l'apprenant, personnage principal, a pour mission de gérer au mieux le PMA dans lequel il incarne un leader médical. Il est entouré d'une équipe médicale qui va l'aider à faire face à un afflux massif de blessés. Il doit gérer ses ressources, trier les blessés par ordre de gravité, et gérer son équipe afin de prodiguer les premiers soins aux blessés en vue d'une évacuation. Après le *pitch*¹ donné par le formateur il passe à la mise en pratique selon des règles énoncées ci-dessous. Une fois que la mise en pratique prend fin, l'apprenant doit mettre en place une pratique réflexive sur son propre apprentissage lors du débriefing.

Pitch du scénario : "Imaginez que vous êtes un leader médical et que vous dirigez une équipe médicale dans un PMA. Soudain x soldats blessés arrivent, leurs véhicules ayant explosé sur une mine. Votre équipe médicale doit s'organiser au mieux pour sauver un maximum de blessés. Vous devez effectuer un triage de blessés en fonction de la gravité de leurs blessures et organiser votre équipe en fonction des ressources à disposition. Dans ces conditions, les compétences auxquelles vous devez faire appel sont des compétences non-techniques tels que la gestion de votre stress et la prise de conscience de la situation afin que vous preniez une décision. Vous pouvez mettre fin au scénario à tout moment."

Le lieu de la simulation est donc un PMA. L'apprenant ne sait pas la composition de l'équipe, a priori il peut s'attendre à ce que ce soit la composition standard : 1 infirmier, 2 auxiliaires sanitaires. L'apprenant est informé qu'il s'agit d'une explosion et peut s'attendre à des brûlures.

Règles de la mise en pratique : la mise en pratique évolue dynamiquement au cours du temps et l'apprenant peut intervenir :

- l'apprenant peut effectuer des actions;
- l'apprenant peut laisser évoluer la simulation sans intervenir;
- si un événement survient, alors l'apprenant peut réagir en conséquence ou ne rien faire;
- l'apprenant peut revenir en arrière à tout moment.

Fin de la mise en pratique : à tout moment :

- si l'apprenant quitte la simulation;

1. Définition Wikipédia 2017 : Un *pitch* est la synthèse d'un récit, d'une œuvre de fiction, à travers une phrase ou un petit paragraphe.

- si le formateur arrête la simulation;
- si le système détecte une situation interdite.

Une situation est interdite quand on estime qu'elle pourrait être traumatisante pour l'apprenant. Par exemple dans le cadre du projet VICTEAMS, suite aux conseils d'experts médicaux qui préconisent de ne pas mettre les apprenants dans une situation déjà vécue sur le terrain afin d'éviter un stress post-traumatique, notre système de scénarisation peut interrompre la mission et proposer un "retour en arrière" si un événement traumatisant est sur le point de survenir, par exemple le décès d'un blessé.

Une fois que la mise en pratique est finie, l'apprenant passe à la phase de débriefing accompagné du formateur.

8.1.2 Architecture du prototype

La conception de l'architecture du prototype est inspiré du jeu incrémental KITTENS GAME². Dans ce type de jeu, l'apprenant peut effectuer des actions simples ou laisser le jeu s'exécuter tout seul. Le fait de proposer des interactions simples et une interface épurée nous a permis de focaliser notre conception sur le contenu scénaristique et la manipulation du temps afin d'encourager son utilisation par l'apprenant.

La figure 8.1 représente le design web du prototype. Le jeu se déroule sur une seule page web utilisant du *php*, avec au centre un encadré à plusieurs fenêtres (tab panel) qui proposent des actions à l'apprenant. On a rajouté des hyperliens "Options", "Reset", "Version" et "Wiki" en haut de page. Voici les quatre parties du prototype :

1. ce bloc affiche dynamiquement l'état du monde dans lequel se trouve l'apprenant, en terme de ressources;
2. ce bloc présente toutes les actions que peut faire l'apprenant. Il comporte plusieurs onglets par type d'actions. Et il peut être complété par des sous-onglets "all" / "enable" ...;
3. ce bloc décrit textuellement le monde. C'est là que l'apprenant pourra être informé des évènements qui surviennent;
4. ce bloc représente la progression de l'apprenant dans le jeu. Une flèche est retracée dès que l'apprenant revient en arrière, c'est-à-dire change de monde.

L'interface finale proposée par l'étudiant selon les spécifications fonctionnelles qui lui ont été données est illustrée en figure 8.2. Les interactions possibles pour l'apprenant sont :

- cibler un acteur à l'aide du menu de ciblage (en haut à droite);
- manipuler le temps à l'aide de la barre du temps (en bas);
- effectuer des actions à l'aide du menu d'action (au-dessus de la barre de temps);
- donner des ordres d'actions *in-game* à l'aide de l'autre onglet du menu d'actions;
- prendre acte des évènements à l'aide du panneau central;

2. <http://bloodrizer.ru/games/kittens/> lui même inspiré de A DARK ROOM <http://adarkroom.doublespeakgames.com/>

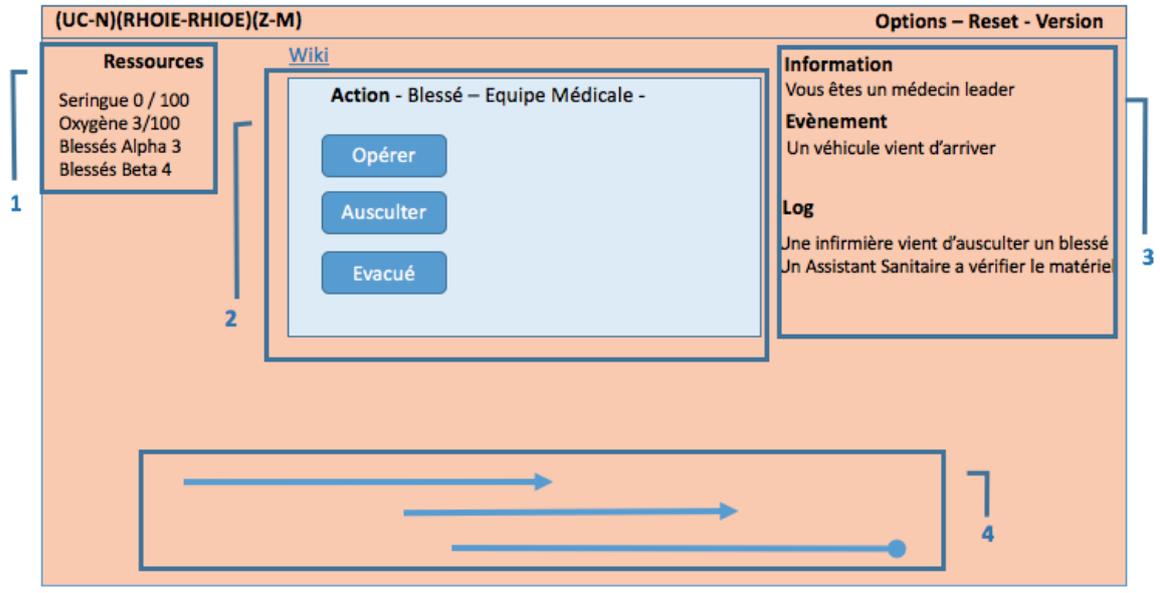


FIGURE 8.1 – Interface utilisateur - quatre blocs

Les informations disponibles sont :

- quantité/états des ressources;
- état des acteurs;
- événements apparaissant dans le panneau central.



FIGURE 8.2 – Capture d'écran de l'interface apprenant

Une interface similaire a été développée pour le formateur pour utiliser le mécanisme de *late commitment* depuis un autre ordinateur en temps réel. Le formateur peut *commiter* à travers ces interactions :

- cibler un acteur à l'aide du menu de ciblage (en haut à droite) et *commiter* un nouvel état;
- manipuler le temps à l'aide de la barre du temps (en bas) et *commiter* l'apparition d'un événement;
- sélectionner une action à l'aide du menu d'action (au-dessus de la barre de temps) et faire varier la probabilité de réussite.

Le moteur est décomposé en trois parties : le moteur d'uchronie, le moteur de jeu et le moteur d'interface graphique. Le premier s'assure que le deuxième puisse se comporter indépendamment du temps tandis que le deuxième permet les interactions dans le jeu. Le troisième assure une certaine portabilité de l'interface HTML et une implémentation type Modèle-Vue-Contrôleur (MVC).

8.1.3 Scénarios d'usage

- 1 Le formateur prépare en amont de la simulation des fichiers des événements génériques et des types d'acteurs. Par exemple il peut définir les niveaux de compétence des membres de l'équipe médicale avec leurs fonctions de probabilités associées à la réussite de leurs actions, et des propriétés spécifiques aux blessés permettant de gérer la dégradation ou l'amélioration de leur état.
- 2 le formateur paramètre la simulation : il définit les acteurs présents en début de simulation, initialise les événements déclenchables, définit les actions possibles pour l'apprenant, initialise les ressources de départ, etc.
- 3 l'apprenant commence la mise en pratique et interagit selon les règles énoncées en section 8.1.1. Chaque événement survenu est tagué sur la barre de temps avec au survol une information correspondant.
- 4 Le formateur à travers son interface ajuste la simulation.
- 5 En phase de débriefing, le formateur et l'apprenant peuvent naviguer sur les deux interfaces à l'aide de la barre de temps, et passent en revue les actions effectuées par l'apprenant et les événements survenus.

8.2 Démonstration en environnement 3D : VICTEAMS

Un démonstrateur a été implémenté en vue d'alimenter le projet de recherche VICTEAMS et dont l'environnement virtuel, développé par une entreprise extérieure, constitue une boîte noire. Il s'appuie en partie sur la plateforme de recherche HUMANS (Human Models based Artificial eNvironments Software platform) de l'équipe Heudiasyc. Ce prototype destiné à apporter une preuve de concept à notre solution a fait l'objet d'une UV projet par un étudiant ingénieur de l'Université de technologie de Compiègne que l'on a encadré. L'étudiant, Mr Loïc Lerat, y est intervenu sur la conception et l'implémentation et visait à enrichir la plateforme HUMANS en dotant le système de scénarisation d'un système de sauvegarde *informée*.



FIGURE 8.3 – Démonstrateur VICTEAMS

8.2.1 Plateforme

HUMANS³ est une plateforme générique et modulaire pour construire des environnements virtuels sur-mesure, qui peuvent être adaptés à différents cas d'application, à différentes configurations technologiques ou à des stratégies pédagogiques diverses. Cette plateforme repose sur l'intégration de plusieurs modèles explicites (modèle de domaine, d'activité et des risques) qui est le fruit de plusieurs travaux de thèse et donc de plusieurs paradigmes et technologies : AMOKRANE [2010], EDWARD [2011], L'HOMMET [2012], BAROT [2014] et CARPENTIER [2015]. Afin de construire des environnements virtuels modélisant des situations écologiquement valides, ces modèles représentent non seulement la tâche prescrite, mais aussi l'activité observée des opérateurs de terrain, y compris les écarts par rapport aux procédures. En outre, plutôt que de fournir un environnement scripté avec des personnages virtuels non-autonomes, HUMANS vise à construire des environnements peuplés de personnages virtuels dynamiques autonomes et servant des situations d'apprentissage pertinentes.

3. <https://www.hds.utc.fr/dlourdea/dokuwiki/fr/humans>

8.2.2 Interfaces

Comme pour la maquette web, une interface pour chaque utilisateur est nécessaire. Concernant la gestion du monde, il existe déjà un WORLD MANAGER [CARPENTIER, 2015] assez complet dans HUMANS qui intègre un système de gestion d'ontologies et de règles définissant le monde et les actions possibles. Cependant, on a développé un WORLD MANAGER plus simple, sans gestion des ontologies, qui soit directement adapté à l'environnement VICTEAMS, afin de pouvoir ajouter le système de sauvegarde.

Interface apprenant :

L'interface de l'apprenant est constituée d'une fenêtre extérieure à l'environnement virtuel. Elle est gérée par un agent. À sa création, l'agent instancie l'interface graphique à qui il transmet les messages entrants. Il se charge également d'envoyer les messages générés par l'interface. Les boutons d'action sont tous créés dès le début. Lors d'un clic, un message est créé à partir d'un fichier associé au bouton.

L'interface se divise en trois blocs (voir figure 8.4) :

1. Déclenchement des actions : différents boutons correspondant aux actions autorisées selon l'état du monde. Les boutons sont donc révélés ou cachés dynamiquement au cours de la simulation;
2. Affichage : indication sur l'état de santé du blessé (mise à jour régulièrement par le WORLD MANAGER) ainsi qu'un historique de toutes les actions et événements survenus;
3. Sauvegarde/chargement : *timeline* constituée de boutons représentant chacun une sauvegarde (avec son ID). Lorsque l'apprenant effectue une action ou qu'un événement survient, un nouveau bouton apparaît à la suite du dernier ajouté. Lors d'un retour dans le temps (clic sur l'un des boutons), une nouvelle branche se crée sous la branche courante. Elle débutera par l'état chargé puis les sauvegardes suivantes apparaîtront à la suite sur cette même branche. À chaque sauvegarde est associée une courte description de la dernière action (ou événement) effectuée, en survolant un bouton avec la souris, cette description s'affiche en surbrillance dans l'historique. Les descriptions d'actions qui "n'ont pas existées" dans l'état courant (suite à un retour en arrière), s'affichent grisées dans l'historique.

Interface formateur :

Le formateur agit sur une interface accessible depuis un autre ordinateur, mis en réseau avec celui de l'apprenant. On a implémenté une interface plus simple : quelques boutons correspondant à des événements que peut déclencher le formateur (empirer l'état du blessé, mettre du sang sur les mains de l'infirmière, etc.). L'interface formateur fonctionne de manière analogue à l'interface apprenant, la gestion des boutons d'actions se fait de la même manière.

En plus de cette interface qui gère les événements déjà pré-proposés, le formateur peut accéder directement à l'interface du COMMUNICATOR⁴. Cela peut permettre au for-

4. Un des cinq principaux modules de la plateforme HUMANS. Il est l'interface entre les différents modules de HUMANS ainsi que les éléments externes (e.g. un moteur 3D).

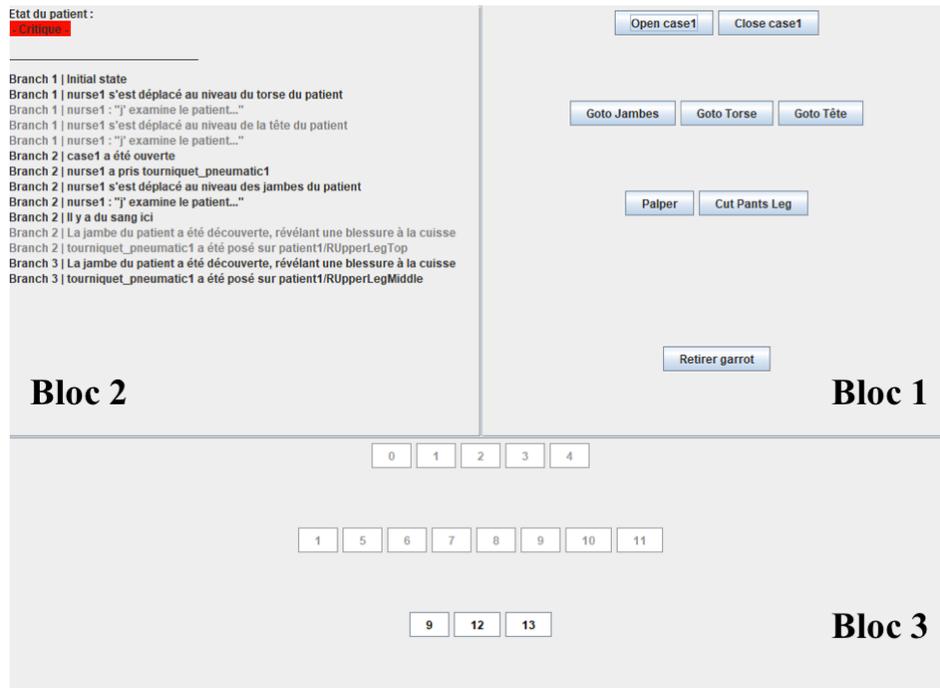


FIGURE 8.4 – Interface apprenant

mateur de déclencher des événements qui ne seraient pas proposés et même de déclencher manuellement n'importe quelle interaction avec n'importe quel module.

8.2.3 Système de sauvegarde

Quand on effectue une sauvegarde, l'état du monde est regroupé dans un fichier. Lorsqu'on charge une sauvegarde, on supprime les objets de l'état du monde courant, et on instancie en fonction des éléments du fichier. Si des états avaient été *commités*, ils le sont à nouveau. Ce système de sauvegarde est représenté en figure 8.5. Il a été proposé par l'étudiant et a permis de répondre à la problématique de la mémoire des personnages virtuels de l'environnement virtuel 3D. En effet, des difficultés se sont posées sur la recharge des actions en cours (par exemple charger un déplacement en cours). Donc avec ce système la recharge est comme le commencement d'un nouveau scénario, *informé des commitments*.

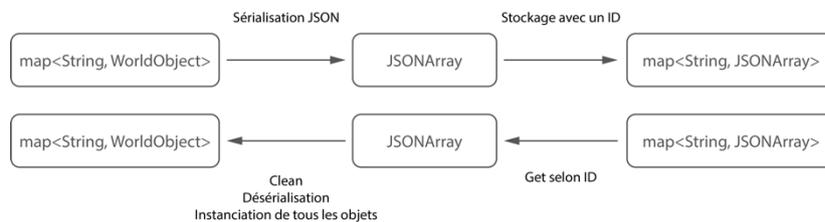


FIGURE 8.5 – Système de sauvegarde : Save / Load

Chapitre 9

Protocole pour évaluer l'impact de la sauvegarde *informée* sur la réflexivité

La puissance de l'esprit implique une diversité qu'on ne trouve point dans la pratique exclusive du métier, pour la même raison qu'on ne s'amuse guère en famille. La véritable école du Commandement est donc la culture générale. Par elle la pensée est mise à même de s'exercer avec ordre, de discerner dans les choses l'essentiel de l'accessoire, d'apercevoir les prolongements et les interférences. Bref de s'élever à ce degré où les ensembles apparaissent sans préjudice des nuances. Pas un illustre capitaine qui n'eût le goût et le sentiment du patrimoine de l'esprit humain. Au fond des victoires d'Alexandre, on retrouve toujours Aristote.

—Général De Gaulle (1890 - 1970), Vers l'armée de métiers

Sommaire

9.1 Méthode	111
9.1.1 Population	111
9.1.2 Hypothèses	111
9.2 Pré-test : Déroulement sans interruption possible	112
9.3 Groupe 1 et 2 : Déroulement utilisant un système de sauvegarde	112
9.3.1 Durant la mise en pratique	112
9.3.2 Durant le débriefing	113

Dans le cadre de cette thèse, on s'intéresse à l'entraînement d'experts aux compétences non-techniques en environnement virtuel. Le déroulement des entraînements auxquels on s'intéresse met les apprenants dans des situations de crise afin qu'ils développent ces compétences, tels que la prise de conscience de la situation et la prise de décision. Comme expliqué en section 4.3.1 - avec comme exemple le modèle d'évaluation ANT - il est difficile de dissocier dans le cadre d'une évaluation de l'apprentissage les compétences non-techniques des compétences techniques.

On a conçu une expérience utilisateur en environnement virtuel qui respecte la réalité du terrain, à savoir en trois phases. On a conçu un design de scénarisation singulier qui a pour objectif de favoriser une approche réflexive de l'apprentissage durant deux des phases de l'entraînement : mise en pratique et débriefing. Le protocole d'évaluation qui va être décrit dans ce chapitre vise à valider l'impact de notre solution sur la réflexivité.

On a conçu la maquette web afin de dissocier l'aspect apprentissage et narratif des autres biais liés à une simulation en environnement virtuel 3D développée dans le cadre du projet VICTEAMS. C'est sur cette plateforme que les évaluations doivent être menées.

9.1 Méthode

9.1.1 Population

Les experts du projet VICTEAMS sont des médecins de l'École du Val-de-Grâce et de la brigade de sapeurs-pompiers de Paris. Afin d'avoir plus de sujets, le scénario actuellement implémenté est prévu avec des tâches de bon sens, et le choix se porte sur des participants en population générale, ayant une base en secourisme.

Afin de neutraliser les biais de confusions la répartition des participants doit être aléatoire entre les groupes. On a deux groupes :

- Groupe 1 : Déroulement utilisant un système de sauvegarde habituel;
- Groupe 2 : Déroulement utilisant le moteur d'uchronie.

Les évaluations doivent être menées avec les expérimentateurs afin de contrôler l'évaluation (vérifier que l'utilisateur reste sur la plateforme, ne soit pas perturbé par des notifications sur son ordinateur). Si l'expérimentation devait être réalisée à distance, il faudrait qu'elle soit filmée, que les clics soient enregistrés ainsi que les sons pour avoir les réactions verbales des expérimentateurs.

9.1.2 Hypothèses

Notre proposition concerne un entraînement en trois phases : briefing, mise en pratique et débriefing. L'apprenant intervient sur les deux dernières phases, au cours desquelles on propose une approche réflexive. On souhaite donc évaluer l'impact de la sauvegarde *informée* sur la réflexivité durant les deux phases. Nos hypothèses sont les suivantes :

Hypothèse 1 - H1 : Une sauvegarde *informée* permet de mieux réaliser qu'on fait des erreurs.

Hypothèse 2 - H2 : Une sauvegarde *informée* permet une meilleure réflexivité que la sauvegarde habituelle.

9.2 Pré-test : Déroulement sans interruption possible

Il s'agit du pré-test qui sert à déterminer la réaction et le degré de compréhension des groupes cibles 1 et 2 vis-à-vis de la plateforme avant qu'on propose deux types de sauvegardes. On peut effectuer plusieurs tests préalables afin de s'assurer que les groupes cibles pourront dérouler un scénario de bon sens médical et pourront accéder aux informations nécessaires au déroulement du jeu et de la mesure de la réflexivité.

Le scénario présenté durant la mise en pratique doit permettre au participant d'identifier des choix et des décisions sur lesquelles il aurait pu revenir. Par exemple dans le cas de la catégorisation de soin d'un blessé, entre une information "Blessé A hurle" et une information "Blessé B est silencieux", quelque soit l'action du participant, il ne pourra pas revenir dessus. Ainsi, dans le questionnaire qui suit le déroulement, il faut identifier ses choix et mener une évaluation autour de ces trois dimensions :

- La réponse, noté x_1 ;
- Le choix, noté x_2 ;
- "Est-ce que tu as fait le bon choix?" , noté x_3 .

En identifiant le comportement attendu x_1 (par exemple "soigner A avant B") et le choix de l'utilisateur x_2 (par exemple soit "soigner A avant B" soit "soigner B avant A") alors on peut alors mesurer la justesse de la réponse attendue en x_3 .

9.3 Groupe 1 et 2 : Déroulement utilisant un système de sauvegarde

Dans ces groupes, les participants peuvent revenir en arrière. Le groupe 1 déroule le scénario en utilisant un système de sauvegarde habituel. Dans le groupe 2 les participants utilise la maquette web tel que décrite en section 8.1.

9.3.1 Durant la mise en pratique

On compare l'état de gravité des blessés à partir des moments d'apparition de ces mêmes blessés dans les différents mondes afin d'éviter un problème d'alignement des événements. Par exemple, sur la figure 9.1 la ligne droite bleue représente le déroulement de la mise en pratique. La courbe bleue en dessous, représente l'état de dégradation d'un blessé. Quand il revient en vert, l'état du patient s'améliore. On peut avoir cet indicateur en calculant la hauteur au même moment et comparer H1 et H2.

Dans ces groupes, il faut que le participant ait suffisamment de matière en terme de nombre de blessés à soigner et à catégoriser. Ainsi on peut mettre ces indicateurs en place :

- Les patients ont-ils été soignés dans le bon ordre ?
- Pertinence du retour dans le temps : est-ce que l'utilisateur a corrigé une de ses "erreurs" par le retour dans le temps ?

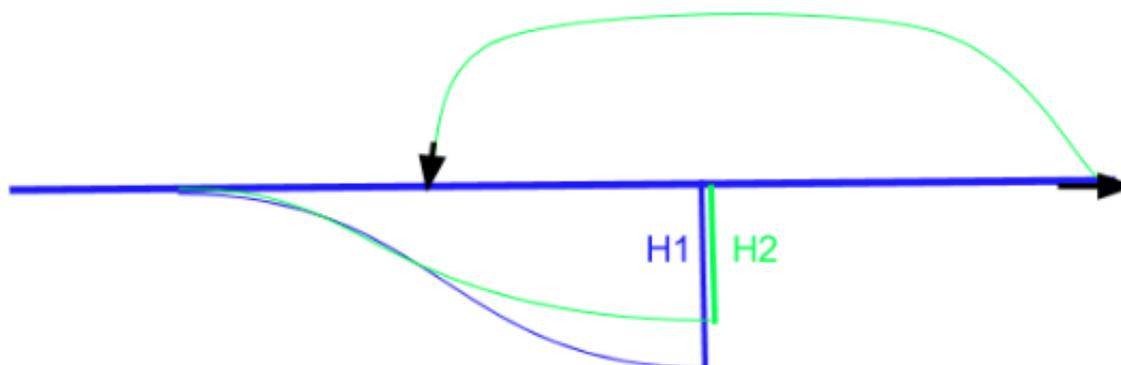


FIGURE 9.1 – Évaluation réflexive - Groupe 1 et 2

- On compare l'état des patients au temps t_{aion} des 2 *timelines* (évaluation d'une hauteur).

9.3.2 Durant le débriefing

Il faut mettre en place un questionnaire tel qu'utilisé dans des domaines médicaux en phase de débriefing¹. Il sera nécessaire de valider un questionnaire permettant de récupérer correctement ces informations. Par exemple, ces questions n'ont pas été validées et permettent de clarifier ce qui est attendu pour mesurer la prise de conscience de la situation du participant :

- Est-ce que vous avez bien fait ?
- Pourquoi avez-vous pensé ça ?
- Laquelle de vos actions a été déterminante ?
- Laquelle de vos actions a fait échouer ?
- Quel protocole / théorie derrière votre action ?
- Qu'est-ce qui a joué dans la dégradation du blessé n ?

Il faut traiter les résultats recueillis durant la mise en pratique, et dans les questionnaires en phase de débriefing afin de valider ou réfuter nos deux hypothèses. Comme les données sont qualitatives, il faut des experts-juges qui évaluent. Idéalement plusieurs juges dont on évalue la concordance. Pour H1, on a besoin d'évaluer le niveau de conscience des erreurs du participant. On doit savoir - si le participant a conscience qu'une erreur a été réalisée - si le participant sait identifier la vraie erreur - si le participant est conscient de l'absence d'erreur. Pour H2, on a besoin d'évaluer si l'apprenant a mieux pris conscience de ses erreurs avec le système de sauvegarde *informée*. On doit pouvoir comparer des indicateurs entre les deux groupes.

1. Bhagwat M. Simulation and anaesthesia. Indian J Anaesth [serial online] 2012 [cited 2017 Nov 25];56 :14-20. Available from : <http://www.ijaweb.org/text.asp?2012/56/1/14/93338>

Cinquième partie

**Thèse-Rhizome et Conception
d'un Simulacre**

Chapitre 10

Conclusion générale

Celui qui n'a pas d'objectifs ne risque pas de les atteindre.

—Sun Tzu (544 - 496 av. J.C), L'art de la guerre

Cette thèse a été réalisée au laboratoire informatique Heudiasyc de l'Université de technologie de Compiègne en codirection avec le TECFA (Technologies et Education) de l'Université de Genève. Dans le cadre du projet INCREDIBLE, on a collaboré avec le laboratoire Sciences de l'Information et de la Communication COSTECH de l'Université de Technologie de Compiègne. Cette thèse est à la frontière de ces disciplines.

Nos travaux de recherches se sont appuyés sur un cas d'application concret. Deux thèses sont actuellement en cours dans le cadre de ce projet au sein du laboratoire Heudiasyc sur des problématiques de personnages semi-autonomes et de planification.

Cette thèse avait pour motivation d'entraîner des experts à des compétences non-technique (CNT) en situations de crise. Ces situations déstabilisantes mobilisent la maîtrise des CT qui influent sur la mise en œuvre des CNT. Elles ont été référencées par Flin au nombre de sept (voir 4.1.1). L'entraînement aux situations de crise a une composante temporelle forte qu'on a souhaité intégrer à notre solution. Notre but était de transposer ces entraînements dans le monde réel en environnement virtuel. Comme notre cas d'application était l'entraînement de médecins militaires au sauvetage au combat, on a donné une typologie de ces compétences appliquées à la médecine. Puis comme il se fait en environnement virtuel, on a fait un état de l'art sur ceux pour l'apprentissage humain dans ce contexte.

Sur le terrain, ces entraînements se déroulent en trois phases. La première constitue une phase de briefing réalisée par le formateur à l'apprenant et éventuellement le reste de l'équipe. La seconde est une phase de mise en pratique sous la forme d'un jeu de rôle. L'apprenant déroule le scénario pensé par le formateur, le reste de l'équipe joue les intervenants avec lesquels il peut interagir, et le formateur ajuste le scénario en fonction des actions de l'apprenant. Une personne filme cette mise en pratique qui sert de support en phase de débriefing durant laquelle l'ensemble des intervenants reviennent sur ce qu'il s'est passé et analysent les choix opérés. Actuellement peu de travaux dans les environnements virtuels pour l'apprentissage humain intègrent la dernière phase. Ils y adoptent une approche réflexive avec un travail sur leur mémoire.

La mémoire informatique constitue un autre type de mémoire. Une première façon de la mobiliser est de faire influencer les choix de l'apprenant sur les prochains choix. Une deuxième façon est d'utiliser les mécanismes de sauvegardes pour que l'apprenant puisse pendant la mise en pratique revenir sur ses décisions. Une troisième façon de mobiliser la mémoire informatique est de sauvegarder les choix de l'apprenant pendant la mise en pratique pour qu'ils constituent un support lors du débriefing. La mémoire informatique et la mémoire humaine sont formées de moments-clés.

Dans cette thèse on s'est intéressé à la scénarisation dans le contexte d'un entraînement en environnement virtuel. On a énoncé trois principes d'approche labyrinthique en fonction des composantes particulières de notre cas d'application. Comme la mémoire humaine est narrative, on a proposé à l'utilisateur de générer un récit interactif qui favoriserait son entraînement aux CNT en situations de crise.

Dans cette thèse on a proposé un design de scénarisation fondé sur l'uchronie, qui mêle temps et histoire alternative. Ce qui permet à l'apprenant de naviguer librement entre plusieurs histoires alternatives par procédé de correction via un "retour en arrière" sur ses décisions afin de corriger ses erreurs locales pour atteindre une "meilleure" histoire globale.

Dans cette thèse on a proposé un design de scénarisation qui fasse partie intégrante des trois phases d'un entraînement professionnel. On a proposé au formateur de préparer la phase de briefing avec des moments-clés temporellement ordonnés. On a proposé

à l'apprenant de briser l'irrévocabilité de l'avancée du temps qu'il subit dans le monde réel en intégrant les retours dans le temps qu'il a effectué. Ces derniers devenaient eux-mêmes des moments-clés.

Dans cette thèse on a proposé une approche réflexive en combinant les mémoires informatique et humaine. On a proposé une sauvegarde *informée* qui lors d'un retour en arrière de l'apprenant fasse que le nouveau scénario soit différent de celui qu'il vient de quitter. On a proposé que chacun des utilisateurs du système contribuent ainsi à la création des choix dans le scénario.

Dans cette thèse on a proposé que l'approche réflexive soit continue entre la phase de mise en pratique et la phase de débriefing. Ainsi, le scénario initialement structurable ne sera jamais définitivement structuré en fonction de la correction des premières hypothèses et de la mise à jour des croyances des utilisateurs.

Retour sur la structuration de ce manuscrit :

Ce mémoire est découpé en cinq parties.

La partie I s'intitule "Simulacre d'Informatique et Paradigme Rhizome". Elle introduit au présent. Elle est l'initiateur de ce manuscrit. Elle partage un ensemble de concepts et de principes.

La partie II s'intitule "Linéarité et générativité". Elle explore l'état de l'art d'un entraînement aux compétences non-techniques en situations de crise. Elle contribue à l'interprétation d'un espace labyrinthique.

La partie III s'intitule "Génération de l'expérience utilisateur". Elle propose une expérience spatiotemporelle en trois phases fondée sur l'uchronie.

La partie IV s'intitule "Implémentations et protocole d'évaluation". Elle expose deux réalisations possibles de ces expériences. Elle propose une façon de valider ou invalider l'impact d'une métaphore spatiotemporelle dans un labyrinthe uchronique sur la réflexivité.

La partie V s'intitule "Thèse-Rhizome et Conception d'un Simulacre". Elle conclut au passé et au futur. Elle est le miroir *informé* de la partie I. Elle met en acte réellement le simulacre de l'expérience virtuelle proposée. La thèse-rhizome dans son intégralité, lue et comprise, définit l'emprise.

Chapitre 11

De l'Intelligence Artificielle à la philosophie

La guerre est la poursuite de la politique par d'autres moyens.

—Carl von Clausewitz (1780 - 1831)

Sommaire

11.1 Essai sur la définition d'Intelligence, d'Artificielle et de Liberté	123
11.1.1 Intelligence	123
11.1.2 Artificielle	123
11.1.3 Liberté	124
11.1.4 Conclusion	125
11.2 Deux systèmes : Rhizome et Simulacre	126
11.2.1 Concepts et Principe	126
11.2.2 Du virtuel au réel : repenser la définition du Simulacre	126

Et si cette thèse s'inscrivait dans le domaine de l'Intelligence Artificielle, et proposait de répondre à la problématique de la liberté d'action d'un apprenant en environnement virtuel.

Ce chapitre propose la définition d'Intelligence, d'Artificielle et de Liberté d'un point de vue mathématiques, politique et contemporain sous la forme d'un essai^a fondé sur l'uchronie telle que décrite dans la section [4.2.3](#).

On commence par mettre en évidence les différences fondamentales entre la recherche avant le xx^{ème} siècle et les modes de pensées du xxi^{ème} siècle rendus possibles grâce à une révolution scientifique du début xx^{ème}. Plus particulièrement, on s'intéresse à la crise des fondements en mathématiques, et la naissance de l'informatique qui s'en est suivi, puis l'essor de l'Intelligence Artificielle. On conclura par une définition de Liberté au sein d'un système complexe et contemporain.

On a proposé un positionnement théorique d'après l'introduction d'un ouvrage politique et philosophique de 1980, Rhizome [DELEUZE et GUATTARI, 1980]. On en rappelle notre contribution à l'interprétation du rhizome, d'après cette introduction et des interprétations d'un auteur italien passionné d'intrigues labyrinthiques. Il s'agit de mobiliser ces interprétations d'un modèle abstrait et complexe pour la scénarisation en environnement socio-professionnel complexe.

^a. Définition Wikipédia 2017 : en littérature, un essai est une œuvre de réflexion portant sur les sujets les plus divers et exposée de manière personnelle, voire subjective par l'auteur. Contrairement à l'étude, l'essai peut être polémique ou partisan.

11.1 Essai sur la définition d'Intelligence, d'Artificielle et de Liberté

Le xx^{ème} siècle fut le début d'une révolution scientifique, les mathématiciens en cherchant à fonder leurs axiomes, transformèrent leur héritage de l'Antiquité. Au milieu du xx^{ème} siècle on vit naître l'informatique, qui fut utilisé comme outil lors de la seconde guerre mondiale. Depuis, au xxi^{ème} siècle, cet outil permet d'envisager sérieusement son utilisation en termes de service au bien commun.

11.1.1 Intelligence

Il était un temps où certains mathématiciens espéraient montrer la consistance et la complétude de leurs systèmes. Plusieurs écoles travaillent en parallèles, et c'est en ce sens que [WHITEHEAD et RUSSELL \[1912\]](#) écrivirent *PRINCIPA MATHÉMATICA* et qu'[HILBERT \[1922\]](#) proposa un programme de recherche en mathématiques qui soit formulé en s'appuyant sur la logique, en partant du postulat que toutes les mathématiques découlent d'un ensemble fini d'axiomes. Avec son théorème d'incomplétude, [GÖDEL \[1931\]](#) révolutionna la vision des mathématiques du xx^{ème} siècle en posant les limites internes de l'axiomatique en démontrant que n'importe quelle arithmétique est nécessairement incomplète, c'est-à-dire que certains énoncés d'une théorie ne pourront pas à être démontrés en restant au sein cette même théorie. Suite à l'arrivée d'Hitler, il parti aux États-Unis en 1933 à l'Institut d'Étude Avancée de Princeton, où il rencontra son ami Albert Einstein. [GÖDEL \[1949\]](#) s'inspira des équations de ce dernier pour étudier de manière logique la relativité et il trouva une solution paradoxale permettant les voyages dans le temps (les univers de Gödel). Il ira jusqu'à développer dans les années 1970 une preuve ontologique de l'existence de Dieu dans le système de la logique modale, en s'inspirant de Leibniz, dont les travaux ne furent publiés qu'après sa mort [[SOBEL, 1987](#)].

Cette crise des fondements des mathématiques, et la guerre mondiale d'Hitler contre les juifs, permirent à l'informatique de se développer comme clef de voûte pour la victoire sur le nazisme, en particulier grâce à l'un des amis de Gödel : Alan Turing qui théorisa une machine universelle, la *MACHINE DE TURING*, en 1936, qui sera un fondement théorique de l'architecture décrite par [VON NEUMANN \[1945\]](#) d'un calculateur avec un codage de type digital, organisé en trois éléments (unité arithmétique, unité de commande et mémoire contenant programme et données), et d'autre part des principes de réalisation pour ces éléments, notamment les opérations arithmétiques. C'est une époque essentielle du computationalisme par son noyau théorique de la calculabilité durant laquelle [TURING \[1950\]](#) posa la question "Les machines peuvent-elles penser?" et proposa par un jeu d'imitation d'en tester l'intelligence.

11.1.2 Artificielle

Il était un temps où certains informaticiens espéraient simuler la cognition humaine et l'expression "Intelligence Artificielle" fut acceptée comme intitulé du domaine en 1956 lors d'une conférence au Dartmouth College. Un des courants, le cognitivisme, inspira des langages de programmation orientée objet, LOGO [[FEURZEIG et PAPERT, 1967](#)], dont s'inspira le biologiste [LINDENMAYER \[1968\]](#), pour décrire une grammaire formelle, L-Système, consistant à modéliser le processus de développement et de prolifération de plantes ou

de bactéries, et qui permet de représenter des objets tels que l'ensemble de [MANDELBROT \[1980\]](#), le type de codage digital inspiré de la MACHINE DE VON NEUMAN ne permettant toutefois pas de simuler artificiellement l'infini mathématiques de la fractale décrite comme géométrie de la Nature par [MANDELBROT \[1983\]](#). C'est l'époque de la représentation durant laquelle [DELEUZE \[1968\]](#) oppose le SIMULACRE, comme dynamisme pur participant au mouvement comme contrainte extérieure réelle du monde. Dans son expérience de pensée, la CHAMBRE CHINOISE, [SEARLE \[1992\]](#) critique le computationnalisme et pose la question de la suffisance de la calculabilité à la compréhension, et apporte comme argument d'insuffisance au Test de Turing la conscience, que [SEARLE \[2002\]](#) définira comme biologique. Un autre courant complémentaire rentre en action dans les années 80, celui du connexionnisme, qui manipule des modèles de réseaux de neurones artificiels. Pendant ce temps, en robotique [BROOKS \[1991\]](#) postulait que la représentation était la mauvaise unité d'abstraction dans la construction des pièces les plus volumineuses de systèmes intelligents et décrivait une approche pour construire des agents mobiles autonomes en milieu réel, ses CRÉATURES intelligentes.

Ce fantasme de se prendre pour Dieu en créant la Vie prend racine dans nos villes artificielles et dysfonctionnelles décrites par [ALEXANDER \[1964\]](#) et dans nos sociétés dont l'ordre social, économique, juridique, politique ou urbain résulte de la conception humaine, alors que selon [HAYEK \[1988\]](#) pour comprendre nos civilisations on doit comprendre que cet ordre est né spontanément dans la Nature.

11.1.3 Liberté

Il était un temps où certains philosophes aspiraient à définir le meilleur des mondes. En 90 propositions [LEIBNIZ \[1714\]](#) décrit la totalité de son système du monde, de la MONADE - l'atome de substance infiniment simple dont chaque chose est faite - jusqu'au gouvernement parfait d'un Dieu architecte en qui réside notre bonheur. Les modèles et les normes que nous imposent nos sociétés hiérarchiques actuelles ne permettent pas l'accomplissement de cette vision optimiste. [ALEXANDER \[1964\]](#) propose une conceptualisation de la dimension sociale d'une ville, une structure en semi-treillis des comportements sociaux dans des environnements physiques. La philosophie de [DELEUZE et GUATTARI \[1980\]](#) est celle du pluralisme dont le concept principal est celui de la multiplicité, en utilisant aussi la métaphore du réseau, et complète ainsi l'analyse d'Alexander en introduisant des concepts d'espace et de mouvement dans lesquels la MACHINE DE GUERRE, énoncé par trois axiomes dans le traité de NOMADOLOGIE, évolue dynamiquement en se métamorphosant pour être toujours extérieur à l'État, qui essaie de se l'approprier en striant l'espace sur lequel il règne. Si la machine est vaincue, elle se métamorphose par un mouvement scientifique, idéologique, artistique, avec une force révolutionnaire dans le but de transformer l'État vainqueur.

Serge Gainsbourg dans son rapport au patriotisme fit scandale en 1979 en redonnant son sens révolutionnaire à la Marseillaise dans une version Reggae. En 1981, malgré l'annulation de son concert suite à la pression politique, il finira par monter sur scène en criant qu'il est un "insoumis" et entonnera la version originale. Un pasteur, [DROTOS \[1993\]](#), analysa le rapport à la religion de Gainsbourg, ce poète, ce provocateur, dans ses œuvres. Il dira sur Juif et Dieu, qu'il ne s'agit pas d'une provocation mais d'une vérité souvent oublié : Jésus est né juif.

11.1.4 Conclusion

Cette thèse s'est écrite autant que faire se peut à "on" et réside dans le voisinage du disparu. Si vous deviez être On, vous seriez nomade chez les monades, dans lequel Dieu serait celui de SPINOZA [1954].

La révolution dont il a été question dans cette thèse n'était pas la singularité technologique. Quand on essaie de comprendre les systèmes naturels pour les rendre artificiels, on a besoin d'experts pour les caractériser ainsi que d'élargir nos théories scientifiques de façon de plus en plus complexe. C'est ce qu'ALLEN et GREAVES [2011] appelle le FREIN DE LA COMPLEXITÉ quand il s'agit de comprendre les mécanismes détaillés de la cognition humaine.

Pourquoi l'intelligence dite artificielle s'arrêterait-elle au simulacre de l'intelligence humaine? Un nouveau paradigme peut être illustré par des rhizomes végétaux et animaux, grâce aux concepts définis par deux philosophes français.

11.2 Deux systèmes : Rhizome et Simulacre

Comme fondement théorique, cette thèse s'appuie sur les concepts définis par Gilles Deleuze (1925-1995) et Félix Guattari (1930-1992) autour de la métaphore du rhizome, défini en section 2.1. L'originalité de notre proposition réside dans la mise en acte par l'informatique de cette pensée philosophique complexe dans le cadre d'une scénarisation d'entraînement aux compétences non-techniques en environnement virtuel. Dans cette section on rappelle les contributions de cette thèse à l'interprétation du rhizome.

11.2.1 Concepts et Principe

Dans un ouvrage, ECO [1987] décrit la structure rhizome et sur laquelle on en a extrait la définition d'un nouveau principe. Dans cette thèse, on a utilisé la scénarisation d'un entraînement en environnement virtuel pour l'illustrer :

- 6^e principe d'une structure structurable et jamais définitivement structurée : l'écriture d'un scénario nécessite une structure qui ne soit pas définitivement figée pour permettre aux utilisateurs de la modifier. Les nœuds du scénario sont des étapes qui ont été pré-écrites, puis lors de son déroulement ils peuvent être modifiés. On peut mettre en place ces structures avec deux outils informatique. La générativité permet le calcul de ces nouvelles étapes en fonction des éléments du scénario, et la généricité permet d'apporter de la variabilité au scénario. De plus la perception des utilisateurs de cette structure à chaque étape évolue elle aussi dans leur systèmes de croyances, et en fonction de la réflexivité locale sur la structure globale.

11.2.2 Du virtuel au réel : repenser la définition du Simulacre

L'entraînement de professionnels à la mise en œuvre des compétences non-techniques en situations de crise demandent de prendre en compte des composantes fortes : la temporalité de l'action en situations de crise, la prise de conscience des choix lors de la prise de décision et la réflexion sur son propre apprentissage. Que l'entraînement soit en simulation réelle ou en simulation virtuelle, il faut que les acteurs (formateur, personnages, apprenant(s)) aient la capacité de s'adapter les uns aux autres afin de proposer un scénario pédagogiquement intéressant. Dans cette thèse qui a pour motivation de transposer un environnement réel en environnement virtuel, on a proposé de faire du simulacre cette passerelle. À l'époque contemporaine, le virtuel n'est plus celui de Platon, il est réel.

De l'entraînement virtuel on souhaite la mise en place réelle de pratique réflexive. On a proposé le concept d'uchronie pour favoriser cette réflexivité, que l'apprenant prenne conscience qu'il a le choix et qu'il y a des alternatives en se posant la question "et si ...?" et dans le virtuel pouvoir tenter de répondre à cette question, et dans le réel pouvoir se la poser avant de faire un choix "et si ce n'était pas le seul choix?". Dans cette thèse on a proposé la génération d'un *scénario-rhizome* qui permet de concilier ces composantes.

Ce manuscrit propose une mise en acte des travaux de recherche au lecteur par la conception d'une *thèse-rhizome*. Vous êtes à la fin du manuscrit, qui reprend le début du manuscrit. Le modèle abstrait du rhizome est complexe, et l'*essai-uchronique* qui est survenu devrait vous permettre d'avoir une nouvelle appréhension de ses concepts et du simulacre. "Et si ..." vous recommenciez la lecture du manuscrit?

Chapitre 12

Critères pour la conception d'EV narratif et interactif

Cet adage si rebattu de nos jours, que l'on naît Général, et qu'on n'a pas besoin d'étude pour le devenir, est une des nombreuses erreurs de notre siècle, un de ces lieux communs qu'emploient la présomption et la nonchalance, pour se dispenser des efforts pénibles qui mènent à la perfection.

—Charles, Archiduc d'Autriche (1771 - 1847), Principes de la Stratégie

Sommaire

12.1 Opposition en espace métrique	129
12.2 Comparaison multi-dimensionnelle par systèmes de valeurs	132

L'objectif de notre solution était de proposer un entraînement professionnel aux compétences non-techniques en environnement virtuel. Notre proposition nécessitait de prendre en compte les composantes suivantes : la temporalité, la criticité et la complexité de l'action. On a conçu un design de scénarisation qui s'appuyait sur un espace labyrinthique fondé sur l'uchronie. On va dans ce chapitre présenter les limites et proposer un ensemble de perspectives pour la suite de ce travail.

12.1 Opposition en espace métrique

La conception d'un environnement virtuel dépend de l'objectif visé et du contexte. Il peut vite devenir complexe. Dans cette thèse, on s'est intéressé aux environnements à fin pédagogique et plus particulièrement à ceux à fin d'entraînement professionnel. On a considéré des œuvres virtuelles qui mêlent interactivité et narration. On les a tout d'abord présentées à travers des systèmes de classification afin d'extraire les critères principaux qui définissent des EV interactifs et narratifs, et de l'adapter à notre proposition de design de scénarisation pour un EVAH.

Et si on intégrait notre EV dans ces classifications? Dans cette section, on va adopter une approche réflexive sur notre propre travail fondé sur l'uchronie, car nous ne sommes pas les auteurs de ces classifications selon des axes, et on va interpréter les critères. On va ainsi extraire les limites et perspectives de nos travaux.

Dans le 12.1, on pense qu'on se situe au milieu car notre modèle donne une place égale aux deux utilisateurs du système, le formateur et l'apprenant. D'un côté le formateur a écrit un *scénario initiateur* et peut ensuite ajuster les scénarios en cours de mise en pratique, et de l'autre si on considère que le terme de "personnage" englobe notre définition d'acteur, alors notre approche est aussi centré sur la place de notre apprenant.

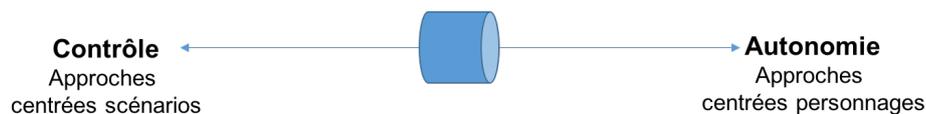


FIGURE 12.1 – Autonomie et contrôle dans différents travaux sur la scénarisation | CARPENTIER [2015]

Dans le 12.2, on pense qu'on se situe au centre droit. Durant la mise en pratique, l'apprenant et le formateur ont le choix entre intervenir et laisser la mise en pratique se dérouler dynamiquement sans leurs interventions. Comme on se place dans un contexte d'apprentissage porté par le récit, on considère qu'on est plutôt vers "narrative" que "game", bien que notre modèle en lui-même ne soit pas axé sur la narration. La narration intervient dans le cadre de la mémorisation, en phase de débriefing lorsque l'apprenant à l'aide du formateur déroule les histoires des mondes qu'il a explorés en fonction des moments-clés qu'il s'est créés durant la mise en pratique.

Dans le 12.3, on pense qu'on est au centre. Durant la mise en pratique, l'apprenant explore le système et le mécanisme de retour en arrière pendant que le formateur explore le mécanisme d'ajustement. En phase de débriefing, ils explorent les histoires qui ont été créées. Le formateur contrôle l'expérience de l'apprenant en ajustant le scénario mais l'expérience est aussi contrôlée par le système de relance aléatoire des probabilités. De manière similaire, l'apprenant contrôle l'expérience en effectuant des choix dont ceux des retours en arrière mais son expérience est aussi contrôlée par le système et le formateur. Comme pour le système de classification précédent, on estime qu'on peut être passif, et en même temps agir directement sur le système.

Pour la figure 12.5, on pense qu'on offre peu d'action à l'apprenant donc qu'on n'est pas côté "+ X Agency". Malgré cela on propose plusieurs histoires alternatives donc on est

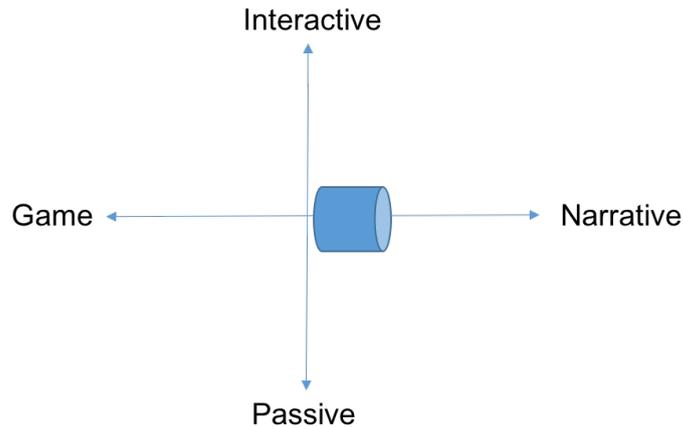


FIGURE 12.2 – PING model | BEVENSEE et collab. [2012] dans KOENITZ et collab. [2013]

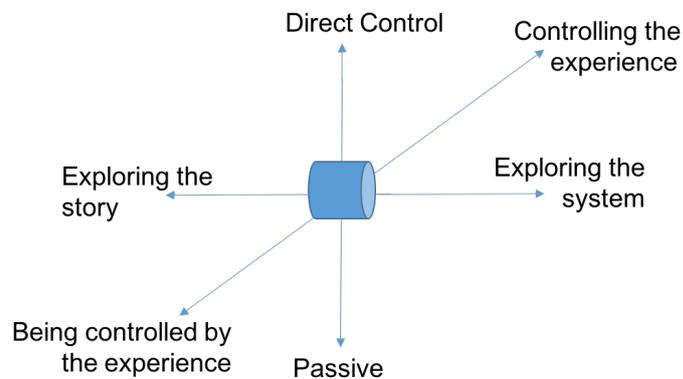


FIGURE 12.3 – IDN works | BURA [2013] dans KOENITZ et collab. [2013]

haut dans l'axe des "+ Y Narrative Complexity". On pense qu'on est au milieu pour l'axe des "+ Z Dramatic Agency" car les utilisateurs (formateur et apprenant) ont tous les deux une influence sur le cours de l'histoire. Le formateur en a une surtout pendant la phase de briefing où il prépare le *scénario initiateur* et celle de mise en pratique où il ajuste les scénarios. L'apprenant en a surtout en phase de mise en pratique où il interagit et en phase de débriefing où il se reconstruit les histoires déroulées.

Pour la figure 12.4, sur l'axe concernant l'intention de l'auteur on semble se situer au centre car on commence par le *scénario initiateur*, qui lui est contraint, et on tend vers un *scénario-rhizome*, qui lui permet aux utilisateurs de générer les scénarios. Concernant les personnages virtuels, si on ne prend que les personnages non-joueur alors pour l'instant notre système n'intègre pas de personnage semi-autonome. Mais si on prend l'ensemble des personnages virtuels dont celui contrôlé par l'apprenant alors on se situe au centre de cet axe car celui-là est totalement autonome. Au niveau de l'axe du modèle de joueur, celui-ci est ajusté par le formateur, et le système qui relance les probabilités sur les actions effectuées par le joueur.

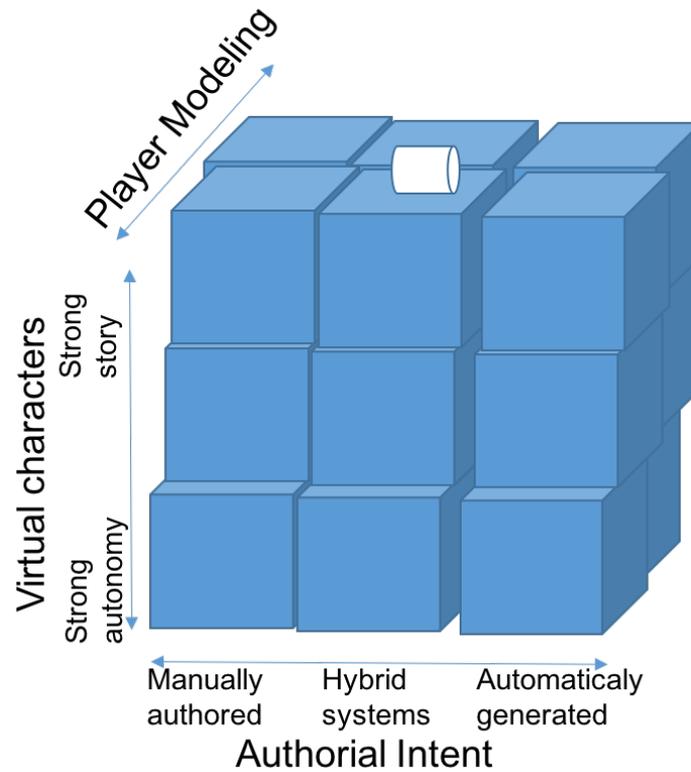


FIGURE 12.4 – Interactive Drama Systems | RIEDL et BULITKO [2012]

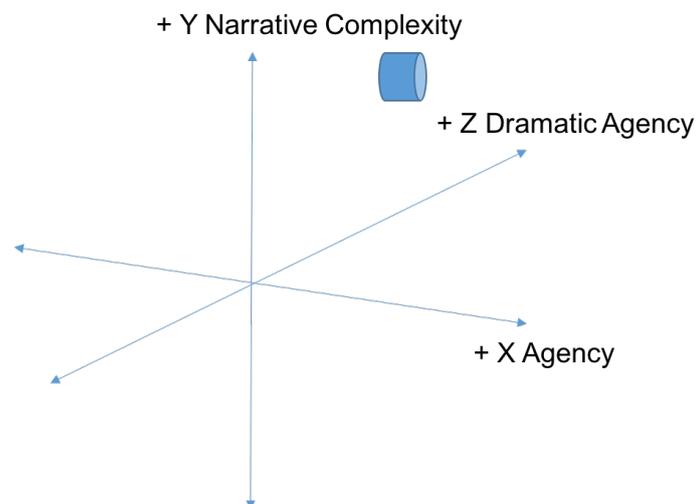


FIGURE 12.5 – N-Dimensional Diagrams | KOENITZ et collab. [2013]

12.2 Comparaison multi-dimensionnelle par systèmes de valeurs

Le tableau 12.6 propose une enquête sur les technologies de gestionnaire dramatique, et une analyse autour de quelques "desiderata" [ROBERTS et ISBELL, 2008]. Pour les définitions qui se fondent sur la présence d'un *drama manager*, on le remplacera par le formateur. Voici la légende pour les critères : le cercle plein • indique que la solution est conçue par rapport à ce desiderata; le cercle vide ○ indique que ce critère n'a pas été pris en compte dans la conception; le cercle à moitié plein et à moitié vide ◐ indique que ce critère dépend de l'implémentation; et on rajoute "?" pour indiquer qu'une évaluation doit être menée pour vérifier si on répond à ce critère ou non.

- Speed :? le déroulement est fondé sur le simple déclenchement d'événements, il faudrait faire une évaluation sur le temps de re-génération de plan lors des retours en arrière et l'impact sur l'utilisateur;
- Coordination : ○ pour l'instant les personnages semi-autonomes n'ont pas été intégrés dans la solution;
- Replayabiliy : • l'expérience d'entraînement conçu a pour objectif d'être répétable au sein d'une même session par les retours en arrière. Une évaluation sur la qualité de la rejouabilité pourrait être menée;
- Authorial Control : ◐ cela dépend de s'il utilise le mécanisme d'ajustement durant la mise en pratique;
- Player Autonomy : ◐ cela dépend de s'il interagit avec le système, et s'il utilise le mécanisme de retour en arrière;
- Ease of Authoring : ○ il n'y a pas de *drama manager* proposé dans cette solution. Cependant, la préparation du *scénario initiateur* peut être améliorée par la proposition de package propre au domaine d'application, et du développement d'une interface pour n'avoir que certains curseurs (par exemple pour faire varier les fonctions de probabilités de réussite associées à certaines actions des acteurs), et une *timeline* pour placer les événements déclenchables;
- Adaptability : ◐ la place du formateur permet d'adapter l'expérience à l'utilisateur. Cependant si le formateur ne fait rien, alors la solution ne s'adapte pas;
- Soundness :? une évaluation devrait être menée pour évaluer ce critère;
- Invisibility :? une évaluation devrait être menée pour évaluer ce critère;
- Measurability : • la phase de débriefing est partie intégrante de la solution. De plus, le protocole d'évaluation décrit dans cette thèse devrait permettre de mesurer l'impact de la sauvegarde *informée* sur l'entraînement.

	speed	coord	replay	control	autonomy	ease	adapt	sound	invisible	measure
	?	○	●	◐	◐	○	◐	?	?	●

FIGURE 12.6 – Analyse qualitative | ROBERTS et ISBELL [2008]

Le tableau 12.7 évalue le niveau de satisfaction de la solution en fonction des composantes nécessaires définies par ARINBJARNAR et collab. [2009] à la création d'un système narratif interactif. Notre solution propose à l'apprenant d'interagir avec des objets,

cependant notre définition du monde est plus pauvre que celle définie par les auteurs tout comme le critère d'interaction sociale. En effet, dans cette thèse on s'est intéressé à la scénarisation, et bien que les personnages non-joueurs soient pris en compte dans le formalisme, ils ne font pas l'objet de cette thèse. Une perspective à ces travaux de thèse serait d'intégrer des personnages semi-autonomes dans le monde virtuel. De plus, si notre solution mobilise le concept d'uchronie, il n'y a pas de structure théorique narrative dans notre solution. Concernant le nombre de scénarios fondamentalement différents que notre solution pourrait donner, cette estimation même approximative telle que proposée dans l'article est difficile à faire. Il faudrait mener des évaluations sur le nombre de scénarios fondamentalement différents produits et intéressants.

System	Virtual world	Interaction with objects	Social Interaction	Dramatic structure	Fundamental difference
	Text-based	Oui	Non	Non	?

FIGURE 12.7 – Interactive Drama Systems | ARINBJARNAR et collab. [2009]

Le tableau 12.8 propose de répondre aux questions ci-dessous posées par CLAUDE [2016]. Notre solution a été développée dans le cadre de l'entraînement à des compétences non-techniques en cas de situations de crise, on pense qu'elle peut être générique et pourrait être étendue à d'autre domaine.

- "Le formalisme de la solution permet-il d'exprimer des Agencements temporels et causaux complexes?" Oui de manière séquentielle.
- "Comment le formalisme de la solution permet-il de prendre en compte les Ressources disponibles?" Le monde original est défini par le formateur.
- "Les mécanismes de la solution permettent-ils de définir des scénarios actifs? C'est-à-dire de déclencher des événements indépendamment des actions des acteurs?" Le formateur peut *commiter* la survenue d'événements durant la mise en pratique.
- "Le modèle s'intéresse-t-il à la Collaboration? Fait-il des hypothèses sur le nombre ou la nature des acteurs?" La solution n'intègre pas la possibilité d'y avoir plusieurs apprenants. En effet, comme il est possible de créer plusieurs histoires au sein d'une même mise en pratique il faudrait revoir le formalisme et les règles des retours en arrière pour que les apprenants reviennent en arrière en même temps. Donc pour l'instant, l'apprenant est le seul personnage joueur parmi l'ensemble des acteurs.
- "Le formalisme de la solution permet-il d'utiliser différents niveaux de Contrôle des acteurs?" Le formateur définit un ensemble d'actions possibles par acteurs. Une séquence d'événements déclenchables est définie au début de chaque nouveaux scénarios, puis ajustée.
- "La solution propose-t-elle une représentation graphique du formalisme utilisé?" Non.

Dans le tableau 12.9 on rajouterait une catégorie *scenario-rhizome*. Notre approche est mixte, ni centrée personnage ni centrée scénario ou les deux. La scénarisation est intrinsèque selon la définition de BAROT [2014]. Le scénario est prédéfini par le formateur lorsqu'il prépare le *scénario initiateur*, puis est généré jusqu'à tendre vers le *scénario-rhizome*. Au niveau des objectifs, le formateur a le contrôle sur l'entraînement durant les

Solution	Utilisation	Niveau(x) de Contrôle	Agencement	Ressources	Actif	Collabrotation	Graphique
	Générique	Actions possibles prédéfinies, Séquence d'événements prédéfinis à chaque début de scénario puis ajuster	séquentiel non Contrôlé	Monde Original	Late <i>commitment</i>	Non	Non

FIGURE 12.8 – Propriétés de différents modèles de scénarios pour environnements virtuels | CLAUDE [2016]

trois phases. L'apprenant et formateur ont une liberté d'actions dans la limite des actions possibles. La cohérence est un point sur lequel on n'a pas fondé nos travaux, et il faudrait mener les évaluations pour savoir où on se situe, tout comme l'adaptabilité.

	Approches			Objectifs			
	centrée sur...	intri-/ extrinsèque	scénario prédéfini/généré	contrôle	Liberté d'action	cohérence	adaptabilité
	mixte	intrinsèque	Prédéfini Généré	++	++	?	?

FIGURE 12.9 – Approches de scénarisation en EV | BAROT [2014]

Sixième partie

Annexe

Chapitre 13

Liste des publications

Conférences avec actes

- LAURENT et collab. [2016], "A reflexive approach in learning through uchronia", dans *Interactive Storytelling : 9th International Conference on Interactive Digital Storytelling, ICIDS 2016, Los Angeles, CA, USA, November 15–18, 2016, Proceedings 9*, Springer, p. 411-414.
- LAURENT et collab. [2017], "Récits interactifs pour l'apprentissage en environnement virtuel : design d'une scénarisation fondée sur l'uchronie." dans la 14ème édition de la conférence, *Hypertextes, Hypermédias, Produits, Outils, Méthodes, Valenciennes, France, 15-18 Octobre, 2017, H2PTM'2017*, p. 149-167.

Revue

- LAURENT [2017], "Labyrinthes et jeux vidéo" dans *Formes mathématiques. Revue Découverte. N° 411*, p. 46-53.

Remerciements *informés* sous la forme de récits uchroniques

To be at War implies to be alert and the mission impossible is to stay calm in order to act spontaneous and effective in the attack and defense, pour devenir imperceptible, devenir intense et devenir animal. You bring my humanity alive.

And now I have to be a machine (bien sûr, it's also mission impossible but I have to do it) Deleuze was so right to express "la machine de GUERRE EST EXTERIEUR A L'APPAREIL DE L'ÉTAT. BECAUSE I DON'T FIGHT FOR ANY GOVERNMENT, I DON'T FIGHT FOR ANY "ÉTAT". I FIGHT TO CREATE AND I FIGHT TO BECOME A HUMAN. DEVENIR HUMAN. I FIGHT TO CREATE SOMETHING NEW, AND TO CREATE SOMETHING NEW IS THE ONLY REAL WAY TO CREATE. A REAL FIGHTER CANNOT BE UNDER THE CONTROL OF A GOVERNMENT. JAMAIS. THAT'S WHY "EST EXTERIEUR A L'APPAREIL DE L'ÉTAT" BECAUSE THE INDEPENDENT=REAL FIGHTER'S DESIRE IS A BURNING FIRE.

—Dr. Alexis Levy (1975 -) to Mélody Nelson (1988 -), projet Gainsbourg.

Les chapitres qui ne sont pas numérotés et dont le style de numéro de page correspondent à un style *alph* et *Alph*, respectivement des lettres minuscules et capitales, sont les chapitres des résumés et des remerciements. Ils font parties intégrantes de cette thèse. Ce chapitre est l'espace des remerciements^a qui devrait être une structure qui ne soit pas définitivement figée. Ces remerciements devraient être générés en fonction de la structure habituelle écrites en page i, et en apporter une variante. Leurs perceptions sont différentes après avoir été sous l'emprise de ce manuscrit et nécessitent une réflexivité.

Ces chapitres ont été écrits après la délibération du jury et mettent en acte la thèse à travers un exemple concret d'entraînement à des situations de crise en utilisant la formalisation proposée dans cette thèse. Ce chapitre déroule un exemple concret si on perçoit un parcours en études supérieures jusqu'à l'obtention du doctorat comme un entraînement aux compétences techniques (par exemple : expertise théorique dans le domaine) et non-techniques (par exemple : recherche, autonomie, esprit critique, ...) en cas de situations de crise dans le milieu professionnel (par exemple : non renouvellement d'un financement) en s'appuyant sur le système LMD (Licence-Master-Doctorat).

Une première section initialise l'histoire de ce parcours universitaire avec les événements qui y sont survenus en remerciant une multiplicité d'acteurs. Une deuxième section met en pratique un scénario "et si je pouvais changer quelque chose" à l'histoire de ce parcours en prenant comme point de retour deux choix de parcours pris en situation de crise. Une troisième débrieфе sur cet entraînement.

a. Les remerciements sont définis par LAROUSSE comme des "paroles, témoignages par lesquels on exprime sa gratitude", définie comme la "reconnaissance pour un service, pour un bienfait reçu; sentiment affectueux envers un bienfaiteur".

Scénario initiateur d'un parcours en études supérieures

L'appareil d'État propose un *scénario initiateur* et initialise l'état du monde. Dans ce chapitre il a lieu en France entre 2006 l'obtention du baccalauréat à 2018 l'obtention du doctorat.

Définition des variables :

- Événement : perte/obtention de financement (par exemple il faut être étudiant et avoir moins de 26 ans pour la plupart des "réductions étudiantes"), perte/obtention d'encadrement (par exemple être accepté en thèse), perte/obtention de soutien (par exemple décès d'un proche).
- Acteurs (actions) : encadrant dans le milieu professionnel et académique (encadrer), enseignants (enseigner), proches (supporter), famille (supporter, financer), financeurs (financer), apprenant (apprendre, obtenir un diplôme).

Le parcours universitaire est défini comme une séquence temporellement et conditionnellement ordonnée d'obtention de diplôme et d'événements professionnels et personnels. Le parcours dont il sera question dans les sections suivantes suivra le système LMD (bac < licence < master < doctorat) qui s'appuie sur le découpage en semestre du cursus choisi par l'étudiant entièrement basé sur une unité de valeur qui permet de compatibiliser les savoirs et les compétences. Ce système ouvre les portes de tous les cursus dans plusieurs pays signataires car les crédits sont capitalisables et transférables. En France un autre type de parcours est le cycle ingénieur (bac < CPGE¹ < équivalent master < doctorat).

1. Classe Préparatoire aux Grandes Écoles

Mise en pratique d'un entraînement à la recherche opérationnelle avec retour en arrière

Cette section s'intéresse à la mise en pratique d'un entraînement à la recherche opérationnelle en s'appuyant sur le déroulement défini en section 6.2. L'apprenant interagit avec l'appareil d'État ainsi qu'une multiplicité d'acteurs. Des événements surviennent et il peut revenir en arrière pour changer les choix qu'il a effectués.

Cette section et la suivante sont écrites à "je" car elles décrivent mon parcours en études supérieures mêlant cycle universitaire et cycle ingénieur et ma réflexivité sur ce parcours.

Le premier retour en arrière s'inscrit dans un système habituel en remerciant les acteurs qui ont permis l'accès au grade de docteur. Les deux fois suivantes s'inscrivent dans un système informé en remerciant les acteurs qui ont permis le devenir de la personne diplômée.

Parcours en études supérieures avec remerciements habituels

Cette sous-section se focalise sur les années de recherche doctorale qui peuvent être perçues comme un micro entraînement à la recherche opérationnelle selon le système LMD. En effet il est composé d'un briefing (présentation du sujet de thèse par les directeurs de recherche), d'une mise en pratique (les années de doctorat effectuées par la.e jeune chercheuse.eur) et d'un débriefing (la défense suivie de la discussion avec le jury).

Monsieur le président,

Mesdames, Messieurs les membres du jury,

Je tiens tout d'abord à vous remercier de l'intérêt que vous avez bien voulu porter à mon travail, en prenant part à ce jury et en me permettant de soutenir devant vous, avec enthousiasme, cette thèse de doctorat. Je tiens aussi à remercier tous ceux qui m'ont fait l'amitié de venir assister à cette soutenance.

La thèse que je soumets aujourd'hui à la discussion du jury s'intitule "La scénarisation sous l'emprise de la métaphore spatiotemporelle : approche réflexive en environnement virtuel."

Elle constitue l'aboutissement de trois années de recherche au sein du laboratoire Heudiasyc de l'Université de Technologie de Compiègne sous la direction de Domitile Lourdeaux, en codirection avec le TECFA (Technologies et Education) de l'Université de Genève sous la direction de Nicolas Szilas.

—Mélody Laurent (1988 -), texte pré-écrit puis lu pour introduire la défense de cette thèse.

Après vous avoir écouté,
après en avoir délibéré,
le jury
a décidé
à l'unanimité
de vous décerner le grade de docteur
en Sciences de l'information ... en Sciences des Technologies de l'Information et
des Systèmes
de l'Université de Technologie de Compiègne.
Nous vous félicitons.

—Serge Bouchardon (? -), texte d'admission prononcé après délibération du jury.

J'aurai pu avoir d'autres directeurs de thèse, d'autres institutions pour la financer, d'autres membres de jury, d'autres collègues et mêmes d'autres proches, la finalité aurait probablement été la même : l'obtention du doctorat dans cet entraînement à la recherche opérationnelle. Je remercie donc comme en page [i](#) tous ces acteurs.

Il faut nuancer la notion de grade obtenu par l'État, et la machine extérieure qu'est la recherche effectuée durant cette mise en pratique. Le briefing était "Scénarisation et génération de récits interactifs en environnements virtuels pour la formation en environnements sociotechniques complexes". Dans la deuxième partie d'introduction à la défense le sujet de la thèse effectuée est précisé ainsi que les directeurs de thèse et leur affiliation.

Ainsi mon point de sauvegarde dans ce système habituel où il s'agit de "se préserver du danger" serait de ne pas revenir avant la survenue du Dr A.L. Je le remercie pour m'avoir indiqué en mai 2014 que le "rhizome est la clé de voûte à tout", et je remercie [LEVY et collab. \[2017\]](#) pour avoir nourri mes recherches.

Je remercie aussi Mr Philippe Bonfils qui a été l'un des deux initiateurs à cette nouvelle mise en acte de la thèse à travers ces remerciements en indiquant lors du débriefing qu'il lui avait manqué un exemple concret, ainsi que Mr Serge Bouchardon l'autre initiateur en me demandant d'"imaginer être dans un simulacre informatique dans lequel je pourrais revenir en arrière" et demandant "si je pouvais y faire d'autres choix qu'est-ce que je changerais?"

Parcours en études supérieures avec remerciements *informés*

Cette sous-section présente le parcours en études supérieures en revenant sur des événements similaires qui sont survenus plusieurs fois au cours de ce parcours illustrant ainsi le déroulement d'une mise en pratique telle que définie dans cette thèse selon une approche réflexive permettant l'écriture *informée* des remerciements.

Retour en arrière en 2011 :

Le parcours en études supérieures a débuté dans ma ville natale puis j'ai fait le choix de la liberté en bifurquant ailleurs, ce qui engendra une rupture familiale. Cette crise fût gérée par l'État sur ma demande en obtenant une bourse d'études. Et si en 2011 lors de la seconde crise similaire survenue durant ce parcours j'avais encore fait confiance à l'État

en gestion de crise d'une famille nucléaire?

Je n'aurai probablement pas [...] avec la famille paternelle [...] mais j'aurai [...].

La perception du reste du parcours n'aurait probablement pas trop changé. Ainsi je complète mes remerciements à travers les multiplicités hétérogènes qui m'ont amenées au sujet de recherche dans le récit interactif pour l'entraînement professionnel en environnement virtuel en cas de situations de crise et ont nourri ma recherche.

À GOBELINS, ÉCOLE DE L'IMAGE, je me suis intéressée au storytelling en environnement virtuel, avec l'appui de mon amie professeure de français Marylène, et à la robotique en apprentissage à la CITÉ DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE auprès du concepteur Thierry Jori. J'ai eu l'intuition qu'on pouvait aller plus loin et automatiser et générer des histoires en m'orientant vers un master en intelligence artificielle à l'UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES avec pour objectif de l'appliquer au service à la personne. Cette année-là j'avais eu l'honneur d'assister un brillant mathématicien, mon ami Sébastien, que je remercie pour son amitié durant toutes ces années.

À une conférence j'ai eu le plaisir de revoir *Les Étienne* - Étienne Armand Amato et Étienne Perény - et Samuel Szoniecky, mes enseignants de l'UNIVERSITÉ PARIS 8 à GOBELINS, L'ÉCOLE DE L'IMAGE, en 2010, depuis devenus des collègues. Je les remercie de m'avoir permise de me sentir à ma place dans ces travaux de recherche interdisciplinaires.

Retour en arrière en 2014 :

Le parcours en études supérieures a débuté en CPGE où on m'y enseignait les mathématiques puis j'ai fait le choix de la liberté en bifurquant vers l'Université en me spécialisant dans l'informatique. La première crise survint lorsque plus tard on me demanda de refaire le choix des mathématiques de façon erronée et légal en m'enlevant topologiquement une boule là où ça n'en était pas une. Et si lors de la deuxième crise similaire j'avais encore pris le point de vue du Mathématicien?

Je n'aurai probablement pas [...] avec la famille paternelle [...] mais j'aurai [...].

La réflexivité sur ce parcours m'amène à remercier les multiplicités qui ont donné toute leur humanité à ces recherches.

Je remercie Maël Lagadec pour m'avoir accompagné académiquement, professionnellement et amicalement avec bienveillance durant tout ce parcours. Je remercie aussi son père Bruno pour sa démarche citoyenne dans la promotion de la co-parentalité et de l'égalité parentale qui m'a permise de commencer sereinement ces travaux de recherche.

Je remercie ÉDITH DEYRIS pour son soutien affectif à mon égard et celle de son petit-fils lors de ces premiers mois de recherche.

Je remercie TESS LAURENT pour sa patience lors de mes répétitions d'exposés scientifiques et littéraires lors de mon parcours dans l'enseignement secondaire, et grâce à qui j'ai eu l'envie de vulgariser notre *encyclopédie personnelle* au plus grand nombre, notamment au PALAIS DE LA DÉCOUVERTE. Je la remercie pour son amour.

Je remercie BRUNO LAURENT pour [...].

Je remercie DROUPADI LE GOFF pour son amour sœurternelle qui m'a sécurisée durant mon parcours dans le secondaire ainsi qu'universitaire. Je remercie aussi sa famille Annie, Paul & Jully, ainsi que Diego, Pablo & Matisse.

Je remercie YVELINE LAURENT née TAMER (†) pour [...] qui représentait l'apparence de la raison, de la logique et du discours argumenté.

Je remercie HENRIETTE TAMER née TRESSARD (†) pour m'avoir accueillie rue des Hirondelles afin de m'offrir un havre de paix et d'amour en situations de crise. Je l'espère désormais en paix après tant d'années à s'occuper seule des siens.

Je remercie ABRAHAM, ÉLIE, GABRIEL, NELSON LAURENT qui m'a procuré une énergie vitale à travers ma maternité. Je remercie le cadre que ça m'a offert sur Paris pour mener à bien mes recherches grâce à un rythme stable avec des horaires de pause pour partager des moments de vie ensemble. Je le remercie pour son intelligence, son amour, sa sagesse et sa tendresse qui ont participé au devenir protecteur, rassurant, sécurisant et valorisant de notre cocon familial rempli d'amitiés. "Quoique tu en pense(ras), je t'aime".

Enfin je remercie la famille que j'ai choisi. Cette *famille-rhizome*, déjà remerciée en page [i](#), je la remercie à nouveau pour leur soutien dans cette aventure humaine et fondamentalement scientifique (ou l'inverse, en tout cas quelque chose au milieu).

Débriefing

Si en environnement réel le parcours en études supérieures s'apparentait à un labyrinthe maniériste on le commencerait avec comme entrée l'obtention du baccalauréat et comme sortie l'obtention du doctorat, en ayant plusieurs chemins pour y arriver. Or comme je viens de l'expliquer il faut aussi différencier les notions de diplômes et le cheminement effectué par l'apprenant pour les obtenir en rencontrant des situations de crise donc sans bon cheminement. Ainsi en environnement réel la poursuite d'un parcours universitaire subit l'*irrévocabilité de l'avancée du temps* au cours duquel l'apprenant a *plusieurs choix* et s'inscrit dans une *structure structurable et jamais définitivement structurée* dans sa persévérance à l'obtention des diplômes, ici attribués par une université en France entre 2006 et 2018.

De plus, comme je viens de le scénariser un parcours en études supérieures se construit étroitement avec la psychologie propre à chacun des individus qu'il en soit conscient ou non. Ainsi pour moi cette thèse était l'aboutissement d'un long parcours vers l'autonomie, l'affirmation de soi et la prise de conscience de l'emprise [...] qui a au moins eu l'intérêt de nourrir mes recherches dont je rappelle que la motivation initiale était la gestion de crise. Ainsi l'écriture de ces *remerciements réflexifs sous la forme de récits uchroniques* comme mise en acte de la thèse m'a permise de prendre conscience des conséquences de mes décisions en situation de crises et considérer qu'il y aurait pu y avoir une alternative.

Ainsi, la question du jury était de savoir si j'étais dans un simulacre informatique, qu'est-ce que je changerais? Pour y répondre une deuxième fois : moi rien, l'État sûre-

ment. J'ai géré comme j'ai pu les situations de crises auxquelles j'ai fait face académiquement, professionnellement et personnellement. En devenant une apprenante active, responsable et autonome tout en étant encadré, j'ai développé une stratégie des 3P (PENSÉES POSITIVES PERMANENTES) qui m'a permise de mener à bien mon parcours universitaire et en particulier mes recherches.

Pour conclure je remercie ma BONNE ÉTOILE grâce à qui aujourd'hui je suis une mère épanouie au sein d'une famille monoparentale construite grâce à l'amitié² et une amie entourée et aimée pour son devenir grâce à ce travail de recherche qui donne les clés pour un travail réflexif autant sur le plan professionnel que personnel.

Je vous remercie pour votre attention.

Doctoresse Mélody Laurent

2. « Cette humanité qui se réalise dans les conversations de l'amitié, les Grecs l'appelaient *philanthropia*, "amour de l'homme", parce qu'elle se manifeste en une disposition à partager le monde avec d'autres hommes. » Hannah ARENDT, *Vies politiques*, Gallimard, Paris, 1974, pp. 34-35

Résumé *informé*

La réflexivité sur le résumé de cette thèse est laissée à l'interprète.

Mots-clés : réflexivité, interprète,

***Informed* abstract**

Reflexivity on the abstract of this thesis is left to the interpret.

Keywords : reflexivity, interpret,

Bibliographie

- ALEXANDER, C. 1964, «A city is not a tree», 1965. 124
- ALLEN, P. G. et M. GREAVES. 2011, «Paul allen : The singularity isn't near», *MIT Technology review*. 125
- ALVAREZ, J. 2007, *Du jeu vidéo au serious game : approches culturelle, pragmatique et formelle*, thèse de doctorat, Toulouse 2. 35
- ALVAREZ, J., O. RAMPNOUX, J.-P. JESSEL et G. METHEL. 2007, «Serious game : Just a question of posture», *Artificial & Ambient Intelligence, AISB*, vol. 7, p. 420–423. 32
- AMATO, É.-A. 2003, «La fonctionnalité de sauvegarde des jeux vidéo ou la pragmatique hypermédia réitérative», *Le virtuel, la présence de l'absent*, S. Missonnier, H. Lisandre et al., EDK, p. 225–251. 39, 74
- AMOKRANE, K. 2010, *Suivi de l'apprenant en environnement virtuel pour la formation à la prévention des risques sur des sites Seveso*, thèse de doctorat, Compiègne. 91, 105
- ARINBJARNAR, M., H. BARBER et D. KUDENKO. 2009, «A critical review of interactive drama systems», . V, VI, 24, 132, 133
- ARMELLE, B.-C. 2012, «La pratique réflexive une valse à 7 temps», En ligne : <http://www.grex2.com/assets/files/expliciter/93janvie%202012.pdf> (consulté le 20 novembre 2017). 38
- AYLETT, R., S. LOUCHART, J. DIAS, A. PAIVA, M. VALA, S. WOODS et L. HALL. 2006, «Unscripted narrative for affectively driven characters», *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 26, n° 3, p. 42–52. 45, 55, 64
- AYLETT, R., M. VALA, P. SEQUEIRA et A. PAIVA. 2007, «Fearnot!—an emergent narrative approach to virtual dramas for anti-bullying education», dans *Virtual Storytelling. Using Virtual Reality Technologies for Storytelling*, Springer, p. 202–205. 6
- AYLETT, R. S., S. LOUCHART, J. DIAS, A. PAIVA et M. VALA. 2005, «Fearnot!—an experiment in emergent narrative», dans *Intelligent virtual agents*, Springer, p. 305–316. 64
- BAROT, C. 2014, *Scénarisation d'environnements virtuels. Vers un équilibre entre contrôle, cohérence et adaptabilité.*, thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne. V, VI, 15, 25, 51, 89, 105, 133, 134
- BEVENSEE, S. H., K. A. D. BOISEN, M. P. OLSEN, H. SCHOENAU-FOG et L. E. BRUNI. 2012, «Project aporia—an exploration of narrative understanding of environmental storytelling in an open world scenario», dans *International Conference on Interactive Digital Storytelling*, Springer, p. 96–101. V, VI, 20, 130

- BOUCHARDON, S. 2006, «Les récits littéraires interactifs», *e-critures.org*. 40
- BOUCHARDON, S. 2010, *Littérature numérique : le récit interactif*, Hermès science publications. 7
- BOUIX, J., C. HOFFMANN et S. AUSSET. 2015, «Médecine d'urgence et engagements opérationnels : rôle de l'infirmier militaire», . 43
- BROOKS, R. A. 1991, «Intelligence without representation», *Artificial intelligence*, vol. 47, n° 1, p. 139–159. 124
- BRUNER, J. 1987, «Life as narrative», *Social research*, p. 11–32. 6, 21, 38
- BURA, S. 2013, «Mapping of idn», . V, VI, 20, 130
- BYRNE, A., A. SELLEN, J. JONES, A. AITKENHEAD, S. HUSSAIN, F. GILDER, H. SMITH et P. RIBES. 2002, «Effect of videotape feedback on anaesthetists' performance while managing simulated anaesthetic crises : a multicentre study», *Anaesthesia*, vol. 57, n° 2, p. 176–179. 44
- CAILLOIS, R. 1967, «Les jeux et les hommes. le masque et le vertige», *Paris, Gallimard, coll. «Idées*. V, 15, 16, 63
- CAISSON, M. 1995, *L'Indien, le détective et l'ethnologue*, 25, Ministère de la culture/Maison des sciences de l'homme. 59
- CARPENTIER, K. 2015, *Scénarisation personnalisée dynamique dans les environnements virtuels pour la formation*, thèse de doctorat, Compiègne. V, VI, 19, 51, 105, 106, 129
- CAVAZZA, M., F. CHARLES et S. J. MEAD. 2002, «Interacting with virtual characters in interactive storytelling», dans *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems : part 1*, ACM, p. 318–325. 60
- CAVAZZA, M., J.-L. LUGRIN, D. PIZZI et F. CHARLES. 2007, «Madame bovary on the holodeck : immersive interactive storytelling», dans *Proceedings of the 15th international conference on Multimedia*, ACM, p. 651–660. 65
- CLAUDE, G. 2016, *Séquencement d'actions en environnement virtuel collaboratif*, thèse de doctorat, INSA de Rennes. V, VI, 23, 24, 133, 134
- COOPER, J., R. NEWBOWER et R. KITZ. 1984, «An analysis of major errors and equipment failures in anesthesia management», *Survey of Anesthesiology*, vol. 28, n° 5, p. 376–377. 5
- DAVID, F. 2003, «Creating emotion in games : The craft and art of emotioneering», . 39
- DEBRAY, B., S. CHAUMETTE, S. DESCOURIERE et V. TROMMETER. 2006, «Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle», *Rapport Omega*, vol. 7. 91
- DELEUZE, G. 1968, «Différence et répétition», *PUF Paris*. 15, 124
- DELEUZE, G. 1969a, «Logique du sens, minuit», *Paris : Minuit*. 83
- DELEUZE, G. 1969b, «Simulacre et philosophie antique, i. platon et le simulacre», *Deleuze, Logique du sens, Paris*, p. 292. 15

- DELEUZE, G. et F. GUATTARI. 1980, «Mille plateaux : Capitalisme et schizophrénie ii», *Éditions de minuit, Paris*. 8, 13, 14, 50, 56, 59, 66, 86, 122, 124
- DELUERMOZ, Q. et P. SINGARAVÉLOU. 2016, *Pour une histoire des possibles. Analyses contrefactuelles et futurs non advenus : Analyses contrefactuelles et futurs non advenus*, Le Seuil. 41
- DEWEY, J. 1933, «How we think : A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process vol. 8», . 37
- DIECKMANN, P., S. M. FRIIS, A. LIPPERT et D. ØSTERGAARD. 2012, «Goals, success factors, and barriers for simulation-based learning : A qualitative interview study in health care», *Simulation & Gaming*, vol. 43, n° 5, p. 627–647. 43
- DONALDSON, M. S., J. M. CORRIGAN, L. T. KOHN et collab.. 2000, *To err is human : building a safer health system*, vol. 6, National Academies Press. 31
- DRTOS, A. 1993, «Les chansons de gainsbourg : théologie de la provocation et provocation de la théologie», *Autres Temps. Les cahiers du christianisme social*, vol. 38, n° 1, p. 123–138. 124
- DUFOUR, É. 2011, *Le cinéma de science-fiction*, Armand Colin. 41
- DUFOUR, É. 2015, *La valeur d'un film : Philosophie du beau au cinéma*, Armand Colin. 41
- ECO, U. 1965, «L'œuvre ouverte, trad», *C. Roux de Bézieux, Paris : Editions du Seuil*, p. 69. 8, 51
- ECO, U. 1985, «Lector in fabula. le rôle du lecteur», *Paris, Grasset*. 51, 61, 67
- ECO, U. 1987, «Apostilles au nom de la rose, la métaphysique policière, traduit de l'italien par myriem bouzaher», *Le Nom de la Rose*, p. 509–544. 8, 51, 56, 57, 59, 126
- ECO, U. 2010, *De l'arbre au labyrinthe*, Grasset. 59, 61
- ECO, U. 2016, *Ecrits sur la pensée au Moyen Age*, Grasset. 61
- EDWARD, L. 2011, *Modélisation décisionnelle de personnages virtuels autonomes évoluant dans un environnement virtuel pour la prévention des risques sur les sites SEVESO*, thèse de doctorat, Compiègne. 105
- EPPICH, W. et A. CHENG. 2015, «Promoting excellence and reflective learning in simulation (pearls) : development and rationale for a blended approach to health care simulation debriefing», *Simulation in Healthcare*, vol. 10, n° 2, p. 106–115. 43
- FANNING, R. M. et D. M. GABA. 2007, «The role of debriefing in simulation-based learning», *Simulation in healthcare*, vol. 2, n° 2, p. 115–125. 44
- FEURZEIG, W. et S. PAPERT. 1967, «The logo programming language», . 123
- FIGUEIREDO, R., A. BRISSON, R. AYLETT et A. PAIVA. 2008, «Emergent stories facilitated», dans *Interactive Storytelling*, Springer, p. 218–229. 55
- FLANAGAN, J. C. 1954, «The critical incident technique.», *Psychological bulletin*, vol. 51, n° 4, p. 327. 44

- FLAUBERT, G. et Y. LECLERC. 1995, *Plans et scénarios de Madame Bovary*, CNRS. 65
- FLETCHER, G., R. FLIN, P. MCGEORGE, R. GLAVIN, N. MARAN et R. PATEY. 2003, «Anaesthetists' non-technical skills (ants) : evaluation of a behavioural marker system», *British journal of anaesthesia*, vol. 90, n° 5, p. 580–588. 44
- FLIN, R. H., P. O'CONNOR et M. CRICHTON. 2008, *Safety at the sharp end : a guide to non-technical skills*, Ashgate Publishing, Ltd. 6, 31
- FRASCA, G. 2001, *Videogames of the oppressed : Videogames as a means for critical thinking and debate*, mémoire de maîtrise, School of Literature, communication, and culture, Georgia Institute of Technology Atlanta. 32, 64
- GORDON, A., M. VAN LENT, M. VAN VELSEN, P. CARPENTER et A. JHALA. 2004, «Branching storylines in virtual reality environments for leadership development», dans *Proceedings of the national conference on Artificial Intelligence*, Menlo Park, CA; Cambridge, MA; London; AAI Press; MIT Press; 1999, p. 844–851. 32, 54
- GÖDEL, K. 1931, «Über formal unentscheidbare sätze der principia mathematica und verwandter systeme i», *Monatshefte für mathematik und physik*, vol. 38, n° 1, p. 173–198. 123
- GÖDEL, K. 1949, «An example of a new type of cosmological solutions of einstein's field equations of gravitation», *Reviews of Modern Physics*, vol. 21, n° 3, p. 447. 123
- TER HAAR, R. 2005, «Virtual reality in the military : present and future», dans *3rd Twente student conference on IT*. 32
- HABONNEAU, N., U. RICHLER, N. SZILAS et J. E. DUMAS. 2012, «3d simulated interactive drama for teenagers coping with a traumatic brain injury in a parent», dans *International Conference on Interactive Digital Storytelling*, Springer, p. 174–182. 45, 64
- HAYEK, F. A. 1988, «v.(1988) the fatal conceit : The errors of socialism», *The collected works of Friedrich August Hayek*, vol. 1. 124
- HILBERT, D. 1922, «Neubegründung der mathematik : Erste mitteilung. abhandlungen aus dem seminar der hamburgischen universität 1 : 157–77», *English translation in (Mancosu, 1998, 198–214) and (Ewald, 1996, 1115–1134)*. 123
- HILL JR, R. W., J. GRATCH, S. MARSELLA, J. RICKEL, W. R. SWARTOUT et D. R. TRAUM. 2003, «Virtual humans in the mission rehearsal exercise system.», *KI*, vol. 17, n° 4, p. 5. V, VI, 55, 66
- HOFFMANN, J., J. PORTEOUS et L. SEBASTIA. 2004, «Ordered landmarks in planning», *Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 22, p. 215–278. 57
- HUGUET, L., D. LOURDEAUX et N. SABOURET. 2016, «Présentation du projet victeams», dans *Workshop Affect• Compagnon Artificiel• Interaction (WACAI 2016)*. 5
- IUPPA, N., G. WELTMAN et A. GORDON. 2004, «Bringing hollywood storytelling techniques to branching storylines for training applications», dans *Proceedings of the Third International Conference for Narrative and Interactive Learning Environments, Edinburgh, Scotland*. V, 33, 54

- JAOUEN, A. 2013, *Quels sont les enseignements à extraire des stages de Médicalisation en milieu Hostile (MédicHos), pour l'instruction du Sauvetage de Combat de niveau 3 des personnels du Service de Santé des Armées?*, These, Université de Brest - Bretagne Occidentale. [43](#)
- KIM, J. M., R. W. HILL JR, P. J. DURLACH, H. C. LANE, E. FORBELL, M. CORE, S. MARSELLA, D. PYNADATH et J. HART. 2009, «Bilat : A game-based environment for practicing negotiation in a cultural context», *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 19, n° 3, p. 289–308. [38](#)
- KING, G. et T. KRZYWINSKA. 2006, *Tomb raiders and space invaders : Videogame forms and contexts*, IB Tauris. [39](#)
- KLEIN, G. 1997, «The recognition-primed decision (rpd) model : Looking back, looking forward», *Naturalistic decision making*, p. 285–292. [37](#)
- KLEINMAN, E. M. 2016, *Understanding Metagaming Mechanics in Interactive Storytelling*, thèse de doctorat, Drexel University. [40](#), [62](#)
- KOENITZ, H., M. HAAHR, G. FERRI, T. I. SEZEN et D. SEZEN. 2013, «Mapping the evolving space of interactive digital narrative-from artifacts to categorizations.», dans *ICIDS*, Springer, p. 55–60. [V](#), [VI](#), [20](#), [21](#), [130](#), [131](#)
- LAGADEC, P. 1991, «La gestion des crises», *Outils de réflexion al'usage des décideurs*, *Ediscience Internationale*, Paris. [5](#)
- LAGADEC, P. 1993, «Apprendre à gérer les crises», *Paris : Editions d'organisation*. [32](#)
- LAURENT, M. 2017, «Labyrinthes et jeux vidéo», dans *Formes mathématiques. Revue Découverte*. N° 411, p. 46–53. [137](#)
- LAURENT, M., S. BOUCHARDON, D. LOURDEAUX et N. SZILAS. 2017, «Récits interactifs pour l'apprentissage en environnement virtuel : design d'une scénarisation fondée sur l'uchronie.», dans *H2PTM'17. Le numérique à l'ère des designs, de l'hypertexte à l'hyperexpérience*. [137](#)
- LAURENT, M., N. SZILAS, D. LOURDEAUX et S. BOUCHARDON. 2016, «A reflexive approach in learning through uchronia», dans *Interactive Storytelling : 9th International Conference on Interactive Digital Storytelling, ICIDS 2016, Los Angeles, CA, USA, November 15–18, 2016, Proceedings 9*, Springer, p. 411–414. [137](#)
- LAVE, J. et E. WENGER. 1991, *Situated learning : Legitimate peripheral participation*, Cambridge university press. [43](#)
- LEBRATY, J.-F. et I. PASTORELLI-NEGRE. 2004, «Biais cognitifs : quel statut dans la prise de décision assistée?», *Systèmes d'information et management*, vol. 9, n° 3, p. 87. [37](#)
- LECOMTE, F. 2016, «Les compétences non techniques : pourquoi s'y intéresse-t-on?», *DU*. [31](#)
- LEIBNIZ, E. 1714, «La monadologie», . [124](#)
- LEVY, A., G. R. CIOTTONE et A. VOSKANYAN. 2017, «Counter-terrorism medicine : It is time», *Prehospital and Disaster Medicine*, vol. 32, n° S1, p. S128–S128. [E](#)

- L'HOMMET, M. 2012, *Replicants : humains virtuels cognitifs, émotionnels et sociaux : de l'empathie cognitive à l'empathie affective*, thèse de doctorat, Compiègne. 105
- LINDENMAYER, A. 1968, «Mathematical models for cellular interactions in development ii. simple and branching filaments with two-sided inputs», *Journal of theoretical biology*, vol. 18, n° 3, p. 300–315. 123
- LOUCHART, S. et R. AYLETT. 2004, «The emergent narrative theoretical investigation», dans *the 2004 Conference on Narrative and Interactive Learning Environments*, p. 21–28. 40
- MAGERKO, B. 2006, «Player modeling in the interactive drama architecture», *Department of Computer Science and Engineering, University of Michigan*. V, 57, 58
- MAGERKO, B., R. WRAY, L. HOLT et B. STENSRUD. 2005, «Improving interactive training through individualized content and increased engagement», dans *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*, p. 77–80. 35
- MANDELBROT, B. B. 1980, «Fractal aspects of the iteration of $z \rightarrow \lambda z(1-z)$ for complex λ and z », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 357, n° 1, p. 249–259. 124
- MANDELBROT, B. B. 1983, *The fractal geometry of nature*, vol. 173, Macmillan. 66, 124
- MANOVICH, L. 2001, *The language of new media*, MIT press, 218–236 p.. 66
- MARTENS, C., A.-G. BOSSER, J. F. FERREIRA et M. CAVAZZA. 2013, «Linear logic programming for narrative generation», dans *International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*, Springer, p. 427–432. 65
- MARTINEAU, O. 2015, *Un semestre en médecine d'urgence pré-hospitalière aide-t-il l'interne à devenir un bon team-leader? : étude préliminaire*, thèse de doctorat. 32
- MATEAS, M. 2002, «Interactive drama, art and artificial intelligence», . 60
- MATEAS, M. et A. STERN. 2005, «Procedural authorship : A case-study of the interactive drama façade», *Digital Arts and Culture (DAC)*. 61
- MICHAEL, D. R. et S. L. CHEN. 2005, *Serious games : Games that educate, train, and inform*, Muska & Lipman/Premier-Trade, 55–56 p.. 32, 35
- NIEHAUS, J. M., B. LI et M. O. RIEDL. 2011, «Automated scenario adaptation in support of intelligent tutoring systems.», dans *FLAIRS conference*. 60
- PADMORE, M., L. HALL, B. HOGG et G. PALEY. 2006, «Reviewing the potential of virtual learning environments in schools», *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*, p. 203–212. 45
- PERRENOUD, P. 1995, «Des savoirs aux compétences : de quoi parle-t-on en parlant de compétences», *Pédagogie collégiale*, vol. 9, n° 1, p. 20–24. 31
- PIZZI, D., F. CHARLES, J.-L. LUGRIN et M. CAVAZZA. 2007, «Interactive storytelling with literary feelings», dans *Affective Computing and Intelligent Interaction*, Springer, p. 630–641. 65
- RENOUVIER, C. B. J. 1876, *Uchronie, l'Utopie dans l'histoire*. 7

- RIEDL, M. O. et V. BULITKO. 2012, «Interactive narrative : An intelligent systems approach», *AI Magazine*, vol. 34, n° 1, p. 67. [V](#), [VI](#), [22](#), [131](#)
- RIEDL, M. O. et A. STERN. 2006, «Believable agents and intelligent story adaptation for interactive storytelling», dans *Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment*, Springer, p. 1–12. [62](#)
- RIEDL, M. O., A. STERN, D. DINI et J. ALDERMAN. 2008, «Dynamic experience management in virtual worlds for entertainment, education, and training», *International Transactions on Systems Science and Applications, Special Issue on Agent Based Systems for Human Learning*, vol. 4, n° 2, p. 23–42. [V](#), [6](#), [33](#), [57](#), [60](#)
- ROBERTS, D. L. et C. L. ISBELL. 2008, «A survey and qualitative analysis of recent advances in drama management», *International Transactions on Systems Science and Applications, Special Issue on Agent Based Systems for Human Learning*, vol. 4, n° 2, p. 61–75. [V](#), [VI](#), [23](#), [132](#)
- ROWE, J. P., L. R. SHORES, B. W. MOTT et J. C. LESTER. 2011, «Integrating learning, problem solving, and engagement in narrative-centered learning environments», *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 21, n° 1-2, p. 115–133. [6](#), [45](#), [56](#)
- RUDOLPH, J. W., R. SIMON, D. B. RAEMER et W. J. EPPICH. 2008, «Debriefing as formative assessment : closing performance gaps in medical education», *Academic Emergency Medicine*, vol. 15, n° 11, p. 1010–1016. [44](#)
- RYAN, M.-L. 2007, «Jeux narratifs, fictions ludiques», *Intermédialités : Histoire et théorie des arts, des lettres et des techniques/Intermediality : History and Theory of the Arts, Literature and Technologies*, , n° 9, p. 15–34. [40](#), [42](#)
- SANTARCANGELI, P. 1967, *Il libro dei labirinti*, vol. 17, Vallecchi. [59](#)
- SAVOLDELLI, G. L., V. N. NAIK, J. PARK, H. S. JOO, R. CHOW et S. J. HAMSTRA. 2006, «Value of debriefing during simulated crisis management : Oral versus video-assisted oral feedback», *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, vol. 105, n° 2, p. 279–285. [44](#)
- SCHON, D. A. 1994, *Le praticien réflexif : à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*, Logiques,. [7](#)
- SEARLE, J. R. 1992, *The rediscovery of the mind*, MIT press. [124](#)
- SEARLE, J. R. 2002, *Consciousness and language*, Cambridge University Press. [124](#)
- SEDIRI, M., N. MATTA, S. LORIETTE et A. HUGEROT. 2012, «Vers une représentation de situations de crise gérées par le samu», dans *IC 2012*. [32](#)
- SHAWVER, D. M. 1997, «Virtual actors and avatars in a flexible user-determined-scenario environment», dans *vrais*, IEEE, p. 170. [52](#)
- SOBEL, J. H. 1987, «Gödel's ontological proof», *On Being and Saying. Essays for Richard Cartwright*, p. 241–261. [123](#)
- SPINOZA, B. 1954, «L'éthique, 1677», *Folio Essais*, vol. 235. [125](#)

- SWARTJES, I. et M. THEUNE. 2006, «A fabula model for emergent narrative», . 61
- SWARTJES, I. et M. THEUNE. 2009, «Late commitment : virtual story characters that can frame their world», . 63, 89
- SWARTOUT, W., J. GRATCH, R. HILL, E. HOVY, R. LINDHEIM, S. MARSELLA, J. RICKEL et D. TRAUM. 2005, «Simulation meets hollywood : Integrating graphics, sound, story and character for immersive simulation», cahier de recherche, UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA MARINA DEL REY CA INST FOR CREATIVE TECHNOLOGIES. 54
- SWARTOUT, W., R. HILL, J. GRATCH, W. L. JOHNSON, C. KYRIAKAKIS, C. LABORE, R. LINDHEIM, S. MARSELLA, D. MIRAGLIA et B. MOORE. 2006, «Toward the holodeck : Integrating graphics, sound, character and story», cahier de recherche, DTIC Document. 33, 54, 65
- SZILAS, N. 2003, «Idtension : a narrative engine for interactive drama», dans *Proceedings of the Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment (TIDSE) Conference*, vol. 3, p. 187–203. 55, 59
- SZILAS, N. 2007, «A computational model of an intelligent narrator for interactive narratives», *Applied Artificial Intelligence*, vol. 21, n° 8, p. 753–801. 55, 59
- SZILAS, N. 2014a, «Apprendre par le récit fortement interactif : potentialités et premiers constats», dans *Narrative Matters 2014 : Narrative Knowing/Récit et Savoir*. 6, 38, 59
- SZILAS, N. 2014b, «Où va l'intrigue? réflexions autour de quelques récits fortement interactifs», *Cahiers de Narratologie. Analyse et théorie narratives*, , n° 27. 55
- SZILAS, N., J. DUMAS, U. RICHLE et N. HABONNEAU. 2015, «Conception et évaluation d'une simulation narrative pour le soutien psychologique», dans *7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2015)*, p. 29–40. 6, 46
- SZILAS, N., J. DUMAS, U. RICHLE et N. HABONNEAU. 2017, «Apports d'une simulation narrative pour l'acquisition de compétences sociales», . 55, 60
- TARDIF, J. 2006, «L'évaluation des compétences», *Documenter le parcours de développement. Montréal : Chenelière Éducation*. 31
- THORNDIKE, E. L. 1898, «Animal intelligence : An experimental study of the associative processes in animals.», *The Psychological Review : Monograph Supplements*, vol. 2, n° 4, p. i. 55
- TURING, A. M. 1950, «Computing machinery and intelligence», *Mind*, vol. 59, n° 236, p. 433–460. 123
- VON NEUMANN, J. 1945, «First draft of a report on the edvac», *Contract W670ORD4926, US Army Ordnance Department and University of*. 123
- WHITEHEAD, A. N. et B. RUSSELL. 1912, *Principia mathematica*, vol. 2, University Press. 123

- YEE, B., V. N. NAIK, H. S. JOO, G. L. SAVOLDELLI, D. Y. CHUNG, P. L. HOUSTON, B. J. KARATZOGLOU et S. J. HAMSTRA. 2005, «Nontechnical skills in anesthesia crisis management with repeated exposure to simulation-based education», *Anesthesiology : The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, vol. 103, n° 2, p. 241–248. [44](#)
- YOUNG, R. M., M. O. RIEDL, M. BRANLY, A. JHALA, R. MARTIN et C. SARETTO. 2004, «An architecture for integrating plan-based behavior generation with interactive game environments», *Journal of Game Development*, vol. 1, n° 1, p. 51–70. [60](#)
- YOUNG, R. M. et collab.. 2001, «An overview of the mimesis architecture : Integrating intelligent narrative control into an existing gaming environment», dans *The Working Notes of the AAAI Spring Symposium on Artificial Intelligence and Interactive Entertainment*, p. 78–81. [57](#)
- ZYDA, M. 2005, «From visual simulation to virtual reality to games», *Computer*, vol. 38, n° 9, p. 25–32. [32](#)