



HAL
open science

Proposition d'un espace de navigation hypermédia fondé sur des parcours heuristiques comme aide à la compréhension du patrimoine culturel bâti. SPASM : Système de Parcours d'Apprentissage, de Scénarisation et de Mémorisation.

Sandro Varano

► **To cite this version:**

Sandro Varano. Proposition d'un espace de navigation hypermédia fondé sur des parcours heuristiques comme aide à la compréhension du patrimoine culturel bâti. SPASM : Système de Parcours d'Apprentissage, de Scénarisation et de Mémorisation.. domain_other. Institut National Polytechnique de Lorraine - INPL, 2010. Français. NNT : . tel-00547475

HAL Id: tel-00547475

<https://theses.hal.science/tel-00547475>

Submitted on 16 Dec 2010

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.

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE
ÉCOLE DOCTORALE IAEM LORRAINE

Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie
MAP CRAI UMR n°694/CNRS/CULTURE
École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 17/09/2010
pour l'obtention du grade de Docteur de l'INPL
Spécialité : Sciences de l'Architecture

par

Sandro VARANO

Proposition d'un espace de navigation
hypermédia fondé sur des parcours
heuristiques comme aide à la
compréhension du patrimoine culturel bâti

spasm
SYSTEME de PARCOURS d'APPRENTISSAGE, de SCENARISATION et de MEMORISATION

Composition du jury :

Directeur de thèse :	M. Jean-Claude BIGNON	Architecte, Professeur HDR ENSA-Nancy
Co-directeur de thèse :	M. Gilles HALIN	Maître de Conférences HDR Nancy 2
Rapporteurs :	MM. Françoise PRÉTEUX MM. Patrizia LAUDATI	Professeur HDR – MINES ParisTech Architecte-Urbaniste, Professeur HDR UVHC
Président du jury :	M. Pierre GRUSSENMEYER	Professeur HDR – INSA Strasbourg

À Josée, à ses parcours ...

Remerciements

Je tiens à remercier :

Monsieur Jean-Claude Bignon, architecte, Professeur à l'ENSA Nancy, et chercheur au CRAI, qui grâce à son sens critique et à ses compétences scientifiques, a su diriger mon travail de thèse avec sérieux et pertinence.

Monsieur Gilles Halin, Maître de conférences en Informatique à l'Université Nancy 2 et chercheur au CRAI, pour sa disponibilité et ses conseils avisés qui ont permis d'ajuster mon travail.

Madame Françoise Prêteux, Professeur des Universités à MINES ParisTech, et Madame Patrizia Laudati, architecte-urbaniste et Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse en y portant un vif intérêt, et pour le soin accordé à la rédaction des rapports.

Monsieur Pierre Grussenmeyer, Professeur des Universités à l'INSA Strasbourg, qui a aimablement accepté d'être examinateur de ce travail de thèse.

Monsieur Didier Bur, enseignant à l'ENSA Nancy et chercheur au CRAI, pour ses commentaires et son regard original.

Mes consœurs éducatives et récréatives, Salma Chaabouni et Shaghayegh Shadkhou, doctorantes au CRAI, qui ont contribué à l'existence de ce travail de thèse, par leurs encouragements, leurs enthousiasmes, leurs conseils et leurs divertissements.

Les stagiaires du CRAI : Gautier Castellino, étudiant en architecture, avec qui j'ai eu l'occasion d'approfondir, dans nos riches échanges, la notion de « parcours » ; et Tristan Truchot, étudiant en informatique, qui a assuré avec brio le développement du prototype.

Les membres du CRAI et leur directeur Monsieur Jean-Pierre Perrin, qui m'ont accueilli et aidé durant ces années de thèse.

L'ENSA de Strasbourg, qui a participé à cette aventure et qui m'a également offert un cadre de travail agréable et stimulant.

Les « gamers » de l'ENSA Strasbourg, Cyril Compagnon, Arnaud Delcrin, Mickael Burgaentzen, qui m'ont apporté de nombreuses références dans le domaine des jeux vidéo, et qui ont participé à l'expérimentation.

Les proches et amis qui ont participé à l'expérimentation, Fabrice Varano, Jonathan Cornu, Nihad Zolota et Frédéric Schwœrtzig, qui m'a également orienté dans le choix du monument qui nous a servi de support dans ce travail.

Jérémie Feldman et Erik Lehmann, qui, à travers leurs écoutes et les passionnantes discussions, ont largement contribué à ce travail.

Clément Oudin, pour l'intérêt qu'il a porté et pour tous nos échanges.

Et enfin, je tiens à remercier ma famille, qui m'a soutenu directement ou indirectement, et sans qui ce travail de thèse n'aurait jamais existé.

Résumé

Proposition d'un espace de navigation hypermédia fondé sur des parcours heuristiques comme aide à la compréhension du patrimoine culturel bâti.

SPASM : Système de Parcours d'Apprentissage, de Scénarisation et de Mémorisation.

La restitution du patrimoine culturel bâti présentée sur Internet, sur cédéroms interactifs ou sur bornes muséales, ... est une préoccupation constante de la médiation culturelle. Grâce aux qualités des hypermédiâs, à savoir l'hypertexte et le multimédia, il semble que ces produits existants ont des capacités à restituer des informations patrimoniales aux publics, mais finalement ils n'ont pas l'efficacité cognitive et pédagogique que nous pourrions en attendre.

En exploitant les possibilités offertes par les outils numériques, l'objectif est de proposer aux non-experts désireux d'apprendre, un espace de navigation hypermédia basé sur des hypothèses systémiques, fonctionnelles et graphiques, afin de concevoir un outil complet de visualisation et d'immersion comme aide à la compréhension des connaissances archéologiques et architecturales.

D'un point de vue expérimental, nous identifions parmi les caractéristiques des jeux vidéo et de la cartographie, celles qui seraient susceptibles de rendre compte des environnements sémiologiques et cognitifs utiles à la re-présentation et à l'apprentissage.

L'espace de navigation proposé, met en correspondance des activités d'exploration et de création. Au fur et à mesure de sa déambulation en temps réel, l'apprenant est guidé et motivé en suivant des parcours topographique, cognitif et scénarisé. Parallèlement, il crée sa propre « carte mémorielle » qui va l'aider à s'orienter, à construire ses connaissances et à les mémoriser.

Le travail conduit à un modèle conceptuel applicable à tous types de bâtis. Il débouche sur un prototype qui utilise la Pyramide de Khéops comme support d'expérimentation.

Mots-clés : Patrimoine culturel bâti, restitution, hypermédia, cognition, sémiotique, apprentissage, jeux vidéo, cartographie.

Abstract

Proposal of a hypermedia navigation space based on heuristic paths as an aid to the understanding of built cultural heritage.

SPASM : Paths System of Learning, Scripting and Memorizing.

Restitution of built cultural heritage presented on Internet, interactive CD-ROMs, museum terminals, ... is a constant preoccupation of cultural mediation. Thanks to the attractions of hypermedia, namely hypertext and multimedia, it seems that existing products have capacities to transmit heritage information to the public, but ultimately they miss real cognitive or educational purposes.

Through the use of existing numerical tools, the objective consists in proposing to non-expert learners, a hypermedia navigation space based on systemic, practical and graphic assumptions, in order to conceive a complete visualization and immersion tool as an aid to understand archaeological and architectural knowledge.

From an experimental point of view, we identify among the characteristics of video games and cartography, those which may report that these semiological and cognitive environments can constitute systems of re-presentation and effective learning.

The navigation space proposed, correlates activities of exploration and creation. During his real time movement, the learner is guided and motivated following topographical, cognitive and scripted paths. At the same time, he/she creates his/her own « memory map » that will help to move, build knowledge and memorize.

The work leads to a conceptual model applicable to all types of buildings. It results in a prototype using the Cheops Pyramid as support of experimentation.

Keywords : built cultural heritage, restitution, hypermedia, cognition, semiotic, learning, video games, cartography.

Sommaire

REMERCIEMENTS	V
RÉSUMÉ	VII
ABSTRACT	IX
SOMMAIRE	XI
INTRODUCTION	1
CONTEXTE DE LA RECHERCHE	1
ORGANISATION DU MÉMOIRE	4
PARTIE I ÉTAT DE L'ART	7
CHAPITRE 1 L'ARCHÉOLOGIE ET L'ARCHITECTURE RESTITUÉES AUX PUBLICS	9
1.1 <i>Les récits archéologiques</i>	9
1.2 <i>Patrimoine culturel bâti et réalité virtuelle</i>	15
1.3 <i>Les interfaces hypermédias dédiées au patrimoine culturel bâti</i>	22
CHAPITRE 2 LES SYSTÈMES DE REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES.....	55
2.1 <i>La prise de notes comme représentation externe</i>	55
2.2 <i>La cartographie comme représentation subjective</i>	57
2.3 <i>Les cartes heuristiques comme représentation sémantique</i>	62
2.4 <i>Les cartes interactives comme représentation dynamique</i>	64
2.5 <i>Entrer dans l'image</i>	70
CHAPITRE 3 LES RÉCITS VIDÉOLUDIQUES	73
3.1 <i>Les expressions vidéoludiques</i>	74
3.2 <i>La lecture sémiologique des environnements vidéoludiques</i>	85
3.3 <i>Les parcours vidéoludiques</i>	93
CHAPITRE 4 APPRENTISSAGE ET MÉMORISATION	101
4.1 <i>La situation de médiation culturelle</i>	101
4.2 <i>L'acte d'apprendre</i>	104
4.3 <i>Ludique et didactique</i>	112
4.4 <i>L'art de la mémoire</i>	122
CONCLUSION : SUR LES CHEMINS DE LA GLOIRE.....	129
PARTIE II SPASM : SYSTÈME DE PARCOURS D'APPRENTISSAGE, DE SCÉNARISATION ET DE MÉMORISATION	133

CHAPITRE 5	LA TRAME TOPOGRAPHIQUE ET COGNITIVE	135
5.1	<i>Les chemins de l'information et les chemins de la connaissance : une structure du savoir</i>	136
5.2	<i>Le parcours topographique</i>	137
5.3	<i>Le parcours cognitif</i>	138
5.4	<i>« Optimisation » de parcours selon les profils et les situations d'apprentissage</i>	139
5.5	<i>Concepts pour un modèle des parcours d'apprentissage</i>	144
CHAPITRE 6	AU FIL DU RÉCIT	147
6.1	<i>Sémantique narrative</i>	148
6.2	<i>La scénarisation des parcours</i>	151
6.3	<i>Un générateur de scénarii</i>	156
6.4	<i>Étude de cas : la Pyramide de Khéops</i>	157
6.5	<i>Concepts pour un modèle des parcours d'apprentissage scénarisés</i>	161
CHAPITRE 7	LA CARTE MÉMORIELLE : MATÉRIALISER LA CARTE MENTALE DE L'APPRENANT	163
7.1	<i>Un outil de repérage et de guidage</i>	164
7.2	<i>Un support de présentation et de représentation</i>	176
7.3	<i>L'édifice comme « pseudo-texte » et métaphore de mémoire</i>	180
7.4	<i>Les traces du parcours</i>	181
7.5	<i>Le modèle conceptuel</i>	184
CHAPITRE 8	PROTOTYPE ET EXPÉRIMENTATION	191
8.1	<i>Comparaison prototype/modèle théorique</i>	191
8.2	<i>Objectifs de l'expérimentation</i>	194
8.3	<i>Le protocole expérimental</i>	194
8.4	<i>Les résultats de l'expérimentation</i>	195
8.5	<i>Conclusion sur l'expérimentation : limites et perspectives</i>	203
BILAN GÉNÉRAL		207
CONCLUSION		207
PERSPECTIVES.....		210
GLOSSAIRE		213
RÉFÉRENCES		217
BIBLIOGRAPHIE		217
SITES INTERNET.....		229
CÉDÉROMS		232
JEUX VIDÉO		233
FILMOGRAPHIE		235
TABLE DES FIGURES		237
LISTE DES TABLEAUX		243
ANNEXES		245
LES ENJEUX DE LA CARTOGRAPHIE		246
LE RÉCIT TRADITIONNEL.....		247
LA PYRAMIDE DE KHÉOPS SCÉNARISÉE		250
FONCTIONNEMENT DU PROTOTYPE		258
UTILISATION DU PROTOTYPE		268
EXPÉRIMENTATION		276
CONFÉRENCES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE ET PUBLICATION DES ACTES.....		281
TABLE DES MATIÈRES		283

Introduction

Contexte de la recherche

Ce travail de recherche s'inscrit dans le domaine de la restitution archéologique et architecturale. Il vise à instruire les publics-apprenants en leur facilitant l'appropriation et la mémorisation de nouvelles connaissances du patrimoine culturel bâti.

La reconstitution virtuelle de monuments patrimoniaux constitue une des tâches émergentes dans le domaine de l'archéologie et de l'architecture. Elle permet de constituer une base de données archivable et communicable des édifices disparus ou existants.

À travers l'utilisation des techniques de numérisation, plusieurs phases caractérisent cette reconstitution : nous pouvons d'abord recréer une forme qui peut être exploitée scientifiquement (acquisition de données, modélisation tridimensionnelle, simulation par la synthèse d'images), elle nous permet ensuite de communiquer avec le « grand public ». La visualisation et la transmission des informations représentent la dernière phase dans la restitution du patrimoine culturel bâti.

Les archéologues et les architectes sont alors confrontés aux problèmes de la représentation pour communiquer leurs hypothèses de reconstitution des monuments et des sites : pertinence des graphismes utilisés, codes de représentation univoques, extrapolation de la représentation

des connaissances, etc. Par ailleurs, la transmission des connaissances contenues dans les restitutions nécessite de la part des publics récepteurs (c'est-à-dire les personnes non spécialistes qui souhaitent apprendre, tels des « novices éclairés ») un investissement et une implication certaine.

D'une manière générale, notre travail s'articulera autour des deux questions suivantes :

- Comment participer à la transmission du patrimoine culturel bâti ?
- Comment communiquer des informations culturelles à des fins pédagogiques ?

La médiation culturelle se propose de penser le dialogue entre les publics et les institutions de la culture, à travers l'exploration des moyens, des méthodes et des outils visant la transmission et la communication du savoir culturel.

« Le concept de médiation part des publics et de leur connaissance. En effet, derrière la vocation pédagogique que l'on a attribuée aux équipements culturels comme les musées, derrière la vocation identitaire que l'on a attribuée au patrimoine, apparaît de plus en plus la nécessité d'intermédiaires, de porte-parole, de médiateurs » (Caillet, 1997).

De nouvelles situations de médiation peuvent être provoquées à travers l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Elles sont l'occasion de repenser la relation éducative et de proposer des nouveaux médiateurs qui aident à « mieux (se) re-présenter » et autour desquels s'organise l'apprentissage.

Les avancées technologiques offrent des situations d'apprentissage dont l'originalité réside dans le mode de navigation tridimensionnel qu'elles proposent : sur le principe de l'interactivité*, l'apprenant détermine lui-même son parcours dans un espace hypertextuel multimédia*, que nous qualifions d'interface hypermédia*.

Mais ces technologies interactives, nous ont finalement révélées des problèmes de désorientation de l'apprenant, et du même coup de « surcharge cognitive ».

La façon dont l'apprenant va découvrir et s'approprier les informations dans un hypermédia dépend du mode de navigation que l'outil propose. Il s'agira, dans cette recherche, de définir un cadre de réflexion autour de la navigation 3D, afin de mettre en évidence des stratégies qui peuvent aider l'apprenant à s'orienter lors de son parcours et qui peuvent alléger sa charge cognitive.

Il semble important aujourd'hui, d'envisager les différentes productions cartographiques, littéraires, vidéoludiques, ..., pour la conception d'un système d'apprentissage instructif et communicatif.

Jay David Bolter et Richard Grusin ont inventé le concept de « Remédiation » (Bolter & Grusin, 1998) pour expliquer l'influence mutuelle qui s'exerce dans les médias. Selon eux, tous les médias s'enrichissent les uns avec les autres, qu'ils soient récents ou anciens.

Sébastien Genvo souligne l'aspect « transmédiatique » des jeux vidéo (Genvo, 2005). Ces derniers empruntent des formes et des contenus aux autres médias, pour établir de nouveaux codes et de nouvelles esthétiques.

Les jeux vidéo présentent tous une dimension réflexive et tactique à des degrés variables (prise de décisions, raisonnement inductif et abductif, ...) et sont des occasions pour les joueurs de mettre en situation leurs compétences dans un contexte narratif et interactif.

Ces nouvelles fictions interactives impliquent une participation active du joueur, ce qui lui confère une grande liberté d'actions et la possibilité de construire son histoire. L'enjeu, dans la narration vidéoludique, est de concilier l'intensité dramatique du récit* et l'interactivité.

Les jeux de repérages d'indices* sont à retenir, c'est le principe des jeux dits d'exploration où le joueur découvre l'histoire en résolvant des énigmes*. Selon Franck Veillon (Veillon, 2001), « nous apprenons mieux et plus vite si la matière à apprendre est présentée sous forme de monde à explorer plutôt que sous forme de cursus à assimiler sans poser de question ».

Les jeux vidéo nous incitent ensuite à interpréter des signes. La mise en récit des indices par les concepteurs de jeux vidéo suppose la prise en compte de diverses opérations sémiologiques et cognitives nécessaires au déchiffrement de ces indices et à la résolution des énigmes, afin d'entretenir la motivation du joueur.

Les recherches en sémiotique croisent aujourd'hui celles des sciences cognitives. Motivation, apprentissage et mémorisation seront traités conjointement avec les technologies de l'information et de la connaissance.

Le travail mené correspond en définitive, et dans une approche sémio-cognitive, à la proposition d'un espace de navigation hypermédia apte à rendre compte de la complexité tant formelle qu'historique du patrimoine archéologique et architectural auprès des publics-apprenants.

En d'autres termes, comment utiliser la capacité des jeux vidéo, alliée aux méthodes de représentation dans le domaine de l'archéologie et de l'architecture, afin d'alimenter la conception de produits éducatifs ?

Nous souhaitons proposer une modélisation de notre espace de navigation hypermédia. À l'issue de ce travail, le modèle* conceptuel représente un espace de navigation générique pouvant être utilisé pour tous types d'édifices architecturaux ou sites archéologiques.

Organisation du mémoire

Le présent mémoire s'organise en deux grandes parties, possédant chacune quatre chapitres :

- La partie I, intitulée « *État de l'art* », rend compte de différents domaines et des concepts que nous souhaitons réinterpréter ou recombinaison dans notre travail.

- Chapitre 1 : « *L'archéologie et l'architecture restituées aux publics* » (pp. 9-54).

Dans un premier temps, ce chapitre rapporte les récits de voyages des explorateurs et des écrivains, ce qui nous permet d'introduire notre travail qui est de donner la possibilité à une personne parmi les publics de « narrer l'archéologie et l'architecture » ; cette personne est un « apprenant » mais avant tout un voyageur, un explorateur, un cartographe et un conteur.

Dans un deuxième temps, nous précisons le contexte en définissant le terme de « restitution » archéologique et architecturale, que nous distinguons de la « reconstitution », mais que nous rattachons à la « réalité virtuelle » pour la communication et la valorisation du patrimoine culturel bâti.

Nous ciblons ensuite notre travail vers les interfaces hypermédias (combinant hypertexte* et multimédia) : nous proposons un corpus de sites Internet et de cédéroms dédiés à l'archéologie et à l'architecture.

À travers ce corpus, nous mettrons en évidence le potentiel des hypermédias, mais nous soulignerons également, à la fin du chapitre, les problèmes de désorientation, de déperdition de l'information et de surcharge cognitive qu'ils engendrent.

- Chapitre 2 : « *Les systèmes de représentations graphiques* » (pp. 55-72).

Nous explorons au cours de ce chapitre, les diverses représentations graphiques qui visent à améliorer la visualisation et la recherche d'informations. Ces représentations seront pour nous : « externes » (la prise de notes), « subjectives » (la cartographie), « sémantiques » (les cartes heuristiques) et « dynamiques » (les cartes interactives).

Le chapitre se conclue par une étude sur notre rapport à l'image, pour savoir si l'interactivité nous permet de « rentrer dans l'image ».

- Chapitre 3 : « *Les récits vidéoludiques* » (pp. 73-100).

Nous analysons d'abord, les jeux vidéo comme des environnements propices à l'expression ludique, créative et culturelle.

Nous observons ensuite les signes, les opérations cognitives et les types de narrations interactives qu'ils mettent en jeu.

À l'examen des jeux vidéo d'exploration, nous ferons la part de ce qui est à emprunter à l'un ou à l'autre, de ce qu'il est pertinent de proposer comme modèle d'organisation du système d'apprentissage, d'en tirer des conclusions en termes d'implémentation, de « story-board », de « gameplay* », de protocoles de navigation temporelle et spatiale, de dosage entre stratégie et tactique.

- Chapitre 4 : « *Apprentissage et mémorisation* » (pp. 101-128).

Autour des sciences de l'éducation, ce chapitre propose d'abord un modèle de médiation culturelle : la technologie comme médiateur entre une institution culturelle et un apprenant.

Nous examinons ensuite les motivateurs qui nous poussent à apprendre, puis, dans une approche constructiviste, nous voyons comment nous apprenons.

L'apprentissage faisant place à la mémorisation, nous terminons le chapitre par les procédés qui favorisent la mémoire, telles que la cognition externe, la méthode antique « des lieux et des images », la métaphorisation.

Les jeux vidéo seront ici au centre de notre étude.

- Conclusion sur la partie I : « *Sur les chemins de la gloire* » (pp. 129-131).

Cette fin de partie, au titre optimiste, présente la problématique et annonce les hypothèses de proposition.

- La partie II, intitulée « *SPASM : Système de Parcours d'Apprentissage, de Scénarisation et de Mémorisation* », développe les hypothèses de propositions basées sur les concepts évoqués en partie I.

- Chapitre 5 : « *La trame topographique et cognitive* » (pp. 135-146).

Dans ce chapitre, nous recombinaisons la structure hypertextuelle (chapitre 1) associée aux types de narrations interactives vidéoludiques (chapitre 3) pour proposer deux parcours distincts et complémentaires : le parcours topographique et le parcours cognitif. Ces derniers sont censés établir la structure de base qui améliore l'apprentissage en proposant des points de passage pour l'information et pour la connaissance.

Nous verrons comment ces parcours peuvent être « optimisés » selon les profils et les situations d'apprentissage.
- Chapitre 6 : « *Au fil du récit* » (pp. 147-162).

Nous superposons aux parcours topographique et cognitif, un parcours scénarisé basé sur une démarche indiciariaire et sur la résolution d'énigmes (chapitre 3). Ce nouveau parcours est supposé construire les relations sémantiques entre les différentes unités d'apprentissage, afin que l'apprenant puisse mettre du sens dans son discours.

Une étude de cas fondée sur la Pyramide de Khéops y est présentée en exemple.
- Chapitre 7 : « *La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant* » (pp. 163-190).

Pour mettre en forme les types de parcours proposés, et à partir des différentes opérations cognitives et sémiologiques décrites en partie I, nous concevons une « carte mémorielle » comme assistance à l'orientation, à la représentation et à la mémorisation.

La fin du chapitre propose un modèle conceptuel global de notre espace de navigation hypermédia, établi à partir des différents concepts évoqués au cours de la partie II.
- Chapitre 8 : « *Prototype et expérimentation* » (pp. 191-205).

Enfin, le dernier chapitre propose une expérimentation à partir de notre prototype, afin de vérifier certains aspects du modèle théorique que nous avons mis en place.

Partie I État de l'art

Chapitre 1 L'archéologie et l'architecture restituées aux publics

Des scènes préhistoriques peintes, aux carnets de voyages illustrés par les explorateurs et les écrivains, les traces témoignent de cette volonté à vouloir représenter une histoire sur un support.

L'archéologie a toujours été racontée dans les récits de voyage. Si nous parcourons l'écriture sur le voyage, nous découvrons le monde avec autant de regards que d'auteurs voyageurs.

Les récits archéologiques ont contribué à la restitution du patrimoine bâti. Le terme de « restitution » n'a pas eu la même importance selon les époques, selon les contextes et les besoins. Elle peut être une retranscription personnelle, subjective d'une chose, ou une retranscription fidèle dans un cadre scientifique.

Aujourd'hui, les différentes expériences effectuées dans le domaine du patrimoine bâti, mettent en évidence l'intérêt de l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) pour l'étude et la diffusion de l'archéologie et de l'architecture. Les possibilités offertes par ces technologies de l'image mettent en valeur le patrimoine culturel et monumental mondial.

1.1 Les récits archéologiques

Ce genre de récit évolue avec la conception même du voyage. Nous distinguons alors deux types d'auteurs : les explorateurs (géographes et historiens) en quête de nouvelles terres, et les écrivains littéraires en quête de soi, qui ont en commun le désir de découvrir et de narrer de nouveaux horizons. Le récit de voyage a ceci de particulier qu'il mêle description fidèle du réel et impressions vécues des lieux visités ; et contrairement au roman qui est gratuit, il se veut didactique. Selon les époques, le mode de narration employé par l'auteur a évolué pour s'accorder à l'objectif du voyage.

1.1.1 Terra incognita

Dès l'antiquité¹, nous pouvons attribuer les premiers récits de voyage à l'historien et géographe grec Hérodote (V^e siècle av. J.-C.) surnommé « Père de l'Histoire » par Cicéron (*les Lois*, I, 1). Il voyagea au Proche-Orient et dans l'empire Perse pour recueillir des informations et rapporter des faits historiques qu'il rassembla dans ses *Histoires*.

Bien plus tard, au Moyen-âge, le moine bouddhiste chinois Hsuan Tsang rédigea ses *Mémoires sur les contrées occidentales* pour relater son périple de dix-sept années qui le mena en Inde afin d'y trouver des textes sacrés du bouddhisme. Ses récits restent la meilleure source de connaissance sur l'Asie au VII^e siècle.

Au X^e siècle, beaucoup d'arabes sont partis explorer le monde musulman. Parmi eux, le géographe et écrivain Mohammed Aboul-Kassem Ibn Hawqal a quitté Bagdad en 943 pour aller explorer les pays islamiques. Son célèbre ouvrage, écrit en 977, est appelé *Surat Al-Ardh* (*Le visage de la Terre*).

Les récits de l'explorateur et marchand vénitien Marco Polo sont évoqués en 1298 dans *Le livre des merveilles*² (**Figure 1**). Le livre décrit l'empire du très puissant empereur mongol Khan Kubilaï qui lui confia plusieurs missions entre 1274 et 1291. Aux retours de ses expéditions, Marco Polo usait de ses talents d'observateur et de narrateur pour captiver l'empereur.

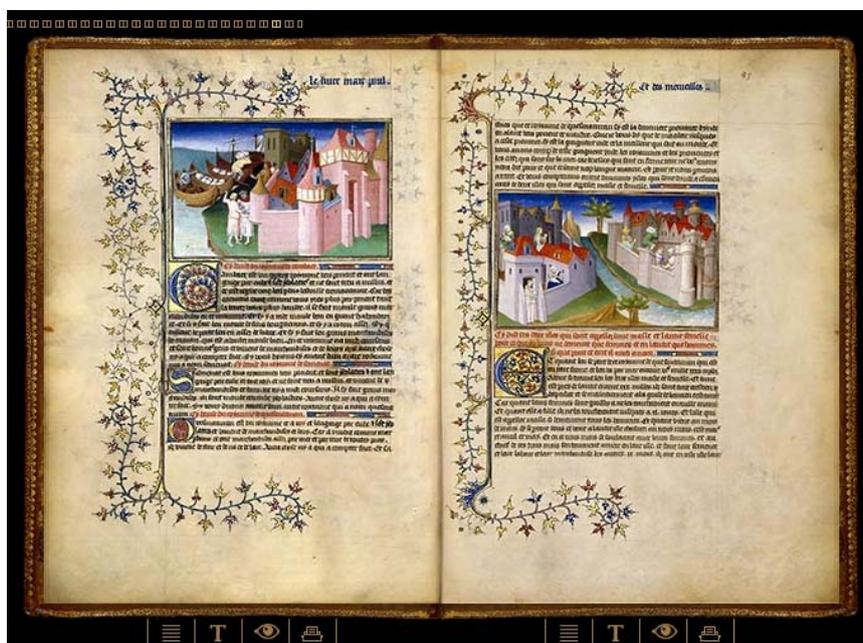


Figure 1. *Le livre des merveilles* de Marco Polo, 1298. *Les livres à feuilletter* [24] site des « Expositions virtuelles » de la BnF.

¹ Les épopées du poète grec Homer (VIII^e siècle av. J.-C.) : l'*Illiade* racontant la guerre de Troie et l'*Odyssée* racontant le retour d'Ulysse dans son pays après cette guerre, peuvent être considérées comme l'origine des récits de voyage ; bien qu'Homer n'est pas voyagé, il a raconté l'histoire de voyages héroïques.

² Parfois appelé *Le devisement du monde* ou *Il milione*.

La Renaissance marque l'époque des grands navigateurs à la conquête du « Nouveau Monde ». Le *Livre des Nouvelles Terres* (**Figure 2**), imprimé par Mikilas Bakalar en 1506 à Pilsen, constitue la plus ancienne description de la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb³.

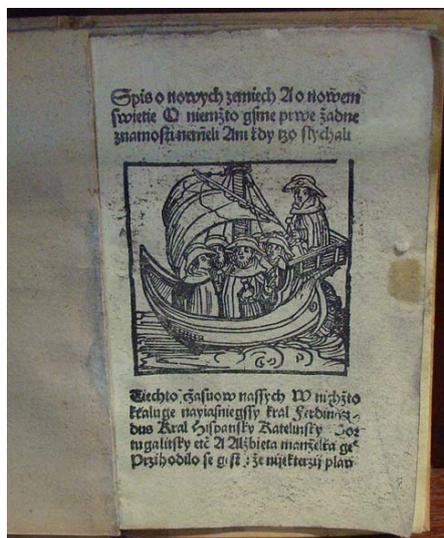


Figure 2. Le *Livre des Nouvelles Terres*, 1506. Exposé au monastère de Strahov à Prague.

Plus tard, au XVIII^e siècle, les grands explorateurs écrivent leur « voyage autour du monde » : le navigateur français Louis Antoine de Bougainville, expose ses récits scientifiques dans son livre *Voyage autour du monde* (1771), relatant ses voyages entre 1766 et 1769. Il essaya de raconter fidèlement ses découvertes en offrant de nombreux témoignages écrits provenant des différents personnages qu'il a rencontré. En ce sens, les récits de Bougainville se démarquent des autres récits de voyage qui n'ont qu'un seul point de vue, celui de l'auteur.

Le capitaine James Cook rédige son journal *Relations de voyages autour du monde* dans le cadre des trois expéditions entre 1768 et 1779, vers l'Australie, la Nouvelle Calédonie et la Nouvelle-Zélande.

L'officier de Marine Jean-François de Galaup, comte de La Pérouse est choisi par Louis XVI pour diriger une expédition de découverte afin d'enrichir les collections scientifiques. Entre 1785, il quitte Brest pour traverser le Pacifique du nord au sud jusqu'en 1788. Le *Voyage de La Pérouse Autour du Monde* sera publié en 1797 (**Figure 3**).

³ Lui-même influencé par les ouvrages *Imago Mundi*, publié pour la première fois en 1410 par le théologien français Pierre d'Ailly et par le *Livres des Merveilles du Monde*, écrit par le chevalier anglais Jean de Mandeville entre 1355 et 1357.



Figure 3. « Insulaires et monuments de l'Île de Pâque ». *Voyage de La Pérouse
Autour du Monde*. Imp. de la République, Paris, 1797.

1.1.2 Voyages romanesques

À partir du siècle des lumières, au moment où les grandes expéditions à la découverte des nouvelles terres prennent fin, un nouveau genre littéraire apparaît. Le voyage est une source d'inspiration chez les écrivains ; il devient sentimental ou pittoresque, il est une expérience sensible.

Des jeunes nobles et riches bourgeois anglais entreprennent le « Grand Tour » vers l'Europe. Plus qu'une mode passagère, ces voyages permettaient de parfaire leur éducation. Ces jeunes gens avaient un intérêt particulier pour l'art sous toutes ses formes. Parmi eux, des écrivains majeurs de la littérature anglaise (James Boswell, Samuel Johnson, Laurence Sterne, Tobias Smollett, etc) ont relaté leurs récits de voyage sous des formes romanesques. En 1768, Laurence Sterne publie *A Sentimental Journey Through France and Italy*. La même année, James Boswell arrive en Corse sur la recommandation de Jean-Jacques Rousseau. Il publie alors *Account of Corsica, The Journal of a Tour to that Island and Memoirs of Pascal Paoli*, qui fit connaître la Corse jusqu'en Amérique.

Par la suite, les écrivains romantiques⁴ du XIX^e siècle décrivent leur vision personnelle des ruines, des monuments, des paysages. Les récits décrivent les lieux visités en employant un ton subjectif et intimiste : « Le récit de voyage, comme genre littéraire, se caractérise au XIX^e siècle par une tension entre, d'un côté, le désir des voyageurs de restituer par l'écriture la réalité qu'ils observent et, de l'autre, la nature littéraire de leur projet qui les incite bien

⁴ Quelques exemples d'écrivains romantiques qui ont racontés leurs voyages : Victor Hugo (*Les Orientales*, 1829), Alphonse de Lamartine (*Voyage en Orient*, 1835), François-René de Chateaubriand (*Itinéraire de Paris à Jérusalem*, 1811), Alfred de Musset (*Venise*, 1844), Stendhal (*Rome, Naples et Florence*, 1817), Théophile Gautier (*L'obélisque de Luxor*, 1852).

souvent à privilégier une dimension mythique et pittoresque de cette réalité au détriment des données objectives » (Rajotte, 2000). En se basant sur les poèmes d'Alphonse de Lamartine, Anne Hiller insiste également sur l'alternance de deux mondes de perception (Hiller, 1977) : « la représentation du monde extérieur et une représentation imaginaire de cet imperceptible qui élude le regard ». Voici un extrait d'un poème de Lamartine intitulé *Poésie, ou Paysage dans le Golfe de Gênes*⁵:

*Là leurs gigantesques fantômes
Imitent les murs des cités,
Les palais, les tours et les dômes
Qu'ils ont tour à tour visités;
Là s'élèvent des colonnades;
Ici, sous de longues arcades
Où l'aurore enfonce ses traits,
Un rayon qui perce la nue
Semble illuminer l'avenue
De quelque céleste palais.*

Élisa Gregori évoque dans son étude sur l'intérêt de François-René de Chateaubriand pour les ruines et le passé monumental (Gregori, 2006), la dualité des âmes de l'auteur : « poétique des ruines et intérêts scientifiques », et aussi : c'est « un archéologue dilettante, qui aime à se présenter comme un érudit qui a fait des découvertes ». Chateaubriand disait lui-même : « un voyageur est une espèce d'historien ; son devoir est de raconter fidèlement ce qu'il a vu ou ce qu'il a entendu dire; il ne doit rien inventer, mais aussi il ne doit rien omettre ».

L'écrivain Victor Hugo a également créé des dessins pour nous décrire sa perception du monde (**Figure 4**). Ils accompagnent des lettres et des notes de voyage très précises sur l'architecture et les paysages, nous donnent alors une vision imprécise des lieux, entremêlant plumes et lavis d'encre et manifestant une imagination débordante. Léon Daudet parlera plus tard d'« une architecture de rêve puissamment ombrée et éclairée ».

Désir d'évasion, appel à la rêverie, ces récits de voyage peuvent être rattachés au thème de l'onirisme. « La qualité des ruines vient en effet de la qualité des souvenirs littéraires suscités : archéologies réelle et imaginaire se mêlent inextricablement » (Catel, 2007).

Le récit archéologique s'écrit au rythme de la marche, il ne dure que le temps du voyage. Théophile Gautier exprimait avec ses mots le temps du récit en parlant de Victor Hugo « Ainsi donc voilà notre rêveur parti [...]. Il marche de ce pas lent et machinal que ne commande plus la volonté. Déjà il a quitté la ville, et les objets se peignent dans son œil [...]. Les tableaux se succèdent, [...]»⁶.

⁵ Alphonse de Lamartine, *Harmonies poétiques et religieuses*, Livre Premier, 1830.

⁶ Préface de l'album publié chez Castelen en décembre 1862 : Dessins de Victor Hugo gravés par Paul Chenay. Disponible dans l'introduction de (Hugo, 2007).

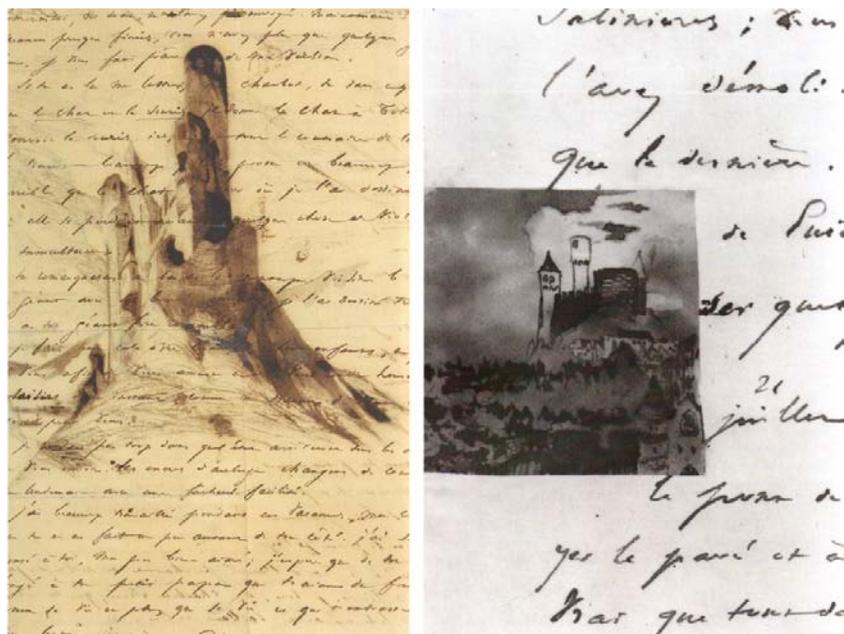


Figure 4. Victor Hugo. *Récits et dessins de voyage* (Hugo, 2007). À gauche : *La souris (Velmich)*, septembre 1840 – *Pour mon charlot*⁷. À droite : *Bordeaux*⁸, 20-21 juillet 1843.

Peu à peu, la ruine devint un fragment visible de l'Histoire et le paysage un lieu d'études (Hugot, 2006) : « les hommes, des lettrés qui vinrent confronter leur savoir philologique à la réalité du terrain. [...] L'archéologie n'était pas encore née, la fouille n'était alors conçue que comme une chasse aux trésors [...]. De cette triple origine, le romantisme, la philologie et la chasse aux trésors, la science archéologique naissante allait en garder la trace ».

Ces récits de voyage sont bien là les fondements de notre travail qui se propose d'explorer et de raconter pour instruire. En effet, nous laisserons continuellement à l'apprenant une part de « rêve » dans lequel il peut se projeter, se laisser transporter tout en apprenant.

Aujourd'hui, avec les Technologies de l'Information et de la Communication nous avons les moyens d'aborder différemment ces récits ; à partir de concepts nouveaux comme l'interactivité, la multimodalité, nous pouvons redéfinir les modes de représentation et augmenter l'immersion de l'apprenant dans des espaces reconstitués. En exploitant ces outils numériques, l'objectif est de restituer ces espaces.

⁷ Dessin exécuté au verso d'une lettre adressée par Victor Hugo à son fils Charles, le 1^{er} octobre 1840. Plume et lavis d'encre brune. Paris, Maison de Victor Hugo.

⁸ Plume et lavis d'encre. Paris, Bibliothèque nationale de France.

1.2 Patrimoine culturel bâti et réalité virtuelle

1.2.1 Reconstitutions 3D et restitutions aux publics

Reconstitution :

- *Action de reconstituer. Constituer de nouveau, former de nouveau. Former un tout en associant des éléments, en les organisant. (XMLittré v1.3)*

Restitution :

- *Représentation d'un monument en ruine. (XMLittré v1.3)*
- *Représentation par un dessin ou par une maquette, de l'état présumé d'une construction actuellement en ruines, ou disparue. (Trésor de la Langue Française en ligne, © 2009 - CNRTL)*

La reconstitution en archéologie, souvent confiée à des spécialistes, permet le rassemblement et la visualisation des données obtenues à partir d'un existant (monument, ruine, photos, relevés...). L'inexistant est par conséquent, soumis à des déductions. Elle comprend trois phases :

- La première (ou partie connue) correspond à ce qui subsiste de l'édifice (ses structures restées en place).
- La deuxième (ou partie reconstituée) est celle qui a été rétablie grâce à l'anastylose* (étude des blocs épars remis dans un ordre pertinent).
- La troisième (ou partie complétée) est celle qu'il a fallu ajouter, en se fondant sur une étude comparative et des hypothèses, afin de parvenir à une image complète et cohérente de l'édifice.

La notion « d'hypothèse » souligne le caractère exploratoire et expérimental des démarches. La reconstitution apparaît comme un raisonnement hypothético-déductif, et la validation ou la remise en cause des hypothèses peuvent se faire à travers l'utilisation de l'ordinateur.

Ainsi, l'outil informatique apparaît d'abord comme un outil de modélisation 3D, avec différentes méthodes d'acquisition des données (lasergrammétrie*, photogrammétrie*). Nos photographies de vacances peuvent par exemple être utiles pour les reconstitutions archéologiques. C'est ce que nous démontre un groupe d'universitaires américains en réalisant le logiciel *Photo Tourism*⁹. L'application créée par *Graphics and Imaging Laboratory* à l'Université de Washington, est capable de combiner un nombre important de photographies touristiques récupérées sur Internet (*Flickr* ou *Google Images*) pour reconstituer des monuments en 3D (**Figure 5**).

⁹ <http://phototour.cs.washington.edu/>

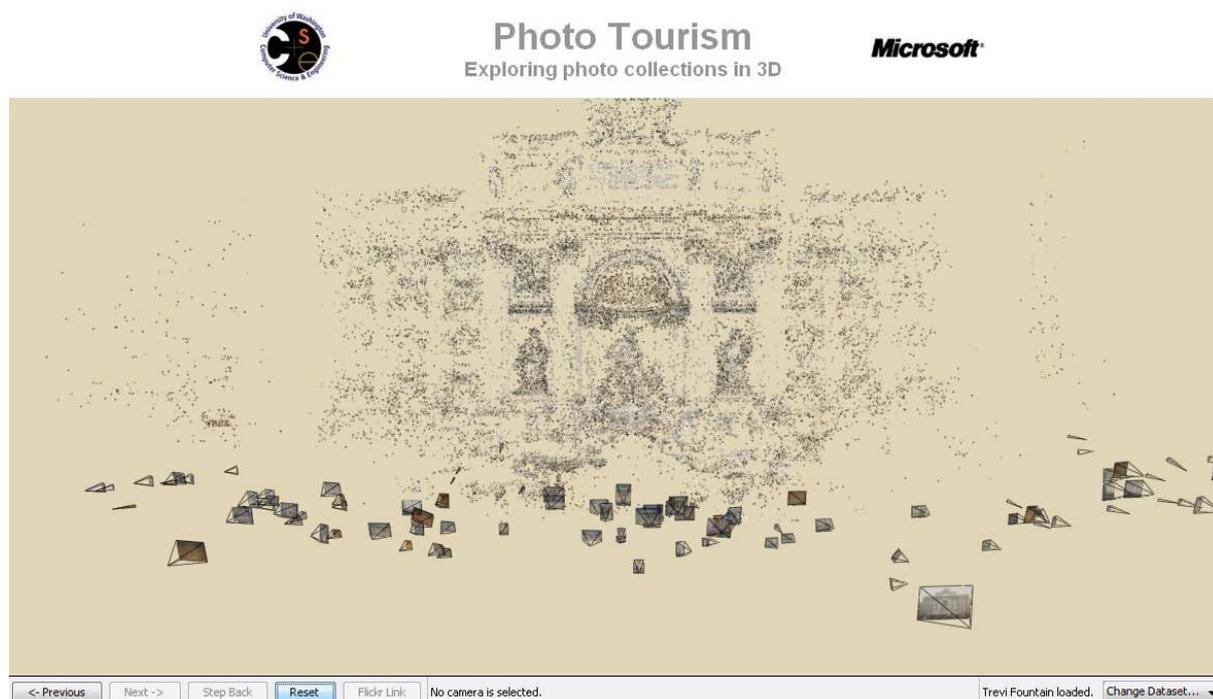


Figure 5. Reconstitution 3D de la Fontaine de Trevi à Rome à partir des photographies touristiques traitées par *Photo Tourism*¹⁰. *Graphics and Imaging Laboratory*, Washington.

L'avantage de travailler avec des photographies issues de sites de partage est la grande variété des points de vue. 496 ordinateurs, 21 heures et 150 000 photographies provenant de *Flickr.com* ayant comme étiquette (tag*) « Rome » ou « Roma » ont été utilisées pour la reconstitution d'une partie de Rome (Agarwal & al., 2009). L'équipe a depuis réalisé d'autres reconstitutions 3D telles que Venise, Dubrovnik en Croatie, ... visibles sur le site *Building Rome in a Day* [1] (**Figure 6**).

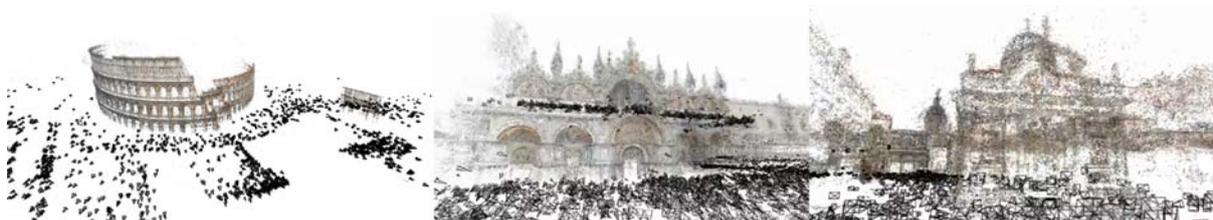


Figure 6. Reconstitutions 3D de Rome, Venise et Dubrovnik à partir des photographies touristiques traitées par *Photo Tourism*. Sur le site *Building Rome in a day* [1].

¹⁰ *Ibid.*

L'outil informatique apparaît ensuite comme un outil de simulation et de vérification des hypothèses (**Figure 7**). Il devient un instrument de recherches puissant, qui opère aux différentes étapes dans le processus de reconstitution, en confrontant puis en ajustant entre elles, les connaissances et les théories des multiples champs archéologiques (architecture, géologie, ethnologie, botanique, urbanisme...).

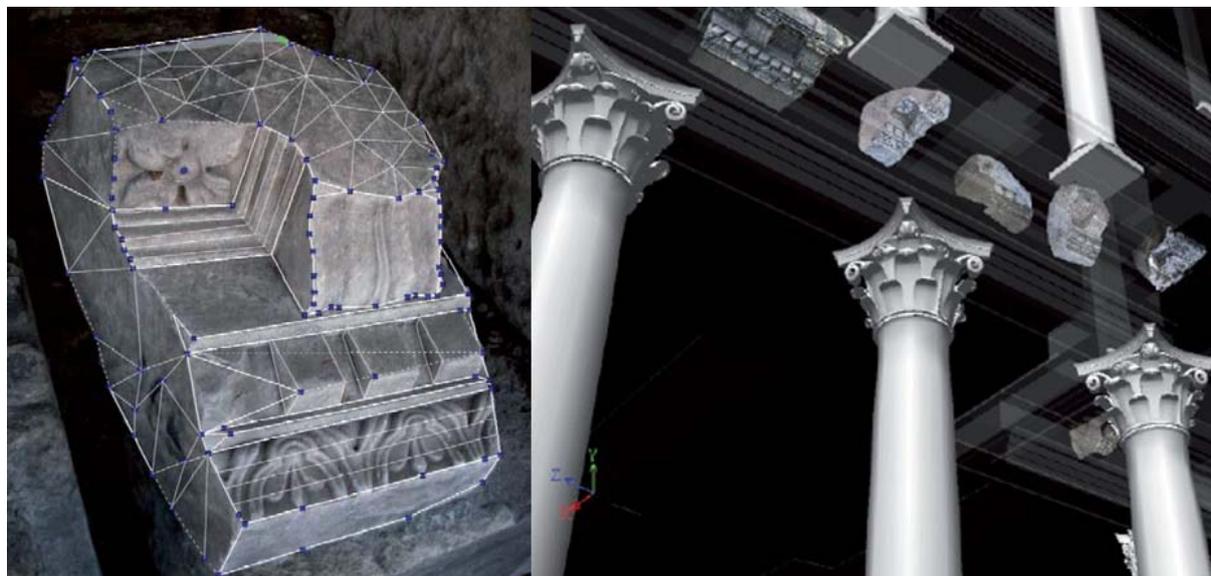


Figure 7. Reconstitution 3D d'un élément architectural par photogrammétrie et vérification des hypothèses. Théâtre antique d'Arles (De Domenico, 2006).

Dans notre travail, la reconstitution 3D ne sera pour nous que le fait de rétablir un édifice à partir des données scientifiques qui nous sont connues ; aucunes hypothèses ou réinterprétations personnelles ne remettra en cause ses données.

« Il fut un temps, long, durant lequel l'Histoire était celle des grandes dates, des grands hommes, et plus encore celle des grandes batailles. [...] Depuis quelques décennies, des historiens étudient le quotidien des hommes, jusqu'à approcher leurs sentiments. En toute logique, il convient maintenant de proposer des images de restitution de ce qui un jour fut vécu » (Besnard, 2008).

Comme le souligne l'architecte et urbaniste Jean-Claude Golvin, au-delà de l'intention de rétablir, la restitution est l'idée de rendre : « En effet, pour nous, restituer ne sera pas seulement rétablir la forme d'origine d'un monument mais, d'une manière générale, le contexte complet (historique et urbain) au sein duquel il existait. Restituer exprime donc, fondamentalement, d'après le dictionnaire, l'idée de rendre. Restituer, c'est rendre l'idée d'une chose ancienne. Pour nous, bien entendu, il s'agira de redonner l'idée d'un monument ou d'un site ancien. Or, dire que la restitution (ou acte de restituer) consiste à redonner l'idée d'un monument, c'est dire du même coup qu'elle vise à nous en redonner l'image. Image et idée son intimement liées dans la mesure où nous accordons au mot « image » son sens générique, celui qu'Aristote avait déjà clairement énoncé : « l'âme ne pense jamais sans

image¹¹ ». La restitution est donc avant tout, celle de l'image qu'un édifice pourrait nous donner si l'on pouvait le revoir tel qu'il était à l'origine (ou à telle et telle période de son histoire) » (Golvin).

L'accent est donc mis sur la transmission plutôt que sur la constitution, sur le message plutôt que sur la supposition. L'objet reconstitué reste un objet à voir, l'objet restitué est communiqué. La restitution est une relation entre les chercheurs et le public visé car s'il n'y a personne pour recevoir le message et se l'approprier, la restitution n'existe pas.

L'« image » à laquelle fait allusion Jean-Claude Golvin en citant Aristote, tient de la perception et fait appel à l'imagination. Ainsi, pour que la transmission du message ait lieu, les acteurs de la restitution vont effectuer des choix dans la représentation comme moyen d'expression. Les choix effectués pour transmettre un message dépendent des moyens et des techniques de communication, qui pendant longtemps ont été le dessin, la peinture, la maquette. Aujourd'hui, la représentation tridimensionnelle nous incite à aller dans la profondeur des choses et nous permet d'interagir avec un site archéologique ou un édifice. La réalité virtuelle offre des outils technologiques puissants exploités par les chercheurs et présentant des avantages certains pour approcher les publics.

1.2.2 Représentations virtuelles

La représentation est une « démarche qui consiste à remplacer un objet, un phénomène ou une entité abstraite (représentant) par un autre objet ou phénomène (représenté) en assurant une certaine correspondance de propriétés entre les deux » (Cadoz, 1994). La réalité virtuelle appelle de nouvelles formes de représentations.

Le *Traité de la réalité virtuelle*, en quatre volumes, approche ce secteur d'activité de manière complète dans une démarche pluridisciplinaire. Elle se base sur la définition suivante : « la finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensori-motrice dans un monde artificiel, qui est soit imaginaire, soit symbolique, soit une simulation de certains aspects du monde réel » (Fuchs, 1996). Il y a, dans cette définition, deux orientations : d'une part, l'utilisateur de la réalité virtuelle évolue dans un monde virtuel inventé ou recréé, d'autre part, il est acteur. Dans son ouvrage intitulé *Les réalités virtuelles*, Claude Cadoz fait un panorama des outils et des techniques permettant de « voir, entendre, toucher, manipuler des objets qui n'existent pas [...] tout en ayant la conviction de leur réalité » (Cadoz, 1994) : images de synthèse, visiocasque, gant de données, bras manipulateur, outils de navigation, clavier rétroactif, etc. Ces technologies de la réalité virtuelle permettent des interactions avec un monde simulé et facilitent l'immersion physique de l'utilisateur dans ce monde.

Nous venons d'évoquer la première composante de la réalité virtuelle ; en plus de l'« immersion », il y en a deux autres : le « réalisme » et la « présence » (Burkhardt & Wolff, 2005). Le concept de « réalisme » fait référence à l'aspect graphique qui se veut proche de la réalité ; c'est à l'expérience perceptive et cognitive que le concept de « présence » fait

¹¹ ARISTOTE, *Traité de l'âme*, livre III, 7.

allusion, c'est-à-dire à l'immersion mentale de l'utilisateur ; cette dimension subjective est à distinguer de l'immersion physique qui se produit par l'intermédiaire d'interfaces sensori-motrices. Bien que des ambiguïtés persistent dans les définitions de ces trois concepts, nous allons tenter une approche de chacun d'eux dans notre cadre d'étude.

Dans notre domaine particulier de l'architecture et de l'archéologie, l'utilisateur ne progressera pas dans un monde imaginaire ou symbolique, mais bien dans une simulation du monde réel présent ou passé, en admettant que ce qui a un jour existé fasse bien partie de la réalité. Edgar Morin exprime la réalité comme une collaboration du monde extérieur et de notre esprit¹².

Dès lors, l'observateur évolue dans un monde qui est une représentation de la réalité (Fuchs, 1996). « Le progrès apporté par la réalité virtuelle impose de reconsidérer la représentation que l'homme se faisait de l'espace depuis l'invention de la perspective classique au XV^e siècle » (Besnard, 2008). La notion d'hyperespace* est évoquée par Jean-Claude Golvin pour désigner un espace à cinq dimensions (Golvin) ; elle est réutilisée dans une *Problématique d'une restitution globale de la Rome antique* (Fleury & Madeleine, 2008) ; la maquette possède les trois dimensions (hauteur, largeur, profondeur), et offre deux autres possibilités par rapport à une maquette physique : elle peut être parcourue de l'intérieur, ce qui induit une dimension temporelle, et elle peut être documentée par des liens de type hypertexte renvoyant à d'autres supports d'information : textes, images 2D, vidéos. Pendant la déambulation en temps réel dans le modèle 3D reconstitué, différents points de vue sont envisageables : une vue subjective ou une vue objective, celle-ci permettra à l'utilisateur de commander un personnage à l'écran, c'est-à-dire de s'identifier à un avatar* (**Figure 8**). Cet avatar peut être vu comme une « présence personnelle » (« Personal presence ») (Heeter, 1992) favorisant l'immersion mentale de l'utilisateur.

Le travail de reconstitution virtuelle de l'église *Notre-Dame de Saint-Lô* [32], pose la question d'un avatar-guide doué d'une intelligence virtuelle et capable de formuler des réponses en fonction du niveau de connaissance des personnes qui prennent part à la visite 3D. Le projet serait visible sur une borne interactive multimédia installée dans l'espace muséal de l'église même.

Le programme informatique *Second Life*¹³, permet à ses utilisateurs d'incarner des personnages virtuels dans un monde créé par les résidents eux-mêmes. En installant le programme sur son ordinateur et en s'inscrivant sur le site officiel (qui nous demande entre autres le « prénom dans la vie réelle », le « nom dans la vie réelle », le prénom et la forme humaine de l'avatar), il est possible de visiter les divers lieux dans une mixité sociale. L'immersion mentale ici, ferait référence à la « présence sociale » (« Social presence ») (Heeter, 1992). La représentation virtuelle de Valladolid dans *Second Life* (**Figure 9**), nous invite à découvrir les lieux tout en rencontrant d'autres personnes.

¹² Entre improbable, probable et certain, les frontières entre imaginaire, symbolique et réel sont floues en archéologie. On pourrait dire que les parties manquantes d'un édifice qui sont soumises à des interprétations sont une réalité intersubjective qui repose sur des symboles tant qu'elles ne sont pas validées comme certaines.

¹³ <http://secondlife.com/>



Figure 8. Avatar et visite 3D dans le temple de Portunus. Un clic sur une partie de l'édifice affiche un document. *Le Plan de Rome. Restituer la Rome antique*¹⁴ [22].

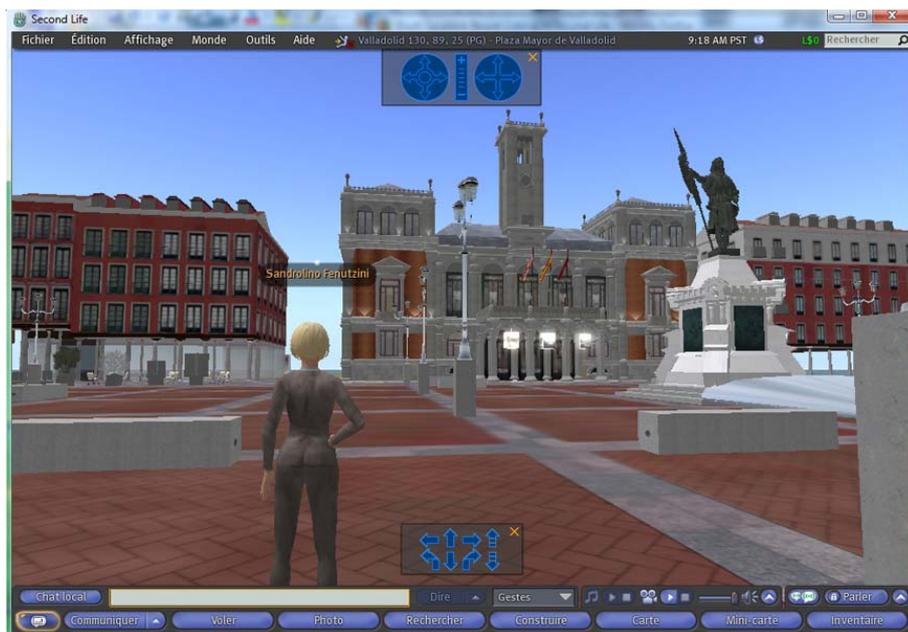


Figure 9. Représentation virtuelle de Valladolid dans *Second Life* pour le centenaire de la *Casa Consistorial, 1908-2008* [3].

Le recours au réalisme participe également à l'immersion mentale de l'utilisateur, en lui donnant la possibilité de percevoir des lieux tels qu'ils ont subsistés autrefois. Une fois les volumes fidèlement reconstitués, le travail sur la lumière, les textures et parfois le son, est supposé apporter le réalisme à la scène. Dans le projet portant sur la reconstitution virtuelle de l'église *Notre-Dame de Saint-Lô* [32], des interrogations se portent sur la restitution de la

¹⁴ Le temple de Portunus avec ses quatre colonnes en façade est un des temples du forum Boarium. Réalisation : C. Leclerc, D. Bustany - Doc. : S.Madeleine, C. Bustany, Ph. Fleury, ERSAM, 2004.

lumière virtuelle (**Figure 10**). Le traitement des vitraux est fondamental car la lumière qu'ils diffusent est à considérer comme sacrée et génératrice d'une ambiance propice au recueillement. Le souhait de rendre réaliste les jeux de la lumière changeante sous les voûtes de pierre est un véritable défi pour rendre à l'édifice culturel virtuel sa dimension spirituelle.

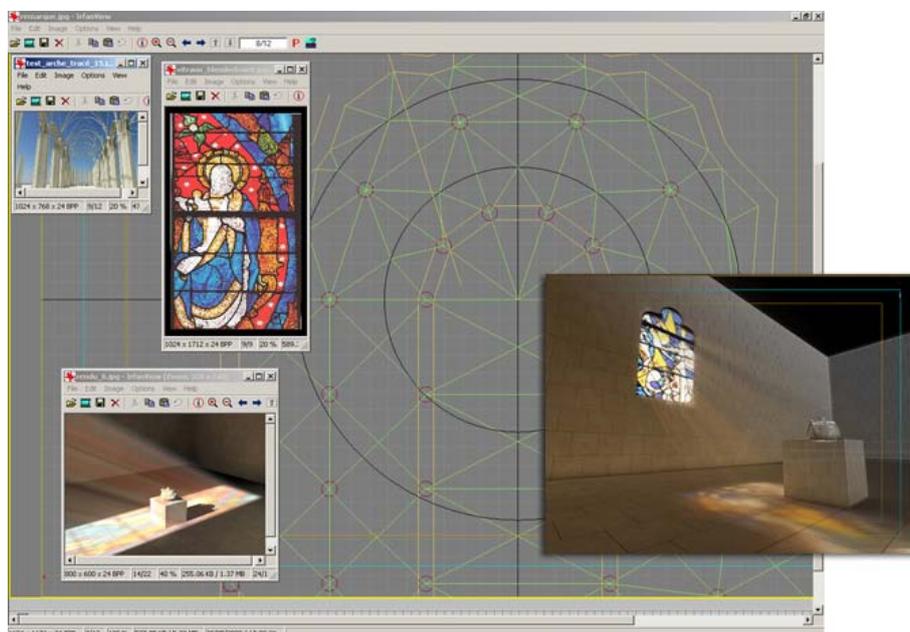


Figure 10. Travail de restitution pour le rendu réaliste de la lumière virtuelle de l'église *Notre Dame de Saint-Lô* [32] (ERSAM).

Le sentiment d'immersion est augmenté par l'interactivité et la multimodalité. Durant la visite virtuelle, l'utilisateur interagit avec des objets : un dialogue s'installe entre la machine et l'homme. Ce dernier passe du statut de spectateur, posture adoptée face à des représentations visuelles ou sonores figées au statut de « spectateur » (Weissberg, 1999), posture adoptée face aux dispositifs interactifs. La possibilité d'interagir avec son environnement renvoie à la « présence environnementale » (« Environmental presence ») (Heeter, 1992). Les objets manipulés peuvent être de différentes natures ; Bernard Lamizet parle de « polyphonie multimédiatée » pour désigner la multiplicité des formes d'informations. Cet aspect multimédiatique permet à l'utilisateur de développer toutes ses modalités de perception (canal visuel ou sonore le plus souvent) (Kellner, 2007). Ce qui est important dans notre relation à l'information est le message perçu. Dans des domaines spécialisés comme l'archéologie et l'architecture, plans, profils de fouille, coupes, élévations, axonométries, cartes, ... sont utilisés en abondance. Ces documents sont facilement déchiffrables par les spécialistes. La réalité virtuelle utilise la superposition de styles, la décomposition, en faisant varier la transparence, les lignes, les couleurs (**Figure 11**), et en y ajoutant quelquefois du son.

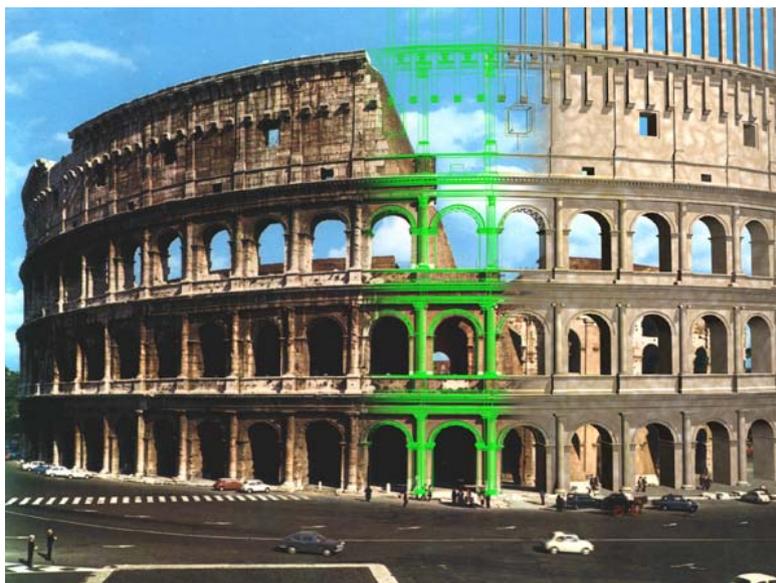


Figure 11. Façade du Colisée à Rome. L'image superpose le virtuel (rendu réaliste et filaire) au réel. *Le Plan de Rome. Restituer la Rome antique*¹⁵ [22].

Les recherches sur la réalité virtuelle sont à la croisée des sciences de l'ingénieur et des sciences cognitives : « si les ordinateurs permettent de simuler des mondes virtuels, l'interaction de l'homme avec ceux-ci n'est possible qu'au travers de logiciels, des interfaces matérielles et des processus cognitifs adéquats » (Fuchs & Moreau, 2003). Les avancées technologiques proposent de nouvelles formes de navigations interactives ; l'affichage simultané de divers documents multimédias sur un même support pose aussi la question du passage d'une information à l'autre. Le parcours, résultat de cette navigation, ne dépend pas seulement de la volonté de l'utilisateur, mais est aussi induit par l'interface (Kellner, 2007). Au regard des concepts évoqués, l'utilisation des nouvelles technologies pour la valorisation du patrimoine culturel bâti nous paraît évidente. Il serait intéressant pour la suite, d'analyser les interfaces qui tentent de communiquer l'architecture et l'archéologie aux publics, afin de savoir comment ces outils utilisent le potentiel de la réalité virtuelle.

1.3 Les interfaces hypermédias dédiées au patrimoine culturel bâti

Nous distinguons deux types d'interfaces : les interfaces sensori-motrices qui permettent l'immersion physique de l'utilisateur par le biais d'instruments technologiques ; les interfaces graphiques, « désignant à la fois les outils de navigation dans un programme multimédia ainsi que l'organisation logique de l'application, telle qu'elle apparaît sur l'écran » (Weissberg, 1999). En tenant compte de cette deuxième acception, il s'agira ici d'analyser les interfaces qui tentent de communiquer l'archéologie et l'architecture aux publics. Il y a très peu de références situant l'avancée de la recherche sur le sujet ; aussi notre inventaire de sites

¹⁵ Réalisation : D. Desfougères, F. Tourquinet, C. Jadot, ERSAM, 1994.

Internet, de cédéroms, ne sera pas exhaustif : la plupart des interfaces n'utilisent pas le potentiel des hypermédias. Beaucoup de sites se contentent de joindre du texte à des images. Une barre de défilement sur le côté permet alors de voir la partie basse de la page qui est cachée, un bouton « haut de page » nous permet de revoir la partie haute. Le corpus établi se base sur des interfaces hypermédias qui ont été conçues autour de réflexions générales sur la médiation culturelle, et permettra une évaluation de ce type d'interfaces.

1.3.1 *Hypermédia : hypertexte et multimédia*

Nous pouvons qualifier l'hypermédia comme une extension des deux termes suivants : « hypertexte » et « multimédia ».

L'invention des termes « hypertexte » et « hypermédia » est attribuée à Theodor Holm Nelson. Son ambition était de constituer une base de données qui serait accessible par tout le monde, à tout moment et en temps réel ; cette base de données rassemblerait les documents du monde entier ; ceux-ci pouvant être lus, commentés et reliés. Ses idées sont développées dans son projet *Xanadu*, dont la véritable innovation repose sur le concept de lien (l'idée d'une encyclopédie mondiale avait déjà été pensée auparavant¹⁶). La notion d'« hypertexte » apparaît pour la première fois en 1965 dans une publication présentée lors de la vingtième conférence nationale de l'ACM (Association of Computer Machinery). Nelson parle de non-linéarité et de choix possibles pour le lecteur : « ...by *hypertext* I mean nonsequential writing, text that branches and allows choice to the reader, best read at an interactive screen¹⁷ ». Comme le souligne Nelson, les éléments d'un texte seraient reliés à d'autres textes ; l'utilisateur peut passer d'un élément à l'autre selon ses préférences ; l'interconnexion des textes nécessite un écran car la représentation hypertextuelle n'est pas possible sur papier ; le texte devient interactif (**Figure 12**).

George P. Landow compare l'écriture hypertextuelle à la pratique du collage effectuée par Picasso, Braque, et autres Cubistes (Landow, 1999) : un collage est créé en combinant des objets de sources différentes qui existent en relation les uns aux autres, les systèmes hypertextuels qui affichent des fenêtres multiples produisent tels effets de collage. En se basant sur un ouvrage de Ted Nelson intitulé *Literary Machines* (première publication en 1980), Jean Clément souligne la double vocation de l'hypertexte, c'est-à-dire, à la fois un système d'organisation des données et un mode de pensée (Clément, 1995) : « l'hypertexte peut s'envisager comme un système à la fois matériel et intellectuel dans lequel un acteur humain interagit avec des informations qu'il fait naître d'un parcours et qui modifient en

¹⁶ Le concept d'« Encyclopédie Mondiale Permanente » avait déjà été pensé en 1936 par H. G. Wells (Permanent World Encyclopédie). L'idée de Wells est reprise par Vannevar Bush dans l'article *As we may think* paru dans la revue *Atlantic Monthly* en juillet 1945 (Bush, 1945). Bush signale que le cerveau humain fonctionne par associations d'idées. Par analogie avec le processus mental du cerveau, il propose de mettre en œuvre son système appelé *Memex* (« Memory extender »), qui permet le stockage, la gestion et la mémorisation des informations par associations d'index. Il remettait alors en cause les systèmes d'indexation hiérarchique (alphabétique ou numérique). Son projet *Memex* voulait permettre un accès rapide à une grande masse de connaissances.

¹⁷ Publié en 1965 dans *A File Structure for the Complex, the Changing, and the Indeterminant*.

retour ses représentations et ses demandes ». La notion de parcours est une composante sous-jacente de l'hypertexte ; le passage d'un élément écrit à un autre par l'intermédiaire de liens activables, favorise la construction d'un discours propre au lecteur. Cependant, le cheminement effectué résulte de la navigation temps réel dans un dispositif qui est avant tout pensé par le concepteur. C'est en 1990 qu'apparaissent les premiers navigateurs Web, suite au projet d'hypertexte appelé le *WorldWideWeb*, proposé en 1989 par Tim Berners-Lee.

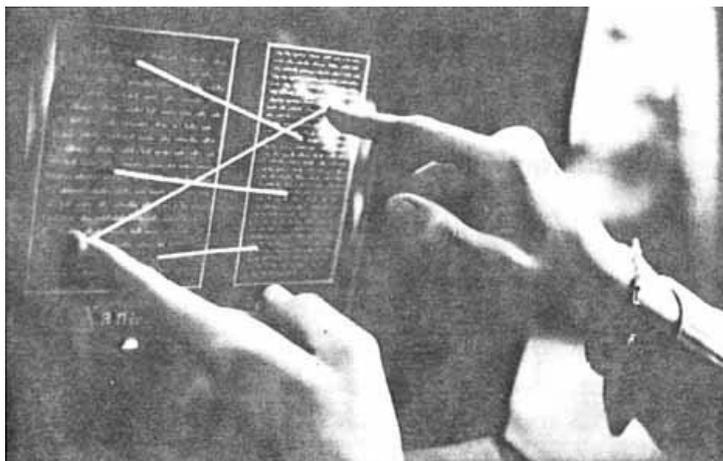


Figure 12. Photographie de Theodor Holm Nelson: *As we will think*. Conférence en ligne 72, Brunel University, Uxbridge, Angleterre, 1972.

En 1995, le film *Hackers* [71] nous donne l'image de la ville, lieu en perpétuelle croissance mais aussi lieu d'échanges, de vitesses, de bifurcations, d'engorgements,... pour représenter un espace hypertextuel : les « rues » sont des circuits imprimés d'ordinateurs, les « façades de bâtiments » sont des zones de textes (**Figure 13**).



Figure 13. Représentation de l'espace hypertextuel dans le film *Hackers* [71], 1995. Création de *Artem Visual Effects* à Londres. Sur le site *Recherche en Cyber-Cartographie* [34].

La navigation interactive dans un environnement textuel caractérise donc l'hypertexte. Dans un produit hypermédia, l'utilisateur n'interagit pas seulement avec du texte, mais aussi avec des documents audiovisuels, c'est-à-dire avec des images fixes ou animées et avec du son. La possibilité d'afficher simultanément des informations de natures différentes sur un même support caractérise le multimédia. Nous avons déjà souligné plus haut cet aspect multimédiatique de la réalité virtuelle dans le sous-chapitre intitulé « Représentations virtuelles » (**en page 21**).

Finalement, l'hypermédia nous permet de naviguer de manière non-linéaire entre plusieurs informations multimédias (textuelles, visuelles, sonores) grâce à des liens activables que nous appelons des hyperliens*. Ce principe de navigation interactive permet à l'utilisateur de créer son propre parcours à son propre rythme.

En raison de la diversité des éléments et de la multitude des parcours, les hypermédias offrent des possibilités de consultation variées pour accéder à l'information. Nous allons illustrer ces propos par des exemples de navigations interactives que proposent les sites Internet et les cédéroms qui délivrent des informations archéologiques et architecturales aux publics.

1.3.2 La navigation interactive

Les systèmes pour la communication du patrimoine culturel bâti consultables sur Internet ou sur cédéroms proposent généralement une navigation hypertextuelle pour visiter les différents thèmes disponibles. Nous présentons dans un premier temps une analyse descriptive des différentes interfaces.

1.3.2.1 Des partitions à l'écran

La page d'accueil du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21], réalisée par le Centre égyptien de documentation pour le patrimoine, suggère plusieurs points d'entrée ; la barre de titre nous donne la possibilité d'afficher la « version texte ». En cliquant sur le bouton (zone cliquable), la page d'accueil se régénère : toutes les images disparaissent pour laisser place à un affichage textuel réorganisé (**Figure 14**). Il semble que le partitionnement à l'écran perd toute sa cohérence : les éléments cliquables sont disparates, l'homogénéisation de la page supprime tous repères visuels, le retour à la « version complète » n'est d'ailleurs plus aussi évident ; il faut d'abord retrouver le bouton qui nous le permet.



Figure 14. Page d'accueil du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21]. La version complète (gauche) et la version texte (droite).

Selon David Cohen, la partition de l'écran devient un pivot en matière d'information, de pédagogie, de culture, ... (Cohen, 1996) : « Partitionne l'écran toute image qui introduit une discontinuité nette (cadrée) dans la lecture de l'image de fond ou des images concomitantes ». Il distingue deux types de partition : le multicadrage, joue sur la juxtaposition des images et des textes, « au lieu de jouer sur la « liste d'items » habituelle. [...] il induit un foisonnement de choix non hiérarchisés ; il est donc éloigné de la forme linéaire des sommaires » ; le multifenêtrage, joue sur la superposition des images et des textes, « qui se développent par/pour eux-mêmes et qui se répondent d'une fenêtre à l'autre. Ces informations ont besoin de ce synchronisme qui permet de garder un œil sur la fenêtre importante tout en consultant commentaires, définitions ou illustrations parallèles » (Figure 15).

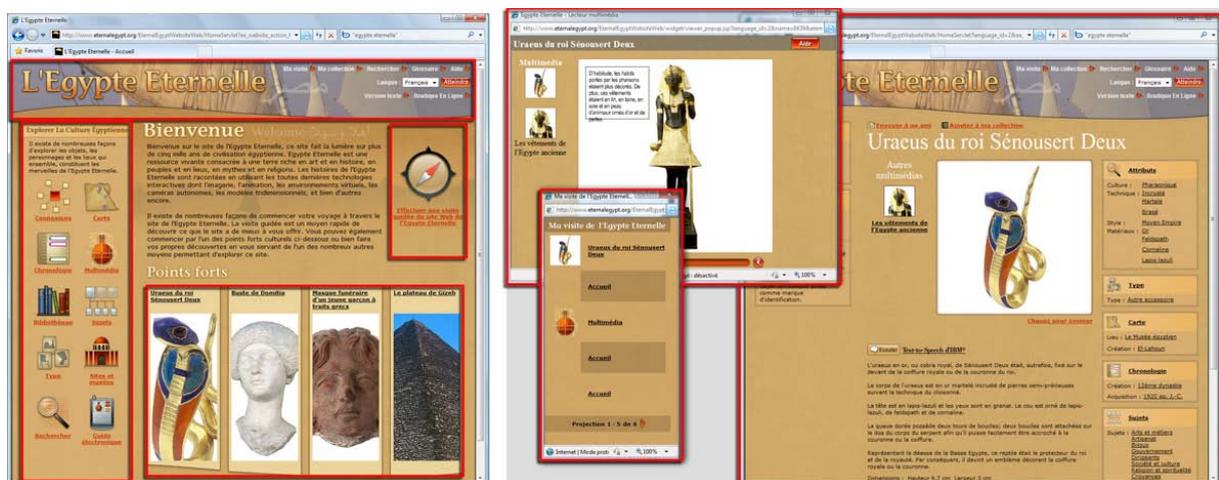


Figure 15. Partition à l'écran du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21]. Le multicadrage (gauche) et le multifenêtrage (droite).

L'exploration entre les divers documents se fait par l'intermédiaire de zones sensibles ou zones cliquables, définissant ainsi l'interactivité du support. L'affichage à l'écran incite l'utilisateur à déplacer la souris vers telles ou telles zones réactives car celles-ci sont synonymes d'action. Il arrive quelquefois que la délimitation de ces zones ne soit pas flagrante à l'écran. Si l'interface ne fait pas savoir à l'utilisateur que des zones cliquables sont dissimulées, ce dernier risque de manquer certains points d'entrée de la visite. Comme le montre le site Internet *Chasseur de la Préhistoire, l'Homme de Tautavel il y a 450 000 ans* [4], la partition à l'écran pensée par les concepteurs n'est que partiellement visible sur la page d'accueil du site (**Figure 16**). Si l'utilisateur passe par hasard la souris sur l'image de fond, un marqueur s'affiche devant le texte correspondant pour indiquer le lien. Par contre, si l'utilisateur va directement sur le texte, aucun lien avec l'image n'est signalé.



Figure 16. Page d'accueil (gauche) et sa partition à l'écran (droite). Site Internet *Chasseur de la Préhistoire, l'Homme de Tautavel il y a 450 000 ans* [4].

La fragmentation à l'écran pose deux regards : le concepteur réfléchit d'abord à la structuration des informations, l'utilisateur navigue ensuite à travers les informations.

1.3.2.2 Des nœuds et des liens

Sur le plan informatique, Jakob Nielsen désigne les fenêtres et les cadres comme des unités d'information ou des « nœuds » (Nielsen, 1995). Les nœuds sont des unités fondamentales de l'hypertexte, mais il n'y a pas d'accord sur ce qui peut réellement constituer un « nœud ». La principale distinction se trouve entre les systèmes basés sur les cadres et les systèmes basés sur les fenêtres, dans ce dernier cas, la taille de la fenêtre résulte de l'importance et de la nature des informations qu'elle délivre.

La « version texte » de *L'Égypte Éternelle* [21] a la particularité de lister les unités d'information qui composent le site et nous permet d'avoir un aperçu global du contenu. Il est d'usage de mettre à disposition un bouton sur la première page, qui permet de visualiser la

structuration des informations, sous la forme de texte hiérarchique tel un sommaire. Le passage de la « version complète » (en images) à la « version texte » met en évidence deux modes d'affichage caractéristiques de l'hypermédia.

La plupart des sites Internet nous donne accès au « plan du site ». Ce dernier permet de visualiser les nœuds qui composent le site ; il se divise en plusieurs parties avec trois niveaux hiérarchiques. L'organisation hiérarchique des informations induit une lecture linéaire à condition que l'utilisateur se réfère au « plan du site » avant chaque saut de page. S'il ne le fait pas et s'il se laisse entraîner par les hyperliens qui sont disséminés dans les différentes pages de la version complète en images, sa lecture devient non-linéaire.

Pierre Lévy explique les principes de métamorphoses, d'hétérogénéité et de multiplicité des nœuds (Lévy, 1990) : « les nœuds peuvent être des mots, des pages, des images, des graphiques ou parties de graphiques, des séquences sonores, des documents complexes qui peuvent être des hypertextes eux-mêmes. Naviguer dans un hypertexte, c'est donc dessiner un parcours dans un réseau qui peut être aussi compliqué que possible. Car chaque nœud peut contenir à son tour tout un réseau ».

Les trois principes de Pierre Lévy sont également valables pour les liens qui mettent en relation les nœuds. Selon Jakob Nielsen, les liens sont les autres « unités fondamentales de l'hypertexte » (Nielsen, 1995) ; l'ancrage du lien se situe à un nœud de départ et pointe vers un nœud de destination. Un lien hypertexte a donc toujours deux extrémités, même si le lien n'est pas bidirectionnel, c'est-à-dire même s'il ne pointe que dans une direction.

Dans la phase de conception de l'interface, nous pouvons envisager ces points d'ancrage comme des signes. Nous pouvons alors nous poser trois questions : quelles positions, quelles formes graphiques ou acoustiques (c'est-à-dire quel « signifiant ») et quelles contenus sémantiques (c'est-à-dire quel « signifié ») donner à ces points d'ancrage, pour assurer la bonne réception du message ? Ce sont justement là les directives de la sémiotique qui étudie les signes dans une dimension syntaxique (propriétés formelles et relations des signes entre eux), sémantique (relations entre les signes et les objets qu'ils représentent) et pragmatique (relations entre les signes et leurs utilisateurs ou interprètes : évaluation, stimulation, systématisation) (Morris, 1946).

Selon Pierre Fastrez, la spécificité des systèmes hypermédiés apparaît à travers diverses manifestations sémiotiques (incluses à l'interface) (Fastrez, 2002) : « le découpage en nœuds (la délimitation d'unités de contenu signifiantes et cohérentes) est déjà un travail sémiotique, de même que tout lien identifiable par l'utilisateur l'est grâce à son apparence de lien, dénotant sa fonction ».

1.3.2.3 Des signes

Selon Charles Sanders Peirce (Peirce, 1978), fondateur de la sémiotique aux États-Unis, « un signe est quelque chose tenant lieu de quelque autre chose pour quelqu'un, sous quelque rapport ou à quelque titre ». En se basant sur les théories de Peirce (Everaert-Desmedt, 1990), « toute chose, tout phénomène, aussi complexe soit-il, peut être considéré comme signe dès

qu'il entre dans un processus sémiotique, c'est-à-dire dès qu'un interprète le réfère à autre chose ».

La sémiotique se fonde sur le concept de signe (mots, images, gestes, sons, ...), c'est une méthode d'étude de la signification et du processus interprétatif : « la signification d'un signe, dit Peirce, est ce qu'il fait, comment il agit sur l'interprète, quel effet il produit. Décrire la signification d'un signe, c'est décrire le processus cognitif par lequel le signe est interprété et provoque un type d'action. La démarche interprétative conduit l'interprète de la perception à l'action, par le biais de la pensée (Everaert-Desmedt, 1990).

Dans le processus sémiotique que décrit Peirce, la signification apparaît par une mise en relation : le signe (ou « representamen ») est en relation avec un objet et un interprétant ; avant d'être interprété, le signe est une chose qui représente une autre chose : son objet. Ce dernier peut prendre trois aspects :

- Une icône (renvoie à son objet par un rapport de similarité)
- Un indice (renvoie à son objet par un rapport de contiguïté contextuelle)
- Un symbole (renvoie à son objet par un rapport de loi)

Un signe est une icône lorsqu'il a une ressemblance avec son objet. Dans le site Internet *L'Égypte Éternelle* [21], les icônes sont fréquentes. Par exemple, l'utilisation d'une image montrant des livres, est un signe iconique qui représente sur le principe de la métaphore l'objet « bibliothèque » (**Figure 17**).

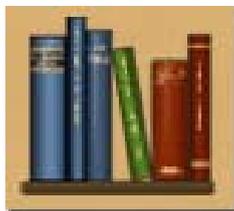


Figure 17. Une icône métaphorique qui représente l'objet « bibliothèque ». Site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

Un signe est un indice lorsqu'il est réellement affecté par son objet. Le mot (ou l'ensemble de mots) souligné est un signe, en particulier un indice, qui représente l'objet « hyperlien ». Cet indice est valable dans notre contexte, c'est-à-dire pour l'analyse du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21]. En effet, dans ce site, lorsque nous verrons un texte souligné, il désignera un lien activable (**Figure 18**). Cette règle est rigoureusement respectée dans notre cas d'étude, mais d'une part, un « hyperlien » peut aussi être autre chose qu'un texte souligné (l'icône « bibliothèque » par exemple), d'autre part, cette règle n'est pas forcément adoptée par les autres sites Internet : un texte peut être souligné pour que celui-ci soit mis en valeur par exemple, de ce fait, ce signe ne peut pas constituer un symbole.



Figure 18. Tous les textes soulignés sont des indices représentant l'objet « hyperlien ». Site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

Le signe est un symbole lorsqu'il s'inscrit dans une convention d'ordre culturel qui repose sur une association d'idées ou de valeurs. Le pointeur de la souris change de forme à certains endroits de l'écran. Lorsqu'il devient une main avec l'index qui pointe, il y a là un signe qui est un symbole représentant l'objet « zone cliquable » (**Figure 19**). Ce signe est valable de manière générale pour toutes les interfaces hypermédias.



Figure 19. Le pointeur de la souris devient un symbole pour représenter l'objet « zone cliquable ».

Le processus sémiotique est théoriquement illimité, mais dans la pratique il peut être limité par l'habitude, que Peirce appelle l'interprétant logique final : « l'habitude que nous avons d'attribuer telle signification à tel signe dans tel contexte qui nous est familier » (Everaert-Desmedt, 1990).

Des signes différents peuvent avoir la même signification, c'est-à-dire que des signifiants variables peuvent avoir le même signifié. L'utilisateur peut cliquer sur un mot ou une image pour accéder à des données identiques. Le site Internet *Paris, ville antique* [33] est un exemple illustrant la pluralité des accès à la même information : pour accéder à la page présentant l'amphithéâtre, l'utilisateur peut cliquer sur le texte « L'amphithéâtre » ou sur l'icône qui le représente. Lorsque le pointeur de la souris va sur l'un ou l'autre, les deux éléments sont simultanément mis en évidence avec une surbrillance jaune (**Figure 20**).



Figure 20. Pluralité des accès à la même information. Site Internet *Paris, ville antique* [33].

En revanche, il y a aussi une tendance à multiplier les signifiés à partir d'un même signifiant. En cliquant sur une œuvre dans la galerie en ligne proposée par le *Musée de l'Histoire de France* [30], nous accédons à la description de l'œuvre en tant qu'objet lui-même, à la présentation de son auteur (qui peut nous renvoyer vers d'autres œuvres de l'auteur) ou à l'époque dans laquelle elle s'inscrit (qui peut nous renvoyer vers d'autres auteurs ou œuvres de la même époque) (**Figure 21**). Notons que ce site propose également des signifiants variables (noms de personnages, noms d'époques, icône représentant l'œuvre) pour un même signifié : par exemple, la même œuvre peut être vue plusieurs fois selon le point d'entrée choisi.



Figure 21. Les œuvres du *Musée de l'Histoire de France* [30] qui appartiennent à l'époque « Siècle des Lumières (Révolution 1789-1799) » sont des exemples de signifiants ayant plusieurs signifiés.

Nous allons voir comment les modes d'exploration influencent les cheminements de l'utilisateur.

1.3.2.4 Des modes d'exploration

Le site Internet *L'Égypte Éternelle* [21], a la particularité de proposer de nombreuses façons d'explorer le contenu du site. L'icône « Connexions » propose une exploration par graphe* : un outil graphique qui permet de visualiser les relations (les liens) entre les éléments (les nœuds), en l'occurrence, les personnages, les lieux et les objets égyptiens, eux-mêmes différenciés par un code de couleur (**Figure 22**). Un élément peut avoir plusieurs dizaines de relations en fonction des points communs entre les personnages, les lieux et les objets (matériaux, époques, types, styles, etc.). En cliquant sur un élément il devient un nœud central, il est possible alors de visualiser sa page. Ce type de représentation montre graphiquement la complexité du réseau hypertextuel.

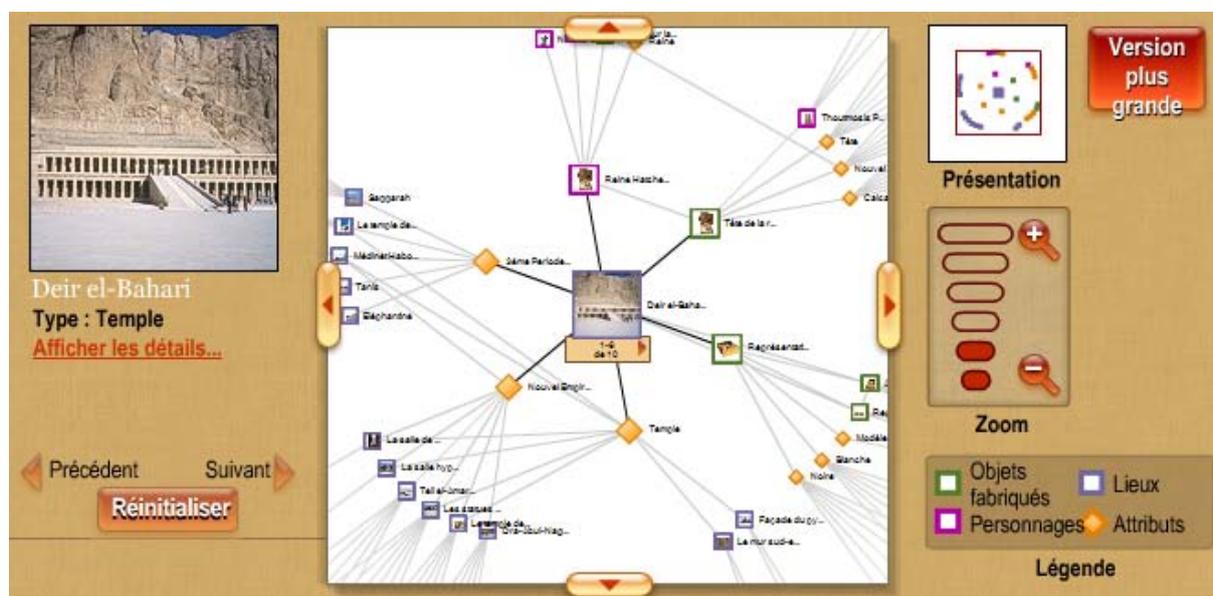


Figure 22. Le mode d'exploration « Connexions » du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

La « Carte » de l'Égypte est une façon d'explorer basée sur les emplacements géographiques des éléments. Les relations ne sont plus matérialisées. En cliquant sur un élément de la carte, un menu déroulant s'affiche ; les éléments qui y sont listés n'ont qu'une relation entre eux : l'emplacement géographique (**Figure 23**).

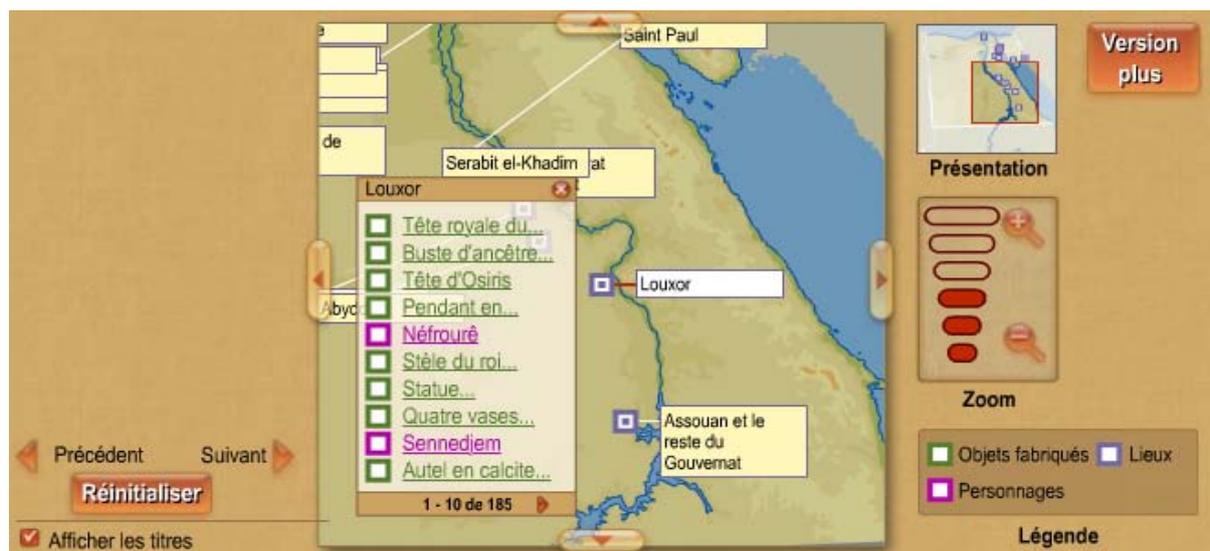


Figure 23. Le mode d'exploration « Carte » du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

Les documents sont également consultables selon un « Type », des « Sujets », des « Sites et musées » ou selon des chapitres ou des articles de l'histoire égyptienne : le mode d'exploration « Bibliothèque » rapproche les éléments selon leur contexte historique (Figure 24). Les points d'entrée figurent sur une liste et ont généralement des sous-parties dont les ramifications peuvent être nombreuses.



Figure 24. Les modes d'exploration « Bibliothèque », « Sites et musées », « Sujets » et « Type » du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

L'icône « Chronologie » nous permet une exploration de la culture égyptienne basée sur la datation des éléments. Les éléments n'ont de relations entre eux que le temps (Figure 25).

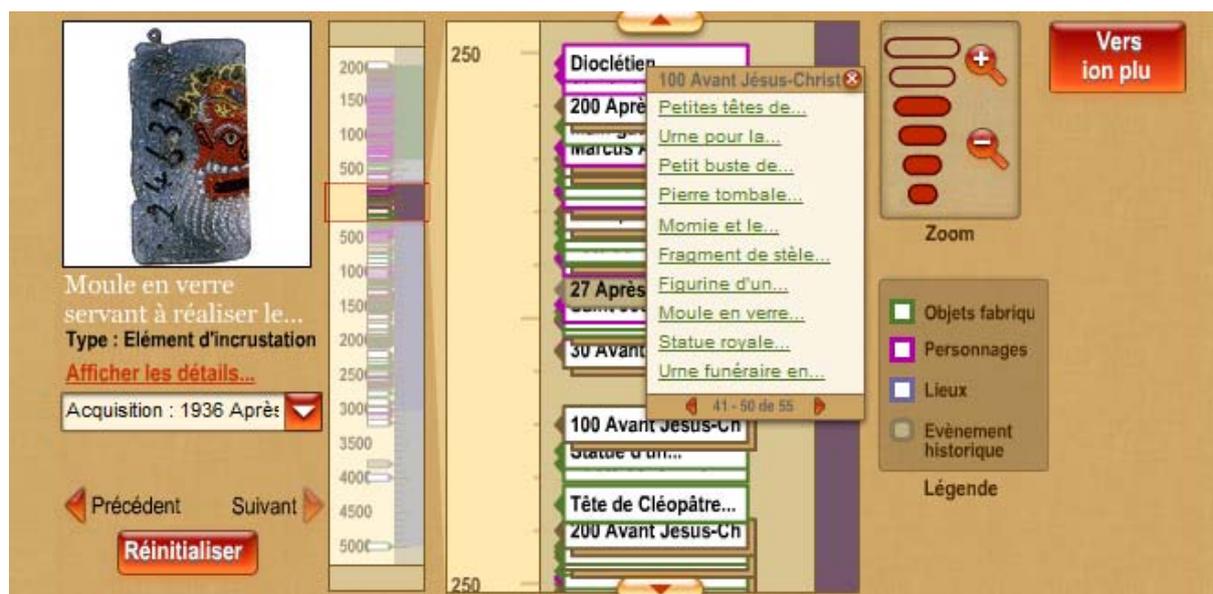


Figure 25. Le mode d'exploration « Chronologie » du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

Quels que soient les points d'entrée dans ce site (chronologiques, géographiques, types, etc.), l'interactivité pour l'utilisateur consiste à choisir une direction dans un ensemble préconstruit : l'« hypertexte combinatoire offre une architecture délinéarisée. Il contient un nombre fini de nœuds » (Carriere, 2000) (Figure 26).

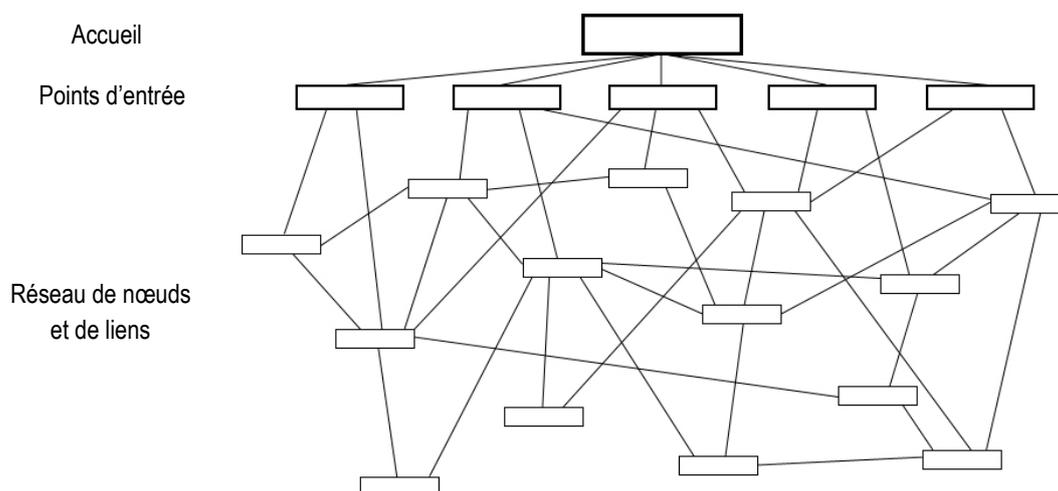


Figure 26. Schéma représentant l'« hypertexte combinatoire ». D'après (Carriere, 2000).

Observons maintenant le mode d'exploration chronologique proposée par le site Internet *Lattes en Languedoc, les Gaulois du sud* [18]. Sur la page d'accueil, les points d'entrée sont des périodes de l'histoire de l'antique ville portuaire de *Lattara*. Chaque période possède un

nombre d'articles rangés dans un ordre chronologique également, que l'utilisateur fait défiler en cliquant sur « fiche suivante » (**Figure 27**). Sur les pages, aucun lien ne lui permet de rompre la lecture chronologique (mis à part le bouton « fiche précédente »).



Figure 27. La lecture chronologique du site Internet *Lattes en Languedoc, les Gaulois du sud* [18].

L'utilisateur se déplace selon un cheminement hiérarchique induit par le concepteur. « Dans un hypertexte arborescent [...] il parcourt l'arbre de l'hypertexte de façon ascendante et/ou de façon descendante, comme il se déplace à l'aide de la table des matières dans un livre » (Carriere, 2000) (**Figure 28**).

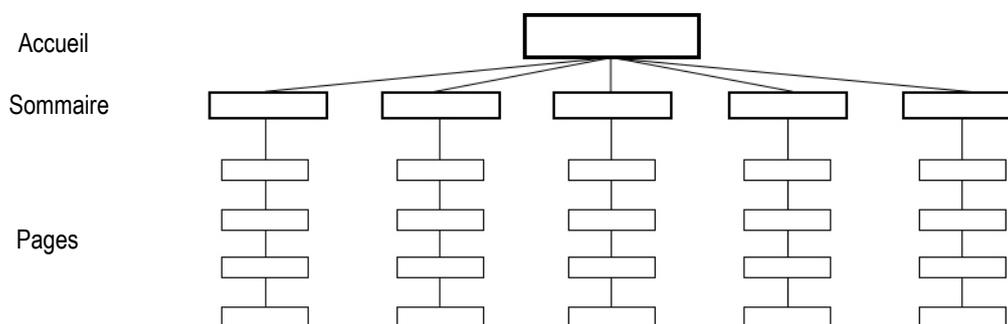


Figure 28. Schéma représentant l'« hypertexte arborescent ». D'après (Carriere, 2000).

Enfin, le site Internet *L'Égypte Éternelle* [21] propose un dernier mode d'exploration qui s'intitule « Multimédia ». Dans ce cas, les documents sont considérés du point de vue des interactions qu'ils nous offrent.

Les différentes structurations de l'information que nous avons rencontrées à travers ces modes d'exploration se font toujours dans un ensemble fini qui est l'espace de navigation.

1.3.2.5 Des documents multimédias interactifs

Nous voyons l'interactivité comme la somme des interactions possibles à l'aide de la souris et du clavier. Les interactions interviennent à deux niveaux : sur le plan hypertextuel, elles permettent l'activation des liens, sur le plan graphique, elles permettent le changement d'état des images. À l'aide de la souris, l'utilisateur peut intervenir de quatre manières pour provoquer l'affichage de nouvelles informations :

- Survoler la zone sensible avec le pointeur de la souris
- Cliquer sur la zone sensible
- Cliquer/glisser sur la zone sensible
- Faire rouler la molette

Nous allons illustrer les différents types d'interactions en rapport avec les documents multimédias qui sont transformés ou bien manipulés.

De manière générale, lorsque le pointeur de la souris survole une zone d'action, il change d'aspect. Dans le premier des cas, les changements qui s'opèrent à l'écran renseignent l'utilisateur : un texte se souligne ou devient gras, une info-bulle apparaît, une partie de l'image est en surbrillance ou complètement remplacée, etc. Ces changements d'état peuvent indiquer un lien, définir des termes, mettre en valeur un détail ou localiser un élément. La création des « rollover » permet la transformation de l'apparence de certains objets sur une page en fonction du déplacement du pointeur de la souris. Vincent Mabillot souligne le passage de la lecture visuelle à la lecture par « tâtons » ou « palpation » (Mabillot, 2002a) : « si certaines interactions sont automatisées, d'autres relèvent désormais de son exploration de la page à la pointe du curseur. Palper la page devient alors une pratique révélatrice de contenus ou de fonctionnalités ».

Dans le site Internet *Paris, ville antique* [33], la transformation consiste à remplacer l'information survolée par le pointeur de la souris par une autre sur le principe de la superposition (**Figure 29**).

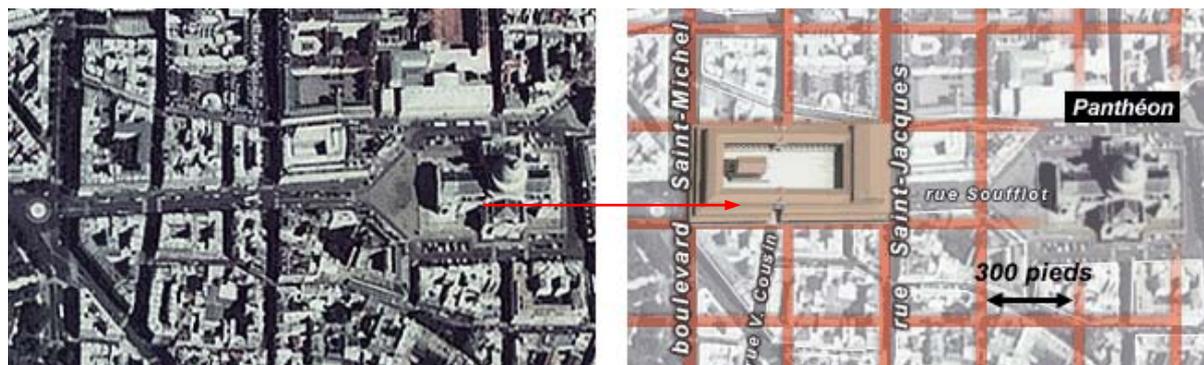


Figure 29. Transformation de l'image par superposition au passage du pointeur de la souris. Site Internet *Paris, ville antique* [33].

Dans le deuxième des cas, un clic est nécessaire pour activer le lien ou voir la transformation. Si l'utilisateur ne clique pas, aucun changement n'a lieu. L'utilisateur n'a pas forcément envie d'interrompre la lecture de son texte en cliquant sur un « hypermot ». Les changements résultent du clic et ne sont donc pas imposés. Le clic peut déterminer une direction pour commencer la visite : par exemple, choisir sur une axonométrie 3D une pièce dans un musée, choisir un lieu sur un plan du château, tel que nous le voyons sur la page d'accueil du site Internet *Grand Versailles Numérique* [9] (**Figure 30**).



Figure 30. Le clic sur le plan du château oriente l'utilisateur vers un lieu. Site Internet *Grand Versailles Numérique* [9].

Le clic permet de zoomer ou de sélectionner une information pour qu'elle vienne occuper tout l'écran. Le clic peut modifier une information par superposition (**Figure 31**) ou par rotation : le cédérom *Parcours d'Opéra*¹⁸ [43], propose des rotations d'objets 3D par clics successifs (**Figure 32**).



Figure 31. Un clic transforme l'image par superposition. « La Victoire de Samothrace à la loupe », site Internet du *Louvre* [27].

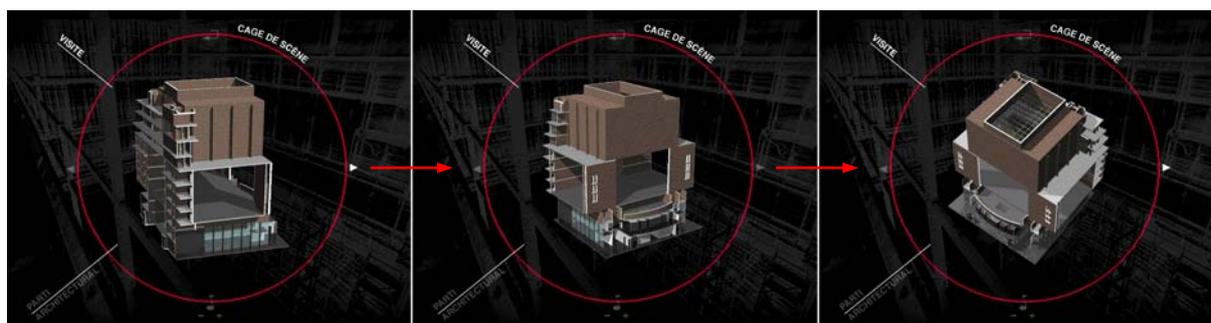


Figure 32. Les clics successifs transforment l'objet par rotation. Cédérom *Parcours d'Opéra* [43].

¹⁸ Extraits du cédérom consultables sur <http://www.aria.archi.fr/Opera/index.html>

Dans un autre cas de figure, l'utilisateur clique sur un objet en vue de le manipuler par glissement. La transformation s'exécute alors le temps de l'action pour orienter la vue dans un panorama (maquette 3D ou vidéo) à 360° (**Figure 33**), tourner autour d'un objet ou faire tourner un objet en 3D sur lui-même, se déplacer sur une image, révéler des éléments en fonction du temps (**Figure 34**), etc.

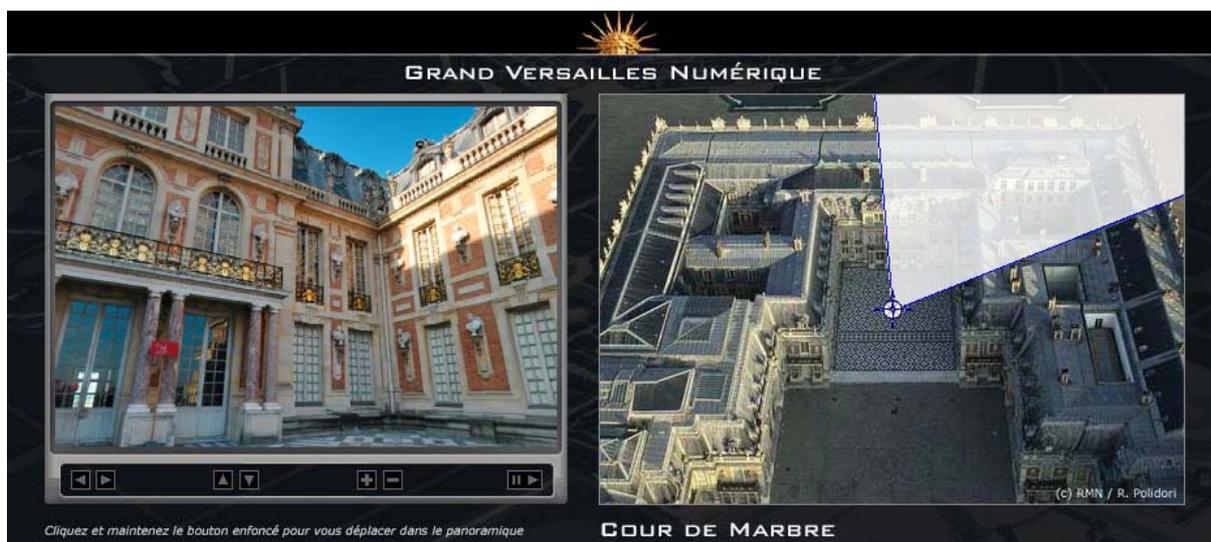


Figure 33. Orienter la vue dans un panorama 360°. Site Internet *Grand Versailles Numérique* [9].

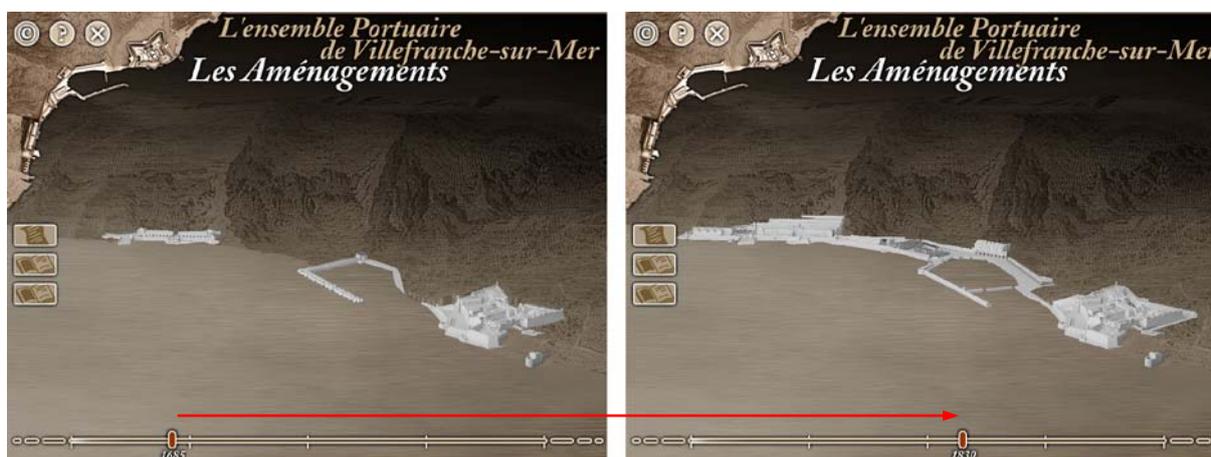


Figure 34. Cliquer/glisser sur la piste chronologique pour afficher la volumétrie des bâtiments en fonction du temps. Cédérom *L'ensemble Portuaire de Villefranche-sur-Mer, du 16^e siècle à nos jours* [41].

Dans le dernier des cas, l'utilisateur fait rouler la molette de la souris. Les éléments défilent du haut vers le bas ou en avant et en arrière pour zoomer dans une image.

Certaines interactions permises par la souris peuvent être effectuées avec les touches du clavier. Généralement, les flèches « haut », « bas », « droite », « gauche » et les touches « + », « - » sont utilisées pour le déplacement dans un modèle 3D ou sur une image et pour le zoom. Certaines visites virtuelles dans un espace 3D se font en temps réel à la manière des jeux vidéo (**Figure 35**).

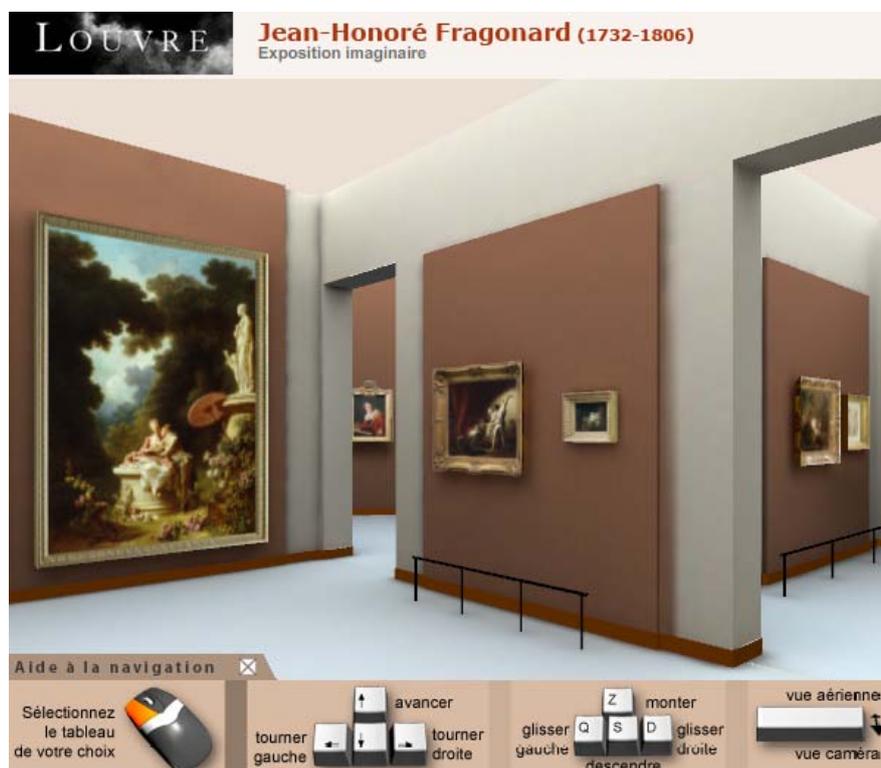


Figure 35. Visite 3D temps réel de l'exposition imaginaire « Jean-Honoré Fragonard » sur le site Internet du *Louvre* [27].

L'usage de documents multimédias visuels variés permet d'offrir une plus grande richesse d'interactivité. La prise en compte de l'audio permet également d'envisager une plus grande richesse de présentation.

Nous avons déjà illustré le mode de présentation graphique qui implique une perception des informations par le canal visuel. La prise en compte du canal auditif permet de considérer des informations multimodales. Certains sites ou cédéroms mettent à disposition des lecteurs audio. Nous entendons une personne qui conseille, qui oriente ou qui dicte mot à mot un texte qui est affiché à l'écran. Le site du *Louvre* [27], lancé en 2005, donne accès aux 35000 œuvres exposées dans le musée et à 140 000 dessins, trop fragiles pour être présentés au public. Le guide qui parle, petit personnage à l'écran représentant Dominique Vivant Denon, le premier Directeur du Musée du Louvre, renseigne l'utilisateur de vive voix (**Figure 36**). Selon ses préférences, l'utilisateur peut lire, contempler ou écouter l'information.



Figure 36. Le guide qui parle sur le site Internet du Louvre [27]. « Living Actor character », 2007, François Place, Musée du Louvre.

1.3.2.6 Des temps de lecture

Grâce à l'interactivité et la multimodalité, l'utilisateur peut agir et choisir. Le comportement de ce dernier induit des temps d'action et des préférences. La position du pointeur de la souris, la nature des clics, les choix de perception, vont définir le parcours de l'utilisateur. Nous distinguons deux temporalités dans les navigations interactives dédiées à l'architecture et à l'archéologie :

- Le temps du parcours
- Le parcours du temps

Le temps du parcours est lié à la succession des actions faites par l'utilisateur pendant la navigation interactive. Le parcours du temps est lié à la chronologie, c'est-à-dire à la succession des faits historiques qui ont réellement existés. Les deux temps de lecture mettent en jeu des notions telles que la durée, l'ordre et la vitesse.

Généralement, la durée chronologique est déterminée à l'avance par les concepteurs : les périodes de l'Histoire et les dates sont fixées dans la réalisation de l'œuvre hypermédia. La chronologie est souvent représentée sur une barre des temps. La longueur de la barre des temps n'est pas forcément liée au nombre d'informations à découvrir. L'utilisateur peut parcourir des siècles d'histoire en une heure, deux heures, un jour... le parcours de l'utilisateur n'a pas de durée déterminée, mais nous pouvons admettre que le temps du parcours est inférieur au parcours du temps.

Nous avons déjà souligné la non-linéarité de l'hypertexte, car même si le parcours est une séquence de nœuds et de liens qui sont fixés par les concepteurs, l'utilisateur choisit l'ordre dans lequel il veut les suivre. Sur une barre des temps linéaire, les hyperliens permettent des « sauts temporels » en avant ou en arrière (Figure 37). Mais il arrive quelquefois que la lecture, imposée par les concepteurs, suive un ordre chronologique.

L'utilisateur est actif, il a la possibilité d'intervenir à son propre rythme. La succession des clics permet de mesurer la vitesse de lecture.



Figure 37. L'ordre chronologique n'induit pas forcément une lecture linéaire. Site Internet *Grand Versailles Numérique* [9].

1.3.2.7 Des points de vue hétérogènes

Les dispositifs hypermédias nous offrent des points de vue que nous n'avons pas dans la vie réelle. Nous avons l'habitude de contempler les sites archéologiques, les rues, les musées à partir du sol. Notre œil est toujours à la même hauteur, ce qui n'est pas le cas dans les dispositifs qui utilisent la 3D. Par ailleurs, notre vision est limitée par la distance, notre œil n'a pas la capacité de rapprocher l'objet pour observer des détails qui ont l'air insignifiants de loin. Finalement, nous avons toujours un point de vue mono-orienté dans les lieux que nous traversons tous les jours. Nous illustrerons trois points de vue qui sont utilisés dans les interfaces hypermédias :

- Les points de vue uniques
- Les points de vue détaillés
- Les points de vue simultanés

La vue plongeante qui nous est donnée à voir lors de la visite 3D de *L'orangerie du Château de Versailles* [25] est un exemple de point de vue unique. Nous appréhendons d'abord l'Orangerie et les objets qui s'y trouvent à l'échelle humaine ; mais à un moment du trajet, nous pouvons quitter ce point de vue naturel pour observer de haut la statue équestre de Louis XIV par le Bernin. La souris nous permet d'effectuer un mouvement orbital en temps réel autour de la statue et nous révèle des points de vue inhabituels (Figure 38).



Figure 38. Vue plongeante de la statue équestre de Louis XIV par le Bernin. Site Internet *L'Orangerie du Château de Versailles* [25], en partenariat avec *Kubota Europe*¹⁹.

Le site Internet dédié à l'exposition *Louis XIV, l'homme et le roi*²⁰ [26], utilise des photographies haute résolution pour « rapprocher l'œuvre » de son observateur. La haute résolution apporte suffisamment de détails à l'image pour que l'utilisateur puisse y effectuer des zooms gros-plan. L'œuvre est d'abord présentée dans son contexte ; le point de vue détaillé implique un recadrage progressif (zoom + ou -) et ciblé (droite, gauche, haut, bas) dans une nouvelle fenêtre à l'écran (**Figure 39**).

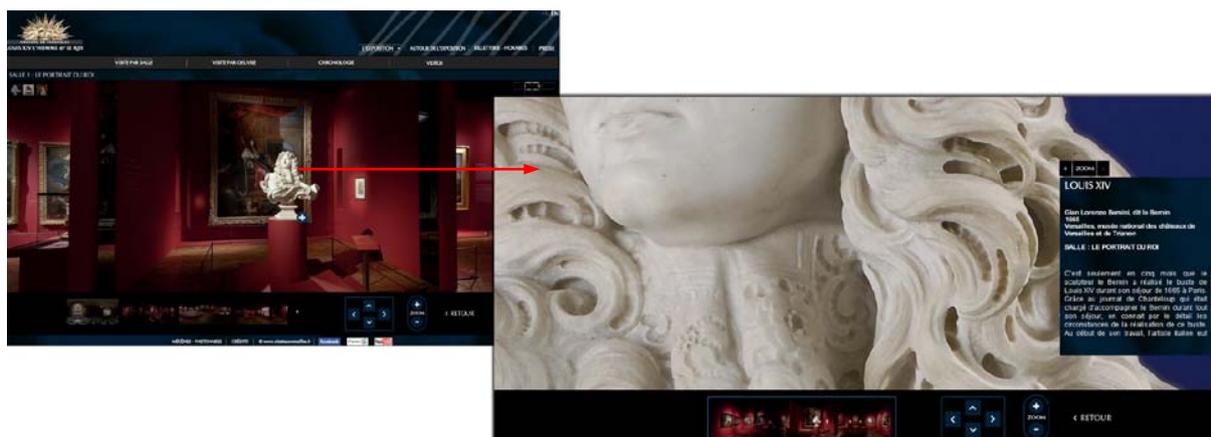


Figure 39. Vue détaillée du buste du roi Louis XIV par le Bernin. Site Internet *Louis XIV, l'homme et le roi* [26].

¹⁹ http://www.kubota.fr/article.php3?id_article=870

²⁰ Du 20 octobre 2009 au 7 février 2010, au *Château de Versailles*.

Sur le site Internet des *Musées du Vatican* [31] nous présente des images tellement fines qu'il est possible de distinguer à la loupe les traits de pinceaux et les craquelures dans les œuvres peintes du bâtiment (**Figure 40**).



Figure 40. La loupe nous révèle des détails dans les œuvres peintes par Michel-Ange. La *Création d'Adam*, voûte de la Chapelle Sixtine. Site Internet *Musées du Vatican* [31].

L'utilisateur peut quelquefois gérer en même temps plusieurs points de vue. En architecture ou en archéologie, le même objet est souvent montré sur plusieurs de ses côtés. Comme le montre le site Internet du *Grand Versailles Numérique* [9], le partitionnement à l'écran permet de montrer ces différents points de vue simultanément (**Figure 41**). L'utilisateur effectue un balayage visuel entre la vue en plan, la vue en élévation, la vue détaillée et le texte, pour saisir les modifications faites par le roi Louis XIV sur une des façades du château. Lorsque le pointeur de la souris survole une zone sensible, des éléments en surbrillance apparaissent sur les quatre vues.

La rubrique « Œuvres à la loupe » disponible sur le site officiel du *Louvre* [27], utilise conjointement les points de vue hétérogènes que nous venons d'illustrer. « La Joconde à la loupe²¹ » par exemple, nous montre un point de vue unique (le revers du tableau), un point de vue détaillé (une loupe qui agrandit jusqu'à 4x) et des points de vue simultanés à l'écran (fenêtres flottantes) (**Figure 42**).

²¹ « La Joconde à la loupe » est une adaptation de l'ouvrage de Cécile Scailliérez. *Léonard de Vinci. La Joconde*. Collection Solo, Musée du Louvre / RMN, 2003.



Figure 41. Vues simultanées de la façade du château de Louis XIV. Site Internet *Grand Versailles Numérique* [9]. Illustrations Gallimard/Bruno Lenormand.

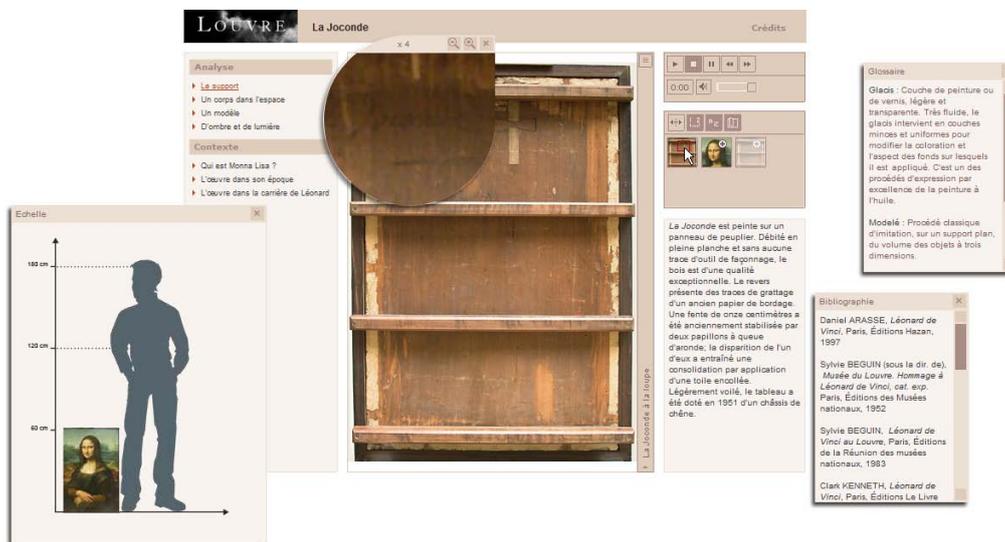


Figure 42. Vues hétérogènes dans « La Joconde à la loupe²² ». Site Internet du *Louvre* [27].

²² *Ibid.*

1.3.2.8 Des visites en cinq dimensions

Le projet *Grand Versailles Numérique* [9] combine visite virtuelle autour du *Château de Versailles* et accès aux contenus culturels à partir d'une interface 3D temps réel. Le module *Versailles 3D* propose d'accéder à tous ces contenus en cliquant sur les éléments du modèle 3D encadrés de blanc (**Figure 43**).



Figure 43. Accès à des informations supplémentaires en cliquant sur des zones sensibles durant la visite temps réel du *Château de Versailles*. Site Internet *Grand Versailles Numérique* [9].

Durant la visite 3D de la salle de *L'Orangerie du Château de Versailles* [25], de nombreuses vidéos, photos, images ou textes viennent ponctuer le parcours. Pour accéder à ces informations, il suffit de cliquer sur les bulles blanches positionnées dans la nef centrale. Lorsque le pointeur de la souris passe sur une des bulles, l'icône représentant le type d'information s'affiche (**Figure 44**).

Dans le site Internet *Lascaux* [17], nous côtoyons les parois peintes. La grotte de Lascaux étant fermée au public depuis 1963, le Ministère de la Culture et de la Communication propose une immersion interactive dans les galeries reconstituées. Sur les peintures apparaissent régulièrement des étiquettes, un clic sur l'une d'entre-elles provoque l'affichage d'une nouvelle fenêtre : nous sommes maintenant face à la peinture, le déplacement ne se fait plus dans l'image (avancer dans la grotte) mais sur l'image (mouvements droite, gauche, haut, bas avec la souris). Des étiquettes apparaissent à nouveau et permettent l'affichage d'informations supplémentaires (cadrage sur une partie de la peinture et texte) (**Figure 45**).

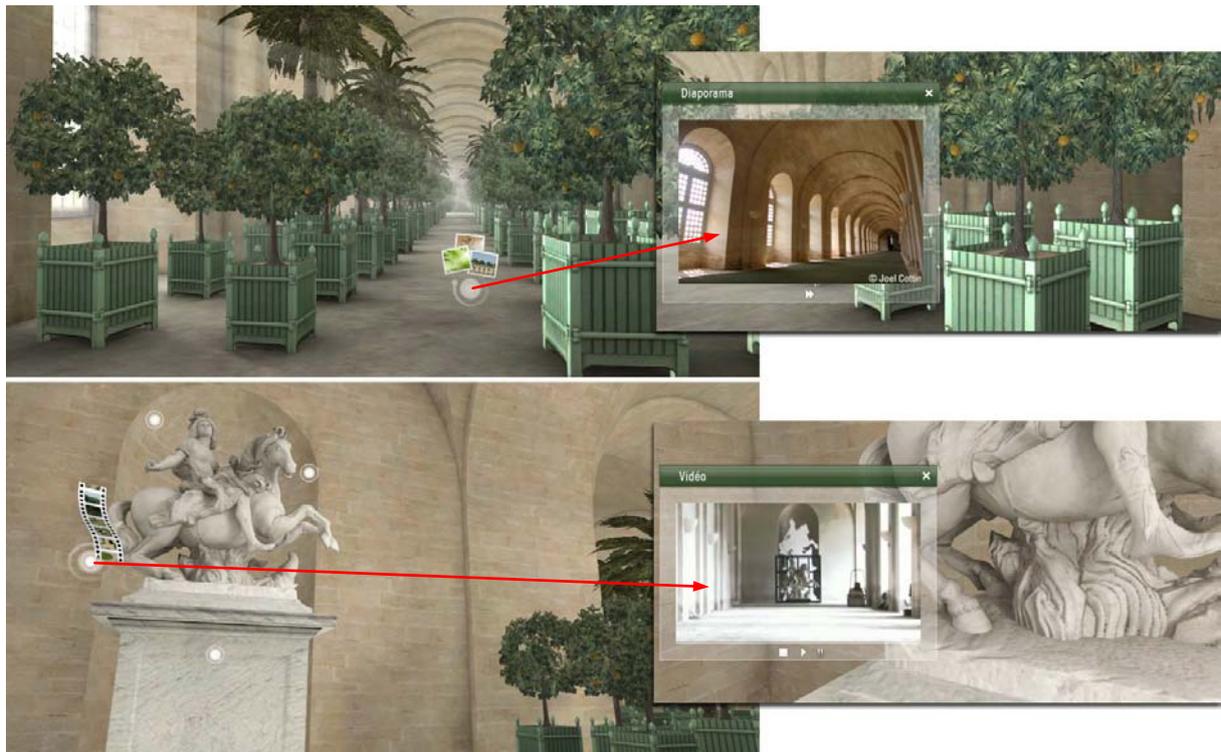


Figure 44. Des bulles blanches délivrant des informations multimédias durant la visite 3D temps réel de *L'Orangerie du Château de Versailles* [25], en partenariat avec *Kubota Europe*.

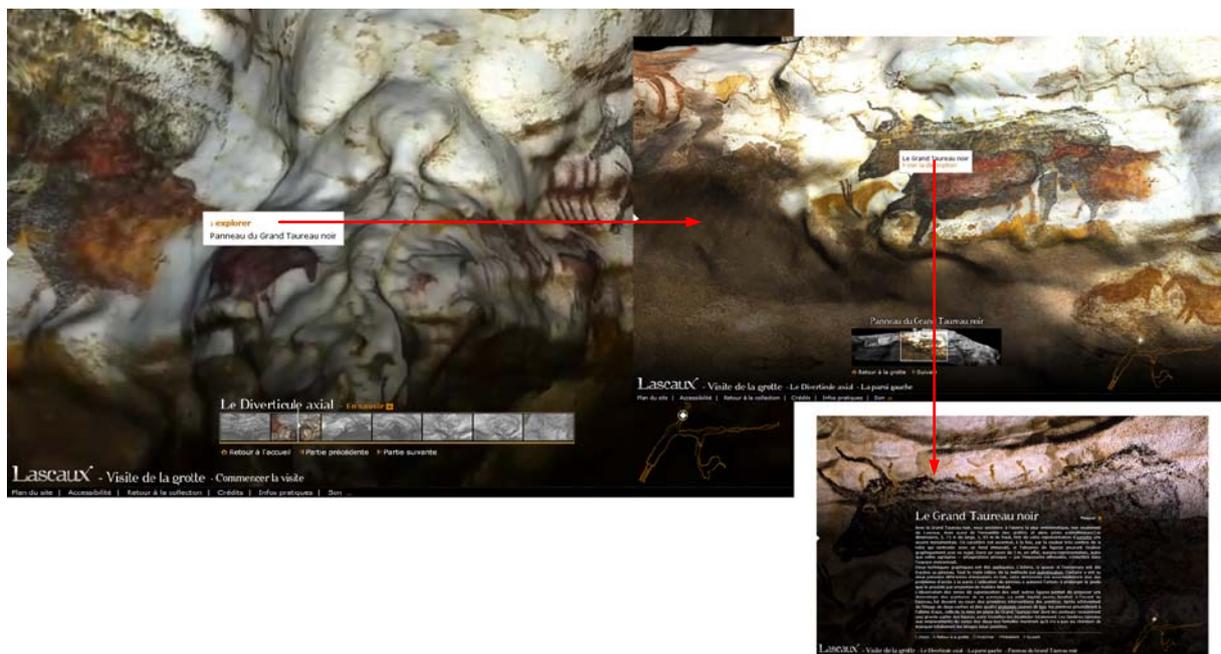


Figure 45. Durant l'exploration de la grotte de *Lascaux* [17], les zones cliquables affichent deux niveaux d'informations.

1.3.2.9 Des guides

Des recherches ont lieu sur des applications permettant une médiation culturelle sur des terminaux mobiles (téléphones portables, assistants personnels, etc.). Le *Château de Versailles* et *Orange*²³ ont mis en place une expérimentation²⁴ ouverte à tous les publics. L'idée est d'enrichir la visite de chacun selon son propre parcours, grâce à une application accessible sur un téléphone mobile qui lui sera prêté. L'application propose une visite multimédia des jardins du *Château de Versailles* basée sur la géolocalisation*. Le visiteur peut à tout moment connaître sa position sur une vue satellite et évaluer la portion de parcours qu'il lui reste à accomplir. Le mobile vibre aux points clés du parcours où des interviews et des informations multimédias sont consultables par le visiteur (**Figure 46**).

L'application utilise la technologie de la réalité augmentée* pour obtenir des informations spécifiques à l'environnement : le visiteur filme son environnement grâce à la fonction caméra de son téléphone ; le logiciel reconnaît sa position et son orientation et superpose alors à la vidéo des informations multimédias avec lesquelles l'utilisateur peut interagir.



Figure 46. Visite multimédia des jardins du *Château de Versailles* sur téléphone mobile. En partenariat avec *Orange*. Site Internet *VersaillesLab* [39].

²³ <http://www.orange.fr/>

²⁴ Du 7 au 31 octobre 2009. Dans un premier temps conçue pour un *iPhone* de la troisième génération. L'application définitive serait prête au cours du premier semestre 2010, et sera développée sur d'autres téléphones mobiles, alors disponible en téléchargement. <http://versailleslab.culturemobile.net/>

En 2002, à l'occasion du centième anniversaire du musée égyptien du Caire, et en partenariat avec *IBM*²⁵ et *CultNat*²⁶, un service d'information portable appelé le « Guide électronique » a été étudié pour assister les visiteurs du musée. Ce guide électronique, qui est prêté au début de la visite, donne accès à une source d'informations multimédias en rapport aux signalisations existantes dans le musée (**Figure 47**).



Figure 47. Le « Guide électronique » assistant la visite du musée égyptien du Caire. En partenariat avec *IBM* et *CultNat*. Site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

1.3.2.10 Des traces

Le « Guide électronique » du musée égyptien du Caire génère automatiquement un journal personnel des objets rencontrés ou sélectionnés durant la promenade dans le musée. D'une part, ce journal est imprimé et remis à l'utilisateur comme souvenir de sa visite, d'autre part, il est exploité par le personnel du musée égyptien : des statistiques sont faites en fonction des objets les plus visités dans le musée.

Le site Internet *L'Égypte Éternelle* [21] propose également de relire les articles sélectionnés par l'utilisateur. La collection virtuelle créée est protégée par un mot de passe. En cliquant sur « Ma collection », il suffit de renseigner les champs dans la nouvelle fenêtre qui apparaît pour accéder au catalogue des pages mémorisées (**Figure 48**).

Il en va de même pour l'application proposée par le *Château de Versailles* et *Orange* : une fois la visite des jardins terminée, le visiteur a la possibilité de revoir les traces visuelles et sonores de sa promenade. Le site Internet *VersaillesLab* [39], dédié à la relecture de son propre parcours et support de souvenirs, permet de retrouver ses commentaires enregistrés et les photographies prises durant la visite, de visualiser son chemin original sur un graphique, de partager le contenu avec d'autres personnes (**Figure 49**).

²⁵ *IBM Corporation*. <http://www.ibm.com>.

²⁶ Le Centre égyptien de documentation pour le patrimoine culturel et naturel, fondé en janvier 2000. <http://www.cultnat.org>.



Figure 48. « Ma collection » de *L'Égypte Éternelle* [21].



Figure 49. Le site de « post-visite » pour revoir son parcours dans les jardins du Château de Versailles. En partenariat avec Orange. Site Internet *VersaillesLab* [39].

La phase de test doit permettre d'évaluer l'application et de valider les hypothèses de départ du travail de conception, en recueillant les remarques et les recommandations des visiteurs.

À travers ces deux exemples, nous avons vu que les traces peuvent constituer des « souvenirs » pour l'utilisateur ou des données à exploiter pour les chercheurs. Dans les deux cas, ces traces sont utilisées après la visite d'un lieu. Mais les traces peuvent assister l'exploration de l'utilisateur si elles sont consultées pendant qu'elles se génèrent.

L'exemple du cédérom *Les Châteaux forts* [42], conçu en 1999 par Nicolas Faucherre, constituait déjà une bonne référence : un « carnet multimédia » assistait l'utilisateur durant sa visite virtuelle. Ce carnet en 2D devenait d'une part, un outil de repérage, car il permettait de revoir sur une liste les séquences « déjà vues » du parcours, et d'autre part, un support d'annotation, pour écrire des remarques personnelles (**Figure 50**).



Figure 50. « Carnet multimédia » du cédérom *Les châteaux forts* [42].

Le site Internet *L'Égypte Éternelle* [21] propose de visualiser le cheminement accompli par l'utilisateur : en cliquant sur « Ma visite », une nouvelle fenêtre à l'écran liste les points de passage représentés par l'icône et le texte descriptif que nous avons l'habitude de voir dans les différentes pages du site (**Figure 51**). Les points de passage sont des zones cliquables : l'utilisateur peut donc revenir sur une des pages qu'il a déjà consulté. Dans ce cas, la page revisitée s'ajoute à la liste.

Alors que la navigation hypertextuelle encourage une lecture fragmentée à priori désordonnée : le « lectacteur » (Weissberg, 1999) s'oriente, bifurque, revient sur ses pas, sélectionne, repart, manipule, etc, Nous assistons à travers la génération des traces à un ordonnancement des points consultés, qui implique une relecture linéaire du parcours réalisé.



Figure 51. « Ma visite » du site Internet *L'Égypte Éternelle* [21].

Les éléments qui demeurent pendant ou après le cheminement effectué par l'utilisateur sont les seules marques visibles de son parcours. Les traces peuvent être :

- Une liste des points de passage générée automatiquement par le système
- Un inventaire des documents sélectionnés par l'utilisateur
- Des notes personnelles ou des photos créées par l'utilisateur

1.3.3 *Les chemins de la perdition*²⁷

À partir du corpus de sites Internet et de cédéroms, nous avons pu soulever des points caractéristiques de la navigation interactive exploitables pour la conception d'interfaces hypermédias favorisant la communication et l'apprentissage. Mais certains chercheurs²⁸ s'interrogent et mettent en avant les inconvénients qui sont liés aux hypermédias.

Aborder les nouveaux dispositifs technologiques, c'est d'emblée étudier les relations homme/machine. Si *L'Œuvre ouverte* (Eco, 1979) est une invitation à faire l'œuvre avec l'auteur (Umberto Eco cite Pareyson) car elle remet en question la passivité du lecteur et la fixité de l'œuvre, la vidéo *Web 2.0 ... The Machine is Us/ing Us*²⁹ réalisée par Michael Wesch, professeur à l'université du Kansas, illustre l'ambiguïté homme/machine. Elle montre progressivement le passage de la feuille de papier aux sites Internet, en passant par les textes numériques, le « copier-coller », l'hypertexte, la création de blogs, etc. « La vidéo montre le formatage inconscient à l'œuvre, la manière dont chaque nouvelle avancée technologique modifie notre façon de penser, de faire, de nous exprimer [...]. À force de répéter ces gestes

²⁷ En référence au film de Sam Mendes : *Les sentiers de la perdition* (*Road to perdition*), 2002.

²⁸ Simpson & McKnight, 1990 ; Mohageg, 1992 ; Gaines & Show, 1995 ; McDonald & Stevenson, 1996 ; Dessus & Hedon, 1996.

²⁹ *La machine, c'est nous/la machine nous utilise*. Vidéo disponible à l'adresse suivante : <http://www.youtube.com/watch?v=6gmP4nk0EOE>

machinaux devant l'écran, l'identité s'hybride » (Lechner, 2007). Pour faire comprendre le brouillage homme/machine, Marie Lechner prend également en exemple le *Portrait du cerveau d'Erik Minkkinen*, proposé par Sylvie Astié : une capture écran illisible représentant un enchevêtrement d'informations et de liens (Lechner, 2007) (**Figure 52**).

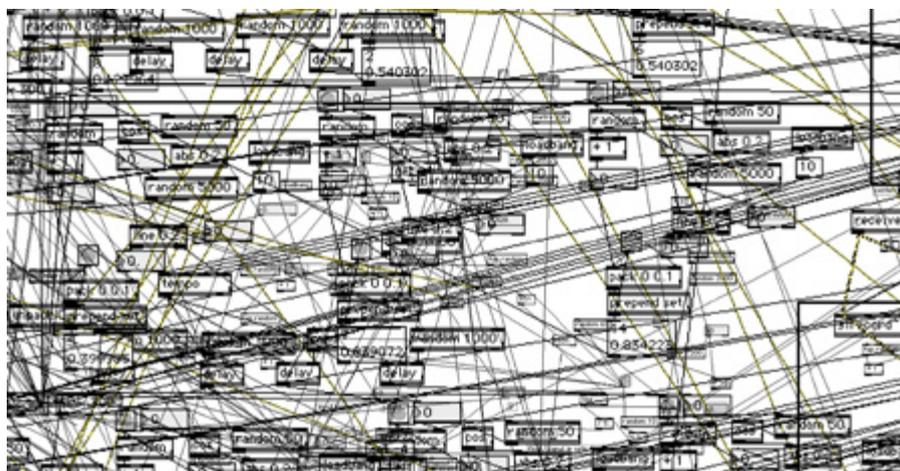


Figure 52. Extrait du *Portrait du cerveau d'Erik Minkkinen* exposé à la galerie Leo Scheer par Sylvie Astié.

Les hypermédias, associant l'hypertexte et le multimédia, sont en mesure d'offrir une multitude d'interactivités et de présentations, mais impliquent aussi une déperdition de l'information à deux niveaux : l'orientation au sein du parcours, la perception et la compréhension des images.

Le principe de l'hypertexte présente un intérêt certain, dans la mesure où il permet d'envisager une multitude de parcours. Mais le premier danger pour le navigateur est de se perdre : « hors du déroulement linéaire de la pensée ou de la narration, nous nous retrouvons certes plus 'libres' mais surtout libres de nous perdre » (Cohen, 1995). Le deuxième danger pour l'utilisateur est d'avoir à gérer un trop grand nombre d'informations, ce qui provoquerait encore une fois une « surcharge cognitive » (Jacquinot, 1996).

L'hypertexte est de plus en plus associé à la notion d'« hypotexte » en raison de l'absence d'horizon de lecture et de la désorientation qu'elle engendre. Un simple clic de souris sur un signe permet l'affichage de nouvelles données à l'écran, une nouvelle fenêtre se superpose alors à l'ancienne ou la remplace. On comprend vite alors comment ce système de renvois permet rapidement à l'utilisateur de se perdre s'il a une trop grande liberté de circulation dans un même document.

La navigation hypertextuelle nous encourage ainsi à réfléchir à l'organisation des informations, car c'est d'elle que dépendra la cohérence du parcours construit par l'apprenant. Le cheminement effectué ne dépend pas seulement des choix pris par l'utilisateur, mais résulte aussi de l'interface. Si aucun mécanisme ne prévoit une vue d'ensemble du parcours construit, l'usager tentera par lui-même cette opération qui peut lui demander un effort mental

considérable. L'utilisateur va charger sa mémoire d'informations l'aidant à se repérer et limiter du même coup son attention au contenu. « Face à un logiciel d'apprentissage, l'utilisateur a la lourde tâche d'accéder à de l'information et de la transformer en savoir. S'il doit dépenser une grande partie de son énergie cognitive à accéder au contenu même du produit, c'est comme s'il devait tourner des pages d'un livre pesant chacune plusieurs kilos » (Kellner, 2007).

Pour éviter une « surcharge cognitive » (Jacquinot, 1996), un véritable système d'acquisition de connaissances devrait d'abord assister l'utilisateur pour qu'il puisse aller vers l'information, il devrait ensuite faciliter le traitement de l'information pour lui permettre de se l'approprier.

Pendant la navigation, les dispositifs hypermédias nous donnent accès à différentes sources documentaires spécifiques à l'architecture et à l'archéologie. Ces dessins présentent bien souvent les objets du point de vue de leurs fonctions et non pas du point de vue de la perception et de la compréhension. Le psychanalyste Serge Tisseron voit dans l'image un territoire à explorer, où l'apprenant va forcément chercher du sens (Tisseron, 1997) : « il faut donc entrer dans l'image et la transformer pour pouvoir la constituer progressivement en territoire de signification ».

L'image est attachée aux représentations matérielles, qui font l'objet de la sémiotique, et aux représentations mentales, qui font l'objet de la psychologie cognitive. Le but de la visualisation de l'information est d'amplifier les performances cognitives, et non seulement de créer des images intéressantes : « La visualisation de l'information devrait faire pour l'esprit ce que les automobiles font pour les pieds³⁰ » (Card, 2008).

³⁰ « Information visualizations should do for the mind what automobiles do for the feet » (Card, 2008).

Chapitre 2 Les systèmes de représentations graphiques

Les traces du passé, écrites ou dessinées, sont la preuve que les systèmes graphiques ont toujours existé. L'écriture, les images, ont servi à fixer des idées, des pensées.

À ce jour, les technologies numériques nous proposent des nouvelles possibilités pour représenter graphiquement l'information. Ces outils sont censés améliorer la visualisation et la recherche des informations.

2.1 La prise de notes comme représentation externe

Stendhal avait l'habitude de noter ses idées dans les marges des livres (**Figure 53**). Anne Herschberg Pierrot souligne le caractère intermédiaire des notes prises dans la *Vie de Henry Brulard*, l'œuvre autobiographique de l'écrivain français (Herschberg Pierrot, 2009) : « ces marginales peuvent occuper la place au-dessus du texte, à sa gauche, mais aussi les versos des pages qui lui font face. Ce qui est alors remarquable, c'est que, seules sur une page, elles s'alignent verticalement en colonne, formant un texte en retrait, laissant affleurer une voix en dialogue, en répartie avec le texte, et constituant une rythmique propre ».

Le principe qui consiste à représenter sur un support externe des informations intermédiaires s'appelle la « cognition externe », par opposition à la « cognition interne » qui permet de nous représenter mentalement les informations.

Précisons également qu'il existe une panoplie d'outils technologiques qui nous permettent de prendre des notes. Certains d'entre eux nous donnent la possibilité d'écrire directement sur l'écran.

Sur un portable « PC tablette³¹ » par exemple, nous pouvons tourner l'écran et le rabattre pour y écrire ou esquisser avec un stylet comme sur une feuille de papier. Il existe également des stylets qui convertissent votre ordinateur portable en « PC tablette » par simple connexion sur un des ports entrants³². L'instrument permet non seulement d'écrire et de dessiner sur l'écran, mais il peut également remplacer la souris pour y utiliser les différentes fonctionnalités des logiciels à l'écran. Dans ce cas, la représentation n'est pas seulement externe, mais également superposée (logiciel de prise de notes superposé à un autre logiciel de fond) (**Figure 54**). Certains des stylets transfèrent les données à l'écran au cas où la prise de notes est effectuée sur papier.

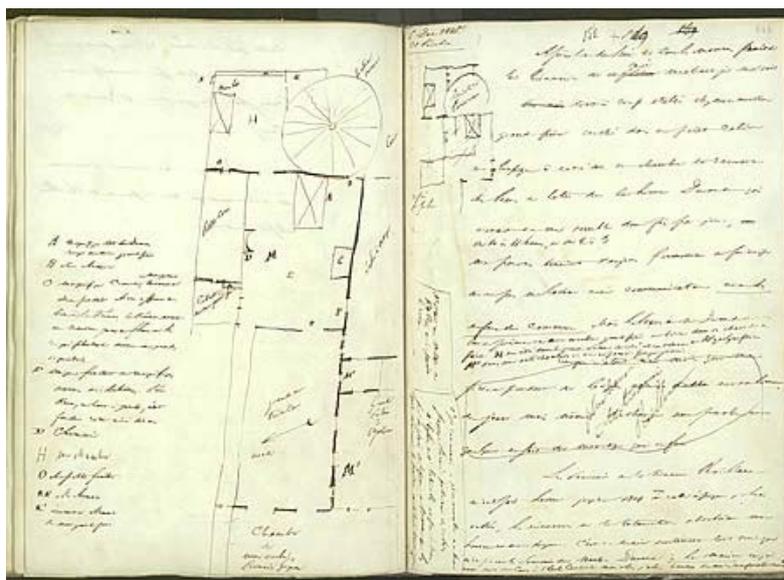


Figure 53. Deux pages du manuscrit de Stendhal, *Vie de Henry Brulard*. Bibliothèque municipale de Grenoble. Sur le site *Lectura* [20].



Figure 54. Écrire et dessiner sur l'écran. Exemple des « PC tablette ». Sur le site *TabletPC* [36].

³¹ « Le terme PC tablette (ou Tablet PC) est la désignation initialement utilisée par Microsoft en 2001 pour désigner une nouvelle classe d'ordinateurs portables et ultraportables équipés d'un écran tactile et destinés à être utilisés avec les doigts ou un stylet » (Définition sur le site *TabletPC* : [36]).

³² Une vidéo présentant le stylet *SISO Tablo* (fabriqué par *Hantech*) est disponible sur *Youtube* : <http://www.youtube.com/watch?v=wDj-SaiOVTU>

La prise de notes comme système graphique à portée de mains, est le plus accessible. De la manière la plus simple et la plus spontanée qui soit (en prenant un stylo par exemple), nous avons tendance à mentionner par écrit des informations sur un support externe, tantôt sur un papier vierge, tantôt en marge d'un texte.

2.2 La cartographie comme représentation subjective

Les mécanismes de la subjectivisation des cartes sont révélés par le groupe d'artistes italiens *Les Liens Invisibles*³³. Leur projet *Google is not the map* [8] nous invite à revoir trente-cinq cartes du monde numérisées par Google (**Figure 55**).



Figure 55. *The pipe is not the map.* Subjectivisation des cartes dans le projet *Google is not the map* [8] par les artistes *Les liens Invisibles*³⁴.

Selon la définition consultable sur le site des « Expositions virtuelles » de la *BnF* (*Bibliothèque nationale de France*), la carte peut être « la représentation à échelle réduite d'un espace et d'une intention sur une surface plane, la carte témoigne de la nécessité pour l'homme de représenter le territoire à des fins utilitaires, elle peut se faire aussi instrument de connaissance et outil de savoir³⁵ ». Sur le site de la *BnF* qui raconte l'*Histoire de la cartographie* [11], la carte met en scène graphiquement les multiples enjeux qui traversent les relations que l'homme entretient avec le territoire : « connaître, représenter, contrôler, agir, imaginer » (cf. annexes **Tableau 15**).

³³ <http://www.lesliensinvisibles.org/>

³⁴ *Ibid.*

³⁵ *Cartes & territoire[s]*, exposition virtuelle en ligne de l'« Exposition itinérante » proposée par les archives départementales de Meurthe-et-Moselle. <http://www.archives.cg54.fr/JeuCadre3ExposVirt.htm>

L'homme a toujours voulu se positionner dans l'espace, connaître et comprendre l'univers qui l'entoure, explorer et représenter le territoire qui s'offre à lui. Le navigateur, le voyageur, le bâtisseur, l'archéologue, ne se servent pas de la même carte. Toute carte a une intention première. Ainsi, la « carte du maraudeur » que détient Harry Potter (*Harry Potter et le prisonnier d'Azkaban* [73]), montre le plan de l'école de sorcellerie *Poudlard*, et les personnes qui déambulent dans l'édifice à l'instant même où la carte est examinée. Le plan n'est pas une représentation figée car les pas et les noms de chaque personne se déplacent en temps réel sur la carte (**Figure 56**).

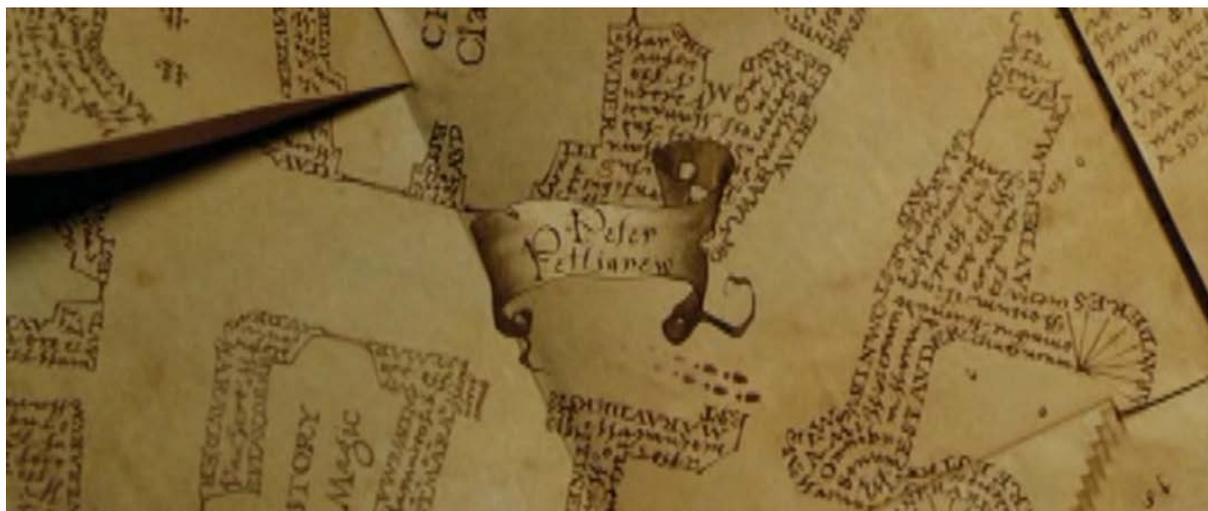


Figure 56. Dans *Harry Potter et le prisonnier d'Azkaban* [73], « la carte du maraudeur » montre en temps réel les pas et les noms des personnes se déplaçant dans le château.

Toutes représentations du monde impliquent des choix. Selon Philippe Rekacewicz (Rekacewicz, 2006), la cartographie relève à la fois de la science, « par ses données quantitatives et qualitatives », de l'art, comme « œuvre composée de mouvements, de couleurs et de formes », mais aussi « du mensonge et de la manipulation ». Le cartographe est un scientifique, un artiste ou un menteur, ou les trois à la fois, car il est libre de montrer l'information à sa manière. Le cartographe joue sur le rapport entre les éléments mis en scène. Il choisit une échelle et des signes de représentation, ce qui implique parfois le recours à une légende.

La carte est d'abord pensée comme un tableau, sur lequel des éléments sélectionnés vont être harmonieusement assemblés. Son auteur décide ensuite de leur représentation. Certains sont renforcés, d'autres sont dissimulés. La carte devient l'expression personnelle de son auteur. Le poster *History of Life on Earth*³⁶, se contemple d'abord comme une œuvre picturale. Le résultat final démontre une véritable recherche esthétique pour rendre compte de l'évolution de la vie sur terre au cours des 600 millions d'années passées (**Figure 57**).

³⁶ Brian Finn, 2007, Iapetus Press. Disponible sur le site *History Shots* : <http://www.historyshots.com/OtherArtists/4014.cfm>

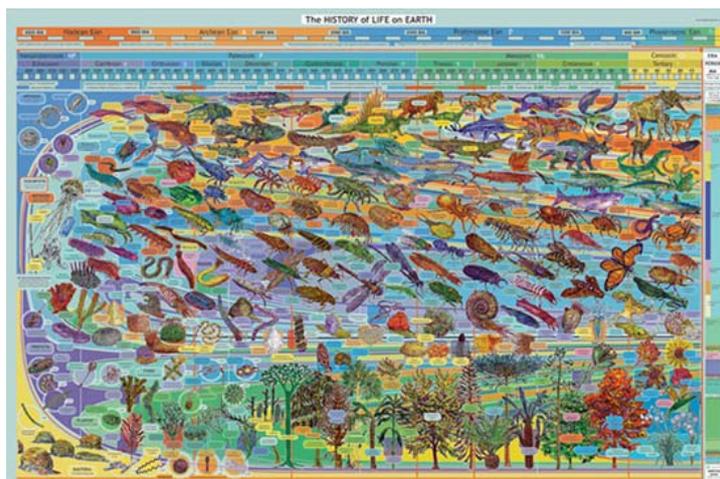


Figure 57. *History of Life on Earth*³⁷, un poster comme une oeuvre d'art. Brian Finn, 2007, Iapetus Press.

« La carte géographique n'est pas le territoire. Elle en est tout au plus une représentation ou une « perception ». La carte n'offre aux yeux du public que ce que le cartographe (ou ses commanditaires) veut montrer. Elle ne donne qu'une image tronquée, incomplète, partielle, voire trafiquée de la réalité. Voilà de quoi sonner le glas des illusions de cette partie du public qui lit la carte comme un fidèle reflet de ce qui se passe sur le terrain » (Rekacewicz, 2006).

Dans *Terre des hommes* (Saint-Exupéry, 1972 ; cité par Rekacewicz, 2006), l'aviateur mentionnait sur sa carte de pilotage les éléments utiles à sa survie : « Guillaumet [...] ne me parlait pas de Guadix, mais des trois orangers qui, près de Guadix, bordent un champ : "Méfie-toi d'eux, marque-les sur ta carte..." Et les trois orangers y tenaient désormais plus de place que la Sierra Nevada ».

Les choix du cartographe pour réaliser sa carte, dépendront de sa sensibilité : il peut par exemple, décider de représenter le vécu d'un lieu, transposant ainsi la réalité physique du lieu à l'imaginaire (**Figure 58**).

Le lycée *Fustel de Coulanges* à Strasbourg, proposait à ses élèves de seconde, option art plastique, un exercice sur le thème du chemin de l'école. Alors que le parcours à dessiner est le même pour tous les élèves, la diversité des travaux réalisés témoigne des émotions du passant et des sens qui sont sollicités pendant la marche en ville. Le dessin est bien une perception individuelle d'un itinéraire effectué quotidiennement (**Figure 59**).

³⁷ *Ibid.*

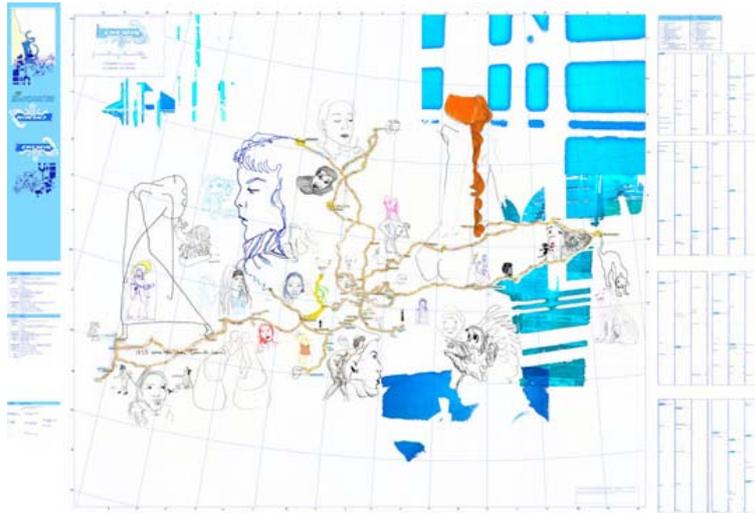


Figure 58. Carte représentant le vécu du lieu et non pas sa géographie, 2007 par Sarah³⁸.



Figure 59. Travaux des équipes en art plastique, sur le thème du chemin de l'école³⁹. Classe de seconde, lycée *Fustel de Coulanges*, Strasbourg.

³⁸ http://jaunepapillon.blogspot.com/2007_05_01_archive.html

³⁹ Travaux en ligne : http://sirius.ac-strasbourg.fr/microsites/hist_geo01/sig-stg/intro.htm

Les cartes heuristiques peuvent s'avérer être des outils pédagogiques puissants. En 2003, le classement des performances scolaires réalisé dans quarante-et-un pays de l'O.C.D.E. (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) et présenté dans le journal télévisé de *France 3*⁴², révèle que la Finlande occupe la première place dans tous les domaines. Dans ce pays, les techniques d'enseignement se différencieraient par l'utilisation des cartes heuristiques qui motivent les élèves à reformuler l'information à leur manière, à apprendre par soi-même.

Cependant, selon les domaines, une même idée peut avoir des relations différentes. L'organisation hiérarchique utilisée dans les cartes heuristiques suffira à représenter des champs sémantiques arbitraires, cohérents pour son auteur.

Cette approche par mots-clés, du plus important au moins important, constitue un champ sémantique comparable aux « nuages de tags » disponibles sur Internet : nous parlons de « web sémantique ». Les internautes ont pris l'habitude de « taguer » (étiqueter) des photos, des sites favoris ou autres contenus qu'ils partagent à l'aide de mots-clés (les tags). Dans le même esprit, les créateurs de sites Internet utilisent ces tags pour décrire le contenu de leurs pages et pour offrir ainsi aux internautes, un moyen de rechercher des informations sur un sujet. La pertinence quant au choix des tags n'est pas facile car un mot-clé peut avoir plusieurs champs sémantiques. Le nuage de tag est une représentation sémantique visuelle qui fait apparaître les mots-clés avec des tailles différentes selon leur importance ou leur popularité. Le site *Wordle*⁴³ offre la possibilité de générer un « nuage de tags » à partir d'un texte ou d'une adresse Internet (**Figure 63**).



Figure 63. « Nuage de tags » du sous-chapitre « Les cartes heuristiques comme représentation sémantique ». Généré à partir du site *Wordle*⁴⁴.

⁴² En ligne sur *YouTube* : <http://www.youtube.com/watch?v=aEBjSnGsqt0>

⁴³ *Wordle* : <http://www.wordle.net/>

⁴⁴ *Ibid.*

Quand la carte est associée à un processus de recherches et de découvertes, elle possède une vertu heuristique. La recherche d'idées et l'élaboration des concepts, exigent la construction d'une représentation sémantique indiquant la relation entre les informations. Les liens sont créés par association de sens. La notion de sens est cependant floue car elle s'inscrit dans un champ sémantique large.

2.4 Les cartes interactives comme représentation dynamique

Les technologies numériques ont donné naissance à des cartes dynamiques qui mettent en œuvre des nouvelles formes de représentation de l'information.

2.4.1 Des aides à la navigation

L'analyse faite par la psychologue et professeur argentin Mara Vanina Osés (Osés, 2009) en se basant sur *The Internet Mapping Project* [37], met en évidence la façon dont les utilisateurs d'Internet ont tendance à se positionner dans cet immense espace de navigation. Deux personnes sur cinq se placent au centre d'un réseau fait d'interconnexions et une personne sur cinq n'arrive pas à se situer dans l'espace, étant partout ou nulle part.

Pour tenter de remédier au problème de désorientation que nous avons déjà souligné dans le sous-chapitre intitulé « Les chemins de la perdition » (en page 52), phénomène connu qui est appelé « perdu dans l'hypermédia » (« lost in hyperspace »), certaines cartes offrent la possibilité au navigateur de consulter graphiquement, soit l'espace d'information dans lequel il navigue, soit le parcours qu'il a effectué.

Le concept d'*ET-Map*, développé par des chercheurs du Laboratoire d'Intelligence Artificielle⁴⁵ de l'Université d'Arizona aux États-Unis, permet de naviguer à travers les couches d'informations disposées par thèmes. La carte 3D multi-niveaux est constituée des pages relatives aux loisirs référencées par *Yahoo!* (Figure 64). *ET-Map* utilise deux concepts spatiaux : tout d'abord, la taille des régions est directement liée au nombre de pages Internet de la même catégorie (par exemple, la région « Music » qui a 11092 pages est plus grande que la région « Live » qui a 4300 pages), ensuite, la proximité des régions est étroitement liée à leur contenu (par exemple, les régions « Film » et « Year's Oscars » en bas à gauche de la couche, sont situés dans le même espace spatial et sémantique).

Des outils dynamiques de visualisation conservent les traces d'un cheminement individuel permettant la relecture de notre propre parcours. Le navigateur *NESTOR Navigator*, développé par Romain Zeiliger, chercheur au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) GATE en France, trace des cartes de navigation au fur et à mesure de la consultation sur Internet. Il s'agit d'une interface composée d'un navigateur classique (à droite) et d'une fenêtre d'aide interactive (à gauche) utilisée pour un retour aux sites déjà parcourus. L'historique du parcours peut être entièrement ou partiellement échangé avec d'autres utilisateurs. Les points du parcours peuvent être édités pour créer des tour-guides annotés (Figure 65).

⁴⁵ <http://ai.bpa.arizona.edu/>

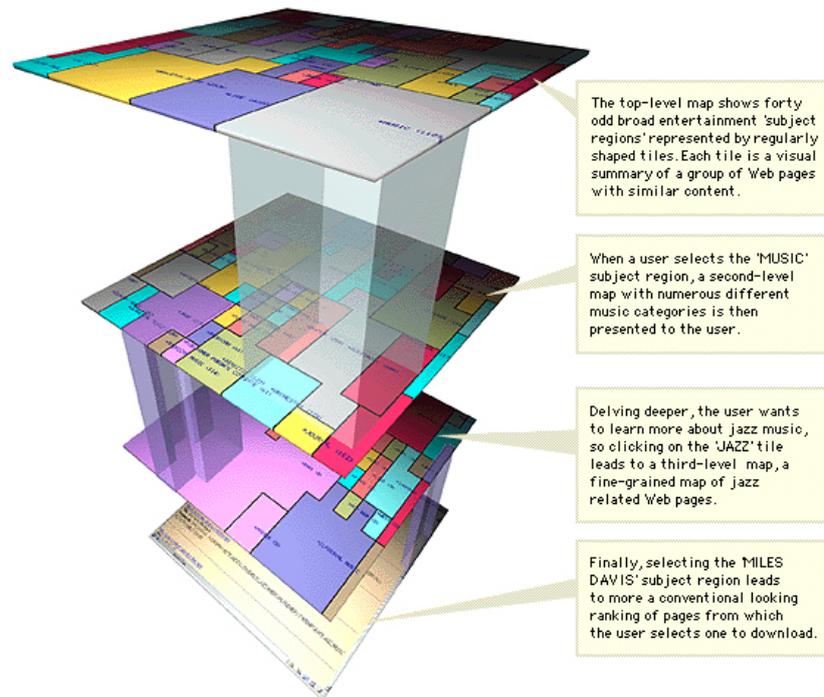


Figure 64. ET-Map est une carte de l'espace informationnel. Créée par l'équipe de Hsinchun Chen, National Science Foundation. *A map of Yahoo*⁴⁶ présenté par Martin Dodge sur le site *Mappa Mundi* [28].

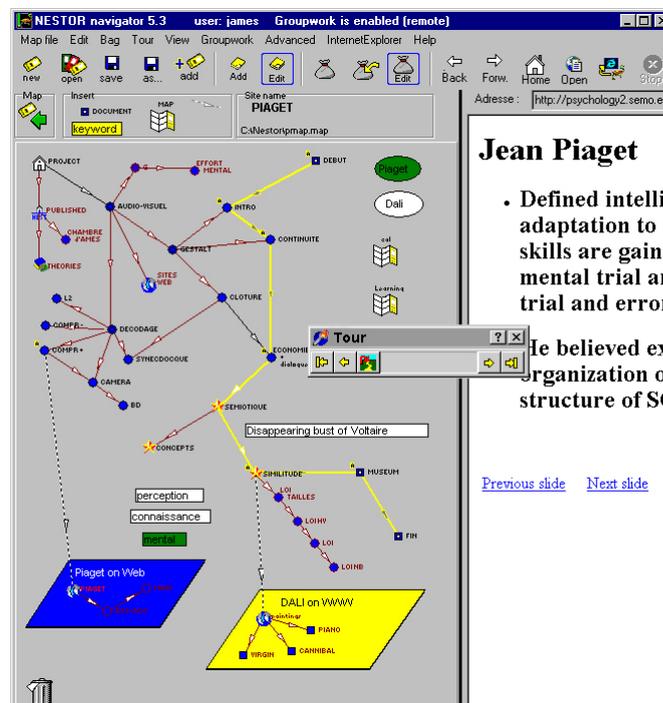


Figure 65. Extrait de l'interface *NESTOR Navigator* qui permet de tracer et de partager le parcours de l'utilisateur pendant sa consultation sur Internet. (Zeiliger & al., 1999).

⁴⁶ Article disponible sur le site *MappaMundi*, février 2000 : http://mappa.mundi.net/maps/maps_009/

L'application *VISVIP* (Cugini & Scholtz, 1999), développée au sein du NIST (National Institute of Standards and Technology) aux Etats-Unis, permet de visualiser les trajectoires prises par les usagers pendant la visite des sites Internet. La navigation du visiteur est matérialisée par la courbe violette superposée à la structure du site. La hauteur des lignes violettes en pointillées est utilisée pour représenter le temps consacré à chaque visite de page (**Figure 66**). La mise en page graphique fourni par *VISVIP* peut être régie soit par la topologie du site Internet, soit par la structure intrinsèque du chemin de l'utilisateur.

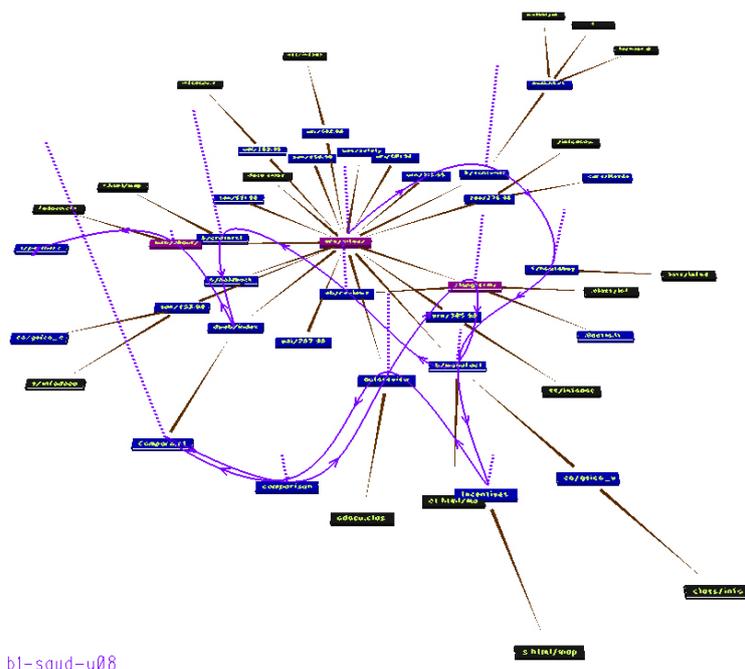


Figure 66. *VISVIP* superpose la trajectoire de l'utilisateur à la structure du site (Cugini & Scholtz, 1999).

*WebPath*⁴⁷ (Frécon & Smith, 1998), développé par Emmanuel Frécon, chercheur du groupe d'Environnement Collaboratif Distribué au SICS, et Gareth Smith du Département d'Informatique de l'Université de Lancaster, procure une visualisation de notre historique de navigation effectuée sur plusieurs sites (**Figure 67**). Chaque document consulté est représenté par un cube étiqueté (titre, image,...) et positionné dans une structure orthogonale en 3D. Les cubes sont reliés par des flèches (pour indiquer le sens de la visite) de couleur (pour indiquer la nature du lien). Les liens de la même couleur indiquent par exemple si les documents proviennent du même site. Les axes « X » ou « Z » indiquent des paramètres tels que la taille de la page ou le nombre d'images contenues dans un document. L'axe vertical « Y » est utilisé pour donner l'heure à laquelle les documents ont été visités. Si un document se trouve être revisité, un nouveau cube va être généré.

⁴⁷ http://www.visualcomplexity.com/vc/project_details.cfm?id=101&index=12&domain=World Wide Web

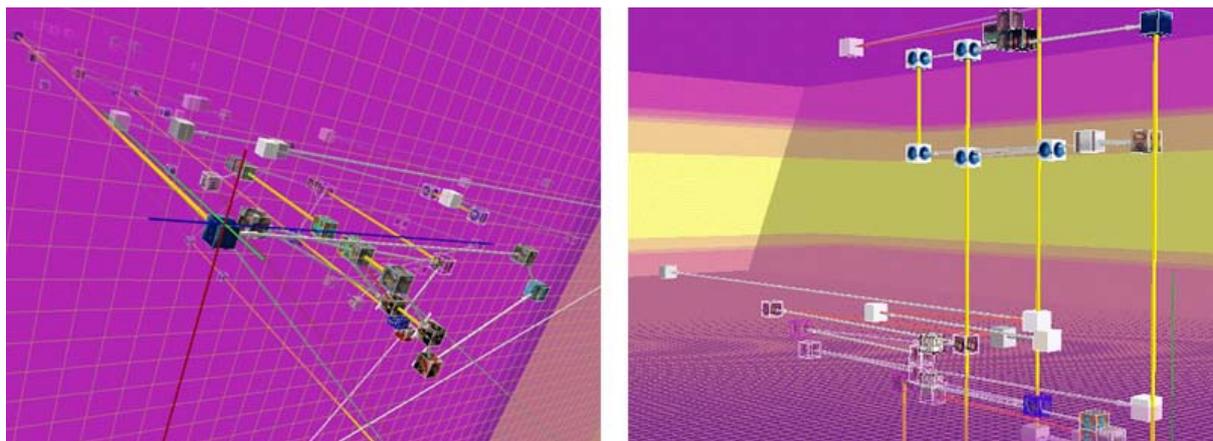


Figure 67. *WebPath*⁴⁸ retrace l'historique de navigation effectué sur plusieurs sites Internet. Sur le site *Visual Complexity* [40].

Les exemples que nous avons présentés, ont en commun la volonté d'atténuer le sentiment d'« être perdu dans l'hyperespace » en offrant à l'utilisateur une vue globale de l'espace d'information qui lui est proposé ; visualiser l'espace d'information comme sur une carte qui lui indiquerait les limites et la taille de l'espace ainsi que sa position.

2.4.2 Des métaphores

La métaphore a toujours été envisagée au niveau de la linguistique (métaphore verbale comme figure de rhétorique), mais certains courants l'abordent sous l'angle de la sémiotique (métaphore iconique, geste, ...). Selon George Lakoff et Mark Johnson (Lakoff & Johnson, 1985), « l'essence d'une métaphore est qu'elle permet de comprendre quelque chose (et d'en faire l'expérience) en termes de quelque chose d'autre ». La métaphore opère un transfert de sens fondé sur la ressemblance, qui nous aiderait à mieux comprendre certains concepts.

Map.Net est un exemple utilisant la ville comme métaphore : chaque bâtiment (maisons, gratte-ciels, etc.) symbolise un site Internet. Plus le site est populaire, plus le bâtiment est grand (**Figure 68**). L'interface est une invitation à déambuler dans l'espace d'information en survolant la ville.

Les deux applications *WebBook* et *Web Forager* sont des prototypes développés en 1996 au Centre de Recherche de Xerox à Palo Alto (Card & al., 1996). *WebBook* est un livre 3D interactif de pages Internet ; *Web Forager* est un espace d'information qui intègre le *WebBook* et d'autres objets dans un espace de travail 3D hiérarchique (**Figure 69**). La lecture des pages Internet via les boutons « suivant » et « précédent » est analogue à celle du livre que nous feuilletons. De plus, la plupart des pages Internet ont un caractère hétérogène, le livre à la capacité d'homogénéiser les pages. La métaphore du bureau permet de ranger les livres selon trois niveaux hiérarchiques : la place centrale pour exposer un livre ouvert en consultation, un bureau pour déposer les livres en attente ou déjà vus, les étagères pour classer tous les livres.

⁴⁸ *Ibid.*

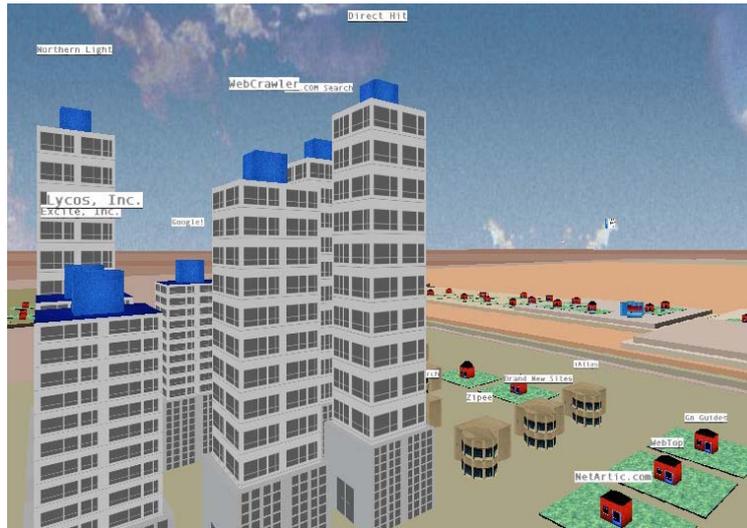


Figure 68. *Map.Net* utilise la métaphore de la ville où la taille des bâtiments représente la popularité des sites Internet. Sur le site *Recherche en Cyber-Cartographie* [34].



Figure 69. *Web Forager* et *WebBook* utilisent les métaphores du bureau et du livre (Card & al., 1996).

Le concepteur multimédia David Cohen met en avant le côté rassurant des métaphores (Cohen, 1995), car face à la peur que nous avons de nous perdre dans les masses d'informations, les métaphores simples, facilement mémorisables, permettent de s'y retrouver. Il appelle « métaphores de lieux de vie » celles qui font référence aux lieux familiers : « si le bureau correspond à l'espace de travail, la maison à l'espace familial, et l'immeuble celui de l'entreprise, le village, la ville représente très souvent l'accès à un réseau ».

2.4.3 Des formes de narration

Le *Cube* d'*HBOImagine* [10] offre une nouvelle expérience narrative. Il s'agit de visionner une série de courts-métrages sous différents angles. Pour ce faire, les divers angles de caméras sont projetés sur les quatre côtés d'un cube ; il est ainsi possible de visionner la même scène du court-métrage avec quatre points de vue simultanés en faisant pivoter le cube (**Figure 70**). Des documents connexes entremêlés (articles de journaux, appels téléphoniques, webcams, photographies, croquis, notes, ...) viennent enrichir l'histoire pour nous aider à découvrir le « tableau d'ensemble ». La navigation est cartographiée par le site, des liens mettent en relation les contenus multimédias à la manière d'un graphe tridimensionnel. La navigation dans l'histoire consiste à suivre les liens, à cliquer sur les documents afin de déverrouiller et de visionner leur contenu qui nous permettra de comprendre les personnages et leurs motivations. La narration est entre les mains de l'utilisateur, sa progression est affichée, et s'il perd le fil de l'histoire, le recours à la carte des informations trouvées est toujours possible.

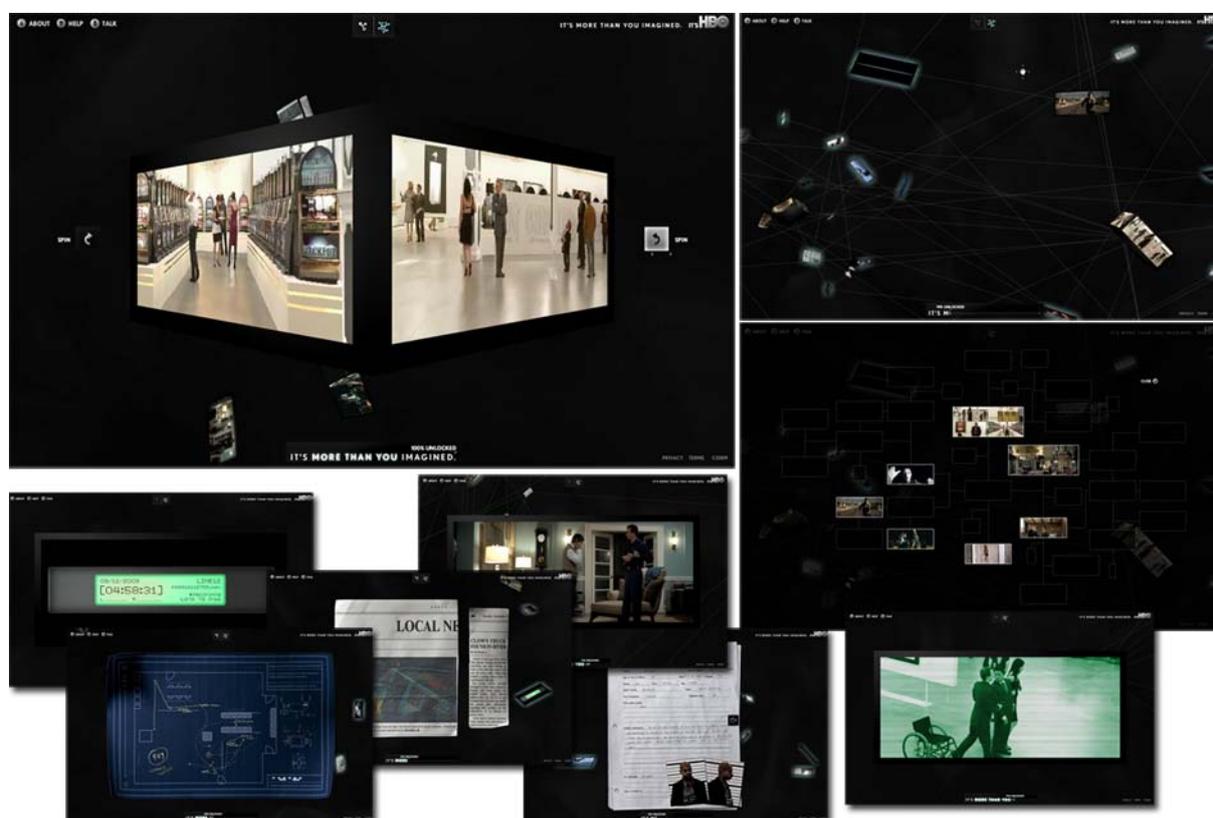


Figure 70. Le *Cube* d'*HBOImagine* [10] offre une nouvelle narration interactive.

Cette expérience narrative est un exemple de récit interactif où l'utilisateur fait progresser l'histoire à son rythme, en recueillant et en combinant des indices qui sont interconnectés. C'est une forme de récit dont l'enjeu est de concilier deux notions à priori contradictoire : l'interactivité et la narration (une forme de récit qui s'apparente aux jeux vidéo et que nous aborderons dans le chapitre suivant **en page 73**).

2.5 Entrer dans l'image

Serge Tisseron insiste sur le fait que nous recherchons constamment une signification aux images (Tisseron, 1997) : « Nous ne constituons les images comme territoire de signification que si d'abord nous y entrons ». Ce rapport à l'image a toujours été présent : avant les images virtuelles, nous y entrons en imagination. Aujourd'hui, les images virtuelles mettent en évidence une caractéristique qui change notre rapport à l'image : l'interactivité.

Nous avons déjà évoqué dans le sous-chapitre intitulé « La navigation interactive » (en page 25), des façons d'interagir avec des documents multimédias (zoom, exploration panoramique à 360°, rotation d'objet à 360°, superposition, déplacement temps-réel, etc.). Les hypermédias nous fournissent les moyens de représenter des informations sous une forme qui encourage l'interactivité. Les informations peuvent donc être perçues par l'exploration plutôt que par pure imagination, et l'utilisateur peut observer les effets immédiats de ses interactions. « Si nous entrons dans l'image, c'est pour la transformer. Nous ne voyons jamais une image sans la transformer » (Tisseron, 1997). Ainsi, l'imagination permet de transformer l'image mentalement, l'interactivité permet de transformer l'image en agissant à l'écran.

Dans son article paru dans « Les Grands Dossiers des Sciences Humaines » (Béguin-Verbrugge, 2008), Annette Béguin-Verbrugge fait référence au site *Froguts* [5] qui propose de disséquer une grenouille à l'écran (Figure 71) : « grâce à la simulation, les concepteurs proposent d'effectuer à l'écran des expériences sans les inconvénients que l'on peut leur trouver d'ordinaire ».



Figure 71. Dissection d'une grenouille à l'écran. Sur le site *Froguts* [5].

L'opération de dissection est possible par l'utilisation d'outils virtuels tels que des épingles, un ciseau et un scalpel. Au fur et à mesure, des marqueurs apparaissent sur la grenouille pour guider l'utilisateur : des croix indiquent où épingler la grenouille, des lignes pointillées indiquent où inciser, etc. Les épingles et les ciseaux ont à peu près la même taille. « Les objets de ces mondes dits virtuels sont en fait des signes hétérogènes et discontinus, des

objets d'écran soumis à de la programmation [...] Le spectateur doit apprendre le fonctionnement de ces signes hétérogènes qu'il avait pris initialement pour des objets familiers à cause de leur réalisme visuel [...] Ainsi, à l'écran, le spectateur peut agir sur l'image mais il doit allouer de précieuses ressources cognitives à apprendre les lois de l'univers fictif qui lui est proposé. Ses schèmes corporels sont modifiés. Mais il transforme également ses attentes par rapport aux images d'écran il s'attend désormais à ce qu'elles soient cliquables, manipulables, explorables » (Béguin-Verbrugge, 2008).

La création *Matrice Active* (Lavaud-Forest, 2004) propose d'autres formes d'interactions, qui ne sont plus basées sur la simulation, mais sur une réinterprétation du tableau *Jaune-Rouge-Bleu* de Wassily Kandinsky. Le système met en jeu des éléments dynamiques dans un environnement virtuel 3D qui interagissent les uns par rapport aux autres et suivant l'intervention de l'utilisateur (**Figure 72**).



Figure 72. *Matrice Active*, basé sur le travail du peintre Kandinsky. Vue de face de la solution d'équilibre (gauche), vue des éléments-agents interagissant dans la scène (milieu), vue subjective à l'intérieur d'un des éléments (droite) (Lavaud-Forest, 2004).

L'artiste a d'abord décomposé le tableau en sous-éléments appelés « agents ». Ceux-ci ont une masse et subissent des forces dans un environnement basé sur un modèle physique (gravité, frottements visqueux). Les mouvements générés sont aléatoires et dépendent donc des caractéristiques des agents et des comportements de l'utilisateur (ordre de sélection, temps d'attente entre les sélections, ...). La scène est observable selon différents points de vue : la « vue Kandinsky » (solution d'équilibre), la « vue utilisateur » (choisir un angle visuel pour observer la scène de l'extérieur), la « vue fonctionnelle » (isoler un agent) et la « vue subjective : c'est une vue « à l'intérieur » d'un élément. L'utilisateur peut ainsi incarner un élément, et « habiter » ainsi l'image de l'intérieur » (Lavaud-Forest, 2004).

Le transfert du tableau *Jaune-Rouge-Bleu* peint en 2D dans un environnement virtuel en 3D, appelle de nouvelles formes de perceptions qui résultent bien de la participation active de l'utilisateur.

Nous retiendrons que l'image associée à l'action, suscite par l'intermédiaire de gestes corporels une nouvelle posture perceptive (Weissberg, 1999) : c'est la liaison image/action qui permet à Jean-Louis Weissberg de définir « l'image actée ».

Chapitre 3 Les récits vidéoludiques

« Les jeux vidéo subissent un véritable essor », est la phrase type que nous retrouvons dans la plupart des travaux qui abordent les jeux vidéo. L'apparition des premiers jeux vidéo commercialisés remonte aux années soixante-dix⁴⁹. La croissance considérable de l'industrie des jeux vidéo et la place qu'ils occupent aujourd'hui dans notre culture, ne peut que susciter de nouvelles questions sur l'utilisation de ce médium.

Les liens entre jeux et récits sont aujourd'hui ravivés par les hypermédias fictionnels. Selon Greimas, le récit apparaît comme un large processus de transformations (Greimas, 1966). L'histoire et la narration sont les deux constituants de base du récit (cf. annexes « Le récit traditionnel » **en page 247**).

Les jeux vidéo résultent bien d'un acte narratif, mais ils s'inscrivent dans une problématique très large. De nombreuses études ont fait l'analogie des jeux vidéo avec la narration textuelle. C'est le côté interactif du médium qui alimente les interrogations concernant l'acceptation du récit vidéoludique. Pouvons-nous parler de récit interactif comme si nous parlions de récit littéraire ?

Les jeux vidéo font ici l'objet d'analyses nuancées. Après avoir vu que les jeux vidéo sont à la fois l'expression du concepteur et du joueur, nous étudierons ces environnements vidéoludiques comme des systèmes de signes, puis nous analyserons les modes narratifs qui engagent le joueur dans une activité ludique. Selon le *Dictionnaire Encarta*⁵⁰, le ludique serait « destiné à procurer un plaisir dérivé du jeu ».

Pour nous, le vidéoludique désignera à la fois les jeux vidéo et les pratiques, narratives et ludiques, qui s'y rattachent.

⁴⁹ L'« Histoire du jeu vidéo » est disponible sur le site *Wikipédia* : http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_du_jeu_vid%C3%A9o

⁵⁰ *Microsoft* (2009) : <http://fr.encarta.msn.com/encnet/features/dictionary/dictionaryhome.aspx>

3.1 Les expressions vidéoludiques

3.1.1 *L'attitude ludique dans les jeux vidéo*

Les jeux vidéo sont des jeux qui ont la particularité d'être informatisés. Une première définition nous est fournie par le *Dictionnaire Encarta* : le jeu vidéo est un « jeu électronique interactif qui contient des images, se joue sur ordinateur ou sur console et dont l'action se déroule sur un écran ».

Il y a plusieurs types de jeux vidéo, mais la difficulté pour les classer résulte du fait qu'ils procèdent souvent d'une hybridation : les titres se multiplient et ils appartiennent à plusieurs catégories à la fois, d'où les tentatives pour combiner des familles pour essayer de réaliser un classement. En 1998, les frères Le Diberder proposent trois groupes en se basant sur les magazines spécifiques aux jeux vidéo (Le Diberder, 1998) : les jeux d'action, de réflexion et de simulation. Mais Sébastien Genvo constate en comparant quatre magazines (Genvo, 2003), qu'aucun d'entre eux ne définit un jeu de la même façon : seize genres ont été attribués à six jeux vidéo populaires de 2001. La classification par thèmes ignore les différences et les similitudes fondamentales qui doivent être trouvées dans les intentions du joueur. L'interactivité est une composante essentielle pour examiner des jeux vidéo. Le degré de motivation combiné avec les diverses formes d'interactivité dans le jeu, peuvent être les deux éléments fondamentaux pour établir des genres de jeux vidéo (Wolf, 2002). Tomas Malaby définit le jeu comme un ensemble d'éventualités inventées qui produisent des résultats interprétables (Malaby, 2007) : « A game is a semi-bounded and socially legitimate domain of contrived contingency that generates interpretable outcomes ». Ainsi, les jeux sont des modes d'expériences reflétant des expériences humaines. Un jeu ne peut donc pas être considéré uniquement sur des critères intrinsèques, car le jeu lui-même peut changer selon ce que le joueur en fait.

Dans un jeu vidéo, le joueur va évoluer dans un monde préalablement pensé par les « game designers », appelés « architectes de la narration » (Jenkins, 2002), car ils ne racontent pas simplement des histoires, mais « conçoivent des mondes et sculptent des espaces⁵¹ ». Les termes utilisés par Jean-Paul Lafrance lorsqu'il parle du langage interactif vont dans ce sens (Lafrance, 1994) : « le concepteur du jeu n'est pas un conteur d'histoires ou un donneur de leçons, c'est un architecte d'univers, et l'utilisateur, un héros démiurgique qui contrôle le monde qui se donne à faire ».

Pour que la relation interactive entre le joueur et le jeu soit possible, le « game designer » détermine quels choix le joueur aura dans cet univers et quelles seront les conséquences de ses choix, quelles informations le jeu lui délivrera et de quelle manière ; en d'autres termes, il définira les « mécanismes ludiques » qui vont inciter le joueur à poursuivre sa quête. Ce premier travail, qui détermine les concepts de base du projet, est appelé « game design* ».

L'univers dans lequel évolue le joueur est perçu par ce dernier comme un dispositif qui va donner sens à ses actions. Ce dispositif constitue le cadre intelligible mettant à disposition des

⁵¹ « Game designers less as storytellers and more as narrative architects. [...] Game designers don't simply tell stories ; they design worlds and sculpt spaces » (Jenkins, 2002).

outils cognitifs et pratiques permettant au joueur de s'exprimer, de créer. C'est le « game design » qui « fait évoluer l'utilisateur vers un statut de joueur, c'est-à-dire celui de quelqu'un qui a intégré les règles de fonctionnement du jeu et qui peut actualiser celui-ci » (Nélide-Mouniapin, 2006).

« Lorsqu'une personne joue, elle adopte une posture d'immersion fictionnelle particulière, que nous proposons de nommer 'attitude ludique'. Mais pour que cette attitude ludique puisse être adoptée, [...] la structure du dispositif [...] doit contenir une certaine jouabilité » (Genvo, 2006b).

La volonté d'immerger le joueur dans un univers virtuel se fait, en première instance, par le biais du dispositif technologique ; cette première forme d'immersion est sensorielle. La deuxième forme d'immersion est mentale, et prend forme grâce à la structure même du jeu. Sébastien Genvo utilise l'acception de Jacques Henriot (Henriot, 1989 ; cité par Genvo, 2006a) pour définir la structure de jeu comme un « système de règles que le joueur s'impose de respecter pour mener à bien son action ». Or, c'est la qualité d'un jeu qui va permettre au joueur de « mener à bien son action », en fonction de sa prise en main, du niveau de difficulté, du degré de liberté, de la cohérence des actions, des modes d'interactions, d'une manière générale de tout ce qui touche à « l'essence même du jeu qui cumule jouabilité et plaisir de jeu⁵² », c'est-à-dire au « gameplay ».

Plusieurs théoriciens du jeu ont fait la distinction entre les termes « game » et « play ». Selon Mark Prensky (Prensky, 2001), le jeu « game » renvoie à une structure organisée et le jeu « play » renvoie au divertissement (« fun ») comme source de plaisir. Ainsi, le joueur est libre de découvrir et d'explorer un monde, mais des règles viennent recadrer sa liberté. Le concept de « gameplay » nous amène à croire qu'un équilibre est nécessaire entre liberté d'action (« play ») et règles du jeu (« game ») (Genvo, 2006a) : « un joueur ayant une totale liberté d'action, qui n'a aucune règle à éprouver, se sentira perdu, ne sachant quels sont les buts à atteindre ni les moyens qui lui sont donnés pour y parvenir. À l'inverse, une trop grande profusion de règles frustrera le joueur. Il sera débordé par le grand nombre de paramètres à prendre en compte pour jouer, la structure ne laissant que peu de place à l'expression de son propre jeu ».

3.1.2 *Le « ludo » en jeu*

3.1.2.1 *Les jeux vidéo comme œuvres de créativité*

Dans la confusion qui règne autour de l'éternel débat qui porte sur les jeux vidéo pour savoir si ces derniers peuvent constituer un art, notre approche n'aura pas la prétention de vouloir apporter une réponse à la question. Il faudrait alors commencer par définir l'art, ou comme l'a par exemple fait Eddy « Graoum le mauve » Leja, déterminer ce qui n'est pas de l'art (Leja, 2003). À partir de certains points de vue que nous mettrons en correspondance, nous tenterons simplement de savoir pourquoi des éditeurs, des game-designers et d'autres

⁵² Définition du « gameplay » proposée par le site *Gamekult.com* : <http://www.gamekult.com/lexique/21/>

enthousiastes défendent les jeux vidéo comme étant un art, au même titre que le cinéma, la peinture, l'architecture, etc.

Si des game-designers ont été promus Chevaliers des Arts et des Lettres par le ministère de la Culture, nous pouvons admettre que les jeux vidéo ont une certaine reconnaissance artistique et dépassent la dimension du pur divertissement.

Selon Ray Muzyka, PDG du studio *Bioware*⁵³, le défi côté artistique est de « faire vivre au joueur une expérience qui livre une forte charge émotionnelle⁵⁴ ». Selon Marcel Duchamp, « la spécificité de l'émotion artistique vient de ce qu'elle est provoquée par un objet mis à distance, posé comme objet esthétique ». Les jeux vidéo peuvent-ils d'abord procurer des émotions comme objets esthétiques à contempler ? *Into the Pixel*⁵⁵ [13] est une bonne occasion de montrer les fondements d'un jeu vidéo dans ce concept d'art. Depuis 2004, l'exposition rassemble chaque année à Los Angeles, des œuvres préparatoires (« Artworks ») à la réalisation des jeux vidéo (**Figure 73**). Les seize œuvres exposées, provenant du monde entier et sélectionnées par un jury d'experts en jeux vidéo, permettent aux artistes du milieu d'être reconnus.

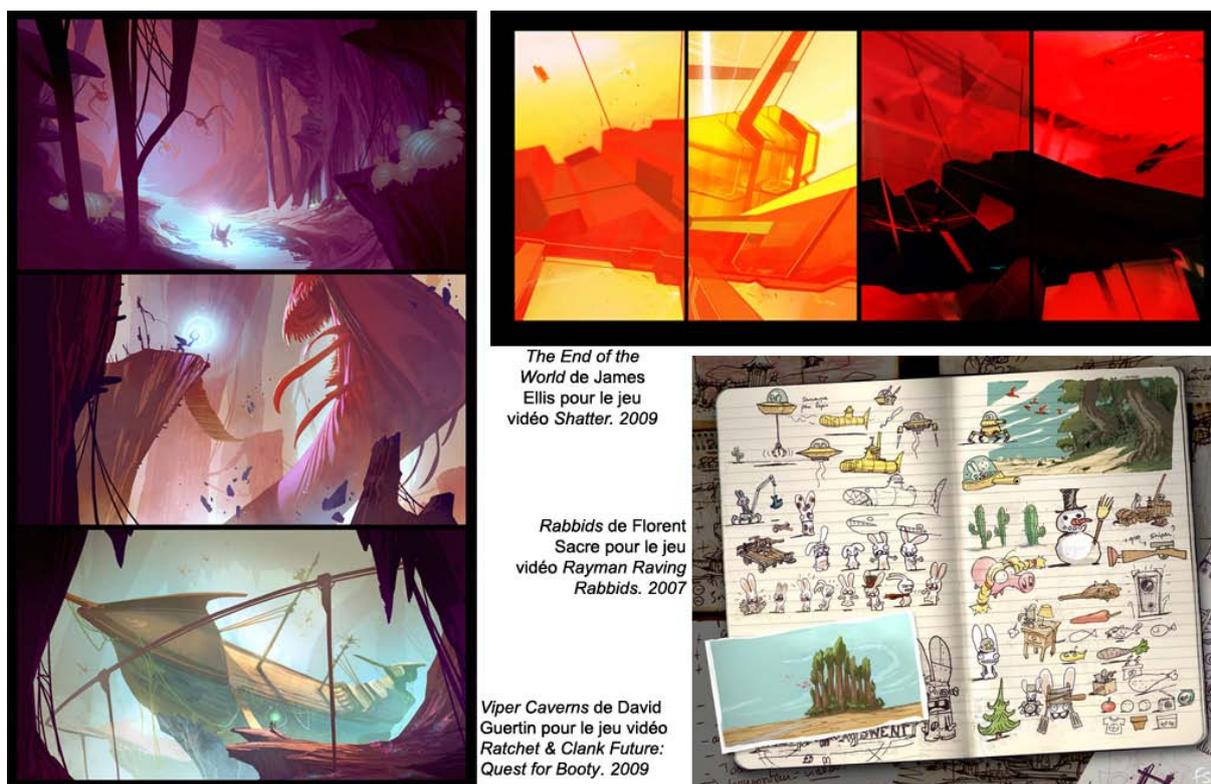


Figure 73. Extrait des collections 2007 et 2009 provenant de l'exposition *Into the Pixel* [13] sur l'art et les jeux vidéo.

⁵³ <http://www.bioware.com/>

⁵⁴ Interview sur le site *Play3-Live* : <http://www.play3-live.com/news-ps3-vision-du-jeu-video-par-ray-muzyka-ceo-de-bioware-13730.html>

⁵⁵ Co-organisateurs de l'exposition : Entertainment Software Association (ESA), Academy of Interactive Arts and Sciences (AIAS), Prints and Drawings of Los Angeles County Museum of Art (PDC-LACMA).

Bryan Ochalla (Ochalla, 2007) a interviewé sur le site *Gamasutra* [6], des artistes travaillant dans le milieu des jeux vidéo. Ces professionnels ont le sentiment d'être oubliés par le public. L'artiste Mike McCarthy (*Lionhead Studios*⁵⁶) pense que les gens ont l'impression que l'ordinateur supprime le côté artistique et créatif : « The average reaction I get when I talk to people about being a games artist is, 'Oh, do you actually have to draw, then?' ».

Avant même d'avoir le jeu en main, les bandes annonces vont influencer notre façon de voir le jeu vidéo. Ces vidéos publicitaires que nous appelons « trailer* », annoncent la sortie prochaine d'un jeu vidéo en empruntant des codes cinématographiques : les prises de vues et les effets spéciaux qui accompagnent le graphisme du jeu vidéo nous font croire que c'est un film qui va sortir au cinéma. Le même procédé est utilisé pour la scène cinématique* qui intervient cette fois-ci pendant le jeu vidéo pour ponctuer la narration. La progression du joueur est temporairement arrêtée, ce dernier est passif devant la séquence et devient spectateur.

Ce qui plaît d'abord, pour une personne qui achète un jeu vidéo par exemple, c'est l'aspect graphique : la première satisfaction est visuelle. Les styles graphiques ne manquent pas. La tendance est à l'hyperréalisme qui est possible grâce aux nouveaux moteurs de jeux vidéo très performants. Ceux-ci intègrent un éclairage basé sur la radiositè* (illumination globale) pour simuler de manière réaliste la dispersion de la lumière dans une scène 3D. Les détails sont plus nombreux, les phénomènes physiques et les éléments de la nature sont également simulés. La bande annonce présentant le moteur de jeu *Cry Engine* utilisé pour le jeu vidéo *Crysis* [52] (**Figure 74**), précise bien que ce que nous voyons, nous pouvons le vivre en temps réel : « What you see is what you play⁵⁷ ».



Figure 74. Captures d'écran du jeu vidéo *Crysis* [52] utilisant le moteur de jeu *Cry Engine*. Sur le site *inCrysis* [12].

⁵⁶ <http://www.lionhead.com/>

⁵⁷ Bande annonce pour *Crysis 2* utilisant le moteur de jeu *Cry Engine 3*. Sur le site *Jeuxvideo.com* [15]: http://www.jeuxvideo.com/videos_editeurs/0002/00024473/crysis_2_flq0.htm

Les jeux vidéo peuvent-ils alors procurer des émotions comme objets à vivre ? Sur la base des résultats de douze années d'expérimentations, Nicole Lazzaro (Lazzaro, 2004) explique qu'elle a pu identifier plus de trente émotions liées au « gameplay » plutôt qu'à l'histoire du jeu. Les gens jouent plus pour l'expérience que le jeu crée que pour le jeu lui-même : une précipitation d'adrénaline, une aventure viscérale, un défi mental. Bernard Perron (Perron, 2005) nomme « G emotions » les émotions liées au « gameplay », qu'il différencie des « F emotions » (« fiction emotions ») et des « A emotions » (« artefact emotions »).

Comme nous l'avons vu dans le sous-chapitre intitulé « L'attitude ludique dans les jeux vidéo » (en page 74), le travail qui consiste à définir le « gameplay » est confié à un ou plusieurs « game designers ». Ces derniers vont créer le « game design document » (« GDD ») qui va présenter tous les éléments techniques et artistiques qui vont faire le jeu vidéo. Ainsi, quand nous jouons à tel jeu vidéo, nous sommes en prise avec les éléments que le concepteur veut nous faire rencontrer. Selon l'artiste conceptuel Joseph Kosuth, qui écarte la conception de l'esthétique dans l'art : « une œuvre d'art est une présentation de l'intention de l'artiste ». Cette affirmation rejoint celle de Joseph Olin, chef de l'Academy of Interactive Arts and Sciences en 2003 : « pour qu'il y ait art, il doit y avoir un tête-à-tête entre le concepteur et le joueur⁵⁸ ».

Dans son essai, Eddy « Graoum le mauve » Leja (Leja, 2003) définit les concepteurs et les joueurs comme des artistes et laisse sous-entendre que l'« expression artistique » dont il parle n'est pas un acte individuel : « après avoir vu que les développeurs de certains jeux étaient éligibles au statut d'artiste, il nous reste à nous demander s'ils sont les seules personnes directement concernées par le jeu vidéo qui puissent créer et s'exprimer ? [...] J'appellerai expression ludo-artistique cette forme d'expression propre au jeu vidéo, qui est l'apanage non pas du développeur mais du joueur ».

Le joueur-artiste va en quelque sorte achever « l'œuvre ouverte » (Eco, 1979) laissée par le concepteur-artiste. Les formes visuelles utilisées dans le jeu vidéo *Everyday Shooter* [55], découlent directement des interventions effectuées par le joueur. Sur le principe des réactions en chaîne, une simple action est capable d'engendrer toute une série de variations graphiques, donnant au joueur l'impression de composer des œuvres plastiques à l'écran (Figure 75).



Figure 75. Variations graphiques provoquées par le joueur dans *Everyday Shooter* [55]. Sur le site *Tom's Games* [38].

⁵⁸ Joseph Olin on the art of games. Interview pour le site *Gamespot* par Tor Thorsen, le 10 août 2007 : <http://www.gamespot.com/pc/rpg/theelderscrollsivoblivion/news.html?sid=6176543>

De plus en plus de jeux vidéo sont livrés avec les éditeurs de niveaux, c'est-à-dire le logiciel qui permet la création des différents environnements, y compris les possibilités de progression dans le jeu. Lorsqu'un niveau est terminé dans le jeu, le joueur passe au suivant (les différents niveaux d'un jeu sont appelés « cartes » ou « maps* »). L'éditeur de niveaux en libre service encourage les utilisateurs à imaginer leur propre monde dans lequel ils peuvent inventer toutes sortes d'actions. À partir du jeu *Counter Strike* [49], Tazus a ainsi pu créer une nouvelle carte qui est une reconstitution de la Petite France, un quartier de Strasbourg (**Figure 76**). Cette carte met en scène des terroristes (Group Agricol's Army) et des contre-terroristes⁵⁹. La création des niveaux dans la conception (« Level design* ») est généralement confiée au « level designer » en reprenant les intentions générales de jeu préétablies par le « game designer ».



Figure 76. « Map » de la Petite France à Strasbourg faite par Tazus à partir du jeu vidéo *Counter Strike* [49].

La difficulté à estimer qui sont réellement les auteurs d'un jeu vidéo est soulignée par Sébastien Genvo (Genvo, 2003) : « le véritable auteur du jeu est-il alors le concepteur du programme, les graphistes, ou l'utilisateur qui crée l'architecture dans laquelle va se dérouler la partie ? ».

La dimension artistique que l'on accorde aux jeux vidéo, provient du fait que ces derniers sont supports de créations et d'émotions. Les jeux vidéo ont la capacité de produire des émotions, d'abord, comme objets esthétiques à voir, offrant des moments de pure

⁵⁹ Synopsis écrit par l'auteur : « une semaine avant une conférence européenne pour l'acceptation des OGM dans l'agriculture européenne commune. Un mouvement agricoterroriste dirigé par Jové Bosé veut contrer les accords en faisant régner un climat de terreur sur Strasbourg. Le but est de faire exploser l'exposition de Xela, symbole de l'abrutissement de la société française par les médias. GAA (Group Agricol's Army) : faites exploser l'exposition, contre-terroristes : défendez l'exposition ». Disponible sur le site de Tazus : http://www.tazusmaps.com/index.php?page=de_strasbourg

contemplation visuelle, ensuite, comme objets interactifs à vivre : en créant notre propre histoire, en participant aux graphismes, en détournant les jeux vidéo.

3.1.2.2 Les jeux vidéo comme œuvres culturelles

« Si vous avez besoin de vraies images, tous les monuments historiques français sont à votre disposition pour donner le goût de notre patrimoine, de notre pays⁶⁰ ».

Les jeux vidéo ludo-culturels mêlent à la fois aventure et faits historiques. Dans ce genre de jeu, les connaissances historiques du joueur acquises durant l'exploration sont nécessaires à la résolution des énigmes ; l'idée étant d'apprendre en jouant.

En 1997, le culturel, le multimédia et le monde du jeu vidéo, collaborent pour produire le premier jeu vidéo ludo-culturel : *Versailles 1685 : Complot à la Cour du Roi Soleil*⁶¹ [69]. Ce jeu vidéo d'aventure historique raconte la vie au Château de Versailles au siècle de Louis XIV. Une attention particulière est portée aux personnages et au décor. Toutes les pièces du château sont fidèlement reconstituées en 3D à partir de photographies actuelles, de plans et de peintures d'époque (**Figure 77**). L'intrigue* se superpose à la retranscription réaliste des lieux, des personnages et des dates, l'objectif étant de découvrir qui est à l'origine du complot contre le château.

Pour accélérer les mouvements des personnages, un système de déplacement rapide permet au joueur de se déplacer écran-par-écran en pointant et en cliquant un lieu (le point & click*). À chaque lieu, il peut avoir une vision de l'environnement sur 360°.



Figure 77. *Versailles 1685 : Complot à la Cour du Roi Soleil* [69]. 1997. Sur le site *Jeuxvideo.com* [15].

⁶⁰ Discours prononcé en mars 2007 par l'ancien ministre de la Culture Renaud Donnedieu de Vabres, lors de la remise des insignes de Chevalier dans l'Ordre des Arts et des Lettres au créateur et producteur de jeux vidéo Peter Molyneux. Vidéo disponible en ligne sur le site *Gamekyo* : http://www.gamekyo.com/newsen19573_peter-molyneux-devient-chevalier.html

⁶¹ La *Réunion des musées nationaux, Canal+ Multimédia, Cryo Interactive*. *Versailles* va donner suite à une série de jeux vidéo produits par *Cryo Interactive* : *Égypte 1156 avant JC*, *Égypte II*, *Chine : Intrigue dans la Cité interdite*, *Pompéi*, etc.

The Secrets of Da Vinci : le Manuscrit Interdit [66], est un jeu vidéo d'aventure historique, qui nous plonge dans l'art de la Renaissance. L'intrigue se déroule en 1522, dans le Manoir du Cloux (devenu Clos Lucé⁶² en 1660), lieu où Léonard de Vinci fut consacré par François 1^{er} « premier peintre, ingénieur et architecte du roi de France » et dernière demeure de l'artiste italien (**Figure 78**).



Figure 78. Photo actuelle du Clos Lucé et capture d'écran du jeu vidéo *The Secrets of Da Vinci : le Manuscrit Interdit* [66], 2006. Sur le site *Jeuxvideo.com* [15].

Le joueur incarne Valdo, ancien apprenti de Francesco Melzi (disciple préféré du grand maître), qui doit retrouver le manuscrit caché. Les énigmes sont basées sur des œuvres majeures du génie de la Renaissance (**Figure 79**) : la machine volante, la *Joconde*, la *Bataille d'Anghiari*, *Saint Jean-Baptiste*, etc.



Figure 79. Intérieurs du Manoir du Cloux dans le jeu vidéo *The Secrets of Da Vinci : le Manuscrit Interdit* [66], 2006. Sur le site *Jeuxvideo.com* [15].

⁶² Le Château du Clos Lucé, Parc Leonardo da Vinci, Amboise. Monument classé, il est depuis 1802 la propriété de la famille Saint Bris. www.vinci-closluce.com.

Le respect historique a été un souci permanent dans le travail de reconstitution des lieux et des personnages (**Figure 80**), qui a été fait en partenariat avec les propriétaires actuels du Clos Lucé et Pascal Briost⁶³.



Figure 80. Création du personnage François I^{er} à partir d'un tableau peint par l'artiste français Jean Clouet en 1527, exposé aujourd'hui au Musée du Louvre à Paris. Sur le site du jeu vidéo *The Secrets of Da Vinci : le Manuscrit Interdit* [66].

Néanmoins, Marianne Tostivint de l'équipe *TOTM Studio*, en charge du « game design », précise que certaines énigmes et certaines parties du bâtiment ont été adaptées pour les besoins du jeu vidéo, comme par exemple la grange qui sert de chambre à Saturnin, ou l'atelier de Léonard de Vinci qui n'existe plus aujourd'hui : « le lieu a été réinventé à partir de différentes descriptions et illustrations d'ateliers de peintre de l'époque [...]. Mais c'est aussi l'esprit de l'artiste, qui cherchait toujours à simplifier le travail de l'homme, à lui substituer la force mécanique, qui nous a inspiré pour créer des machines telles que la scie et la perceuse qui se trouvent dans l'atelier⁶⁴ ». Finalement, même si de minimes éléments ont pu être inventés, c'est l'univers de Léonard de Vinci qui a pu être restitué.

Cette tendance à réajuster certains faits historiques pour les adapter au jeu vidéo est employée par les concepteurs pour enrichir les événements, les circonstances, les incidents, qui en les combinant, vont former une intrigue passionnante.

C'est ce que nous pouvons encore remarquer dans l'un des plus récents jeux vidéo d'aventure à vocation culturelle : *Assassin's Creed 2* [46]. Le jeu a lieu dans la Renaissance Italienne du XV^e siècle, entre Florence et Venise, et raconte l'histoire du florentin Ezio Auditore qui veut venger son père trahi et assassiné. Le comparatif en image, rapprochant des photographies actuelles des deux villes italiennes et des captures d'écrans du jeu vidéo, nous laisse apercevoir la qualité et la fidélité de la reconstitution 3D (**Figure 81**).

⁶³ Maître de Conférences en Histoire Moderne, membre du CESR (Centre d'Etudes Supérieures de la Renaissance de Tours).

⁶⁴ Interview de Marianne Tostivint (*TOTM Studio*) sur le site officiel du jeu vidéo : www.secrets-of-da-vinci.com



Figure 81. À gauche : photographies de la Basilique Saint Marc, de la tour de l'horloge (Torre dei Mori) à Venise et de la ville de Florence. À droite : captures d'écrans du jeu vidéo *Assassin's Creed 2* [46]. Sur le blog de MissTrinity⁶⁵.

Le personnage principal doit accomplir plusieurs missions dans un monde ouvert qui permet de visiter l'ensemble des rues des deux villes, ainsi que l'intérieur des monuments⁶⁶. Les déplacements sur les toits et avec la machine volante de Léonard de Vinci offrent des vues saisissantes et nous permet de découvrir la ville avec des points de vue inhabituels (**Figure 82**).

⁶⁵ www.jvn.com/blog/MissTrinity

⁶⁶ La version collector en édition limitée (l'« Édition noire »), fournira même des niveaux supplémentaires à débloquer : le Palais Médicis à Florence, l'église Santa Maria Dei Frari et l'entrepôt du chantier naval à Venise.



Figure 82. Vues aériennes provenant du site d'information du jeu vidéo *Assassin's Creed 2* [46].

Dans ce second volet, la palette de mouvements du héros a été enrichie ; il peut nager, voler, et ses coups sont plus nombreux durant ses combats. Grâce aux inventions extraordinaires de Léonard de Vinci, il dispose de nouvelles armes technologiques : arme à feu, deux lames cachées dans ses manches, etc. Le grand maître de la Renaissance devient complice des assassinats en lui procurant les armes. Le site Internet *Polygamer*⁶⁷ le qualifiera de « trafiquant d'armes », alors que de son vivant, si Léonard de Vinci prit part à la guerre, ce fut en qualité d'ingénieur.

Sur le site officiel du jeu vidéo, un montage vidéo publicitaire nous donne à voir des dessins entremêlés de l'artiste italien. Cet assemblage minutieux des dessins nous permet d'apercevoir successivement par fondu les *Dessins anatomiques des épaules d'un homme*, l'*Étude de bras* comme une extension de l'épaule (les dessins originaux sont inversés sur la vidéo), puis un mécanisme de lame amovible attaché au poignet (**Figure 83**). Cette arme « dessinée à la Léonard de Vinci », est une fiction participant à l'amélioration du « gameplay » du jeu vidéo.

Si les univers appartenant au patrimoine archéologique sont globalement restitués au grand public, il semble que certaines images fabriquées participant à l'intrigue circulent dans les jeux vidéo ludo-culturels. Nous nous demandons alors si le public est en mesure de faire la distinction entre les vraies images et les fausses.

⁶⁷ La vidéo est disponible à l'adresse suivante : <http://polygamer.com/?Leonard-De-Vinci-ce-trafiquant-d>

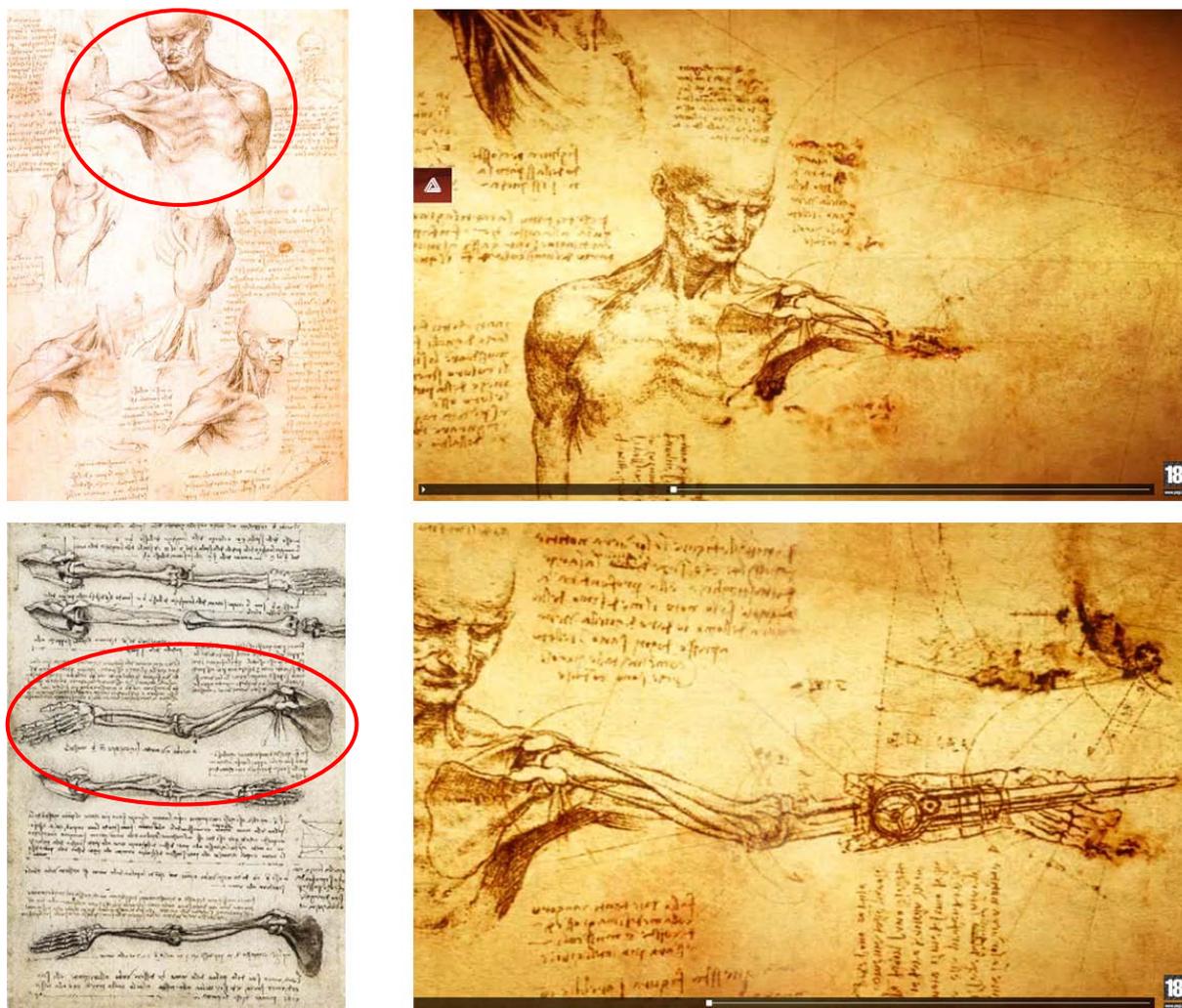


Figure 83. Les *Dessins anatomiques des épaules d'un homme* (1509-1510) et l'*Étude de bras* (1510) de Léonard de Vinci ayant servi à la vidéo introductive d'*Assassin's Creed 2* [46].

3.2 La lecture sémiologique des environnements vidéoludiques

Nous nous concentrons sur la structure scénaristique des jeux d'exploration (jeux d'aventure, de réflexion, de tirs à la première personne, de gestion), et sur ce qu'elle induit dans le comportement du participant. Nous étudions dans un premier temps, les raisons qui le poussent à participer et à persister dans son activité de lecture, nous analysons dans un deuxième temps, de quelle manière le joueur aborde la lecture sémiologique de ces univers. Nous finirons ensuite par des exemples de signes utilisés dans les jeux vidéo.

« Dès lors, environnés de maints côtés, images et phrases, par un exquis entrelacs d'indices en dissonance, il est temps que le lecteur prenne la suite. Après tout, c'est lui l'enquêteur⁶⁸ ».

3.2.1 *Au cœur de l'intrigue : la démarche indiciaire*

Dans son livre intitulé *Sherlock Holmes & Cie : Détectives freudiens* (Avrane, 2005), deux hommes ont la même démarche et la même volonté de connaître et de résoudre : le détective Sherlock Holmes et le psychanalyste Sigmund Freud cherchent chacun à leur façon des indices pour faire surgir une vérité cachée. C'est ce que l'historien italien Carlo Ginzburg qualifie de démarche « indiciaire » (Ginzburg, 1989).

Vincent Mespoulet et Anne Scholaert (Mespoulet & Scholaert, 1999) soulignent l'intérêt pédagogique du jeu vidéo *Croisades, Conspiration au Royaume d'Orient* [50] qui, mêlant intrigue et contenu historique, place « l'indice au cœur d'une démarche heuristique ». L'indice, lorsqu'il est perçu par le joueur (l'indice peut être un détail insignifiant à première vue), est un élément qui permet l'interprétation pour en révéler l'existence d'une chose cachée.

La découverte et le déchiffrement des indices s'inscrivent dans un processus plus large, un processus de résolution d'énigmes. Le désir de s'approprier la connaissance divulguée et contenue dans l'énigme est une motivation ou un « moteur de base » dans toute activité de lecture (Vandendorpe, 1998). Les histoires simples, sans obstacles, sans péripéties, ne nous intéressent pas. Au contraire, celles qui sont peu claires, énigmatiques, nous incitent à vouloir savoir. L'énigme réside dans la complication, dans le mystère, et entretient la motivation nécessaire qui pousse à agir, « rien n'arrête un apprenant motivé » (Prensky, 2001). Les jeux vidéo mettent en œuvre des récits qui se basent sur l'incertitude, le cheminement est alors guidé par la curiosité, un des motivateurs qui explique et justifie le comportement du joueur.

L'énigme s'insère elle-même dans un cadre encore plus large qui est la trame scénaristique. Celle-ci met en place un contexte qui favorise la découverte, stimulée par la recherche d'indices afin de résoudre les énigmes proposées. Dans ce processus narratif, l'énigme va jouer un rôle majeur car elle structure et magnifie la façon dont le récit se construit. L'énigme est une dimension de la structure du récit liée à l'intrigue. La mise en intrigue arrange une succession d'actions qui ont toutes des conséquences directives et significatives. Les jeux vidéo d'exploration empruntent donc des codes narratifs du récit littéraire, car, comme l'a expliqué Greimas (Greimas, 1966), le récit classique se fonde sur un manque (complication ou perturbation), lequel peut ou non être résolu au cours de la narration. Ce manque est à l'origine d'une dynamique qui va enchaîner des actions jusqu'à l'équilibre retrouvé (cf. annexes « Le récit traditionnel » **en page 247**).

Les jeux vidéo ne restituent d'abord qu'une partie d'un univers, ils s'enrichissent ensuite par la scénarisation et par le comportement actif du joueur, en admettant qu'il ne se retrouve pas bloqué face à la difficulté rencontrée. Car, si surmonter des obstacles est une épreuve

⁶⁸ Préface de Jean Ricardou dans le roman visuel de Martin Vaughn-James : *L'enquêteur*. Paris, Les Impressions Nouvelles, 2002.

valorisante, rester coincé à une étape du jeu est une frustration. Mais un « gameplay » bien pensé doit être en mesure de contourner le problème, la tâche des « game designers » étant d'anticiper ce phénomène en créant un environnement de jeu intrinsèquement motivant. Le principe est de faire progresser le joueur étape par étape, de l'encourager au fur et à mesure, de le récompenser, de lui donner les moyens de résoudre des énigmes toujours plus compliquées. En ce sens, les jeux vidéo d'exploration, basés sur l'énigme, s'inscrivent dans une logique de résolution et non de perte. Le schéma narratif est le même que celui proposé par Greimas (Greimas, 1966), à savoir, une situation initiale (les objectifs sont connus dès le départ), des transformations (les objets et preuves s'accumulent durant le parcours), une situation finale (résolution et fin de la quête).

3.2.2 Les jeux vidéo comme « pseudo-textes »

Nous nous basons ici sur la comparaison faite par Christian Vandendorpe, entre la lecture d'un roman de science fiction et la lecture d'un jeu vidéo (Vandendorpe, 1998) : le concept de « pseudo-texte » désigne « tout objet de nature non linguistique susceptible, en fonction de sa structure, de se prêter à des opérations de lecture ».

En ce qui concerne notre rapport aux signes, Christian Vandendorpe remarque des similarités dans les opérations cognitives que nécessite la lecture d'un récit littéraire ou d'un récit vidéoludique : « il apparaît que *Riven* [63] peut être considéré comme un pseudo-texte, car sa lecture exige des activités de concaténation, de rappel et de sélection. Sur un plan transversal, cette lecture met plus précisément en jeu des habiletés d'observation, de déduction, d'abduction et de résolution de problème ». Pour la lecture d'un texte, il définit les trois activités de la manière suivante (Vandendorpe, 1998) :

- La « concaténation », est une mise en séquence des éléments contigus, tels que des blocs textuels, des paragraphes et des chapitres.
- Le « rappel », est la mise en relation des informations. Les associations sont porteuses de sens.
- Et enfin la « sélection », est une opération de synthèse pour une gestion globale de la lecture.

Ces trois activités sont mises en corrélation avec celles effectuées par un joueur de *Riven : The Sequel to Myst* [63]. Ce dernier est un jeu d'aventure où le déplacement dans l'environnement 3D s'effectue à l'aide de la souris et l'utilisateur découvre le cheminement en résolvant une série d'énigmes. Comme le témoigne un des messages posté sur un des nombreux sites dédiés aux jeux vidéo, la particularité dans *Riven : The Sequel to Myst* [63] consiste à déclencher des mécanismes et à produire des événements visuels ou sonores :

« Une fois placées les 5 billes, abaissé le levier du mur puis appuyé sur le bouton tu as dû entendre comme une explosion. Tu es revenu au petit dôme tournant toujours arrêté et grâce au code tu as pu mettre les curseurs de la réglette en place. Ensuite le dôme s'ouvre, un socle monte. Le livre de liaison avec la dernière île est posé dessus. En l'ouvrant tu dois

avoir l'image que tu dois toucher pour être télétransporté. C'est cette image qui n'existe pas ? Si tu as pu faire tout ce qui précède je ne vois pas ce que tu aurais pu oublier⁶⁹ ».

Ce message témoigne d'une part, de la présence de signes au sein du jeu vidéo, il souligne d'autre part, la complexité des énigmes qui s'inscrivent dans un ordre logique. L'utilisateur doit procéder à une mise en séquence cohérente des différents signes qu'il voit ; après les avoir interprétés selon des critères de ressemblance ou de différence, il doit faire des choix qui lui permettront de résoudre une énigme afin de ne pas se retrouver bloqué. Ainsi, « lorsque le lecteur réussit à établir des liens entre divers signes, que ceux-ci soient de type indexical, symbolique ou iconique, il y a indubitablement lecture, l'usager effectuant bel et bien des opérations de mise en relation, de rappel et de sélection » (Vandendorpe, 1998).

Dans les jeux vidéo, l'interprétation est une pratique courante. Le joueur interprète les différents messages (sous des formes multiples) qui sont parsemés sur son chemin. La résolution de l'énigme nécessite quelquefois la prise de notes sur papier (**Figure 84**) : un exemple de cognition externe telle que nous l'avons présentée dans le sous-chapitre « La prise de notes comme représentation externe » (**en page 55**).

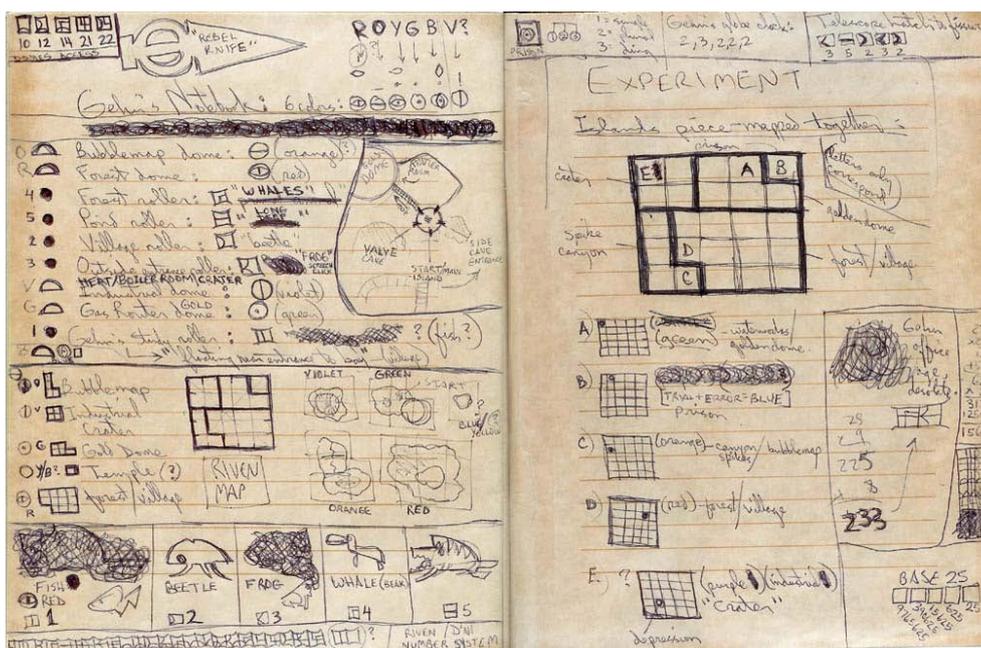


Figure 84. Annotations sur papier présent par Dlugosz Chris⁷⁰ jouant à *Riven : The Sequel to Myst* [63].

3.2.3 Les métaphores vidéoludiques

D'abord, les jeux vidéo nous incitent à interpréter des signes, ensuite, en reprenant la trichotomie de Peirce, ces signes sont soit des icônes, soit des indices, soit des symboles

⁶⁹ Message posté par *jpa3*, le 8 septembre 2007 sur le forum de *Jeuxvideo.com* [15]: <http://www.jeuxvideo.com/forums/1-890-8753986-1-0-1-0-0-0.htm>

⁷⁰ Dlugosz Chris. url: <http://chrisdlugosz.net/misc.shtml>

(Peirce, 1978). Nous avons déjà évoqué les indices qui sont sûrement les signes les plus utilisés dans les jeux d'exploration et d'aventure basés sur la résolution d'énigmes. Dans *Riven : The Sequel to Myst* [63], un levier est un indice qui nous incitera à cliquer dessus pour déclencher un mécanisme ou ouvrir une porte, mais il y a également des symboles qui font référence à la culture *D'ni*.

Plus spécialement, ce qui nous importe ici est l'étude des signes iconiques fondés sur la ressemblance. L'icône fonctionne sur le mode métaphorique, et comme tout signe lorsqu'il est perçu, la métaphore est productrice de sens.

La prise en compte des multiples « métaphores à l'écran » (Cohen, 1995), perçues dans les interfaces interactives, peut être le point de départ de notre analyse. En plus des « métaphores de lieux de vie » que nous avons abordé dans le sous-chapitre intitulé « Des métaphores » (en **page 67**), David Cohen distingue les « métaphores de médias » (livre, tableau de bord, etc.) et les « métaphores de repérage » (plan, carte, boussole, etc.).

Les « FPS* » (« First Person Shooter »), c'est-à-dire les jeux de tirs à la première personne, superposent les « métaphores de repérage » sur l'image en vision subjective* (**Figure 85**). Dans ces jeux basés sur la rapidité et l'habileté du joueur, ce dernier doit à tout moment se situer pour s'orienter, mais il doit également localiser des points clé du lieu. La vision du plan en temps réel va aussi avoir une influence sur le renouvellement des tactiques du joueur qui peut repérer ses alliés ou ses ennemis cachés derrière un obstacle, dans un bâtiment, ou par un fort brouillard.

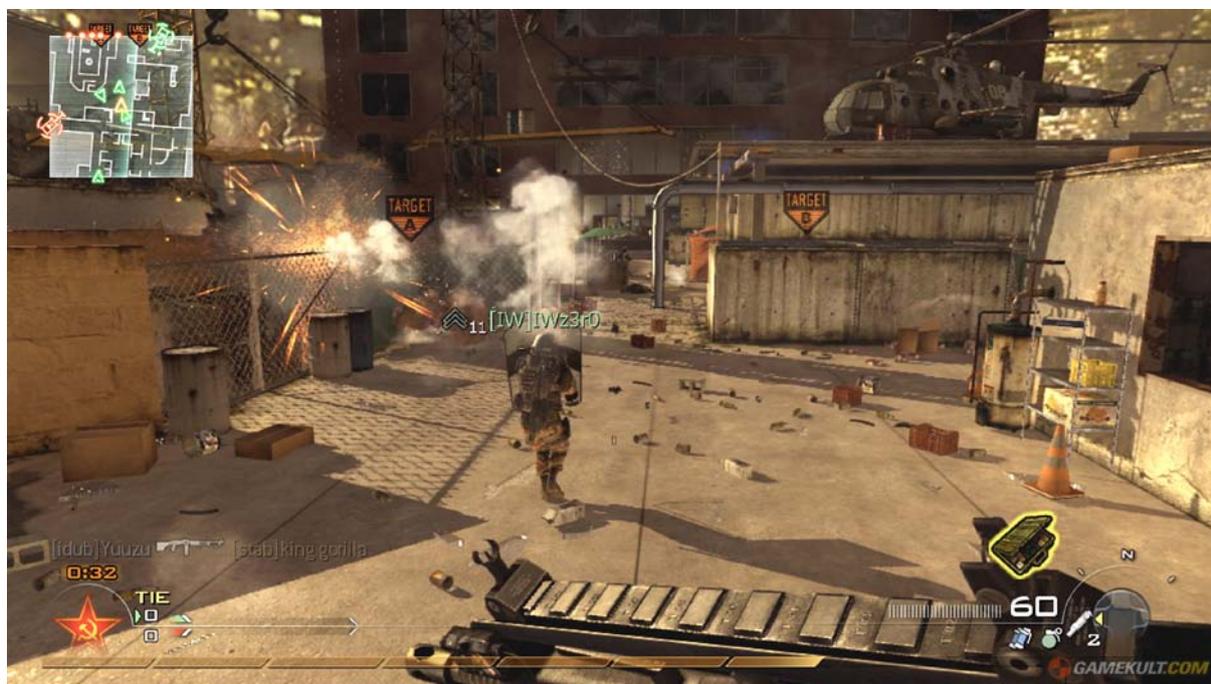


Figure 85. Plan et boussole de repérage dans le jeu vidéo *Call of Duty : Modern Warfare 2* [48]. Sur le site *Gamekult* [7].

Dans les jeux de gestion, les régions sont nombreuses et sont regroupées par zones. Selon les informations données par le site Internet *JudgeHype* [16], la zone « Bois des Chants éternels » du jeu vidéo *World of Warcraft* [70], est composée de trente-sept régions (**Figure 86**). Cette zone comporte également soixante-treize quêtes, réparties sur 12 niveaux de jeu (niveaux 1 à 11 et 20). Cela signifie que la même zone peut être parcourue dans des niveaux différents, selon la quête à accomplir. Dans ce genre de jeu, qui demande une planification des actions, la carte des territoires s'affiche à la demande du joueur. Quand le jeu est multi-joueurs (souvent des « MMOG^{*71} » ou des « MMORPG^{*72} »), c'est-à-dire joué en réseau par plusieurs personnes en même temps, elle est consultée par les personnages qui appartiennent à la même guilde (un clan de personnes qui suivent les mêmes règles de jeu).

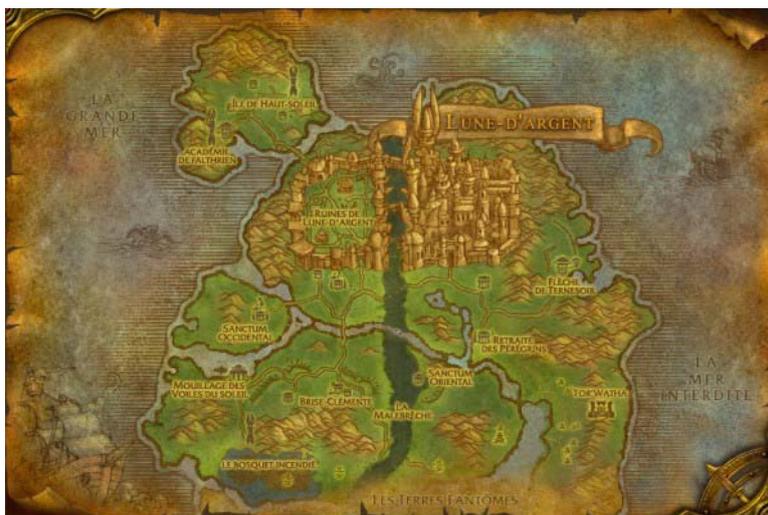


Figure 86. La zone « Bois des Chants éternels » sur une des cartes du jeu vidéo *World of Warcraft* [70]. Sur le site *JudgeHype* [16].

La métaphore du livre est largement utilisée dans les jeux vidéo ; le livre accompagne le joueur dans son exploration et fait office de carnet de bord. Dans *Riven : The Sequel to Myst* [63], le « Livre de liaison » fournit des informations sur le monde à explorer qui vont aider le joueur à s'orienter et à résoudre les énigmes. C'est aussi un livre qu'il faut conserver précieusement car il est très convoité. Dans le jeu vidéo *The Secrets of Da Vinci : le Manuscrit Interdit* [66], le livre tient compte des actions du joueur : il possède deux jauges de conscience sur le principe de la métaphore du bien (la jauge angélique représentée par un ange bleu) et du mal (la jauge démoniaque représentée par un diable rouge) qui vont baisser ou monter selon les actes et les réponses du joueur (**Figure 87**). Il faut dire que le joueur est souvent tenté au cours de ses aventures, tenté d'ouvrir une lettre qui doit rester fermée, de soudoyer un jardinier, etc. En plus des jauges, nous pouvons remarquer toute une série de signes qui constituent un inventaire, et une boussole comme « métaphore de repérage ».

⁷¹ « Massively Multiplayer Online Game ».

⁷² « Massively Multiplayer Online Role Playing Game ».



Figure 87. Livre de bord dans le jeu vidéo *The Secrets of Da Vinci : le Manuscrit Interdit* [66], 2006. Sur le site *Jeuxvideo.com* [15].

La métaphore du bien et du mal est utilisée dans le jeu vidéo *Black & White 2*. Cette fois-ci, les choix de bienveillance ou de malveillance de la part du joueur vont se refléter dans l'aspect graphique de l'environnement du jeu tout entier. Le joueur est un dieu, il choisit d'abord un avatar qui va le représenter sur terre : une vache qui sourit, ..., un tigre ou un loup, ... aux crocs et griffes acérés sont des signes métaphoriques de méchanceté (l'aspect amical ou féroce de l'animal est également un indice qui laisse présager les attitudes du joueur, mais nous ne savons pas vraiment ce qu'il va en faire, le joueur a même la possibilité de le tatouer en sélectionnant des signes symboles de paix ou de guerre). Il va ensuite acquérir de plus en plus de pouvoirs magiques (eau, feu, éclair, ...) : le joueur fait la pluie et le beau temps, il dessine des signes cabalistiques au sol pour jeter un sort. Un système de laisses est utilisé pour diriger sa créature : la laisse rouge l'incitera à avoir un comportement violent, la bleue à aider les villageois à construire, la verte à récolter, etc. La laisse est métaphore de domination et de soumission, puis la couleur métaphorise l'action. Enfin, la conscience du joueur est représentée par les icônes du bien (vieil homme à barbe blanche) et du mal (diablotin). L'interface sobre et dégagée de tout élément se différencie des jeux où le joueur doit apprendre à se servir de l'interface pour s'adapter aux situations qu'il rencontre. Les actions du joueur passent par la créature, il va lui transmettre son savoir et lui apprendre comment interagir avec son environnement. Cet environnement est rempli de signes métaphoriques dénotant à l'écran une certaine attitude du joueur (**Figure 88**).



Figure 88. Images de guerre et de paix dans le jeu vidéo *Black & White 2* [47]. Sur le site *Jeuxvideo.com* [15].

Nous avons vu des jeux vidéo d’aventure, de tirs et de gestion, basés sur l’exploration en temps réel d’un environnement 3D, et qui requièrent de la part du joueur des compétences variables. Le personnage évolue dans un contexte particulier, un espace qui donne sens à ses attributs, et l’intérêt de tels jeux, repose en grande partie sur la compréhension de leurs environnements. L’immersion du joueur serait alors liée à la compréhension de l’univers de jeu. Le « game designer » Ernest Adams, chroniqueur du site *Gamasutra* [6], distingue trois types d’immersion (Adams, 2004) :

- L’immersion « tactique », dont les interventions sont ponctuelles et font appel aux réflexes, elle ne dure que le temps de l’action. Nous la trouvons dans les jeux de tirs de type « FPS ».
- L’immersion « stratégique », qui nécessite une réflexion globale dans le but d’atteindre un objectif connu et demande une planification des actions. Nous la trouvons dans les jeux de gestion.
- L’immersion « narrative » enfin, se base sur la trame scénaristique du jeu, le joueur désire participer au dénouement de l’intrigue et connaître la fin de l’histoire. Nous la trouvons dans les jeux d’aventure.

Mais en réalité, il y a un peu des trois dans tous les jeux vidéo, en quantité variable selon le type de jeu.

Finalement, nous retiendrons que les jeux vidéo, bien qu’ils ne soient pas des supports linguistiques, peuvent être perçus comme des objets à lire au travers des nombreux signes (l’icône, l’indice et le symbole (Peirce, 1978), cf. **1.3.2.3**) construits par des langages informatiques, entretenant une certaine motivation et mettant en œuvre des opérations cognitives variées. L’activité de lecture se manifeste si l’utilisateur arrive à identifier et à créer des liens entre les signes. Le mot « lecture » est ici employé comme une « mise en relation de données recueillies par la vue et soumises à interprétation » (Vandendorpe, 1998).

3.3 Les parcours vidéoludiques

Jean-Louis Weissberg qualifie d'« hyperfiction » (Weissberg, 1999) le passage de la fiction linéaire à la fiction non-linéaire et se caractérise, « d'une part, par la possibilité de créer des programmes qui représentent un monde cohérent de règles permettant de gérer de multiples combinatoires de fichiers, d'autre part, par une délégation à l'utilisateur d'une partie de l'histoire ». Le passage de la linéarité à la non-linéarité devient alors un véritable défi pour garantir une cohérence au récit vidéoludique.

3.3.1 Les narrations interactives vidéoludiques

Dans les narrations interactives vidéoludiques, l'utilisateur devient un personnage principal de l'histoire, qui, grâce à l'interactivité, a la possibilité de choisir l'ordre des événements et d'agir sur la structure du récit. C'est pour cela que la notion d'« interactivité » semble opposée à la notion de « narration », cette dernière, prise au sens traditionnel, raconte les événements selon un agencement fixe (**Figure 89**).

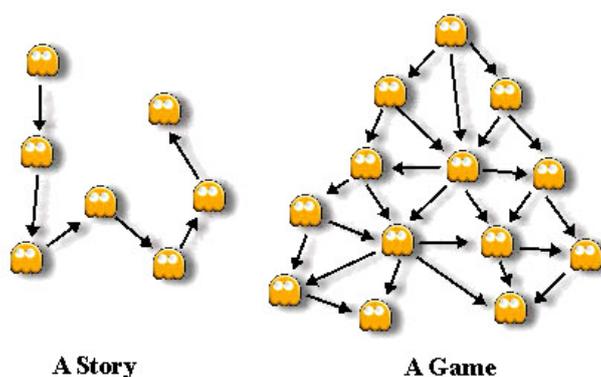


Figure 89. Schémas illustrant la structure d'une histoire classique (à gauche) et la structure d'un jeu vidéo (à droite). Selon (Crawford, 1984).

La typologie établie par Julien Favre (Favre, 2000) pour décrire les divers types de narrations interactives perçus dans les sites Internet ou les chaînes de télévision, est réutilisée par Sébastien Genvo pour l'analyse de la narration dans les jeux vidéo (Genvo, 2005) : il y distingue deux grands genres de narration dans les œuvres vidéoludiques, celles qui « proposent une suite d'événements prédéfinis par avance », et celles « où le joueur peut générer par lui-même une histoire ». Dans son livre, Jesper Juul (Juul, 2005) parle des « jeux de progression », où la navigation du joueur est déjà réglée par le concepteur, et des « jeux d'émergence », où le joueur est libre d'aller où il veut. Nous décrivons brièvement la typologie de Julien Favre reprise par Sébastien Genvo :

- La narration « arborescente » ou « interruptive », permet au joueur de participer au développement de l'intrigue au travers des choix de type binaire. Au moment de prendre la décision le récit s'arrête un instant.

- La narration « topographique », permet au joueur de faire évoluer l'intrigue par validation dans un monde défini spatialement. Chaque lieu délivre des informations. Un exemple de jeu vidéo d'énigme est *Riven : The Sequel to Myst* [63] (**Figure 90**), où le joueur progresse par tableaux : la résolution de l'énigme débloque l'espace et autorise l'accès à d'autres lieux.

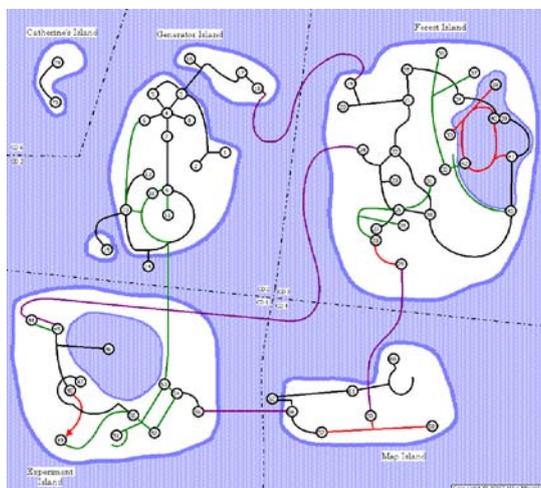


Figure 90. La narration « topographique », *Riven, The sequel to Myst* [63]. Sur le site de Mike Marcelais⁷³, 1997.

- La narration « algorithmique » ou « autogénérative », permet au joueur de créer sa propre histoire dans un monde ouvert. Très répandue dans les jeux multi-joueurs, elle engendre une forme de récit complexe et nécessite des recherches avancées en informatique⁷⁴ pour obtenir des systèmes capables de supporter la liberté d'intervention du joueur.
- La narration « multimodale » propose « un contenu homogène sur plusieurs médias, en exploitant les spécificités de chaque média utilisé et en créant des interactions entre ces médias » (Favre, 2000). Dans ce cas, d'autres médias participent à la constitution de l'histoire. Un exemple de jeu vidéo d'aventure est *In Memoriam : Le dernier rituel* [58], mêlant énigmes, séquences vidéo et indices laissés sur de nombreux sites Internet (**Figure 91**). Le joueur a la possibilité de recevoir des mails et des « SMS⁷⁵ » du serial

⁷³ <http://www.the-spoiler.com/ADVENTURE/Broderbund/riven.1/riven.htm>

⁷⁴ Plusieurs jeux vidéo utilisent l'intelligence artificielle (IA). L'IA est l'ensemble des algorithmes* permettant de définir les comportements d'une entité d'un jeu : déplacements des entités du jeu en interaction avec leur environnement, gestion des communications entité-entité ou entité-joueur, gestion des ressources (munitions,...), sélection de l'action appropriée à la situation, personnalité des entités (sentiments,...), tactiques et stratégies, adaptation au comportement du joueur pour modifier la difficulté du jeu. Les approches traditionnelles sont : les automates à état fini, les systèmes experts, l'algorithme A étoile (pathfinding), les systèmes multi-agent. À la différence des approches traditionnelles, les approches adaptatives favorisent l'apparition de comportements émergents. Ces techniques sont capables d'apprentissage (ce qui permet à l'IA d'apprendre et de s'adapter) : les réseaux de neurones, les algorithmes génétiques, les déplacements par champs de potentiel, les systèmes de classeurs.

⁷⁵ Option facturée 1.5€ pour une partie entière.

Killer, ou de téléphoner pendant le jeu pour communiquer avec un détective privé. Ce jeu vidéo est un exemple de modèle « transmédia » qui estompe la frontière entre réalité et fiction.



Figure 91. Capture d'écran du jeu vidéo « transmédia » *In Memoriam : Le dernier rituel* [58]. Sur le site officiel du jeu.

- La narration « multifocalisée » permet au joueur de naviguer entre différents points de vue. La focalisation désigne le point de vue à partir duquel les éléments sont perçus, mais désigne aussi la manière dont les informations arrivent au joueur. Sur ce point, Sébastien Genvo distingue la « focalisation » de l'« ocularisation », « soit la différence entre savoir et voir » (Genvo, 2005).

Très souvent, « focalisation » et « ocularisation » correspondent. Le point de vue est interne lorsque le joueur découvre la scène à travers le regard ou les pensées d'un personnage, c'est-à-dire en vision subjective. Il en sait autant que le personnage, ses informations se limitent donc à ce qu'il voit ou ressent. Le point de vue est externe lorsque le joueur est extérieur aux événements. La narration limite l'information à ce que pourrait voir un témoin extérieur. Le joueur ne sait donc pas grand chose sur les personnages et les lieux. Le point de vue est à degré zéro ou omniscient lorsque le joueur a une connaissance parfaite des personnages, de leur situation, de leurs sentiments, des lieux, du passé, de l'avenir. Le joueur en sait donc plus que chaque personnage. Les jeux vidéo de type « God game » fonctionnent sur ce principe : dans *Black & White 2* [47], le joueur sait tout sur le jeu et le domine tel un dieu. Le curseur de la souris prend la forme d'une main par laquelle passent toutes les interactions avec l'univers du jeu (**Figure 92**).



Figure 92. Focalisation zéro dans le jeu vidéo *Black & White 2* [47]. Sur le site *Jeuxvideo.com* [15].

Il se peut que la « focalisation » ne corresponde pas à l'« ocularisation ». Dans *Riven : The Sequel to Myst* [63], le joueur a un point de vue interne, tant dans la focalisation que dans l'« ocularisation », sauf à certains moments du jeu : lorsque le joueur est en possession du Livre, l'« ocularisation » est toujours interne, mais la focalisation est à degré zéro, car le joueur en sait plus que tous les autres personnages du jeu. En reprenant les termes de Christian Vandendorpe (Vandendorpe, 1998) : « le principe ultime de cet univers réside dans le pouvoir démiurgique du Livre, dont on découvre qu'il a servi à la création de ce monde et qu'il fait de son possesseur l'équivalent d'un dieu ».

3.3.2 *Chemin critique vs degré de liberté*

Le degré de liberté d'action et de choix laissé au joueur a toujours été un enjeu pour les concepteurs de jeux vidéo. Un enjeu qui se révèle difficile et qui nécessite la mise en place de solutions. Le jeu vidéo *Nomad Soul* [62] est une enquête policière dans laquelle le joueur progresse dans une ville en suivant une trame narrative prédéterminée. Néanmoins, souligne David Cage, directeur du studio de développement *Quantic Dream*, « On a posé pas mal de jalons dans *Nomad Soul* [62], et je crois qu'on a trouvé des solutions intéressantes pour raconter une histoire sans enfermer le joueur. Dans *Nomad Soul* [62] tu incarnes un personnage qui a une vie, une histoire et un certain nombre de tâches à faire, dont tu ne perds jamais la trace grâce à des repères clairs. Mais tu peux décider de sortir des rails, d'aller boire un verre dans un bar, d'acheter un livre dans une librairie, d'aller voir des strip-teaseuses dans le quartier chaud, ... Le joueur peut vivre d'autres histoires : il y a quelques petites quêtes parallèles qui ne sont pas reliées à la trame principale⁷⁶ ». Ces propos ont été recueillis en

⁷⁶ Interview de Nicolas Cage par Pierre Gaultier pour le site *PolygonWeb*, septembre 2001. <http://polygonweb.online.fr/cage.htm#narration>

2001 après la sortie du jeu. En 2009, à l'occasion de la sortie de son jeu vidéo *Heavy Rain* [57], David Cage remet en cause ce principe de liberté : « En fait, la problématique de cette structure, c'est que l'on n'est plus en contrôle du rythme de l'histoire. C'est quelque chose qui m'avait vraiment frustré. C'est génial, il y a un degré de liberté, le joueur peut passer trois heures à faire ce qu'il veut avant de revenir à l'histoire principale, mais j'avais envie de pouvoir le prendre un peu plus par la main et de lui dire : 'Je te raconte une histoire, fais-moi confiance, suis-moi'⁷⁷ ». David Cage devient partisan de « Je te raconte une histoire » plutôt que « Tu fais ta propre histoire » : « Tous les gens qui disent 'Tu fais ta propre histoire' sont dans le faux. Il n'y a personne qui peut faire ça aujourd'hui. Ni *GTA* [56] ni *World of Warcraft* [70]. Et tous ces jeux là, c'est du pipeau. Par exemple, dans *GTA* [56], on est dans un monde ouvert, donc on peut aller où l'on veut, on peut faire quelques actions dans le monde librement, mais, quand on veut des histoires, il faut qu'on aille choper une quête. C'est simplement une suite de quêtes linéaires qui sont mises dans un monde ouvert. Ce n'est pas raconter sa propre histoire. C'est choisir ses quêtes linéaires et l'ordre dans lequel on les aborde⁷⁸ ».

Dans la conception du jeu, la stratégie consiste à inciter le joueur à prendre tel ou tel chemin, sans qu'il s'en rende compte. Les scripts de jeu vidéo servent à définir des points d'action/réaction (ouvrir une porte, afficher une vidéo, faire surgir un ennemi, etc.) dans l'univers où évolue le joueur. Un script peut être déclenché automatiquement (selon la position du joueur) ou peut être exécuté par une intervention du joueur. Ils sont représentés sous forme d'organigramme dans un éditeur de niveau (**Figure 93**).

Dans le jeu vidéo *Turok* [67], un jeu de tir subjectif (« FPS »), la Compagnie Whiskey atterri sur une planète hostile peuplée de dinosaures et d'insectes géants. Les trajectoires que nous pouvons apercevoir sur la **Figure 94** représentent les chemins possibles des ennemis, appelé le « path node ». Sur ces chemins, l'importance des nœuds varie : l'ennemi cherchera un nœud en fonction de l'avancement du joueur.

Finalement, dans un monde ouvert où le joueur est libre d'aller où il veut, son parcours est indirectement influencé par les scripts et les nœuds. La structure générale des jeux vidéo « enferme » le personnage dans un espace préconçu. S'il ne remporte pas les combats, s'il ne résout pas les énigmes, s'il meurt, le jeu s'arrête.

Les jeux vidéo proposent donc différents degrés d'interactivité qui vont influencer le cheminement du personnage. L'ensemble du parcours que le joueur doit effectuer pour terminer le jeu nous renvoie à la notion de « chemin critique » (excluant les passages secondaires, les missions facultatives).

⁷⁷ Interview de Nicolas Cage par Alexandre Cortona pour *Jeux Vidéo Magazine* n°109 - Noël 2009.

⁷⁸ *Ibid.*

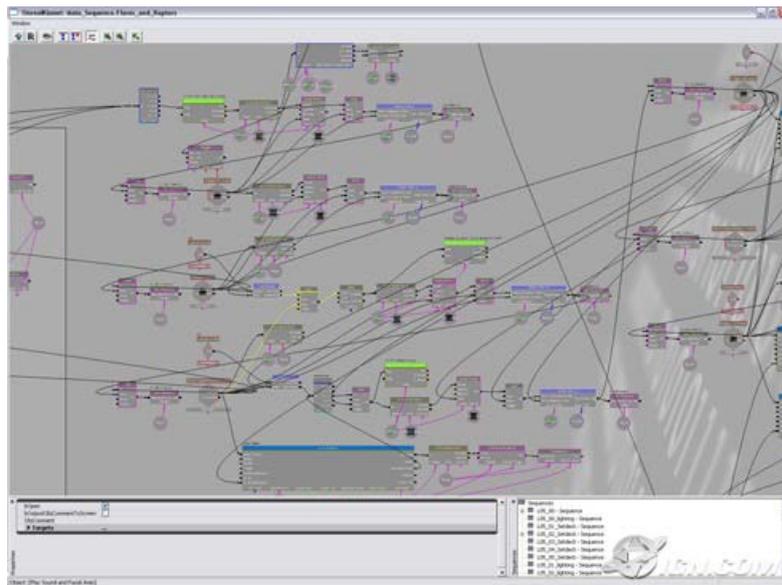


Figure 93. Les blocs de scripts du jeu vidéo *Turok* [67] dans l'éditeur de niveaux *Unreal Ed*⁷⁹. Josh Bridge (Lead Level Designer), sur le site *IGN*⁸⁰.

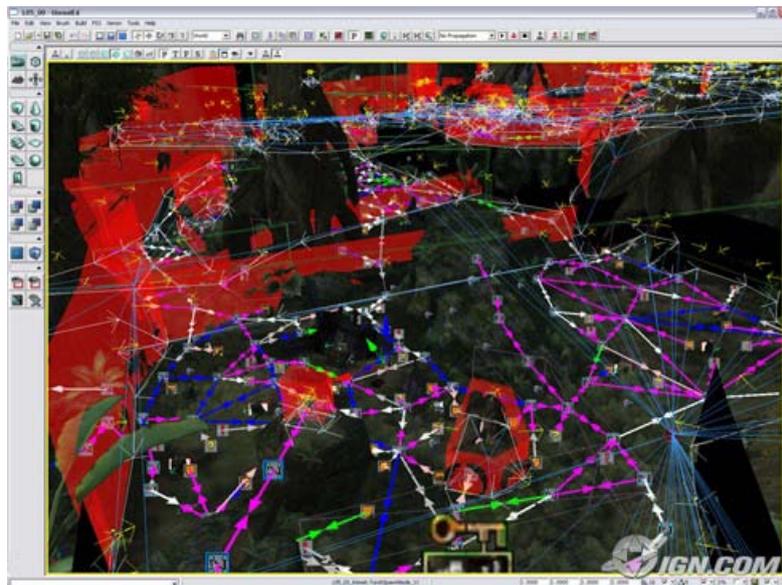


Figure 94. Le « Path node » du jeu vidéo *Turok* [67] dans l'éditeur de niveaux *Unreal Ed*⁸¹. Josh Bridge (Lead Level Designer), sur le site *IGN*⁸².

⁷⁹ *Unreal Ed* : éditeur de niveau livré gratuitement avec le jeu vidéo. Développé par *Epic Games* et *Digital Extremes*. <http://udn.epicgames.com/>, <http://www.unrealtechnology.com/>

⁸⁰ Josh Bridge : http://blogs.ign.com/Propaganda_Games/2007/11/12/71506/

⁸¹ *Unreal Ed*, *Ibid.*

⁸² Josh Bridge, *Ibid.*

3.3.3 *Enchainements, montages parallèles et enchâssements*

Dans *La logique des possibles narratifs* (Bremond, 1966), chaque transformation dans le récit traditionnel peut donner lieu à une nouvelle séquence. Les séquences peuvent se combiner bout à bout (enchaînement) ou côte à côte (montage parallèle). Il arrive parfois qu'une séquence s'insère à l'intérieur d'une autre séquence (enchâssement).

Les jeux vidéo utilisent les mêmes procédés narratifs. Diverses stratégies sont utilisées par les concepteurs pour inciter le joueur à déclencher des séquences. Nous l'avons vu, le joueur a la possibilité de déterminer l'ordre dans lequel elles s'enchaînent. Différents mécanismes sont mis au point pour donner la possibilité au joueur de vivre des séquences parallèles ou enchâssées.

Dans le jeu vidéo *Maniac Mansion : Day of the Tentacle* [61], le joueur peut voyager dans le temps et incarner trois personnages à des époques différentes, modifiant ainsi le passé, le présent et le futur. La navigation entre les époques et les personnages est le seul moyen de débloquent les puzzles et de faire avancer l'intrigue : les époques et les personnages ayant respectivement des informations et des savoirs spécifiques.

Dans *Legacy of Kain: Soul Reaver* [60], le personnage principal a le pouvoir de voyager entre des mondes parallèles : les mondes physique (les vivants et les vampires) et spectrale (les esprits). Le monde spectral est une copie déformée et figée du monde physique, possédant d'autres créatures. Le jeu a été l'un des premiers à utiliser la morphose (animation fluide qui consiste à passer d'une image à une autre, « morphing » en anglais) quand le héros passe de la sphère matérielle à la sphère immatérielle (et inversement).

Le jeu vidéo *Isabelle* [59] propose trois points de vue en parallèle (cécité, monde réel, rêve) pour progresser dans l'histoire. Le joueur incarne George qui est aveugle ou son petit frère Raymond, passant d'une représentation monochromatique peu lisible pour signifier la cécité, à une vision vive et colorée du monde réel. George, rêve de son petit village en dormant : les couleurs sont violentes, les objets et les comportements sont déformés. L'interactivité consiste à naviguer entre les points de vue qui apportent des informations à chaque fois différentes et proposent des interactions uniques ou à combiner.

Dans le jeu vidéo *Cryostasis : Sleep of Reason* [51], le héros enquête sur les causes qui ont provoquées le naufrage du North Wind, un brise-glace atomique dans l'Océan Arctique. Pour dénouer l'intrigue, ce météorologue dispose de l'« Écho Mental » (« Mental Echo »), un pouvoir qui lui permet de revivre les derniers instants d'un cadavre en le touchant. Il s'agit bien là de petits voyages dans le passé, où le joueur quitte le navire pour aller chercher des indices dans des espaces qui ont existés avant la catastrophe. Ces flash-back* lui permettent ainsi de vivre une même séquence de plusieurs manières et de modifier le cours des événements en transformant des faits passés. Les séquences enchâssées de ce jeu vidéo, entremêlant séquences vécues et séquences à vivre, vont directement agir sur le cheminement du joueur : ce sont les flash-back qui vont déterminer sa progression.

Les exemples de jeux vidéo que nous avons abordés, démontrent que les récits vidéoludiques sont capables de concilier des niveaux élevés d'interactivité et des formes complexes de narration. La combinaison des deux permet l'expression vidéoludique : pendant la création d'un jeu vidéo, les concepteurs vont devoir prendre un certain nombre de décisions pour élaborer un système capable de prévoir une multitude de parcours dans un espace défini ; ensuite, contrairement aux autres médias où le spectateur découvre le récit au fur et à mesure que les événements se succèdent linéairement devant lui, ce sont les choix effectués par le joueur qui vont orienter la suite du récit. Un subtil dosage d'interactivité et de narration provoque une immersion suffisamment forte pour impliquer le joueur jusqu'à l'achèvement de l'œuvre.

Chapitre 4 Apprentissage et mémorisation

Il convient dans un premier temps de situer l'activité d'apprentissage, en présentant les protagonistes d'abord, c'est-à-dire les « sachants » et les « apprenants », l'outil médiateur ensuite, comme tiers.

L'acte d'apprendre résulte d'abord d'un engagement. Nous verrons quels sont les déterminants de la motivation, et nous étudierons ses conséquences comportementales, affectives et cognitives. Nous analyserons les stratégies d'apprentissages et les principes qui favorisent la mémorisation.

L'appropriation des outils technologiques est de plus en plus rapide par une nouvelle génération qui se veut autodidacte, et qui sait réutiliser des savoir-faire acquis notamment dans la pratique des jeux vidéo. Ces derniers comme espace d'apprentissage informel ou non, et développant des compétences transversales, constituent un objet d'étude pour les sciences de l'éducation.

4.1 La situation de médiation culturelle

Selon la définition du dictionnaire (*Trésor de la Langue Française*⁸³), la médiation est le « fait de servir d'intermédiaire entre deux ou plusieurs choses ». Nous dirons que dans la situation de médiation, les « deux choses » peuvent être des personnes ou des institutions, et l'« intermédiaire » sera le médiateur. Selon Jean Davallon, « il y a recours à la médiation lorsqu'il y a mise en défaut ou inadaptation des conceptions habituelles de la communication : la communication comme transfert d'information et la communication comme interaction entre deux sujets sociaux. Avec ce recours, l'origine de l'action se déplace de l'actant

⁸³ Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. En ligne : <http://www.cnrtl.fr/definition/>

destinateur ou des interactants vers un actant tiers : il y a communication par l'opération du tiers⁸⁴ ».

Dans notre cadre qui consiste à communiquer de l'information culturelle, nous qualifierons de médiation culturelle, l'espace du dialogue qui s'installe entre les lieux vecteurs de diffusion des informations culturelles et les publics. Cet espace du dialogue vise à rapprocher les objets de la culture (œuvres d'art, monuments historiques, bâtiments contemporains, ...) et la population.

Selon la définition consultable sur le site du Ministère de la Culture et de la Communication, la médiation culturelle « s'inscrit dans le champ de ce que l'on appelle l'éducation informelle. À la différence de l'éducation, au sens usuel du terme, l'éducation informelle n'est ni obligatoire, ni contrainte par un programme exhaustif à dispenser, ni par une validation des acquis à organiser. Ces visées sont tout à la fois éducatives (sensibilisation, initiation, approfondissement...), récréatives (loisir) et citoyennes (être acteur de la vie de la cité)⁸⁵ ».

De plus en plus d'institutions culturelles publiques (musées, écoles, ...) ou privées (châteaux privés, l'écomusée d'Alsace, ...), intègrent des nouvelles technologies renouvelant ainsi leurs usages de communication et leur statut. La médiation culturelle implique soit la présence physique d'un médiateur, que nous qualifierons selon Anne Fauche (Fauche, 2002), de « médiation directe » ou de « médiation présence », soient des propositions utilisables par les visiteurs en parcours libres, nous parlerons de « médiation indirecte » ou de « médiation support » : ces dernières « s'adressent à des publics potentiels qui utiliseront à leur guise et à leur rythme des supports tels que : fiche d'aide à la visite, jeu sur support papier, vidéo ou autres. Elle doit anticiper au mieux les conceptions des publics, tant sur les contenus que sur les démarches, pour les accompagner de la manière la plus pertinente dans leurs cheminements individuels ou collectifs » (Fauche, 2002).

Nous avons déjà évoqué dans les sous-chapitres intitulés « Représentations virtuelles » (**en page 18**), et « Les navigations interactives » (**en page 25**), certaines médiations culturelles indirectes sur supports numériques tels que les sites Internet, les mobiles, les bornes interactives dans les musées ou dans l'espace muséal d'une église. Ces outils interactifs en réseau constituent des aides à la visite, des extensions de parcours sur supports hypermédias.

Ces supports sont donc les médiateurs, c'est-à-dire selon Pierre Rabardel, des instruments qui favorisent la relation entre le sujet et l'objet (Rabardel, 1995). L'instrument ne se réduit pas à l'aspect technologique. L'approche instrumentale de Pierre Rabardel, nous montre comment les instruments sont façonnés par la technologie et ses utilisateurs. Il distingue deux processus mêlés : « instrumentation » et « instrumentalisation ». Le premier met en avant la façon dont l'instrument conditionne les actions de l'utilisateur pour réaliser sa tâche. L'utilisateur applique des « schèmes d'utilisation » à l'instrument. Si ce dernier est nouveau pour l'utilisateur,

⁸⁴ Sur le site *Wikibooks* : http://fr.wikibooks.org/wiki/La_m%C3%A9diation_culturelle

⁸⁵ « Médiation culturelle et politique de la ville » – Un lexique – 2003, à la lettre « M ». Sur le site du Ministère de la Culture et de la Communication : <http://www.culture.gouv.fr/culture/politique-culturelle/ville/mediation-culturelle/index.html#presentation>

celui-ci peut réutiliser un schème existant s'il parvient à l'associer à l'utilisation d'autres instruments de même catégorie ; si cette association n'est pas possible, l'utilisateur va construire un nouveau « schème d'utilisation » au cours de l'usage. En retour, l'« instrumentalisation » implique une « contribution » de l'utilisateur pour la « personnalisation », la « différenciation », le « détournement » de l'instrument.

Joseph Rézeau (Rézeau, 2004) s'appuie sur les arguments de Monique Linard (Linard, 1996) et de Nicole Poteaux (Poteaux, 2000) pour différencier les instruments, qui « se situent au plus près de l'apprenant », et les dispositifs de formation qui « ont pour fonction de fournir le cadre spatio-temporel et les ressources nécessaires à l'apprentissage considéré comme action ». Il cite : « Au niveau local des outils et des interfaces : comment concevoir des logiciels qui, sans harasser ni abandonner à lui-même l'utilisateur-apprenant, l'aident à s'auto-aider en résolvant autant que possible par ses propres moyens, les difficultés cognitives et socioaffectives rencontrées ? », puis, « Au niveau global des dispositifs de formation : comment mettre utilement à la disposition de l'apprenant les diverses ressources disponibles, les siennes, celles de son environnement humain (enseignants et pairs) et celles des TIC et comment les répartir de façon appropriée aux divers moments du parcours d'action et d'apprentissage ? » (Linard, 1996 ; cité par Rézeau, 2004).

Les technologies de l'information et de la communication sont une occasion de repenser l'apprentissage. Lorsque ce dernier est recherché (et non seulement informel), le concept de médiation est une condition essentielle dans les actes d'enseigner et d'apprendre. La médiation pédagogique est une forme particulière de la médiation culturelle, redéfinissant le rôle de l'enseignant dans un contexte devenu interactif.

Deux modèles de pratiques pédagogiques courants sont d'abord distingués en situation de classe (Pouts-Lajus & Riche-Magnier, 1999) : le « modèle classique » qui privilégie la transmission du savoir par l'enseignant, le « modèle moderne » qui privilégie la construction des connaissances par l'élève (apprentissage individuel). Entre ces deux modèles, Serge Pouts-Lajus et Marielle Riche-Magnier observent ensuite le « modèle de la médiation » qui permet de mettre en commun, sur des supports pédagogiques, les concepts enseignés ; ceux-ci étant plus facilement validés et appropriés par l'élève ou l'étudiant.

Catherine Kellner explique *L'apport du support CD-Rom en tant que médiateur pédagogique* (Kellner, 2001). Actuellement, les enseignants s'adressent à une classe d'élèves comme à un destinataire unique. Dans une telle situation, le discours prononcé par l'enseignant ne sera pas compris par tous les élèves, ces derniers ayant des capacités cognitives différentes. Le CD-Rom, par la pluralité des parcours qu'il peut offrir, peut s'adresser à plusieurs destinataires à la fois, et de par ce fait, devenir médiateur pour envisager une « pédagogie individualisée dans une structure collective ». « Le principe-même du CD-Rom qui repose sur la navigation, c'est-à-dire la possibilité laissée par les concepteurs aux utilisateurs de se construire leurs parcours propres, met en place une nouvelle configuration, tout à fait particulière. En effet, le JE, c'est-à-dire l'équipe de conception du CD-Rom, n'a pas la volonté de construire un seul et unique discours qu'il adressera à un seul TU, mais son but est bien de permettre à ce TU interprétant de composer lui-même son discours. [...] Mais pour

que l'on puisse parler de discours, pour qu'ils puissent être porteur de sens, il faut que ces parcours soient cohérents » (Kellner, 2001).

Il convient donc aux concepteurs de réfléchir à l'architecture du support pédagogique pour essayer de répondre à autant de profils possibles, c'est l'apprenant qui doit ensuite participer et déclencher les mécanismes proposés : « Le processus de production se déroule, on l'aura compris, de façon différée. Dans un premier temps, l'équipe de conception, en composant des unités informationnelles et des liens virtuels entre elles, constitue une première partie du processus de production. Et dans un second temps, l'utilisateur, en actualisant des liens virtuels, réalise la seconde partie du processus de production. Il devient co-constructeur du discours » (Kellner, 2001).

Selon Marc Prensky, beaucoup d'enseignants résistent à l'usage des nouvelles technologies dans les salles de classe. Il y a trois raisons (Prensky, 2008) :

- D'une part, les nouvelles technologies ne peuvent pas supporter l'ancienne pédagogie « raconter/lire » (« the old pedagogy of telling/ lecturing »). Lorsque les enseignants continuent à l'utiliser en y ajoutant la technologie, le plus souvent ça coince.
- D'autre part, l'enseignant n'est pas un technologue, mais un intellectuel.
- Et enfin, le rôle de la technologie dans les salles de classe serait de soutenir le « nouveau paradigme de l'enseignement » (« The new teaching paradigm ») c'est-à-dire de soutenir des étudiants qui apprennent par eux-mêmes.

Comment alors, mettre les enseignants et les apprenants à l'aise alors qu'ils ont de plus en plus de difficultés à communiquer dans une ère où l'éducation en général a radicalement changée avec les technologies. La nouvelle génération que Marc Prensky appelle les « Digital Native » (Prensky, 2007) embrasse déjà ces changements. Franck Veillon, graphiste et auteur de jeux vidéo, parle de cette nouvelle génération qui grandit tout naturellement dans une culture de l'interactivité (Veillon, 2001) : « Alors que les adultes sont inhibés, les *kids* n'ont pas peur de se tromper. Notre culture venant du livre, nous sommes des linéaires textuels. Les cyberkids, en revanche, sont nés avec les télécommandes de PC, de TV, de jeux vidéo et sont des globaux, des hypertextuels qui se promènent dans des arborescences ».

4.2 L'acte d'apprendre

4.2.1 *Les processus motivationnels*

S'intéresser à l'apprentissage, c'est d'abord s'intéresser à la motivation qui pousse à vouloir apprendre. Jean Piaget utilisait la métaphore du train, dont les wagons (les éléments de l'apprentissage) étaient tirés par la locomotive (la motivation).

Les facteurs qui suscitent le désir d'apprendre chez une personne peuvent être « externes » ou « internes », ce qui nous permet de distinguer deux grands courants dans les théories de l'apprentissage : le béhaviorisme (ou comportementalisme) pour l'un et le cognitivisme pour l'autre. Les béhavioristes⁸⁶ se concentrent sur les comportements observables qui sont

⁸⁶ Pavlov (1849-1936), Skinner (1904-1990), Watson (1878-1958), Tolman (1886-1959), Hull (1884-1952).

déterminés par des stimuli extérieurs à la personne : la récompense ou la punition sont pour les behavioristes des motivateurs à l'apprentissage. Le behaviorisme qui considère la relation objective entre le stimulus et la réponse, refuse de faire appel à des éléments internes au cerveau car non observables directement. Le cognitivisme, un autre courant en psychologie est donc né en prolongation du behaviorisme, pour s'intéresser aux processus mentaux, au fonctionnement de la pensée humaine.

La théorie de l'autodétermination a établi un modèle descriptif de la motivation. Ce modèle peut être considéré comme un « pont » entre l'approche comportementaliste et l'approche cognitiviste car il propose un « continuum d'autodétermination » partant de l'amotivation (ou de l'absence de motivation), allant à la motivation intrinsèque, en passant par la motivation extrinsèque. Le modèle met en évidence les variations des types de régulations avec l'environnement selon les types de motivations (**Tableau 1**).

	Amotivation	Motivations extrinsèques			Motivations intrinsèques	
Régulation :	Aucune	Externe	Introjection	Identification	Intégration	Interne

Détermination externe → Auto-détermination

Tableau 1. Modèle de la motivation selon le « continuum d'autodétermination » (Deci & Ryan, 2000).

Les motivations extrinsèques peuvent être « externes » (faire par obligation ou pour obtenir une récompense ou éviter une punition), « introjectées » (en réponse à une pression sociale, sentiment de culpabilité, de honte, ...), « identifiées » (une activité peut être jugée importante pour évoluer), « intégrées » (liées à l'estime de soi). Les motivations sont intrinsèques lorsqu'une activité est faite pour le plaisir et par intérêt. Dans ce cas, la personne agit librement. Selon la théorie de l'autodétermination, il y a trois besoins psychologiques innés chez la personne (Deci & Ryan, 2000) :

- le besoin d'autonomie, comme désir personnel et volontaire, être à l'origine de son comportement
- le besoin de compétence, comme désir d'interagir efficacement avec son environnement, avoir du succès dans une tâche qui représente un défi
- le besoin d'appartenance sociale, comme désir d'être rattaché socialement aux personnes qui nous sont importantes

C'est en repérant les conditions qui permettaient à certaines personnes de s'engager personnellement et spontanément dans leurs activités, que Mihaly Csikszentmihalyi a pu établir la théorie du « flow » (Csikszentmihalyi, 1990) comme « expérience optimale » de motivation intrinsèque. L'expérience n'est pas liée à la recherche d'une récompense conventionnelle telle que l'argent, etc. Durant l'état de « flow », la personne est complètement

absorbée par son activité, éprouvant des sentiments de joie, de satisfaction. Pour que le sentiment de « flow » puisse se manifester, il faut que l'activité puisse fournir :

- un challenge (l'activité est réalisable mais constitue un défi)
- un but précis et bien compris
- un feed-back immédiat (une action en retour concernant l'évaluation de l'apprentissage)
- le sentiment d'exercer un contrôle total sur l'action

Pour Jacques Nimier, la motivation interne, qui s'appuie sur notre imaginaire, est « un foisonnement de fantasmes et de représentations⁸⁷ ». D'abord, la motivation a besoin de sécurité et de liberté, dans un cadre permettant de nous affranchir de nos angoisses, de fantasmer (« fantasme de maîtrise absolue », « de toute puissance ») et d'imaginer. Ensuite, la motivation, qu'il appelle également « investissement », repose sur la notion de représentation. Investir, au sens psychologique, c'est mettre sur une représentation, une énergie psychique. Nous mettons une énergie psychique sur notre travail (ou autre), car nous nous représentons celui-ci d'une certaine façon et nous en attendons quelque chose.

Pour Thomas Malone et Mark Lepper, l'apprentissage est intrinsèquement motivant lorsqu'il se produit en dehors de toutes récompenses ou punitions externes (Malone & Lepper, 1987) : « we define intrinsically motivated learning as learning that occurs in a situation in which the most narrowly defined activity from which the learning occurs would be done without any external reward or punishment ». Ils citent un certain nombre de caractéristiques que nous retrouvons dans les environnements intrinsèquement motivants, et selon eux, c'est le jeu qui parvient le mieux à les réunir :

- le défi (« challenge »)
- l'imagination/fantasme (« fantasy »)
- la curiosité (« curiosity »)
- le contrôle (« control »)

Concernant la motivation à apprendre en contexte scolaire, il y a dix conditions à respecter pour qu'une activité d'apprentissage suscite la motivation des élèves (Viau, 2000). L'activité doit :

- « Être signifiante, aux yeux de l'élève. Elle s'harmonise avec ses projets personnels et répond à ses préoccupations.
- Être diversifiée et doit s'intégrer aux autres activités.
- Représenter un défi pour l'élève (ni trop facile ni trop difficile).
- Être authentique. Elle doit mener à une réalisation qui ressemble à celles que nous trouvons dans la vie courante, mais qui appartiendra à l'élève.
- Exiger un engagement cognitif de l'élève. Elle doit inciter l'élève à utiliser des stratégies d'apprentissage qui l'aident à comprendre, à faire des liens avec des notions

⁸⁷ Nimier, J. (2008). *Qu'est-ce que la motivation ?* Conférence donnée à l'École de Management de Grenoble (4 Décembre). Vidéos disponibles en ligne : http://www.pedagopsy.eu/ind_09_03.htm

- déjà apprises, à réorganiser à sa façon l'information présentée, à formuler des propositions, etc. Cette condition touche la perception que l'élève a de sa compétence.
- Responsabiliser l'élève en lui permettant de faire des choix. La possibilité de faire des choix favorise la perception que l'élève a de sa capacité à contrôler ses apprentissages.
 - Permettre à l'élève d'interagir et de collaborer avec les autres. Elle doit se dérouler dans une atmosphère de collaboration et amener les élèves à travailler ensemble pour atteindre un but commun.
 - Avoir un caractère interdisciplinaire.
 - Comporter des consignes claires. L'élève doit savoir ce que l'enseignant attend de lui.
 - Se dérouler sur une période de temps suffisante ».

Le respect de ces conditions ne peut qu'améliorer la dynamique motivationnelle qui anime les élèves dans une classe. Mais nous devons bien être conscients que la motivation n'est pas seulement une affaire d'engagement personnel, mais aussi une affaire de persévérance. Nous devons être en mesure de fournir aux apprenants des méthodes mais aussi des outils qui permettent d'entretenir leur motivation.

En plus des caractéristiques affectives, telles que la motivation, les émotions, qui influencent directement le processus d'apprentissage, il est bon également de tenir compte des caractéristiques cognitives, telles que les capacités intellectuelles de l'apprenant, ses connaissances, ses stratégies d'apprentissage, qui participent pleinement à la compréhension.

4.2.2 Les approches constructivistes

Plus précisément, nous allons nous intéresser au constructivisme, mais aussi à des formes dérivées de cette théorie de l'apprentissage qui sont le socio-constructivisme et le constructionisme.

Le constructivisme est né en réaction au béhaviorisme, et repose sur l'idée que la connaissance relève d'une construction individuelle.

Nous construisons notre propre vision du monde par l'expérience et les schèmes individuels. Comme le souligne Jean Piaget (Piaget, 1974), « l'acquisition d'une information se traduit par une 'perturbation' qui va entraîner chez l'individu un 'déséquilibre' du champ cognitif et exiger un travail de synthèse pour assimiler, intégrer, critiquer, admettre, ajouter cette nouvelle dans un champ cognitif alors enrichi ».

Selon Piaget (Piaget, 1936), l'apprentissage résulte d'une action réciproque entre le sujet et l'objet. Cette interaction entraîne une recherche permanente d'un équilibre favorisant l'« adaptation » du sujet à son environnement. L'adaptation amène à deux processus : l'« assimilation » et l'« accommodation ». Le processus d'assimilation est un mécanisme permettant d'intégrer un nouvel objet ou une nouvelle situation appartenant au milieu extérieur de l'apprenant en tenant compte de ce qu'il sait déjà (structure acquise caractérisant le sujet et appelée « schème ») ; le monde extérieur est alors transformé par le sujet. Lorsque l'assimilation n'est pas possible, le processus d'accommodation intervient en modifiant et en enrichissant les schèmes de l'apprenant ; cette fois-ci, le sujet est transformé par le monde extérieur (en fonction des caractéristiques de l'objet ou de la situation). Les moments

d'assimilation vont engendrer des « conflits cognitifs », puisqu'il n'est pas évident pour une personne de changer ses représentations qui lui paraissent cohérentes. Il va donc y avoir une certaine résistance avant que le sujet accepte de construire de nouvelles représentations.

La pédagogie de la médiation proposée par Lev Vygotski s'oppose à la pédagogie de la découverte de Piaget. La théorie de Vygotski est celle du socio-constructivisme, selon laquelle le développement va du social vers l'individu et non l'inverse comme le prétend Piaget. Ainsi, l'apprentissage devance le développement et Vygotski distingue deux situations chez l'apprenant (Vygotski, 1997) : celle où il est capable d'apprendre seul et celle où il peut apprendre en collaboration, même s'il n'a pas encore la maturité cognitive pour cela. Entre ces deux situations se trouve la « zone proximale de développement ». L'apprenant ne peut pas tout découvrir lui-même, et ce qu'il a appris à faire en collaboration, il saura le refaire seul.

Seymour Papert c'est demandé quelle place pouvaient avoir les nouvelles technologies dans cette approche constructiviste. En s'appuyant sur les travaux de Piaget, il proposa une théorie de l'apprentissage appelée le constructionisme. Pour améliorer la manière de penser chez les enfants, il a développé un environnement de programmation LOGO⁸⁸ (première version en 1967) doté d'une partie graphique pour interagir avec un objet (la tortue). Le système LOGO fût le premier exemple de micromonde, destiné à mettre en place des méthodes de pédagogie active, c'est-à-dire des méthodes incitant l'apprenant à être acteur de son apprentissage. Un micromonde est un environnement informatique favorisant la construction des connaissances de plus en plus complexes fonctionnant sur les principes de l'expérimentation et de l'autonomie de l'utilisateur. Le micromonde encourage l'apprenant à interagir avec des objets et à communiquer avec la machine en utilisant un langage dont la syntaxe ne doit pas être difficile d'accès. Néanmoins, le micromonde perd vite son intérêt s'il n'est pas assisté d'un tuteur intégré à l'environnement ou extérieur au programme (personne physique).

4.2.3 Les stratégies d'apprentissage

Selon les deux définitions données par le *Dictionnaire Encarta*⁸⁹, apprendre c'est « être informé (de quelque chose) », c'est aussi « acquérir la connaissance (de quelque chose) ».

Pour développer et mieux comprendre les deux définitions précédemment citées, nous pouvons nous appuyer sur les travaux de Joseph Rézeau (Rézeau, 2004), qui utilise en parallèle le modèle des niveaux d'apprentissage de (Bateson, 1977) et celui des « trois sens d'apprendre » de (Reboul, 1980) pour classer les processus et les résultats de l'apprentissage (**Tableau 2**).

⁸⁸ Une présentation de LOGO est disponible en ligne : <http://el.media.mit.edu/Logo-foundation/logo/index.html>

⁸⁹ © 2009 Microsoft, *op.cit.*, p. 71.

Bateson		Reboul	
Niveaux	Caractéristiques de l'apprentissage	Actions (processus)	Résultats
Zéro	Transmission d'informations	Apprendre que	Savoir quelque chose
I	Aptitude à changer de comportement en fonction d'une information, essais et erreurs	Apprendre à	Savoir-faire
II	Apprendre à apprendre (métaniveau), auto-validation	Apprendre (intransitif)	Savoir
III	Conversions religieuses ou états psychotiques	Apprendre à être	Savoir-être

Tableau 2. Comparaison des niveaux d'apprentissage chez (Bateson, 1977) et (Reboul, 1980). Basé sur le travail de thèse de (Rézeau, 2004).

- Le niveau zéro : « Savoir quelque-chose », correspondrait à la première définition du *Dictionnaire Encarta* : apprendre c'est « être informé (de quelque chose) ». Pour Bateson, « dans le langage courant, non technique, le mot « apprendre » s'applique souvent à ce que nous appelons ici « apprentissage zéro », c'est à dire à la simple réception d'une information provenant d'un événement extérieur, d'une façon telle qu'un événement analogue se produisant à un moment ultérieur (et approprié), transmettra la même information : par la sirène de l'usine, j'apprends qu'il est midi » (Bateson, 1977 ; cité par Rézeau, 2004).
- Le niveau I : « savoir-faire », caractérise l'« apprentissage I » et « correspond à un changement dans la spécificité de la réponse, à travers une correction des erreurs de choix à l'intérieur d'un ensemble de possibilités » (Bateson, 1977 ; cité par Rézeau, 2004). C'est à partir de ce niveau que nous commencerions alors à « acquérir la connaissance (de quelque chose) » (*Encarta*).
- Le niveau II : « savoir », est un « apprentissage II » qui opère un changement supplémentaire pour « apprendre à apprendre » (Bateson, 1977 ; cité par Rézeau, 2004). Apprendre c'est « assimiler », « comprendre », « modifier ses représentations », « créer des liens pour retenir » (Rézeau, 2004). L'acquisition des connaissances aurait lieu à ce niveau là.
- Le niveau III : « savoir-être » correspond à un « apprentissage III » qui est difficile et peu fréquent. « Néanmoins, il paraît qu'un tel phénomène se produit de temps à autre en psychothérapie, dans les conversions religieuses et dans d'autres séquences qui marquent une réorganisation profonde du caractère » (Bateson, 1977 ; cité par Rézeau, 2004).

4.2.3.1 Le traitement de l'information

La classification par niveaux du processus d'apprentissage marque les transformations successives que subit l'information pour qu'elle devienne connaissance. Jo Link-Pezet (Link-Pezet, 1999) distingue le niveau « syntaxique » de l'information, qui mesure l'information

sans considérer la question du sens⁹⁰, et le niveau « sémantique » de l'information. À ce propos, l'information est, pour Bateson, la « nouvelle d'une différence » qui va engendrer une nouvelle organisation par un processus de différenciation et de reconnaissance. La « nouvelle d'une différence » désigne une donnée qui, intégrée dans un réseau de connaissances, permet de mieux appréhender d'autres données ou informations, rendant l'acteur plus apte à prendre des décisions et à agir, à établir des liens, à créer une « structure qui relie », menant ainsi de la cohérence à l'intelligence (Link-Pezet, 1999 ; citant Bateson, 1984). Ainsi, la connaissance repose sur un engagement, sur une intention : « La compréhension de l'information et l'émergence du sens reposent sur une opération : le décodage et l'interprétation, mais aussi sur une séquence d'événements et un faisceau de transformations nécessaires à sa conversion, auquel s'ajoute la dimension de l'intention » (Link-Pezet, 1999).

Diverses stratégies vont être mises en œuvre par l'apprenant dans un processus de transformation et d'amplification de l'information pour atteindre la connaissance.

Une enquête menée auprès des étudiants de l'Université de Sherbrooke, avait pour objectif de mieux connaître les étudiants au regard des stratégies qu'ils utilisaient pour rendre plus efficace leur apprentissage⁹¹. Les stratégies mises en évidence par l'enquête sont :

- Les stratégies de sélection de l'information :
 - Encadrer ou souligner les informations jugées importantes
 - Noter les idées importantes
- Les stratégies d'élaboration :
 - Créer des relations entre la matière à apprendre et ce que je connais déjà
 - Reformuler la matière dans ses propres mots pour mieux l'apprendre et la comprendre
 - Faire des ressemblances avec des situations familières (créer des analogies)
- Les stratégies d'organisation :
 - Organiser les informations sous un même thème, une même notion
 - Prendre des notes dans un format structuré, cohérent et logique
- Les stratégies de contextualisation :
 - Se représenter des situations professionnelles concrètes
 - Se représenter les valeurs et attitudes du milieu professionnel
 - Se représenter la matière dans des situations professionnelles variées afin de la rendre plus signifiante
- Les stratégies de contrôle :
 - S'assurer que mon attention est entièrement consacrée à l'apprentissage
 - S'assurer de bien comprendre la matière
- Les stratégies de pensée réflexive :

⁹⁰ Pour définir l'information au niveau syntaxique Jo Link-Pezet fait référence à (Shannon, C., & W. Weaver (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. Chicago, University of Illinois Press) et à (Escarpit, R. (1976). *Théorie générale de l'information et de la communication*. Paris, Hachette).

⁹¹ Compte rendu de l'enquête en ligne :

http://www.pages.usherbrooke.ca/rviau/articles/recherche/Le_profil_dapprentissage_des_etudiantes_et_des_etudiants_de_luniversite_de_sherbrooke.pdf

- Se questionner sur la pertinence du contenu en rapport avec ses propres connaissances
- Juger de la pertinence des notions en considérant différents points de vue

Les stratégies de sélection de l'information et d'élaboration (puis d'organisation) sont les plus fréquentes : « C'est donc dire que les étudiants ne font pas que recevoir ou emmagasiner l'information, ils la traitent afin de mieux la comprendre ». Les stratégies de pensée réflexive et de contextualisation sont les plus négligées par les étudiants : « Tout porte à croire que les étudiants n'ont pas été formés à prendre du recul au regard de leur processus d'apprentissage et à juger de la pertinence de ce qu'ils apprennent. Or, si l'on désire que les étudiants deviennent des apprenants autonomes et habiles à apprendre par eux-mêmes lorsqu'ils seront sur le marché du travail, il importe de les aider à se développer des outils pour le faire » (Viau & Bédard, 2001).

4.2.3.2 Styles d'apprentissage et styles d'enseignement

Les résultats de l'enquête ont mis en évidence des différences individuelles dans la manière de traiter l'information, et du même coup, ils nous révèlent l'existence de styles d'apprentissages différents.

Aujourd'hui, il est possible de trouver des questionnaires en ligne⁹² qui sont destinés à l'élève, pour qu'il se fasse une idée sur la manière qu'il a de structurer sa pensée et d'apprendre, et à l'enseignant, afin de mieux connaître les styles d'apprentissage et d'adapter des situations d'apprentissage. Il y aurait donc également des styles d'enseignement et des stratégies d'enseignement. Même si ces questionnaires tiennent compte des apports théoriques dans le domaine de l'apprentissage, nous ne pouvons pas évaluer la fiabilité de tels tests. Une fois le test validé, il n'est pas rare de trouver dans les résultats des termes empruntés à certains modèles théoriques, comme par exemple celui de David Kolb, qui distingue quatre types d'apprenant, auxquels il associe des types d'instructeur (ou d'enseignant) (**Tableau 3**) (Kolb, 1984).

Type d'apprenant	Question typique	Type d'instructeur
Concret/réflexif (le « divergent ») Génère des solutions	Pourquoi ?	Motivateur
Abstrait/réflexif (l'« assimilateur ») Planifie et formule des théories	Quoi ?	Spécialiste
Abstrait/actif (le « convergent ») Planifie et décide	Comment ?	Guide
Concret/actif (l'« exécutant ») Exécute et réalise	Qu'arrive-t-il si ?	(aucun)

Tableau 3. Modèle d'apprentissage de (Kolb, 1984).

⁹² Par exemple sur le site Internet *Téluq*, l'Université à distance de l'UQAM : <http://www.teluq.quebec.ca/siteweb/frames.php?page=http://www.savie.qc.ca/SamiDPS/questionnaireteluq/accueil/>, ou sur le site Internet de l'Académie de Lyon : <http://www2.ac-lyon.fr/etab/ien/rhone/sglms/soucieu/documents/tpe/cognitfs.pdf>

Selon l'acception moderne de l'enseignement, enseigner ne serait plus transmettre son savoir, mais provoquer, organiser, faciliter, gérer des situations d'apprentissage. L'enseignement favorise l'action et son efficacité est liée à la diversité des stratégies mises en œuvre selon les profils pédagogiques. Selon Jean Therer, quatre critères doivent être retenus pour choisir un style d'enseignement (Therer, 1998) :

- La nature des objectifs à atteindre
- Le degré de motivation des étudiants
- La capacité des étudiants
- Le style d'apprentissage des étudiants

Enfin, le « style d'apprentissage » est à différencier du « style cognitif », même s'ils sont souvent confondus. Le style cognitif est inné et stable, le style d'apprentissage est un mélange d'inné et d'acquis, autrement dit, toute personne, avec l'expérience, a la capacité d'évoluer dans sa manière d'apprendre.

4.3 Ludique et didactique

Selon Benoît Virole (Virole, 2003), « jouer à un jeu vidéo, c'est non seulement regarder un écran, commander un personnage et évoluer avec lui dans un monde virtuel, c'est aussi résoudre un problème, traiter de l'information, prendre des décisions, rencontrer des situations nouvelles, réfléchir d'une certaine façon ».

4.3.1 Les jeux vidéo intrinsèquement motivants

Selon Marc Prensky, il y a douze raisons qui font que les jeux vidéo sont très engageants (Prensky, 2001) :

- « Games are a form of fun. That gives us enjoyment and pleasure.
- Games are form of play. That gives us intense and passionate involvement.
- Games have rules. That gives us structure.
- Games have goals. That gives us motivation.
- Games are interactive. That gives us doing.
- Games are adaptive. That gives us flow.
- Games have outcomes and feedback. That gives us learning.
- Games have win states. That gives us ego gratification.
- Games have conflict/competition/challenge/opposition. That gives us adrenaline.
- Games have problem solving. That sparks our creativity.
- Games have interaction. That gives us social groups.
- Games have representation and story. That gives us emotion⁹³ ».

⁹³ « Les jeux sont une forme d'amusement. Ce qui nous donne de la jouissance et du plaisir ; Les jeux sont une forme de loisir. Ce qui nous implique intensément et passionnément ; Les jeux ont des règles. Ce qui nous donne une structure ; Les jeux ont des buts. Ce qui nous donne de la motivation ; Les jeux sont interactifs. Ce qui nous donne à faire ; Les jeux sont adaptatifs. Ce qui nous donne de la souplesse ; Les jeux ont des résultats et des

Selon Nicole Lazzaro, les quatre clés sources d'émotion à travers les jeux vidéo sont (Lazzaro, 2004):

- Le « Hard fun » (« Plaisir difficile ») : les joueurs voient des occasions au défi, à la stratégie et à la résolution de problèmes. Il produit des émotions et des expériences de type frustration ou « fiero » (triomphe personnel).
- L'« Easy fun » (« Plaisir facile ») : les joueurs aiment l'intrigue et la curiosité. Il produit des émotions et des expériences de type surprise, suspens.
- L'« Altered states » (« États alternés ») : les joueurs sont pris par le plaisir de leurs expériences internes en réaction aux propriétés viscérales, comportementales, cognitives et sociales. Ces joueurs ressentent à la fois des excitations et des soulagements de pensées et de sentiments.
- Le « People factor » (« Facteur humain ») : les joueurs utilisent les jeux comme des mécanismes pour des expériences sociales. Ces joueurs éprouvent une satisfaction dans la compétition, le travail de groupe, et voient une opportunité pour créer un lien social et une reconnaissance personnelle.

Ce qui est important ici, c'est de pouvoir mettre en corrélation les motivateurs qui nous incitent à jouer, avec les théories de l'apprentissage présentées dans le sous-chapitre intitulé « L'acte d'apprendre » (en page 104) (Tableau 4).

Les jeux vidéo entretiennent une certaine « tension ludique » (Harter, 2001), qui nécessite des rééquilibres successifs, de la même manière que les conflits cognitifs présentés par (Piaget, 1936). Cette « tension ludique » oppose (Harter, 2001) :

- Hasard / stratégie
- Imaginaire / réel
- Sécurité / aventure
- Liberté (play) / règles (game)
- Paidia et ludus⁹⁴ (Caillois, 1992)

Et nécessite un subtil dosage qui peut être représenté sur des courbes de progressions spécifiques aux jeux vidéo. Les quatre courbes de progression présentées sur le blog de *Jérémie Biron - Diplôme 2010 : Jeux vidéo et interaction musicale*⁹⁵ [14], sont :

- La courbe d'apprentissage : représente la manière et la rapidité avec laquelle le joueur va apprendre à contrôler son personnage (ou autre), utiliser les fonctions, les menus, interagir avec l'environnement, etc.

rétroactions. Ce qui nous donne de l'instruction ; Les jeux ont des étapes gagnantes. Ce qui nous donne de la satisfaction ; Les jeux ont des conflits/de la compétition/des défis/des contradictions. Ce qui nous donne de l'adrénaline ; Les jeux se basent sur la résolution de problèmes. Ce qui suscite notre créativité ; Les jeux ont des interactions. Ce qui nous donne des groupes sociaux ; Les jeux ont des figurations et des histoires. Ce qui nous donne des émotions ».

⁹⁴ Paidia est « l'improvisation libre et l'épanouissement insouciant », Ludus est « le besoin de se plier à des conventions arbitraires » (Caillois, 1992).

⁹⁵ Sur la page « Gamedesign - les quatre courbes de progression » : <http://diplome.pixylab.com/wordpress/2009/10/13/gamedesign-les-quatre-courbes-de-progression/#more-403>

- La courbe de difficulté : est l'ascension du niveau de difficulté du jeu.
- La courbe de récompense : représente la gratification accordée au joueur.
- La courbe de variété : définit la quantité d'actions, d'items, de situations... que le joueur rencontrera.

Théories de l'apprentissage et jeux vidéo
<p>Motivation « autodéterminée » (Deci & Ryan, 2000)</p> <p>Trois besoins psychologiques innés :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Besoin d'autonomie (activité libre) · Besoin de compétence (défi – règles – feedback) · Besoin d'appartenance sociale (jeux de groupe/en réseau)
<p>Théorie du « flow » (Csikszentmihalyi, 1990) :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Challenge · But précis et clair · Feedback immédiat · Sentiment de contrôle
<p>Fantasmes et représentation⁹⁶ :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sécurité et liberté · « Fantasme de maîtrise absolu » / imagination · Se représenter
<ul style="list-style-type: none"> · Curiosité (Malone & Lepper, 1987)
<p>L'activité (Viau, 2000) :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Est diversifiée · Est authentique · Exige un engagement cognitif (stratégies – tactiques, ...) · Donne la possibilité de faire des choix · Permet d'interagir et de collaborer · Est interdisciplinaire
<p>Des caractéristiques affectives (les émotions) :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Plaisir · angoisse
<p>Des caractéristiques cognitives (Piaget, 1936 ; Vygotski, 1997 ; Papert⁹⁷):</p> <ul style="list-style-type: none"> · Perturbation / déséquilibre · Conflit cognitif · Traitement de l'information · Construction des connaissances · Apprentissage actif/collaboratif · Micromonde

Tableau 4. Corrélation entre théories de l'apprentissage et jeux vidéo.

⁹⁶ Nimier, J. (2008), *op.cit.*, p. 106.

⁹⁷ LOGO, *op. cit.*, p. 108.

4.3.2 L'apprentissage informel par les jeux vidéo

Depuis l'apparition des premiers jeux vidéo, des chercheurs tentent d'analyser les relations entre jeux vidéo et éducation, en s'interrogeant sur les connaissances qu'ils véhiculent de manière informelle, c'est-à-dire, sans que nous en prenions véritablement conscience.

Parmi eux, Patricia Marks Greenfield se demande quels sont les effets des jeux vidéo sur la manière de penser et de percevoir. Les jeux vidéo mettent en forme des processus de cognition ayant un caractère universel, rejoignant ainsi l'expression de « socialisation cognitive » (Greenfield, 1987).

Pour Jacques Perriault, il est important de situer les pratiques ludiques (dans les jeux informatisés) par rapport à l'hypothèse constructiviste, selon laquelle, « il n'est de connaissances actives que celles que le sujet construit lui-même » (Perriault, 1994).

4.3.2.1 Les compétences spatiales

Les jeux vidéo renforcent non seulement la capacité d'interpréter en trois dimensions des images planes statiques, mais améliorent également les facultés nécessaires pour transformer, manipuler et relier mentalement des images dynamiques et changeantes. Beaucoup de jeux vidéo sont basés sur ce type d'opérations cognitives de l'assemblage spatial. Cette faculté est renforcée par la télévision et le cinéma, qui ne montrent pas tout l'espace d'un coup mais par fragments. L'utilisateur effectue alors un assemblage spatial qui consiste à rassembler mentalement tous ces fragments pour reconstruire l'espace. L'opération qui consiste à relier mentalement les différents écrans qui se succèdent, permet à Patricia Marks Greenfield d'introduire la notion de « carte mentale du joueur » (Greenfield, 1994).

L'assemblage mental effectué par le joueur pour recomposer l'espace, est comparable à un collage de captures d'écran pour reconstituer un niveau de jeu tel que nous le voyons sur la **Figure 95**.

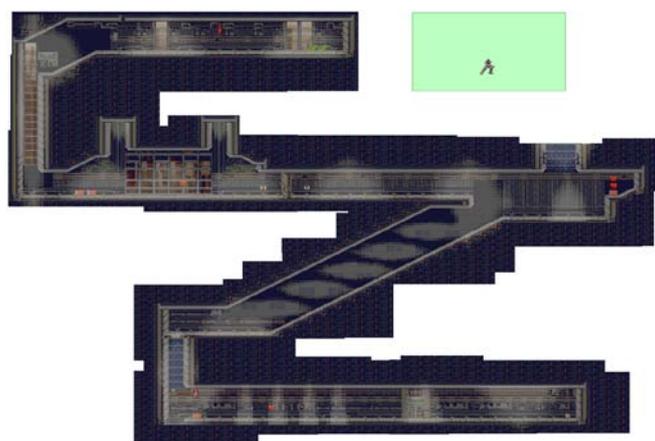


Figure 95. Reconstitution par captures d'écran du niveau 01 du jeu vidéo *Abuse* [44]. En vert : la taille de l'écran, à l'intérieur : un personnage. Sur *Wikipédia*.

Par rapport à la représentation de l'espace, trois habiletés ont été étudiées par Lynn Okagaki et Peter A. Frensch (Okagaki & Frensch, 1994 ; cité par Perriault, 1994) :

- La « perception spatiale », qui est la capacité d'inférer la situation d'un objet à partir de la sienne propre.
- La « rotation mentale », qui est la capacité d'imaginer la rotation d'un stimulus visuel.
- la « visualisation spatiale », qui intègre les deux précédentes et les organise au moyen de diverses stratégies.

4.3.2.2 *L'attention visuelle*

En plus des compétences spatiales, les jeux vidéo développent des compétences attentionnelles car le joueur doit visualiser plusieurs informations qui apparaissent simultanément à différents endroits de l'écran. Un joueur pour survivre doit « dédoubler » son attention en différents points de son champ visuel. Les expériences menées par Patricia Marks Greenfield (Greenfield, 1994) démontrent que les joueurs chevronnés étaient aptes à accorder une attention périphérique à l'endroit de l'écran où apparaissent des événements peu probables, tout en concentrant une attention principale sur un autre endroit où apparaissent des événements très probables. La mise en attente de la perception, basée sur la probabilité d'apparition d'un événement, fonctionne comme des tactiques permettant aux pratiquants de jeux vidéo de maîtriser les informations en parallèle de l'écran vidéo.

L'attention visuelle, comme mécanisme actif d'intégration de l'information pour la réalisation d'une tâche donnée, est l'objet d'étude des sciences cognitives. Les opérations concernant l'attention visuelle sont la sélection de l'information (pour traiter une information préférentielle et optimiser son comportement), la focalisation attentionnelle (pour déterminer une zone d'intérêt qui attire le regard), la mobilisation de ressources attentionnelles dans la concentration et l'effort (pour conserver un degré de vigilance). Ces mécanismes attentionnels dépendent de la motivation de l'individu en fonction de la tâche à effectuer.

Concernant la sélection en présence de stimuli visuels multiples, Julie Palix (Palix, 2006) précise que « deux stimuli dans le même champ récepteur ne sont pas traités de façon indépendante mais interagissent dans un sens mutuellement suppressif. Par exemple, si le bon stimulus provoque un certain taux de décharge, un stimulus pauvre produit un faible taux de décharge, et la réponse aux deux stimuli simultanés est moindre par rapport à celle du bon stimulus⁹⁸ ». Dans la recherche visuelle, l'attention sélective en parallèle rejoint la théorie de similarité (« Similarity theory ») de Duncan et Humphreys selon laquelle le stimulus-cible serait traité plus efficacement que les stimuli voisins (Duncan & Humphreys, 1989) : « Quel que soit le type de recherche, la difficulté augmente lorsque la similarité entre cible et non-cibles (similarité C-N) croît et que la similarité entre non-cibles (similarité N-N) décroît » (Duncan & Humphreys, 1989 ; cité par Palix, 2006). Il est donc plus facile de trouver un élément à l'écran s'il se distingue des autres (par sa forme, sa couleur, etc.). L'information sélectionnée entre alors en mémoire visuelle à court terme.

⁹⁸ Basé sur les enregistrements du comportement de cellules nerveuses (Reynolds, Chelazzi, & Desimone, 1999; Moran & Desimone, 1985) et de régions corticales (Kastner & Ungerleider, 2000 ; Kastner, 2003).

4.3.2.3 *La maîtrise d'un code iconique*

La pratique des jeux vidéo renforcerait l'apprentissage d'un savoir-faire technologique, c'est-à-dire l'apprentissage d'un code iconique propre à l'informatique (Perriault, 1994). Les icônes affichées à l'écran assistent la navigation de l'utilisateur. Si ce dernier infère la signification des différents signes iconiques, sa navigation en est d'autant plus facilitée. Dans les domaines liés aux technologies de l'information et de la communication, nous pouvons prédire que l'utilisation d'un code iconique facilite l'accès aux interfaces visuelles. La navigation dans un environnement donné dépend directement de la perception qu'a l'utilisateur de la logique des familles de signes employées (Cartier, 2004) : « C'est l'utilisation de certaines règles de construction graphique qui génère la grammaire du code iconique et c'est la cohérence des combinatoires qui lui confère sa logique ».

4.3.2.4 *La découverte par induction et par abduction*

Le joueur, lorsqu'il commence le jeu, ne connaît pas les règles à l'avance. La méthode qui consiste à faire des observations, à formuler des hypothèses, et à découvrir les règles cachées par des tâtonnements successifs, par des essais et des erreurs, est la méthode cognitive employée dans la recherche par induction (Greenfield, 1994). Ce processus nous permet de maîtriser progressivement l'environnement dans lequel nous nous trouvons.

Jacques Perriault (Perriault, 1994), en se référant aux travaux de (Lawer, 1985) et sans toutefois remettre les hypothèses de Patricia Marks Greenfield en question, souligne la proximité de deux processus de découverte dans les jeux vidéo : l'induction et l'abduction.

Si nous revenons à la théorie logique de Peirce, dans notre façon de raisonner, l'abduction intervient avant l'induction, selon la conception triadique suivante (Peirce, 1998) :

- L'abduction est de l'ordre de la priméité (la catégorie du sensible) : probablement,
- L'induction est de l'ordre de la secondéité (la catégorie de l'actualisation) : effectivement,
- La déduction est de l'ordre de la tiercéité (la catégorie de la médiation) : certainement.

L'abduction, contrairement à l'induction et à la déduction, est le seul mode de raisonnement qui nous permet d'aboutir à des connaissances nouvelles. L'abduction consiste à introduire une règle à titre d'hypothèse afin de considérer ce résultat (« curieux et inexplicable ») comme un cas conforme à cette règle (« règle » vers « cas »). Ainsi, l'abduction est le processus de formation d'une hypothèse générale sans l'assurance qu'elle réussisse, elle tente une interprétation immédiate et sensible du phénomène. L'induction permet la généralisation de conception et une mise à l'épreuve des conséquences tirées des hypothèses posées (« cas » vers « règle »). La déduction tire des conséquences et construit du sens, elle met en relation des prémisses vraies et en tire une conclusion certaine. « Dans cette perspective l'abduction produit des idées et des concepts à expliquer, l'induction participe à la construction de l'hypothèse abductive en lui donnant de la consistance et la déduction, à partir de cette construction, formule une explication prédictive. [...] L'abduction est décrite par Peirce comme un aperçu créatif (« a creative insight ») pour résoudre un problème surprenant,

une expérience qui déçoit une anticipation ou qui entame une habitude⁹⁹ ». Umberto Eco appelle ce raisonnement abductif la « méthode du détective » (Eco, 1999), faisant référence aux méthodes de Sherlock Holmes.

4.3.2.5 *La maîtrise de systèmes complexes*

Les jeux vidéo favorisent la maîtrise de systèmes complexes fonctionnant à partir de multiples variables dynamiques en interaction (Greenfield, 1994) : le joueur, pour mener à bien sa mission, doit être capable de gérer les différentes entités intrinsèques à l'environnement de jeu. Ces entités ne doivent pas être traitées une par une, mais toutes en même temps, car la modification de l'une d'entre elles peut changer les autres.

Par définition, un système est constitué d'un grand nombre d'entités en interaction. Il est dit complexe lorsque le comportement du système n'est pas prédictible directement en connaissant les règles. Pour Jean-Louis Le Moigne (Le Moigne, 1999), un système complexe n'est pas réductible à un modèle fini, quels que soient sa taille, le nombre de ses entités et l'importance de leurs relations. Il s'oppose au système compliqué, qui est prévisible et réductible à un modèle calculable et explicatif. Même si le système complexe ne peut être réduit à un modèle unique, il n'en reste pas moins compréhensible.

Le modèle est une représentation schématique qui consiste à rendre compte ou à offrir une simulation d'un phénomène complexe ou compliqué. Les jeux vidéo comme systèmes de règles sont des systèmes modélisables. Comme nous l'avions évoqué dans le sous-chapitre intitulé « Les narrations interactives vidéoludiques » (**en page 93**), il y a les « jeux de progression » et les « jeux d'émergence » (Juul, 2005). Nous pouvons alors admettre que la première catégorie renvoie à des systèmes compliqués étant donné que les événements sont prédéfinis par avance, et que la deuxième catégorie renvoie à des systèmes complexes incluant les notions d'émergence et d'incertitude.

Pour Jean-Louis Le Moigne, dans un système complexe l'« organisation est active », c'est-à-dire que le système s'auto-organise. Ainsi, modéliser un système complexe c'est d'abord modéliser un système d'actions ; et pour que la modélisation soit possible, il faut d'abord formuler le « projet », c'est-à-dire définir la finalité du système par rapport au phénomène considéré (car contrairement aux systèmes compliqués, la finalité du système n'est pas donnée dans un système complexe, il faut la construire). Cette approche systémique, par opposition à la modélisation analytique, ne simplifie pas le problème pour obtenir un modèle fermé (Le Moigne, 1999).

La modélisation du système de jeu (« game system ») permettrait alors d'expliquer (pour les jeux vidéo compliqués) ou de comprendre (pour les jeux vidéo complexes) le fonctionnement du jeu par les concepteurs. Le modèle devient ensuite support de communication car il permet à l'équipe de conception de raisonner.

⁹⁹ Sur le site *Wikipédia* : http://fr.wikipedia.org/wiki/Abduction_%28%C3%A9pist%C3%A9mologie%29

4.3.2.6 *Le transfert*

Les observations de Jacques Perriault (Perriault, 1994) sur l'acquisition et la construction de connaissances par les jeux informatisés, concernent en partie les habilités acquises ou renforcées qui seraient transférables dans d'autres activités. Il y a deux catégories de transfert : la première concerne le passage de l'activité ludique à une autre activité quelconque, la deuxième concerne l'application des compétences à des activités scientifiques et techniques.

Pour la première catégorie, Perriault se base sur les travaux de (Salomon, 1979) et de (Okagaki & Frensch, 1994) : les observations portent sur la représentation spatiale et les habilités de visualisation acquises lors de la pratique des jeux vidéo et transférées automatiquement à une situation nouvelle proche de la situation antérieure. Pour la deuxième catégorie, Perriault se base sur les travaux de (Greenfield, 1994) et (Greenfield & al., 1994) : les jeux vidéo ont une influence positive en mathématique et en technologie, la représentation iconique est mise en évidence pour le transfert à des applications scientifiques de l'ordinateur, et enfin, les jeux de simulation provoquent des compétences transférables au pilotage et à la conduite automobile.

En ce qui concerne les communautés virtuelles, Vincent Berry précise que les jeux vidéo en ligne révèlent des apprentissages liés à des domaines plus larges que l'informatique (Berry, 2006) : « apprentissage au « multitâche », à des formes spécifiques de socialisation, à des modes de consommation critique, à une co-construction d'un univers culturel, des créations littéraires, audiovisuelles, graphiques ... ». Selon lui, « les compétences transférables qu'acquiert les joueurs ne relève pas directement du jeu mais du méta-jeu, à savoir de l'ensemble des activités qui accompagnent l'activité ludique. Le potentiel éducatif de ces jeux repose ainsi moins sur leur contenu que sur les activités qui ont lieu autour du contenu ».

4.3.3 *L'apprentissage visé par les jeux vidéo*

Nous abordons une deuxième catégorie de jeux vidéo, celle où l'apprentissage n'est plus informel mais bien recherché. Les spécialistes des méthodes de l'éducation et de la transmission du savoir reconnaissent le caractère éducatif des jeux. Le jeu est vecteur d'apprentissage à quatre niveaux : le savoir, le savoir-faire, le savoir-être et le vouloir-être.

4.3.3.1 *Le ludo-éducatif*

Catherine Kellner, en se basant sur son corpus de CD-Rom ludo-éducatifs (Kellner, 2007), déduit qu'un jeu considéré comme éducatif ne l'est pas forcément : « On trouve assez peu de produits réellement « ludo-éducatifs » mais plus souvent des activités strictement scolaires camouflées sous une interface agréable. Mais les enfants ne sont pas dupes, on pense leur mettre à disposition un jeu, ils se rendent bien compte que cela n'en est pas un ».

Catherine Kellner pose la question de la compatibilité du jeu avec l'apprentissage (Kellner, 2007), et ce à deux niveaux. Premièrement, les termes « ludo » et « éducatif » sont-ils antinomique ? Faisant référence aux définitions du jeu faites par des théoriciens tels que Johan Huizinga, qui définit le jeu comme une action libre, dénuée de tout intérêt matériel et

de toute utilité (Huizinga, 1988), ou Roger Caillois, pour qui le jeu est une activité improductive (Caillois, 1992), ou encore Jacques Henriot, qui met en évidence la gratuité « antécédente » qui se situe en amont du jeu (Henriot, 1989), il semble qu'il y ait « une réelle ambiguïté dans l'association des termes de jeu et d'éducatif, le suffixe « if » impliquant l'idée de but à atteindre et remettant donc en question la gratuité antécédente d'une situation. [...] Pour qu'elle remplisse correctement sa fonction de jeu, l'activité doit pouvoir rester gratuite, aux yeux des enfants ». Deuxièmement, le jeu peut-il rester jeu dans la mesure où il contient des règles établies par un autre ? Sur ce, Jean Château, explique que l'enfant accepte progressivement des règles étrangères et arbitraires lorsqu'il désire intégrer le jeu d'un groupe d'enfants (Château, 1967 ; cité par Kellner, 2007).

Comme le précise Sophie Blandinières, l'activité ludique a deux avantages (Blandinières, 2003) « que sont la motivation à l'action et l'expérience de la socialisation. En effet, exploiter le jeu dans un cadre d'apprentissage, c'est opérer un subtil déplacement des enjeux ».

Joël Poix et Sébastien Genvo, mettent en évidence les difficultés rencontrées pour la conception d'un jeu vidéo éducatif (Poix & Genvo, 2003), et soulignent l'importance de la présence de l'enseignant, « troisième et indispensable pôle » dans la relation entre le média et l'apprenant. Dans la représentation que ce fait l'enfant du jeu vidéo (un environnement qui évoque le divertissement, avec la console de jeu comme symbole), la première difficulté consistera à faire accepter le logiciel en tant que jeu, la deuxième sera de le faire jouer sur ce support. Une autre difficulté est liée aux capacités d'interprétation des signes : quelle sémiotique utiliser pour être sûre que les signes soient bien compris par l'apprenant ?

4.3.3.2 *Les serious games*

En nous basant sur l'étude identifiant les caractéristiques, les usages et les différentes familles de serious gaming, effectuée pour l'IDATE¹⁰⁰ (Michaud & Alvarez, 2008), « la vocation d'un serious game est d'inviter l'utilisateur à interagir avec une application informatique dont l'objectif est de combiner des aspects d'enseignement, d'apprentissage, d'entraînement, de communication ou d'information, avec des ressorts ludiques et/ou des technologies issus du jeu vidéo. Une telle association a pour but de donner à un contenu utilitaire (serious), une approche vidéo-ludique (game). Elle s'opère par la mise en relation d'un scénario utilitaire avec un scénario ludique ». Les serious games peuvent être classés en trois grandes catégories :

- les serious games à message,
- les serious games d'entraînement,
- les serious games de simulation ou serious play.

America's Army [1], serait considéré comme le premier serious game. Ce jeu de tir à la première personne, a été développé en 2002 au profit de l'armée des États-Unis pour simuler des exercices d'entraînement, puis déposé gratuitement sur Internet, il a été téléchargé 17 millions de fois jusqu'en 2004 (**Figure 96**). Les domaines d'application du serious gaming

¹⁰⁰ IDATE Consulting & Research. Centres d'études et de conseil en Europe, fondé en 1977 (Montpellier, France). www.idate.org

sont les secteurs de la défense, de l'enseignement et de la formation, de la publicité, de l'information et de la communication, de la santé, de la culture (Michaud & Alvarez, 2008).



Figure 96. *America's Army* [1], un serious game pour le compte de l'armée des États-Unis.

2025exmachina [44], un serious game d'éducation critique à Internet, proposé dans le cadre d'*Internet sans crainte*¹⁰¹, lance son premier épisode sur les réseaux sociaux. Ce serious game en ligne, basé sur le principe de l'immersion, sur le ressort du jeu et sur l'univers du thriller high-tech, cherche à provoquer certains comportements chez les utilisateurs d'Internet pour que ce dernier devienne un espace plus sûr. Il aborde les questions¹⁰² :

- de la responsabilité et de l'impact des actions des jeunes sur le web
- de la dimension temporelle du web
- du rapport entre vie privée et vie publique
- du devenir des réseaux et de la responsabilité collective face à ses évolutions

Entre le « ludo-éducatif » et les « serious games », les jeux vidéo, vecteurs d'apprentissages, sont de plus en plus présents dans la formation professionnelle et s'infiltrent timidement dans l'enseignement. Selon Yvan Hochet, enseignant et co-fondateur en 1999 du *Réseau Ludus : jouer en classe* [23], il y a quatre raisons à la faible utilisation des jeux vidéo dans un cadre scolaire (Hochet, 2008):

¹⁰¹ *Internet sans crainte*, programme national de sensibilisation des jeunes aux bons usages de l'Internet : <http://www.internetsanscrainte.fr/>

¹⁰² Disponible dans l'espace pédagogique du site : <http://www.2025exmachina.net/espace-pedagogique/presentation>

- les réticences des enseignants (coûts, besoins de formation, aspects techniques),
- la défiance de l'opinion publique (une culture de l'excès)
- le virage de la production dans les années 1980 (moins aisément « détournable »)
- les idéologies véhiculées (dans *Sim City* [64], classe laborieuse = classe dangereuse)

Yvan Hochet souligne que les réticences, dans l'Éducation nationale, viennent plus des enseignants que des institutions. Il conclut que les jeux vidéo sont un objet culturel comme un autre et que les enseignants se doivent de donner du sens à l'environnement des élèves.

4.4 L'art de la mémoire

La mémoire est une faculté cognitive qui nous permet de conserver et de restituer des idées antérieures acquises, c'est-à-dire qu'elle nous permet de stocker des informations pour se souvenir.

En 1885, le psychologue allemand Hermann Ebbinghaus¹⁰³ (1850-1909) appliqua de nouvelles méthodes expérimentales pour évaluer la mémoire (notamment avec les syllabes sans signification). La « courbe de l'oubli » qu'il représente suit une asymptote (**Figure 97**), ce qui signifie que nous perdons constamment de l'information, et en particulier de manière brutale le premier jour ; en contre partie, nous n'oublions jamais tout totalement.

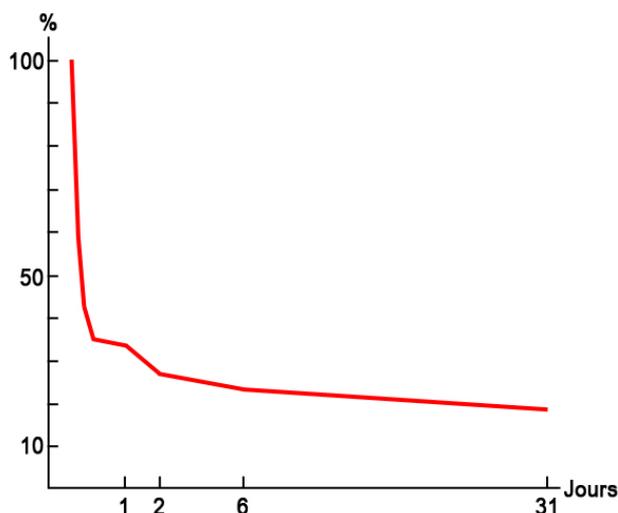


Figure 97. « Courbe de l'oubli » selon Ebbinghaus.

Robert Morris s'engage dans une expérience artistique pour « mesurer la mémoire ». Ses *Memory drawings* forment un ensemble de cinq œuvres réalisées à des dates différentes sur le principe de la répétition : chaque œuvre est un texte écrit à l'encre noire sur une feuille de papier. Le texte à écrire est toujours le même, la feuille a toujours la même dimension et les gestes de l'artiste sont toujours les mêmes (dans la mesure du possible). Katia Schneller dit que « la réalisation de ces œuvres soumet donc l'artiste à des règles prédéfinies exigeant de

¹⁰³ Hermann Ebbinghaus, *Memory: A Contribution to Experimental Psychology*, 1885-1913.

lui la stricte répétition des gestes originellement déployés. L'action ainsi entièrement maîtrisée ne laisse aucune place à l'improvisation et oblige l'artiste à mettre de côté toute expression libre de sa propre subjectivité ». C'est « la fragilité du souvenir » que Katia Schneller décèle dans les œuvres de l'artiste Robert Morris. Elle tente de comprendre comment le processus de détérioration des images mémorisées est matérialisé dans les *Memory drawings* : « La juxtaposition des *Memory Drawings* dans l'ordre de leur exécution (comme l'exige leur présentation) permet au spectateur de constater les minuscules changements qui s'opèrent autant dans le sens du texte par la substitution d'un mot à un autre, que dans son allure formelle par l'intervention de ratures ou d'un astérisque. Leur mise en série offre au regard la transformation encourue par la matrice d'une empreinte à l'autre, due à la fragilité inhérente à la mémoire » (Schneller, 2006).

La psychologie cognitive divise la mémoire en trois systèmes :

- La mémoire sensorielle : très brève (quelques millisecondes), ne dure que le temps de la perception visuelle (iconique) ou auditive (échoïque)
- La mémoire à court terme (ou mémoire de travail) : mémoire immédiate qui nous permet de stocker un nombre limité d'informations
- La mémoire à long terme : n'a pas de limite de durée ni de capacité

Les informations que nous percevons sont organisées par des sous-systèmes tels que :

- La mémoire procédurale (implicite) : le savoir-faire, permet d'acquérir et d'utiliser des compétences motrices
- La mémoire déclarative (explicite) : le savoir-dire, mémorise les informations verbales
- La mémoire épisodique : concerne la représentation des événements situés dans le temps et dans l'espace personnellement vécus
- La mémoire sémantique : concerne le sens des mots, sert à l'acquisition de connaissances générales sur le monde

Les principes de mémorisation ne sont pas simples : il y a plusieurs mémoires, il y a donc plusieurs méthodes et techniques de mémorisation selon l'apprentissage souhaité.

4.4.1 Des supports externes à la mémoire

Prenons l'exemple d'un cas extrême, celui d'un homme qui a des troubles de mémoire. C'est ce qui arrive à l'acteur principal du film *Memento* [74], suite à un traumatisme crânien. Il oublie alors toutes les nouvelles informations au bout de quelques instants. Pour se souvenir, il se tatoue les informations récentes sur le corps (**Figure 98**), ou prends des photographies à l'aide de son appareil instantané, sur lesquelles il y adjoint des remarques.

Le personnage a recours à la prise de notes (tatouages, remarques, ...) et aux images (photos) pour palier aux défaillances de sa mémoire. Le corps et les photos sont des supports de représentations externes mais ils ne jouent pas le même rôle : le support photographique permet de faire des associations entre les éléments graphiques de l'image et les mots écrits.



Figure 98. Le corps comme support de représentation externe, dans le film *Memento* [74].

Analysons maintenant un cas semblable, où le corps est toujours support de représentation externe contre l'oubli. Dans la série *Prison break* [75], le prisonnier possède un tatouage sur toute la partie supérieure de son corps. Le tatouage est une carte qui représente le plan de la prison et qui va l'aider à s'évader : « Imaginez la prison comme une carte des États-Unis, nos cellules sont à New-York, l'infirmerie et notre sortie sont en Californie, et sous nos pieds pour les relier, nous avons la route 66¹⁰⁴ » (**Figure 99**). Rappelons que le prisonnier est volontairement entré dans la prison pour faire sortir son frère. Il a donc pris le temps d'étudier les plans de la prison avant de se faire incarcérer, et il est le seul à connaître les signes qui constituent son tatouage. L'association se fait à deux niveaux : d'une part, les signes utilisés sur la carte sont mis en relation avec les lieux de la prison et les actions à y effectuer, d'autre part, les lieux du corps sont mis en relation avec le plan de la prison et avec le territoire des États-Unis. Le corps devient support de représentation externe et fournit un sens de lecture, un parcours à suivre.

¹⁰⁴ *Prison Break* [75], saison 1, épisode 8, intitulé « Route 66 ».



Figure 99. Le corps est support de représentation externe et parcours à suivre.
Prison Break [75], saison 1, épisode 4 intitulé « Alchimie ».

Pour compléter cette approche par le corps, nous pouvons évoquer l'exemple d'un cas particulier qui se coinçait le doigt dans la porte afin de ne pas oublier une tâche importante à accomplir dans la journée. Le corps est toujours support externe, mais dans ce cas, la personne n'a pas besoin de regarder la marque (un hématome par exemple) sur le doigt pour se souvenir de la tâche à effectuer, c'est la douleur qui va lui rappeler. Ce n'est pas la vision qui est à l'origine de l'association mais le sentiment ressenti.

4.4.2 « Loci » et « images »

La mnémotechnique est l'ensemble des méthodes qui facilitent la mémorisation par associations d'idées (les mnémoniques).

Le site Internet *MindTools* [29] propose un système mnémotechnique basé sur trois principes fondamentaux :

- L'imagination : les images mentales que nous utilisons pour créer des mnémoniques efficaces. Les images peuvent être vives, violentes, sensuelles, ...
- L'association : est la manière de lier les images entre-elles :
 - « Ranger » les images les unes sur les autres
 - « Fusionner » les images
 - « Envelopper » les images
 - « Tourner » les images les unes autour des autres
 - Lier les images par couleur, forme, odeur, sentiment, ...
- La localisation : offre un cadre pour placer les images

Les méthodes mnémotechniques permettant d'améliorer la mémoire étaient déjà utilisées par les orateurs de l'antiquité dans le but de prononcer un long discours sans oublis (Yates, 1987) : dans son livre intitulé *L'art de la mémoire*, Frances Amelia Yates tente de reconstituer l'histoire de la mémorisation fondée sur des « images » et des « lieux ». Les récits qui vont suivre sont ceux que l'auteur a repris dans les trois sources latines suivantes : le *De oratore* de Cicéron, *l'Institutio oratoria* de Quintilien et *l'Ad Herennium libri IV* d'auteur inconnu.

Les principes de l'art de la mémoire furent suggérés au poète Simonide de Céos (556 environ à 468 avant Jésus-Christ), lors d'un banquet donné par un noble de Thessalie qui s'appelait Scopas. Alors que Simonide s'absenta un moment du banquet, le toit s'effondra en écrasant tous les hôtes de la table. Finalement, Simonide, le seul survivant, était capable de les identifier en se remémorant les places de chacun. Avec cette mésaventure, « il comprit qu'une disposition ordonnée est essentielle à une bonne mémoire » (Yates, 1987). Cet extrait que Frances Amelia Yates relate, provient du *De oratore* de Cicéron décrivant brièvement la mnémotique des « lieux » et des « images » (« loci » et « imagines »). Elle cite : « aussi, pour exposer cette faculté du cerveau, doit-on, selon le conseil de Simonide, choisir en pensée des lieux distincts, se former des images des choses qu'on veut retenir, puis ranger ces images dans les divers lieux. Alors l'ordre des lieux conserve l'ordre des choses ; les images rappellent les choses elles-mêmes¹⁰⁵ » (Yates, 1987).

Cette référence aux « lieux » est pour nous importante dans la mesure où nous conservons le rapport aux espaces archéologiques et architecturaux. Ainsi, son analyse se poursuit en soulignant les propos de Quintilien qui fait allusion à un bâtiment pour décrire le procédé mnémotique¹⁰⁶ : « Pour former une série de lieux dans la mémoire, il faut, dit-il, se rappeler un bâtiment, aussi spacieux et varié que possible, avec l'atrium, la salle de séjour, les chambres à coucher, les salons, sans omettre les statues et les autres ornements qui décorent les pièces. Les images qui doivent rappeler le discours [...] sont alors placées en imagination dans les lieux qui ont été mémorisés dans le bâtiment. Cela fait, dès qu'il s'agit de raviver la mémoire des faits, on parcourt tous ces lieux tour à tour et on demande à leur gardien ce qu'on y a déposé. [...] La méthode garantie qu'on se rappelle les différents points dans le bon ordre, puisque l'ordre est déterminé par la succession des lieux dans le bâtiment » (Yates, 1987).

Ces récits mettent en évidence des règles pour améliorer la mémoire. Une attention particulière est accordée à la notion d'ordre pour que le discours des orateurs suive un sens logique. Dans son chapitre sur la mémoire¹⁰⁷, *l'Ad Herennium* évoque cette règle pour les « lieux » : « si nous voulons nous rappeler beaucoup de choses, nous devons nous munir d'un grand nombre de lieux. Condition essentielle : les lieux doivent former une série et on doit se les rappeler dans l'ordre, de façon à pouvoir commencer à partir de n'importe quel « locus » dans la série et avancer ou reculer à partir de lui. [...] La mise au point des « loci » est de la plus grande importance, car le même ensemble de « loci » peut être utilisé plusieurs fois pour se rappeler des choses différentes. Les images que nous y avons disposées pour nous rappeler

¹⁰⁵ Cicéron, *De oratore*, II, LXXXVI, 351-354, terminé en 55 avant J.C.

¹⁰⁶ Quintilien, *Institutio oratoria*, XI, II, 17-22.

¹⁰⁷ Ad Herennium, III, XVI-XXIV, 86-82 avant J.C.

un ensemble de choses s'évanouissent et s'effacent quand nous ne les utilisons plus. Mais les « loci » restent dans la mémoire et nous pouvons les utiliser de nouveau en y disposant un autre ensemble d'images destinées à un autre ensemble de choses. Pour être sûrs que nous ne nous trompons pas en nous rappelant l'ordre des « loci », il est utile de mettre tous les cinq lieux un signe distinctif » (Yates, 1987).

La règle pour les images en est la suivante : tout d'abord, il y a deux types d'images, un type pour les « choses » (*res*, le sujet du discours) et un type pour les mots (*verba*, le langage utilisé pour ce sujet). Concernant le choix des images, l'auteur de l'*Ad Herennium* préconise l'emploi d'« images frappantes et inhabituelles, belles ou hideuses, comiques ou grossières », des images qui restent plus longtemps présentes à l'esprit et qui provoquent des « chocs émotionnels » (Yates, 1987).

L'*Ad Herennium* constitue la source de nombreux ouvrages traitant de la mémoire à travers les époques ; y figure la notion de mémoire artificielle « renforcée ou consolidée par l'exercice ».

4.4.3 Les métaphores de mémoire

L'usage de la métaphore spatiale expliquée ci-dessus est également évoqué par Andreas Dieberger (Dieberger, 1997). Selon lui, les principaux problèmes dans les systèmes d'information est de savoir comment localiser l'information et puis de savoir comment retrouver celle qui a déjà été consultée. Il préconise pour cela, l'utilisation de métaphores de navigation appropriées pour aider à concevoir des structures d'informations faciles à comprendre et faciles à utiliser. La métaphore de la ville qu'il propose, est un exemple qui permet de montrer à l'utilisateur l'ensemble de la structure d'informations pour qu'il puisse naviguer et mémoriser les informations plus facilement.

À propos de la métaphorisation du contenu de l'hypermédia, l'hypothèse de la métaphore comme assistance à la mémorisation est reprise par Anne-Sophie Collard (Collard, 2004) : « la métaphore hypermédiatique pourrait donc être un agent de mémorisation de l'ensemble de la structure hypertextuelle pour permettre à l'utilisateur de se souvenir de l'endroit où il se trouve dans le dispositif, ou de se rappeler où et comment une information a été trouvée. [...] Cette propriété mnémonique pourrait se révéler intéressante pour répondre aux problèmes liés à la navigation dans le dispositif hypermédia ».

Pierre Fastrez, partage l'idée que les métaphores permettent de comprendre comment l'utilisateur conceptualise l'hypertexte qu'il manipule (Fastrez, 2002) : « plus spécifiquement, dans le cas des hypertextes, une métaphore spatiale structurant l'interface contribuerait à l'élaboration d'une représentation d'ensemble du document, équivalente à une 'cognitive map' d'un environnement réel ». Les liens entre « métaphore spatiale » et « carte mentale » sont ici évidents, car ils rendent compte de la façon dont une personne mémorise l'espace pour naviguer et s'orienter.

Conclusion : sur les chemins de la gloire¹⁰⁸

Notre travail consistera donc à rendre l'idée d'un élément construit, partiellement détruit ou complètement disparu. Ces trois états faisant référence à l'architecture et à l'archéologie, c'est-à-dire au patrimoine culturel bâti. Le terme « bâti » ne renvoie pas seulement aux édifices actuels, mais aussi à ceux qui ont disparus ; d'une manière générale au patrimoine matériel¹⁰⁹.

Cet élément du patrimoine culturel bâti sera restitué aux publics-apprenants. Nous entendons par là des « novices éclairés », à savoir toutes les personnes non expertes dans le domaine désireuses d'apprendre. Il peut s'agir d'élèves dans une salle de classe ou d'amateurs d'art dans un musée. Dans ce cas, nous distinguerons des temps d'apprentissage différents selon les styles et les situations d'apprentissage.

La notion de « styles d'apprentissage » met en évidence des différences individuelles dans la manière de percevoir, de (se) représenter, d'interpréter, de résoudre des problèmes, de mémoriser. La notion de « situations d'apprentissage », quant à elle, nécessite l'utilisation d'instruments médiateurs, c'est-à-dire des interfaces appropriées comme espaces de représentation (par exemple les cédéroms ou sites Internet tels qu'ils apparaissent à l'écran), qui peuvent appartenir, dans un cadre plus large, à des dispositifs éducatifs.

La prise en compte des notions de « style » et de « situation » d'apprentissage, conduit la médiation culturelle à mettre en œuvre des stratégies à deux niveaux :

- Les stratégies didactiques visent à améliorer l'efficacité cognitive qui s'installe entre l'apprenant et le système d'apprentissage.
- Les stratégies pédagogiques visent à améliorer la relation qui s'installe entre l'apprenant et l'institution culturelle (par exemple un enseignant dans un cadre scolaire, ou un guide dans un musée).

¹⁰⁸ En référence au film de Stanley Kubrick : *Les sentiers de la gloire* (*Paths of glory*), 1975.

¹⁰⁹ À distinguer du patrimoine culturel immatériel (« traditions et expressions orales » par exemple), dont une liste est disponible sur le site de l'UNESCO : <http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?pg=00011>.

De par l'usage des technologies éducatives et culturelles, il semble que les instruments et dispositifs existants ont des capacités à transmettre des informations patrimoniales aux publics, mais en définitive ils ne tiennent pas compte des différents profils d'apprentissage et manquent de réels buts cognitifs et pédagogiques.

Les attraits de l'hypermédia, à savoir l'hypertexte et le multimédia, orientent notre lecture et nos interprétations durant la navigation dans l'espace d'informations. La navigation interactive au sein d'un hypermédia n'est pas un acte neutre ; d'abord, l'organisation des informations sous forme d'hypertexte amène l'utilisateur à construire son propre parcours, remettant ainsi en cause la cohérence d'une lecture linéaire ; ensuite, la présentation des informations multimodales engage l'utilisateur dans un certain rapport entre le signe perçu et ce qu'il signifie, et tous les utilisateurs, selon leurs préférences, comprennent ce rapport de différentes manières.

Une lecture non-linéaire ne signifie pas que le discours construit par l'utilisateur ne soit pas cohérent ; l'intérêt de la structure hypertextuelle réside justement dans la possibilité qu'elle offre de construire un parcours qui fait sens à son créateur, à partir des unités d'information et des liens sémantiques qu'elle propose.

La navigation hypermédia propose des accès différents pour une même information. Nous l'aurons compris, le terme « accès » renvoie d'une part, à la multiplicité des chemins cohérents pour trouver l'information, d'autre part, à la diversité des modes de présentation pour percevoir et comprendre l'information.

Dans ce contexte de la recherche et de la manipulation d'informations, notre première hypothèse de proposition consistera à établir une trame d'apprentissage en superposant un parcours topographique et un parcours cognitif. Nous présumons que cette structure à double couches peut améliorer l'apprentissage par l'intermédiaire des chemins (de l'information et de la connaissance) qu'elle offre et par sa capacité à encourager une attitude ludique.

Dans une approche sémio-cognitive nous pouvons tenter de situer l'expérience des signes perçus dans l'ensemble des activités cognitives qui ont lieu pendant la navigation au sein de l'hypermédia.

Les jeux vidéo sont des exemples d'environnements sémiotiques mettant en œuvre diverses opérations cognitives.

Tout d'abord, ils encouragent leurs utilisateurs à suivre des parcours interprétatifs. En effectuant un parcours à travers les signes vidéoludiques, le joueur exerce une activité qui nécessite la mise en œuvre d'opérations cognitives similaires à celles de la lecture d'un texte (Vandendorpe, 1998).

Les jeux vidéo mettent en scène un récit. Nous retrouvons, au cœur même de l'intrigue, un processus de découverte, basé sur l'induction et l'abduction, qui rend possible le décryptage des indices et la résolution des énigmes.

Supports de représentation, de création, de détournement, d'apprentissage, les jeux vidéo sont des formes malléables et hybrides, qui incitent leurs concepteurs à établir les mécanismes

favorisant la représentation et l'interaction afin d'immerger le joueur dans l'œuvre vidéoludique.

Tout système basé sur l'interactivité ne s'actualise qu'à partir du moment où l'utilisateur accepte de s'y engager. La scénarisation peut investir l'utilisateur dans l'espace de navigation et favoriser l'acquisition de nouvelles connaissances : alors que l'apprenant se laisse orienter par sa curiosité, dans l'ambiguïté, le processus d'apprentissage est temporairement mis de côté ; la motivation se mêle à l'incertitude, au mystère, et le fil narratif devient la voie principale de connaissance.

Notre deuxième hypothèse de proposition consistera donc à établir un fil narratif entre les différentes unités d'apprentissage, calqué sur les parcours topographique et cognitif. Nous présumons que ce « fil sémantique » est capable de tisser des liens significatifs pour l'apprenant, en vue de construire un discours cohérent.

Au niveau de l'interface, il est utile d'organiser graphiquement les contenus à l'écran pour offrir à l'utilisateur un espace d'information lisible. La compréhension que l'utilisateur se fait de cet espace, de par son partitionnement, ses mises en relation entre les unités, ses signes, ses traces, va avoir une influence sur les représentations qu'il va construire. La compréhension s'appuie sur les représentations que l'apprenant a déjà pour en construire de nouvelles.

Notre troisième et dernière hypothèse de proposition consistera à matérialiser la carte mentale de l'apprenant pour créer une carte mémorielle. Nous présumons que cette carte, basée sur la métaphore, permet à l'apprenant de s'orienter, et qu'elle assiste sa représentation, sa construction de connaissances et leur mémorisation.

En nous référant à la cartographie, les premières mesures d'assistance de la carte mémorielle permettront à l'utilisateur d'avoir une vue d'ensemble de l'espace de navigation, ce qui lui permettra de se situer dans l'espace d'informations, pour savoir où aller mais aussi pour relire les traces de son propre cheminement. Les deuxièmes mesures d'assistance aideront l'utilisateur à transformer les informations recueillies en connaissances. D'une manière générale, les mesures d'assistance allègent la charge cognitive de l'apprenant.

Nous exposerons une modélisation des concepts abordés et de leurs liens complexes, permettant à un apprenant d'interagir avec un environnement scénarisé, et de construire ses propres connaissances.

En fin de partie II, nous proposerons à partir de notre prototype, une expérimentation pour vérifier certains aspects du modèle théorique au niveau de l'« utilisabilité » et de l'« utilité » (Nielsen, 1994).

La reconstitution tridimensionnelle de la Pyramide de Khéops qui a été faite pour la fabrication du prototype, n'est pour nous qu'un moyen d'obtenir un modèle 3D comme support d'application. Notre préoccupation se tourne uniquement sur l'exploitation de ce modèle 3D à des fins éducatives et non scientifiques ; l'objectif premier de notre travail étant bien de restituer, dans un cadre éducatif, des informations patrimoniales aux publics.

Partie II SPASM : Système de Parcours d'Apprentissage, de Scénarisation et de Mémorisation

Chapitre 5 La trame topographique et cognitive

Ce chapitre propose des critères de conception de parcours didactiques et ludiques afin d'organiser la navigation dans un espace hypermédia. Cette approche donne déjà une première description de la configuration de notre espace de navigation.

Nous nous référons à la notion de « chemin critique » des jeux vidéo (cf. **3.3.2**) pour définir deux parcours superposables :

- le parcours topographique (se situe au niveau des déplacements de l'apprenant et propose des lieux de passages)
- le parcours cognitif (se situe au niveau des actions de l'apprenant et propose des types de lieux qui véhiculent des informations encapsulées dans des objets multimédias interactifs)

Durant l'activité d'exploration, l'apprenant est guidé dans des circuits séquencés et superposés, tout en lui accordant une part de liberté. Les parcours permettent à l'apprenant de se repérer et de se positionner durant la navigation, aussi bien du point de vue spatial que cognitif.

Les points de passage des parcours et les actions possibles en ces lieux mettent en corrélation deux chemins distincts mais complémentaires et indissociables :

- le chemin de l'information
- le chemin de la connaissance

Nous étudierons leurs différences et leurs correspondances et nous verrons comment la trame proposée peut améliorer l'apprentissage de l'apprenant.

5.1 Les chemins de l'information et les chemins de la connaissance : une structure du savoir

L'assistance à la navigation et à l'acquisition de connaissances passe par l'utilisation de parcours spatio-temporels à caractère stratégique (se déplacer librement dans un environnement reconstitué en 3D, inspecter, choisir, agir, revenir, ...). La stratégie envisagée se base sur le détour, la diversion : les parcours sont ponctués de points de passage de statuts différents. Le cheminement de l'apprenant est alors structuré autour de deux types de points :

- les points d'information, définissant le chemin de l'information,
- les points de connaissance, définissant le chemin de la connaissance, où l'apprenant synthétise les informations recueillies en connaissance.

Le cheminement ne signifie pas seulement l'action de rejoindre un point à un autre, mais il représente davantage le besoin de joindre ces deux points.

Ces deux chemins impliquent une navigation dans un espace organisé et séquencé qui permet de réinvestir constamment les informations et qui, contrairement à l'hypertexte, empêche une déperdition de celles-ci. Chaque point de connaissance est un moment de (re)sémantisation en rapport avec la signification des informations trouvées sur le chemin de l'information. Cette structure guide le raisonnement de l'apprenant et pourrait améliorer son apprentissage.

Durant l'activité d'exploration, l'environnement et l'apprenant sont en perpétuelle évolution, donc l'état d'équilibre permanent est impossible. La structure séquentielle de notre parcours encouragerait des (ré)équilibres successives pour entretenir une « adaptation » continue de l'apprenant.

Selon la théorie de Piaget (Piaget, 1936 ; cf. 4.2.2), l'« adaptation » du sujet à son environnement se traduit par une recherche permanente d'un équilibre qui amène à deux processus : l'« assimilation » et l'« accommodation ». Le moteur se situe dans l'« assimilation ». Dans nos parcours, les points de connaissance peuvent constituer des moments d'assimilation et engendrer des « conflits cognitifs ». Ces points de connaissance sont d'abord des points de perturbation, dans la mesure où ils donnent lieu dans un premier temps à une tentative d'assimilation mais non possible. Si les connaissances ne peuvent être acquises par l'apprenant, un déséquilibre se produit nécessitant un rééquilibrage. Commence alors un processus d'accommodation sur le chemin de l'information qui permet un réajustement ou un enrichissement des schèmes de l'apprenant. L'équilibre se rétablit ensuite au point de connaissance grâce au mécanisme d'assimilation permettant donc l'intégration et l'appropriation des connaissances nouvelles. La somme des connaissances acquises constitue alors un savoir.

Pour configurer et mettre en corrélation ces deux chemins d'apprentissage, nous mettons en place un système de deux parcours superposables qui gèrent simultanément les déplacements géographiques et les activités cognitives de l'apprenant au sein du modèle 3D étudié : nous construisons un parcours cognitif en nous appuyant sur un parcours topographique.

Ces deux parcours sont à la fois une réinterprétation de deux types de narrations interactives vidéoludiques, à savoir les narrations dites « topographique » et « algorithmique » (Favre, 2000 ; cité par Genvo, 2005, cf. 3.3.1), et une combinaison de deux types de structures, à savoir la structure réticulaire de l'hypertexte (cf. 1.3.1) et la structure linéaire d'un texte littéraire.

5.2 Le parcours topographique

Durant l'exploration d'un édifice ou d'un site archéologique reconstitués en 3D, les déplacements de l'apprenant s'effectuent suivant des lieux successifs. Les lieux seraient donc les points de passages appartenant aux chemins de l'information et aux chemins de la connaissance, que nous appellerons désormais « lieux d'information » et « lieux de connaissance ». Les lieux ne sont que des portions déterminées dans l'espace de navigation hypermédia, les déplacements ne sont que le fait de se mouvoir d'un lieu à l'autre.

Pour structurer ces déplacements, nous définissons le parcours topographique en repérant au sein du modèle 3D étudié les lieux de passage critiques qui nous intéressent. Ces lieux sont choisis en fonction du message à communiquer à l'apprenant. Un élément du patrimoine culturel bâti peut être restitué selon plusieurs aspects (structurel, spatial, symbolique, ...). Il s'agira de repérer les lieux qui sont susceptibles de délivrer les informations et les connaissances en rapport avec l'aspect abordé.

Le lieu de connaissance est un point de passage structurant le parcours topographique en séquences d'apprentissage. Chacune d'elles possède un seul lieu de connaissance et un nombre variable de lieux d'information (**Figure 100**).

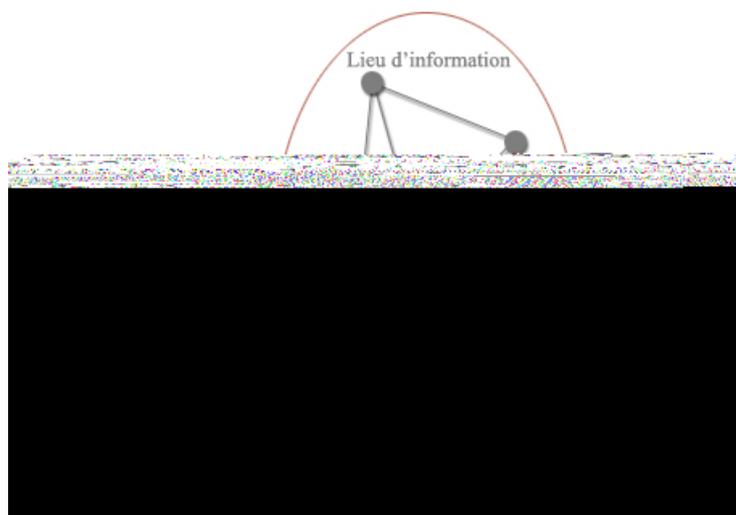


Figure 100. Une séquence d'apprentissage est constituée d'un lieu de connaissance et de plusieurs lieux d'information.

Selon l'aspect abordé, le nombre de séquences est changeant, nous les appellerons « séquence d'apprentissage A », « séquence d'apprentissage B », etc. L'ensemble des séquences d'apprentissage (la somme des connaissances) définit un savoir.

5.3 Le parcours cognitif

Le parcours cognitif concerne la nature des informations et la manière d'interagir avec elles. La diversité des informations que l'apprenant va rencontrer durant ses déplacements est une façon de tenir compte de ses capacités cognitives. Le placement et la présentation de ces informations au fil du parcours sont des opérations décisives et délicates, qui consistent à doser la difficulté et à favoriser l'appropriation tout en évitant l'ennui ou une surcharge cognitive de l'apprenant.

L'usage d'objets multimédias interactifs dans chaque lieu d'information favorise d'une part, la multimodalité, pour proposer différents modes de présentation de l'information (sonores, visuels) qui tiennent compte des préférences de l'apprenant, d'autre part, l'interactivité, pour actionner ou manipuler les informations, rejoignant ainsi l'hypothèse constructiviste (Piaget, 1970) : « On ne connaît un objet qu'en agissant sur lui et en le transformant ». Les objets détenus dans les lieux d'information sont explorés, manipulés, transformés, détournés, esquivés, personnalisés, etc. : nous les qualifions d'« objets actés » (en référence à l'« image actée » (Weissberg, 1999), cf. 2.5, mais pour nous le terme « objet » englobe la dimension multimédia). Ces objets servent à délivrer un message à l'apprenant.

Les activités qui se déroulent autour des objets multimédia interactifs se basent sur différentes logiques, ce qui nous permet de qualifier des types de lieux (**Figure 101**). Les types caractérisent la qualité des lieux d'information, par exemple :

- les lieux de la fabrication/du mécanisme
- les lieux de la lecture/du déchiffrement
- les lieux du voyage/du transport
- les lieux du labyrinthe/de l'orientation
- etc.

Les types caractérisent également la dimension des lieux. Nous avons défini un lieu comme une portion d'espace, cet espace n'a pas forcément de limites : par exemple, un lieu étendu dans un jardin. L'objet multimédia interactif peut être le lieu, par exemple une page de bande dessinée à déchiffrer, à redessiner, etc. L'espace de navigation peut déborder du modèle 3D reconstitué pour rejoindre un site Internet, remettant ainsi en question les notions de limite et de distance. Ceci ne signifie pas que l'espace de navigation est ouvert laissant l'apprenant aller où il veut, il est seulement perméable et nous trouverons par la suite un moyen de le cerner.

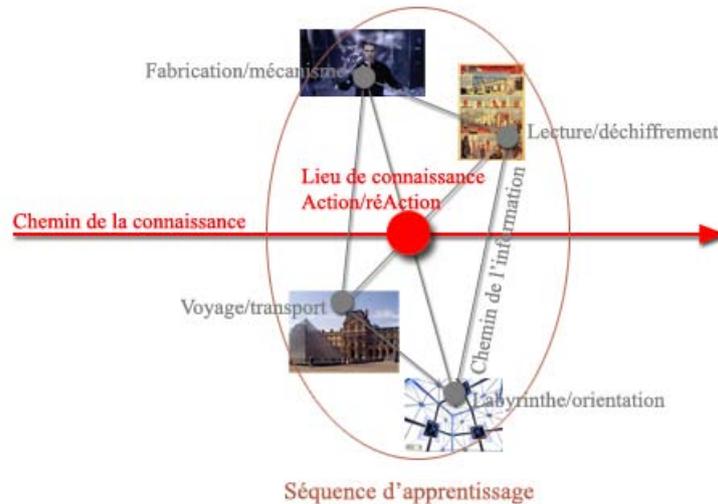


Figure 101. Les « types de lieux » dans une séquence d'apprentissage définissent diverses activités cognitives.

Ceci signifie en outre, que les lieux d'information ont des degrés variables de fiction. Comme nous l'avons évoqué, les lieux sont choisis en fonction de leur contenu : ils doivent détenir des informations exploitables qui sont liées à l'aspect que nous souhaitons restituer. Si ces lieux manquent, il faut les rajouter au modèle 3D étudié. Ces lieux rajoutés peuvent être complètement inventés ou existent hors du monument visité ; par exemple, les Haut-fourneaux de Pompey en Meurthe-et-Moselle au XIX^{ème} siècle peuvent être un lieu rajouté à la Tour Eiffel de Paris, la pierre de Rosette au British Museum de Londres peut être un lieu rajouté aidant à la compréhension d'un édifice égyptien.

Les lieux de connaissance étant à la fois le moteur (perturbation, conflit cognitif) et la conséquence (rééquilibration) des lieux d'information, sont de type déclencheur et résolutoire. La première action va initier le cheminement vers les lieux d'information, la (ré)action effectuée en dernière instance va permettre l'élucidation qui est la clé de la connaissance.

Les lieux sont des mondes inachevés qui nécessitent l'intervention de l'apprenant pour exister, se constituer. L'association des parcours topographique et cognitif est une « œuvre ouverte » (Eco, 1979 ; cf. 1.3.3) qui remet en question la mobilité de l'apprenant et l'immobilité des lieux.

5.4 « Optimisation » de parcours selon les profils et les situations d'apprentissage

Par « optimisation », nous entendons que nos parcours topographique et cognitif auraient la capacité de s'ajuster à des conditions d'apprentissage à chaque fois différentes ; les conditions d'apprentissage varient selon l'utilisateur et le lieu d'utilisation : dans la première partie, nous avons abordé les différences individuelles qui existaient dans la manière d'apprendre et nous avons souligné parallèlement diverses situations d'apprentissage. Dans notre idéal, il faudrait que les stratégies d'enseignement proposées par des spécialistes, des guides, ... s'adaptent

aux stratégies d'apprentissage mises en œuvre par les apprenants (les étudiants, les élèves, les amateurs d'art, ...).

La configuration de notre trame d'apprentissage est un réel atout à l'optimisation de parcours. En fonction de la nature des informations et des actions possibles en chaque lieu, d'une part, du nombre de lieux (la distance de cheminement) et du type de cheminement entre ces lieux, d'autre part, nous pouvons évaluer la difficulté et la durée qui sera nécessaire pour parcourir les chemins de l'information et de la connaissance. L'« optimisation » est liée aux notions d'effort cognitif et de temps.

Nous pouvons admettre que plus le nombre de séquences et de lieux est important, plus le temps nécessaire pour terminer les parcours sera long. Néanmoins, le niveau de difficulté rencontré dans chaque lieu influe sur le temps, l'apprenant peut mettre davantage de temps à parcourir un lieu que deux. Il faut donc combiner simultanément les aspects cognitifs et topographiques pour arriver à optimiser nos parcours.

En fonction du nombre et de la disposition des lieux et des séquences d'apprentissage, nous observons quatre combinaisons de lecture regroupées en trois grands types de cheminement : linéaire, réticulaire et mixtes :

- La lecture est totalement linéaire lorsque les lieux et les séquences sont bloqués et mis bout à bout ; l'ordre de lecture est imposé et nécessite des validations successives (**Figure 102**).

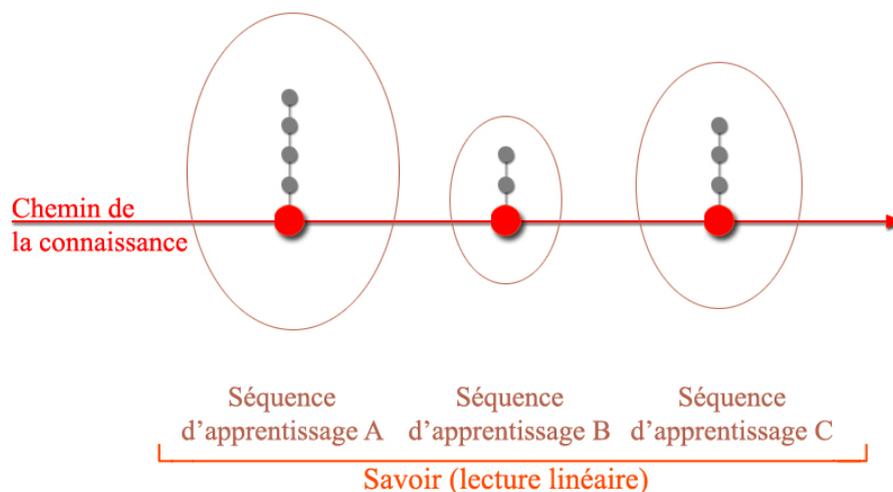


Figure 102. L'ensemble des séquences d'apprentissage définit un savoir. La lecture des lieux et des séquences est linéaire.

- La lecture est réticulaire, l'apprenant est libre de choisir l'ordre de passage des séquences. La lecture des lieux dans chaque séquence est également non-linéaire (**Figure 103**).

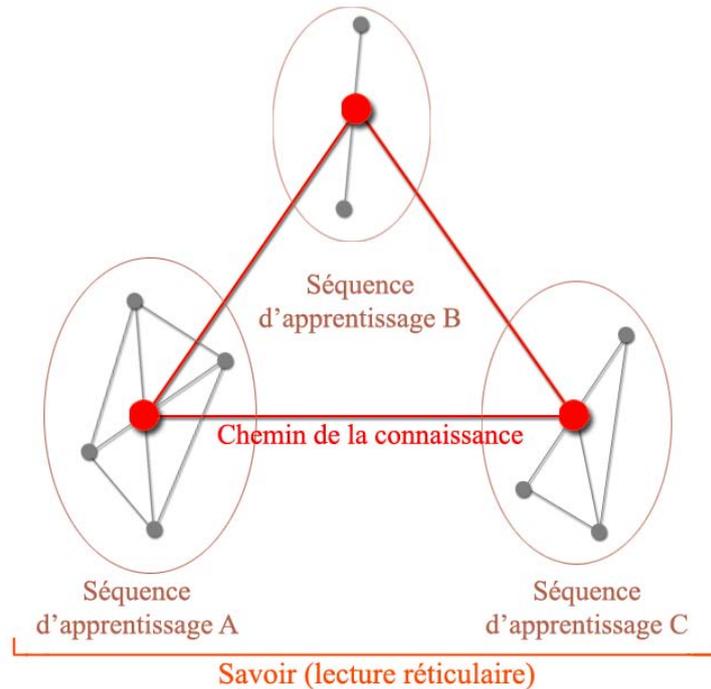


Figure 103. La lecture des lieux et des séquences est réticulaire.

- La lecture est mixte, deux cas se présentent : la lecture d'une séquence à l'autre est linéaire, mais l'ordre de passage des lieux dans chacune d'elles n'est pas imposé ; la lecture d'une séquence à l'autre est réticulaire, mais l'ordre de passage des lieux dans chacune d'elles est linéaire (**Figure 104**).

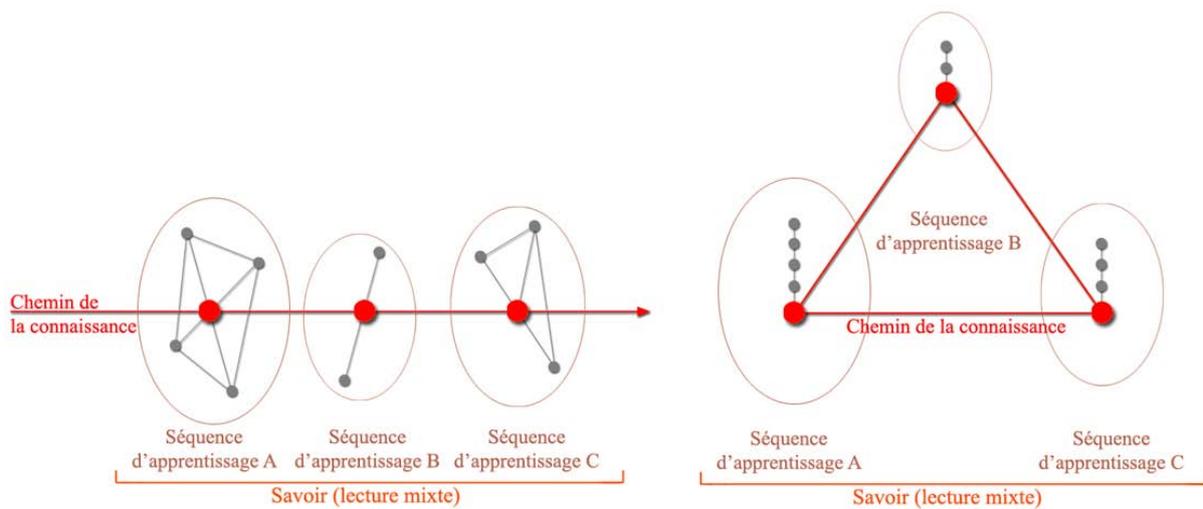


Figure 104. La lecture des lieux et des séquences d'apprentissage est mixte : lecture réticulaire des lieux et lecture linéaire des séquences (gauche), ou lecture linéaire des lieux et lecture réticulaire des séquences (droite).

Les déplacements évoqués à travers le parcours topographique mettent en œuvre des opérations cognitives qui demandent déjà un effort mental quant au repérage et aux directions possibles. Ainsi, les types de lecture possibles au-delà des combinaisons présentées ci-dessus ne sont pas intéressants pour nous en termes d'efficacité cognitive. En effet, nous pourrions imaginer des déplacements directs entre les lieux d'information appartenant à des séquences d'apprentissage différentes. Par exemple, passer immédiatement du lieu d'information de la « séquence A » au lieu d'information de la « séquence B » n'apporterait qu'une complexité cognitive en estompant la frontière des séquences d'apprentissage et en effaçant le statut si particulier du lieu de connaissance. Il est inutile également, d'alterner les types de lecture des lieux au fil des séquences d'apprentissage dans un même savoir. Utiliser une lecture linéaire des lieux dans la « séquence A » puis une lecture non-linéaire des lieux dans la « séquence B », augmenterait encore une fois la charge cognitive de l'apprenant, qui chercherait constamment à connaître ses possibilités de déplacement au début de chaque séquence d'apprentissage. Pour ces raisons, le parcours cognitif se cale précisément sur la structure du parcours topographique.

Nous aborderons par la suite la notion de « raccourci », qui sera susceptible de modifier les « types de cheminement » mis en place, nous verrons également dans le chapitre 7 (cf. 7.3) que la structure réticulaire des séquences sera pour nous le type de cheminement le plus intéressant.

La manière de traiter l'information est un autre aspect à prendre en compte si nous voulons optimiser nos parcours. Les jeux vidéo proposent avant chaque nouvelle partie des niveaux de difficulté, généralement au nombre de trois (facile – moyen – difficile, facile – normal – pro, excursion – expédition – raid, etc.). Selon ces niveaux, des modifications sont apportées dans le jeu et certaines aptitudes du joueur sont améliorées ou non : par exemple, les ennemis sont plus nombreux et plus résistants ; les trousseaux de soin, l'argent et les munitions sont plus rares (un marchand d'arme ne réapparaît plus s'il est tué dans le niveau difficile) ; les sauts ou les tirs sont moins précis, le joueur risque de perdre sa vie plus rapidement.

De la même manière, il serait possible de proposer des options de difficulté au début des parcours d'apprentissage, qui modifieraient la forme des lieux d'information ainsi que leur contenu. Les lieux inachevés que nous évoquions proposeraient des degrés de finition réglables et des niveaux d'actions variables sur les objets multimédias interactifs.

Les types de cheminement et les niveaux de difficulté proposés sont aptes à provoquer différentes situations d'apprentissage et à tenir compte des capacités cognitives de l'apprenant.

Imaginons une salle de classe ; l'enseignant propose à ses élèves une restitution d'un élément du patrimoine bâti en deux heures de temps. La restitution sera bien sûre évaluée par l'enseignant. L'enseignant choisi le type de cheminement linéaire sur deux séquences d'apprentissage pour l'ensemble de la classe, il aura ainsi la possibilité de les suivre et de les assister lieux par lieux en pensant passer une heure de temps par séquence. Par contre, il laisse le soin à chaque élève de choisir son niveau de difficulté. Si la notation effectuée par l'enseignant tient uniquement compte du résultat obtenu par l'élève, l'évaluation ne sera pas

loyale car les niveaux de difficulté diffèrent. Le seul moyen d'évaluer équitablement les parcours est de tenir compte du cheminement personnel de chaque élève : les stratégies qu'il a employées importent plus que son résultat.

L'interface hypermédia comme instrument médiateur entre l'enseignant et l'élève est capable de provoquer de telles situations d'apprentissage pour en modifier du coup les méthodes d'évaluation. Pour évaluer le cheminement, l'espace de navigation doit prévoir un mécanisme qui conserve les traces du parcours, une sorte de courbe d'apprentissage qui permette de visualiser et d'analyser la progression de l'apprenant.

Tenir compte du cheminement c'est étudier la façon qu'a l'apprenant de traiter les informations, c'est aussi observer les directions qu'il a pris. Dans le cadre de notre exemple dont le cheminement imposé par l'enseignant était basé sur des lieux bloqués à valider, comment l'apprenant peut-il aller au-delà de la linéarité ? L'espace de navigation met en place des raccourcis basés sur le principe des « astuces » propres aux jeux vidéo qui permettent de sauter des mondes.

Le jeu de plate-forme *Super Mario Bros* [65] consistait à franchir des mondes les uns après les autres dans un ordre défini : à chaque fin de monde, une étape finale (libérer la princesse) permettait de valider le passage au monde suivant. Le joueur avait un nombre limité d'essais et les échecs cumulés l'obligeaient à revenir au début du monde. Les concepteurs, sachant que recommencer les mêmes actions est assez ennuyant, ont établis des astuces pour sauter des mondes. Les astuces ne sont pas connues du joueur, c'est à lui de les découvrir. L'espace vide en-haut de l'écran qui, à cause de l'absence de signes repérables, semblait une zone hors de l'action de jeu, était en fait un raccourci pour accéder aux autres mondes. Il suffisait d'y penser pour aller jeter un coup d'œil en trouvant le moyen d'y accéder. Dans cet espace, l'avatar Mario était coupé en deux par la limite supérieure de l'écran, ce qui nous dissuadait d'y aller car le jeu nous avait appris que le personnage hors de l'écran perdait une vie (des ascenseurs hissaient Mario hors de l'écran, ou il tombait dans le vide).

Dans un cadre scolaire, les raccourcis sont un bon critère d'évaluation qui révèle une certaine autonomie d'apprentissage de la part de l'élève. Ce dernier, a également l'impression d'aller au-delà de la structure imposée par l'enseignant ou les concepteurs, ce qui peut lui procurer un sentiment de contrôle. Dans tous les cas, ils sont aussi un moyen qui empêche l'apprenant de se retrouver bloqué dans un lieu (**Figure 105**).

Si le cheminement est réticulaire, les raccourcis entre les lieux de connaissance n'ont plus lieu d'être ; cependant, ils peuvent être utilisés au niveau des lieux d'information : par exemple, une information dans telle séquence peut servir à la résolution d'une autre séquence. Ils ont la capacité de provoquer des surprises capables d'entretenir une certaine motivation. La découverte des passages cachés est l'occasion pour l'apprenant de suivre de nouveaux chemins. Dans tous les cas, les raccourcis sont soigneusement disposés entre les lieux pendant la conception de l'espace de navigation. Les auteurs veilleront à les insérer pour renouveler l'accès à l'information tout en maintenant une cohérence dans le scénario.

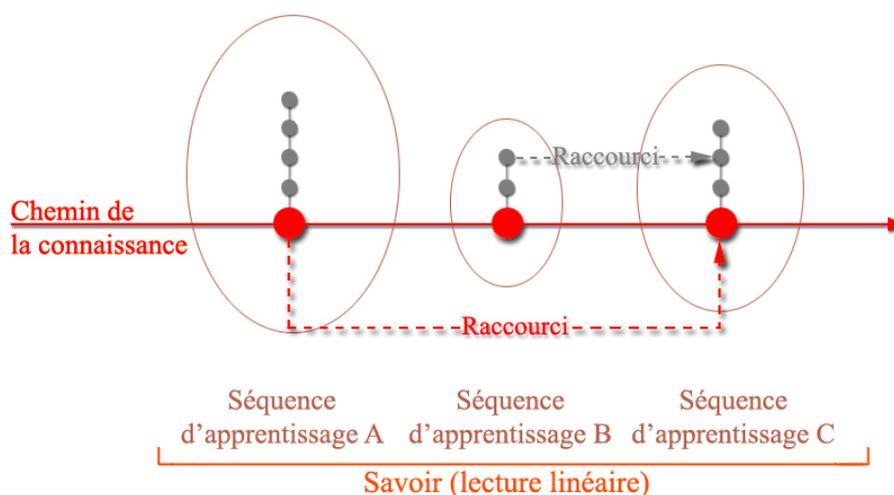


Figure 105. Les raccourcis permettent de sauter des séquences d'apprentissage pour éviter que les parcours ne se bloquent.

5.5 Concepts pour un modèle des parcours d'apprentissage

Nous avons mis en place les premiers éléments définissant notre espace de navigation. Pour nous, cet espace est constitué de lieux et d'actions, disposés selon une trame à double couche (la topographie et la cognition).

Contrairement à la navigation hypertextuelle qui propose une multitude de parcours dont les nombreuses ramifications incitent l'utilisateur à se perdre, notre espace de navigation se veut didactique car il est entremêlé de moments qui encouragent l'apprenant à synthétiser les informations pour construire de nouvelles représentations. L'aspect ludique quant à lui, se définit selon la part de créativité rendue possible par la diversité des lieux et les interactions proposées dans ces lieux. La part d'aléatoire est liée aux choix de directions possibles selon le type de cheminement et à la liberté de personnalisation et d'appropriation des lieux.

Néanmoins, plusieurs questions demeurent quant à la cohérence des parcours. La singularité des « nœuds » nous fait ressentir le besoin de tisser des liens pour coordonner la structure d'ensemble. La connexion sémantique des lieux que nous avons qualifiés nous permettra de solutionner plusieurs questions :

- Quand s'arrêtent les parcours ? (Autrement dit, quel est le nombre de séquences d'apprentissage ou de lieux de connaissance ?)
- Quel est le nombre de lieux d'information selon la séquence d'apprentissage ?
- Combien d'objets multimédias interactifs possèdent chaque lieu d'information ?
- Quelles sont les actions possibles en chaque lieu ?
- Comment passons-nous d'un lieu à l'autre ?

Dans le chapitre suivant, le « fil narratif » tissera les liens qui donneront progressivement un sens aux déplacements et aux actions de l'apprenant ; alors, se constitue lentement le cheminement, effaçant graduellement l'aléatoire, pour atteindre un objectif précis.

Nous posons pour l'instant les premiers concepts abordés au cours du chapitre, ceux qui nous permettront plus tard d'établir un modèle conceptuel de notre espace de navigation hypermédia (cf. 7.5).

Le **Tableau 5** présente les différents concepts et leurs propriétés ; par la suite, ces éléments seront mis en correspondance avec d'autres concepts et évolueront au cours de la partie II.

Concepts	Propriétés
Apprenant	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Âge · Profil d'apprentissage : (élève, étudiant, amateur, ...) · Situation d'apprentissage : (salle de classe, espace muséal, ...)
Monument	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Date/période · Emplacement géographique · Style architectural : (roman, ...) · Options : <ul style="list-style-type: none"> · Difficulté : (facile/moyen/difficile) · Temps d'apprentissage · Type de cheminement : (linéaire, réticulaire, mixtes)
Séquence d'apprentissage	<ul style="list-style-type: none"> · Nom : (A, B, C, ...) · Chemin : (connaissance, information, raccourci)
Lieu de connaissance	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Localisation : (existe dans le monument) · Action : (enclencher la séquence) · réAction : (résoudre la séquence)
Lieu d'information	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Localisation : (existant ou rajouté au monument) · Type d'activité: (lecture/fabrication/...)
Objet multimédia interactif	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Nature multimédia · Type d'interaction · Information

Tableau 5. Liste des concepts et des propriétés définissant les parcours d'apprentissage.

Chapitre 6 Au fil du récit

La mise en place en parallèle d'un parcours narratif conduit l'apprenant vers une compréhension globale et intuitive du site archéologique ou architectural.

Nous avons déjà observé que le récit textuel et le récit interactif utilisaient des concepts communs (cf. **Chapitre 3**). Notre travail consiste ici à superposer la structure narrative d'un récit interactif à nos parcours topographique et cognitif.

Dans ce chapitre, l'approche sémantique du récit est un découpage syntagmatique et paradigmatique de nos parcours topographique et cognitif qui se développe en deux temps : nous divisons d'abord les parcours en séquences narratives, nous mettons en rapport ensuite les séquences de l'énoncé dans une production de sens.

La déambulation spatiale en temps réel dans le modèle 3D est la première forme d'immersion. Durant sa visite, l'apprenant a accès à des zones d'actions le renvoyant à d'autres supports d'informations multimédias. Nous retrouvons ici les cinq dimensions désignant notre « hyperspace » (Golvin ; cf. **1.2.2**).

Pour ne pas être confronté à de trop grandes possibilités de chemins et d'imbrications d'informations, le scénario nous permet de guider l'apprenant dans sa quête en mettant en perspective de manière adéquate l'exploration de la représentation tridimensionnelle et les informations qui s'y trouvent.

Le récit archéologique ou architectural crée l'immersion « tactique », « stratégique » et « narrative » (Adams, 2004 ; cf. **3.2.3**). Au récit, nous pouvons adjoindre un certain nombre de particularités concernant la motivation de l'utilisateur, lui donnant envie d'explorer un monde, de trouver des indices, de rencontrer des obstacles, de croiser des dangers, des événements, de suivre des règles. C'est le principe des jeux d'exploration ou d'aventure, où l'utilisateur découvre l'histoire en résolvant des énigmes (cf. **3.2.1**), un motivateur qui stimule constamment l'apprenant pour éviter que celui-ci ne se désintéresse du sujet étudié : l'acquisition de nouvelles connaissances est liée à sa volonté de vouloir atteindre les objectifs fixés au départ.

6.1 Sémantique narrative

Le récit combine un nombre plus ou moins important de séquences narratives. Chaque séquence enclenche un événement (ou une action). Tous les récits ont un point commun dans la mesure où la succession des événements dans le temps et l'espace raconte une histoire en utilisant un mode de narration particulier (cf. annexes « Le récit traditionnel » en page 247).

La combinaison des différentes séquences narratives forment l'intrigue ; elles s'enchaînent ou se répètent, se déroulent en parallèle ou se croisent, s'enchâssent ou se succèdent en cascade (cf. 3.3.3) ; dans le récit textuel, tous les événements s'emboîtent selon un ordre établi par l'auteur, dans le récit interactif, l'ordre des événements est défini par le personnage principal de l'histoire.

Pour définir la structure du récit, Greimas propose un schéma narratif basé sur deux modèles (Greimas, 1966) :

- Le « modèle fonctionnel » structure le récit en trois phases : la situation initiale nous donne en général des renseignements sur les personnages, le temps et le lieu. Le point de perturbation (complication) vient rompre l'équilibre de la situation initiale et marque le début d'une série d'événements (les péripéties). Le dénouement est l'élément rééquilibrant qui annonce la situation finale.
- Le « modèle actanciel » définit le récit comme une quête destinée à combler un manque, dans lequel les actants (personnages, ...) ont plusieurs rôles (« destinataire », « destinataire », « héros », « objet », « adjuvant », « opposant »).

Nos parcours topographique et cognitif se rapprochent des modèles fonctionnel et actanciel de Greimas. Le parcours topographique propose une structure fonctionnelle et le parcours cognitif confie un rôle et des actions à l'apprenant. Nos parcours mettent en forme une série d'événements, le récit les insère dans un cadre intelligible : il met les événements et les séquences en relation dans un contexte narratif procurant un motif (l'énoncé narratif au début de la quête) et un objectif (l'énoncé narratif à la fin de la quête) (**Figure 106**). La production de sens dans l'articulation des différentes séquences narratives coordonne l'ensemble des actes du processus d'apprentissage, à travers un parcours fonctionnel et un parcours actanciel.

Les séquences narratives apparaissent comme des micro-récits. Une séquence narrative est un processus de trois « fonctions » (Bremond, 1966) :

- La première est sous forme d'« événement à prévoir »
- La seconde est sous forme d'« événement en acte »
- La troisième est sous forme de « résultat atteint »

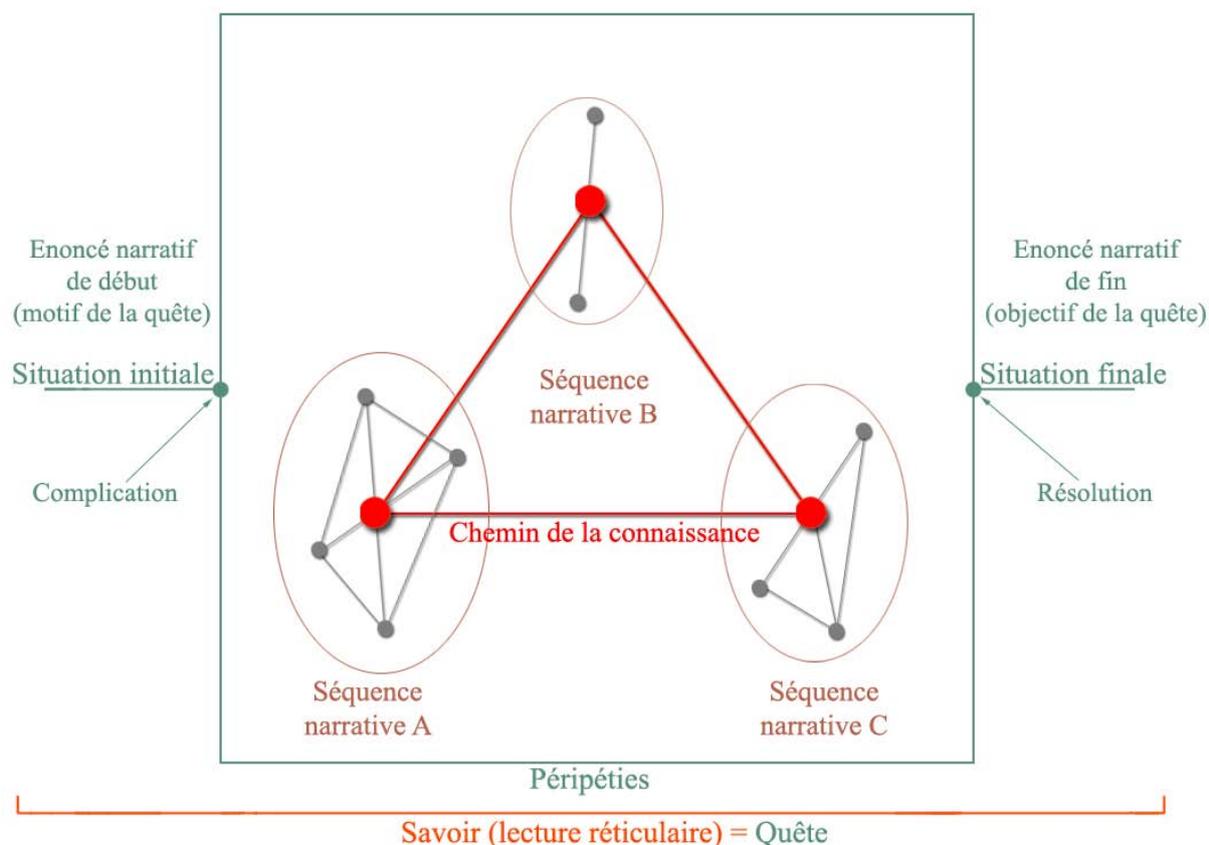


Figure 106. Le récit intègre les séquences d'apprentissage dans une structure de signification en superposant un parcours fonctionnel et un parcours actanciel.

Le narrateur est libre de conduire le processus à son terme ou non, ce qui laisse ouvert le réseau des « possibles narratifs ». Dans le récit interactif, le narrateur est l'« actant », les « fonctions » de chaque séquence narrative lui sont attribuées, et il a le choix d'actualiser ou non les événements de son parcours.

Dans un récit, la séparation entre chaque séquence est marquée par un « énoncé descriptif », ce dernier va orienter le processus de différentes manières :

- Il présente le lieu de connaissance comme une portion d'espace du décor
- Il annonce l'« événement à prévoir » et crée un manque à l'origine d'un conflit cognitif (c'est sa fonction de dramatisation)

Les « événements en actes » vont suivre dans les lieux d'informations qui, favorisant une multitude de comportements, permettent à l'apprenant/actant de tenir son rôle (de « héros »). Le « résultat atteint » nécessite un retour au lieu de connaissance qui précise le succès ou l'échec de la conduite (**Figure 107**).

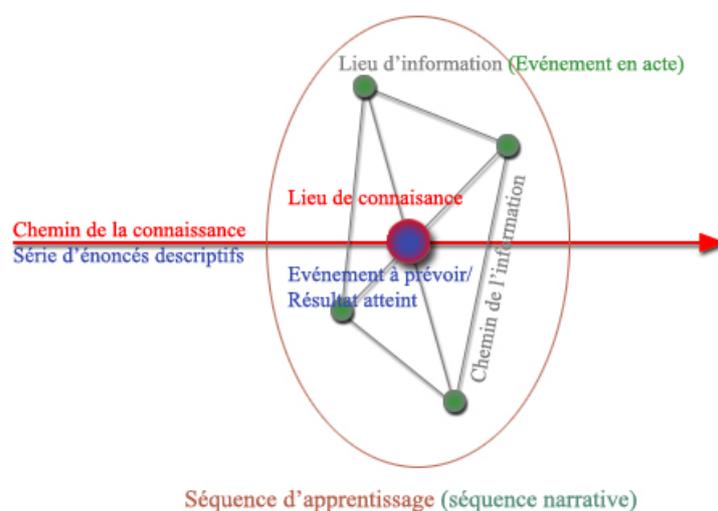


Figure 107. Superposition des lieux d'apprentissage aux trois « fonctions » du processus dans une séquence narrative.

Marie-Laure Ryan (Ryan, 2006) établit une corrélation entre les « mondes possibles » et la structure sémantique de la narration. Au centre de cette structure réside un « monde actuel » défini par l'auteur, autour duquel gravitent les « mondes privés » qui prennent place dans l'imagination du personnage/lecteur :

- « le monde des croyances »,
- « le monde des désirs »,
- « le monde des obligations »,
- « les buts et plans actifs »,
- « les rêves et les fantaisies ».

La volonté du personnage à vouloir rendre compatible ses « mondes privés » avec le « monde actuel » constitue le moteur de l'intrigue, et engendre des conflits nécessaires aux univers narratifs. L'intrigue prend fin quand « les conflits cessent d'être productifs », c'est-à-dire lorsque le personnage renonce à l'action.

Ce qui est important pour nous est la proximité des mondes « actuels » et « privés » avec nos lieux de connaissance et d'information, visible à la fois dans leur disposition et dans les possibilités qu'ils offrent. Les lieux d'information qui gravitent autour du lieu de connaissance sont des mondes inachevés qui restent à subjectiviser, ils sont l'occasion pour l'apprenant de donner une forme à son imagination, de matérialiser son état d'esprit.

La notion de subjectivisation remet alors en cause la cohérence du récit : comment les concepteurs d'un espace de navigation hypermédia peuvent tenir compte des informations subjectives et les insérer dans un parcours narratif qui doit faire sens ?

Le récit interactif que nous proposons est complexe car il introduit de la nouveauté et de l'incertitude à deux niveaux :

- Si le type de cheminement est réticulaire, l'apprenant choisit l'ordre d'assemblage des séquences narratives : la structure du récit est mise en pièces, les fragments narratifs sont assemblés par l'apprenant.
- Les lieux d'information contiennent des « objets actés » qui ne demandent qu'à être achevés : les informations extraites des lieux d'information sont personnalisées par l'apprenant (il a la possibilité d'importer des images choisies sur Internet, d'enregistrer sa voix, de prendre des notes sur l'écran à l'aide d'un stylet, etc.).

Le récit offre à la fois un cadre intelligible (les règles ou le « game ») qui se donne à comprendre, et un cadre sensible (les libertés ou le « play ») qui favorise l'expression créative (cf. 3.1.1). Pendant la phase de conception, il va donc falloir élaborer un système capable d'interpréter cette sensibilité.

6.2 La scénarisation des parcours

Sans desservir l'intention didactique et ludique, la scénarisation est un principe efficace qui nous aide à respecter une cohérence globale quant à la définition des lieux et à l'intégration des informations. Elle aide également à maintenir un degré élevé de « présence » (immersion mentale, cf. 1.2.2) qui faciliterait l'apprentissage de l'utilisateur (Burkhardt & Wolff, 2005). La rédaction d'un scénario aide à la description des différents épisodes (unité de lieu, de temps et d'action) qui constituent nos parcours.

Le personnage en quête évolue dans le décor pour atteindre un objectif. La quête est une tentative de rendre compte d'un aspect particulier du monument visité. Les édifices ont des histoires visibles sur leurs murs à travers les fresques, la structure, les fragments architecturaux, ... (le Château de Vianden¹¹⁰ au Luxembourg conserve les traces des transformations architecturales qu'il a subit au cours des siècles (Varano & al., 2008, propose une scénarisation du Château de Vianden). Nous nous préoccuons également de restituer les histoires qui se sont passées entre les murs, en incluant les objets, les activités, la vie des personnages (par exemple, la rivalité des comtes de Vianden, les jeux de la cour au Château de Versailles¹¹¹), et hors des murs en tenant compte du contexte plus large dans lequel s'inscrit le monument (la vie après la mort chez les égyptiens, les routes commerciales antiques qui mènent à la cité de Petra¹¹², etc.).

¹¹⁰ Cette résidence féodale des époques romanes et gothiques fut construite pendant la période du XI^{ème} au XIV^{ème} siècle. Le château connu des périodes successives de transformations architecturales jusqu'à son état de ruine au XIX^{ème} siècle. À partir de 1977, le château est restauré dans le respect des formes historiques et devient Domaine de l'État luxembourgeois. <http://www.castle-vianden.lu/>

¹¹¹ Marie Antoinette, passionnée pour le divertissement, tient le jeu de la cour dans le Salon de la Paix, porte un intérêt au billard et aux jeux de cartes. Elle fait organiser aussi des représentations théâtrales et des grands bals. <http://www.chateauversailles.fr/l-histoire/personnages-de-cour/epoque-louis-xvi/marie-antoinette->

¹¹² Les Nabatéens, nomades originaires de la Péninsule Arabique, s'installent vers le VI^{ème} siècle avant J.-C. à Petra, une cité troglodyte en terre Édomite (actuelle Jordanie). Grâce à sa position favorable sur la route des caravanes, les Nabatéens font prospérer la ville en développant le commerce de la myrrhe, de l'encens et des épices, entre l'Égypte, la Syrie, l'Arabie et la méditerranée.

À la manière des jeux vidéo, les monuments restitués sont classés par niveaux. Pour chaque niveau les points d'entrée sont variables et correspondent à une quête. Celle-ci rend compte d'un aspect du monument (structure, espace, objet, personnage, religion, etc.) déclaré dans l'énoncé narratif de début sous la forme d'une scène cinématique devant laquelle l'apprenant est passif, l'objectif y est également annoncé. Le nombre de séquences narratives dans une quête est défini par rapport à l'objectif. L'énoncé narratif de fin (une autre scène cinématique) marque la résolution de la quête.

Les quêtes proposent plusieurs énigmes à résoudre comme moteurs de base de toute séquence d'apprentissage. Le chemin de la connaissance est un long processus de résolution d'énigmes ; ces dernières sont sources de mystère et entretiennent la motivation qui investie le personnage dans le scénario (cf. 3.2.1).

Au début de chaque séquence narrative, l'énigme est présentée par l'énoncé descriptif au lieu de connaissance, et correspond à ce moment de perturbation générateur de conflits cognitifs qui va enclencher une démarche indicielle sur le chemin de l'information. Le nombre de lieux d'information dans une séquence est défini par rapport à l'énigme proposée ; ils délivrent les indices utiles à la résolution de l'énigme.

Le scénario se base sur les jeux vidéo d'aventure et d'exploration temps réel qui nécessitent la réflexion pour utiliser le décor et découvrir des indices qui produisent de la signification. Le processus de recherche et de découverte d'indices constitue un cheminement heuristique jusqu'au lieu de connaissance. En retour, le cheminement jusqu'à la résolution de l'énigme est un bon moyen de maintenir le défi (le challenge), le lieu de connaissance fournit un feedback clair et immédiat qui rend compte des performances de l'apprenant (**Figure 108**). Le lieu de connaissance permet finalement de décharger la « tension ludique » (Harter, 2001) qui existe dans la séquence narrative (cf. 4.3.1).

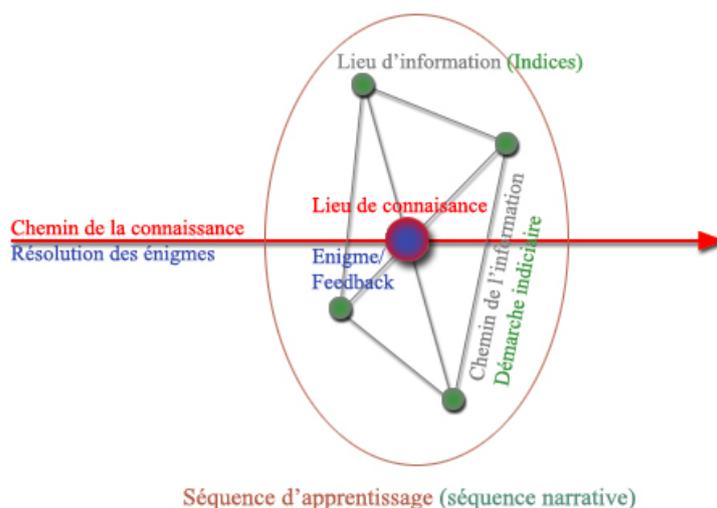


Figure 108. La démarche indicielle et la résolution de l'énigme dans une séquence narrative.

Le scénario a la particularité d'être malléable tout en respectant les caractéristiques du monument étudié : il tient compte de la spécificité des lieux existants à travers leurs faits historiques, leurs organisations spatiales, leurs symboliques, etc. ; mais dans certains cas, il peut rajouter des lieux qui sont extérieurs au modèle 3D de base pour y intégrer les informations manquantes nécessaires à la restitution du monument.

Les lieux rajoutés véhiculent des « images fausses » (cf. **3.1.2.2**), ce qui pourrait induire en erreur l'apprenant et remettre en question la fidélité de la restitution, qui est quand même un intérêt majeur dans notre travail. Mais ces « images fausses » accompagnent cognitivement l'apprenant dans la mesure où elles facilitent la mémorisation des lieux et leur contenu : sur le principe de la métaphore spatiale (cf. **4.4.2**), l'apprenant associe les objets multimédias interactifs (« images ») aux particularités de leur contenant, à savoir le lieu (« loci »). L'imprévisibilité des lieux rajoutés provoque également un effet de surprise qui stimule la curiosité de l'apprenant, lui donnant envie de renouveler cette expérience afin de découvrir d'autres lieux inattendus. L'enjeu consistera donc à trouver des mécanismes qui permettront à l'apprenant de faire la distinction entre les lieux existants (« images vraies ») et les lieux rajoutés (« images fausses »).

Le scénario met en scène un personnage qui explore en temps réel le décor, à savoir le monument reconstitué en 3D, pour interagir avec lui : nous qualifions cette immersion de « présence environnementale » (Heeter, 1992 ; cf. **1.2.2**). À certains moments, un saut spatio-temporel, indiqué par la présence d'un portail de téléportation, est un signe métaphorique qui représente le franchissement immatériel de l'espace, du néant. L'absence de contiguïté physique ou matérielle entre deux lieux signifie la présence d'un lieu rajouté (que nous rejoignons ou que nous quittons, soit les deux), dans le cas contraire, le cheminement d'un lieu existant à un autre se fait en temps réel (nous aborderons dans un chapitre ultérieur les modes de déplacements rapides, cf. **7.1.2**).

Le mode d'accès aux lieux ne suffit pas à distinguer les lieux existants des lieux rajoutés (car une téléportation entre deux lieux n'indique pas si un seul lieu ou les deux lieux sont rajoutés). Le scénario doit donc prévoir d'autres mécanismes cognitifs ou sémiotiques à l'intérieur même des lieux. Par exemple, l'apprenant a un point de vue externe dans les lieux existants, c'est-à-dire qu'il perçoit son avatar à l'écran, ce type de « présence personnelle » (Heeter, 1992 ; cf. **1.2.2**) permet du même coup de donner une échelle aux lieux qu'il traverse. Dans les espaces rajoutés, l'apprenant a un point de vue interne, la notion d'échelle n'est pas utile dans ces lieux, ce qui est mis en avant est la manière de délivrer les informations et les possibilités d'agir en vue subjective. La narration « multifocalisée » est une forme d'interactivité (Favre, 2000 ; cité par Genvo, 2005 ; cf. **3.3.1**), et cette capacité à changer de point de vue est un préalable nécessaire à l'acquisition de nouvelles connaissances (Greenfield, 1994).

Un autre moyen utile pour discerner les lieux est la prise en compte d'une composante graphique : le recours au « réalisme » (cf. **1.2.2**) comme simulation du monde réel représenterait les lieux existants, l'apprenant perçoit ainsi l'édifice ou le site archéologique comme il est (ou comme il fût) dans la réalité. Au contraire, des styles graphiques esthétiques

choisis par les concepteurs représenteraient les lieux rajoutés : couleurs saturées, niveaux de gris, flou, transparence, superposition de lignes, etc.

Dans tous les cas, les lieux de connaissances, possédant la clé de la connaissance qui est intrinsèque au monument étudié, seront toujours un lieu existant de ce monument. La représentation graphique utilisée dans ces lieux sera proche de la réalité. Par contre, un lieu d'information est soit existant, soit rajouté. Si le lieu d'information est existant, il a pour l'instant les mêmes caractéristiques que le lieu de connaissance : ils appartiennent tous les deux au modèle 3D de base, ils ont recours au « réalisme », au point de vue externe et le passage de l'un à l'autre est matérialisé (absence de téléportation). Il va donc falloir établir les mécanismes qui différencient les lieux de connaissance des lieux d'information.

En plus de pouvoir distinguer les lieux existants des lieux rajoutés, il est important pour l'apprenant de séparer les lieux de connaissance des lieux d'information car, selon qu'il soit dans l'un ou l'autre, il développera des stratégies cognitives différentes.

Nous avons déjà évoqué les statuts différents des deux types de lieux mettant en œuvre des actions diverses : les actions spécifierons à l'apprenant les types de lieux. Sous la forme d'un avatar, les actions sont ponctuelles : l'apprenant se déplace dans le modèle 3D existant à la recherche de zones d'action (zones sensibles sur lesquelles il est possible de cliquer). Ce genre d'action est en adéquation avec le type de lieu de connaissance : une action pour enclencher la séquence narrative, une (ré)action pour la terminer. Par contre, les lieux d'information qui contiennent des « objets actés » requièrent des interventions plus longues : les actions successives et réciproques (un dialogue s'installe avec la machine) constituent des (inter)actions qui ne sont pas en adéquations avec le personnage représenté, c'est-à-dire avec l'avatar à l'écran. Il serait plus judicieux d'utiliser un point de vue interne où seuls les outils intermédiaires d'interactions seraient visibles entre l'apprenant et l'objet manipulé ou transformé.

À cet effet, Vincent Mabillot souligne le déplacement du personnage hors de l'écran (Mabillot, 2002b) : « Lorsque nous observons le geste fait et le mouvement représenté, nous constatons différentes figures de leurs interrelations. Dans *Duke Nukem* [53], elles contribuent à construire une posture où le personnage est déplacé sur l'acteur par son absence à l'écran. L'acteur/joueur devient alors le pivot entre les actes et leurs représentations ». Ainsi, concernant les lieux d'information existants, nous préconisons le passage d'un point de vue externe à un point de vue interne.

En guise d'exemple, revenons sur le Château de Vianden. Une de ses particularités concerne les détails architecturaux visibles ou non (sur et dans les murs), témoignant des différentes périodes architecturales du monument. Une des quêtes possible aurait pour objectif de rendre compte des différents styles architecturaux. Les lieux de connaissance sont donc les pièces existantes, les lieux d'information peuvent être existants ou rajoutés.

La **Figure 109** illustre le passage du point de vue externe au point de vue interne déclenché par une action dans un lieu d'information existant du château. Lorsque l'avatar découvre une zone d'action, un signe apparaît à l'écran : l'icône représente l'objet multimédia interactif, un clic permet son affichage à l'écran. Le passage de l'un à l'autre se traduit par un changement

au niveau du graphisme (passant du réalisme à la technologie futuriste) : le lieu d'information rassemble des signes provenant du jeu vidéo *Enemy territory : quake wars* [54] pour les mélanger ou les recombinaison tel « une hybridation et un métissage sémiotique » (Bachand, 2000). Le changement se remarque également au niveau des interventions, plus riches grâce aux nouveaux outils mis à disposition. Avec un point de vue externe, l'apprenant ne sait pas grand-chose du lieu d'information. Par contre, le point de vue interne, lui donne la possibilité de voir autrement et d'en savoir davantage (« ocularisation » et « focalisation » (Genvo, 2005 ; cf. 3.3.1). La possibilité de « scanner les murs », l'usage de styles graphiques divers et de la transparence, offrent des points de vue à la fois uniques (voir dans et à l'extérieur des murs, voir le même lieu à travers les époques, ...), détaillés (rapprochement, cadrage, ...) et simultanés à l'écran (cf. 1.3.2.7). En focalisation interne, l'apprenant a la possibilité d'en apprendre plus, et c'est bien là l'enjeu des lieux d'information et de leurs objets actés.

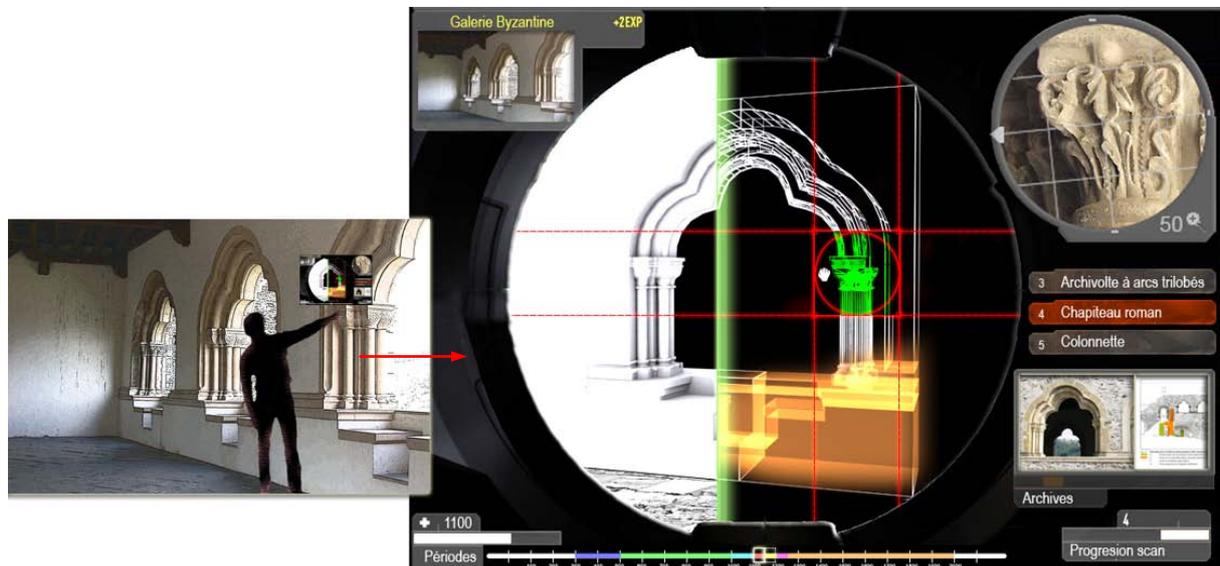


Figure 109. Passage de la focalisation externe à la focalisation interne dans un lieu d'information existant du Château de Vianden.

Les lieux d'information existants ou rajoutés permettent finalement d'agir directement à l'écran pour « mieux entrer dans l'objet ». Les outils intermédiaires d'interventions sont soit virtuels, c'est-à-dire internes aux lieux de notre espace de navigation, à la manière de la grenouille disséquée à l'écran sur le site Internet *Froguts* [5] (cf. 2.5), soit physiques, c'est-à-dire externes à l'écran, l'apprenant utilise alors un outil technologique (un stylet par exemple, cf. 2.1).

Nous distinguons deux temps dans le récit (cf. 1.3.2.6) :

- Le temps de l'histoire (« le parcours du temps »), correspond aux événements du monument qui se sont déroulés dans un ordre chronologique : par exemple, les différentes étapes de construction de la Pyramide de Khéops, les différentes phases architecturales du Château de Vianden au cours des siècles, etc.

- Le temps de la narration (« le temps du parcours »), correspond au rythme et à l'ordre de lecture du narrateur, c'est-à-dire de l'apprenant, pour raconter les événements du récit. Si le type de cheminement est réticulaire, l'ordre des événements est anti-chronologique.

Le récit archéologique ou architectural n'est pas fictif, il est important dans un cadre éducatif de restituer la chronologie des faits liés au monument étudié. Selon le type de cheminement, le récit est soit linéaire, soit entremêlé. Dans ce dernier cas, il va donc falloir établir un mécanisme qui permette en dernière instance de lire le récit restitué dans un ordre chronologique, et ceci, quel que soit l'ordre dans lequel l'apprenant a déclenché et résolu les séquences narratives d'une quête.

Le **Tableau 6** récapitule sous forme de tableau les différentes caractéristiques attribuées aux divers lieux scénarisés se trouvant sur le parcours narratif.

Séquence narrative	Lieu de connaissance	Lieu d'information
Lieu existant	<ul style="list-style-type: none"> · Énigme · Énoncé descriptif · Focalisation externe · Réaliste · Action/réAction 	<ul style="list-style-type: none"> · Objets actés → indices · Focalisation externe → interne · Réaliste → non réaliste · InterActions à l'écran
Lieu rajouté	-----	<ul style="list-style-type: none"> · Objets actés → indices · Focalisation interne · Style graphique non réaliste · InterActions à l'écran · Téléportation

Tableau 6. Récapitulatif des caractéristiques attribuées aux lieux scénarisés.

6.3 Un générateur de scénarii

Nous avons vu que selon les situations d'apprentissage, le nombre de séquences peut être imposé (l'exemple de l'enseignant qui définit deux séquences pour deux heures de cours, cf. 5.4). Or, nous avons également soutenu que l'objectif d'une quête pouvait également déterminer le nombre de séquences utiles à scénariser un aspect du monument.

Dans un cadre de travail plus large, nous pouvons réaliser un système qui mette en adéquation le type d'optimisation avec l'objectif de la quête.

Imaginons un visiteur utilisant une borne interactive dans un espace muséal du Château de Vianden. L'utilisateur qui dispose d'un temps assez court, compose son parcours « à la carte » : les deux premières options concernent le type de cheminement et le niveau de difficulté, la troisième concerne l'aspect du château que l'utilisateur souhaite découvrir. Le système génère ensuite un scénario qui tient compte des options choisies : les séquences narratives s'adaptent aux séquences d'apprentissage.

Une réelle optimisation des parcours combine les parcours scénarisés aux parcours topographique et cognitif.

Imaginons maintenant un dispositif d'apprentissage dans le même château. L'apprentissage ne se limite plus à l'utilisation de la borne interactive à elle seule, cette dernière s'intègre dans un cadre d'apprentissage qui associe le parcours réel effectué par le visiteur dans le château à la borne interactive comme instrument médiateur. Le visiteur déambule dans le château, son parcours est ponctué de points remarquables : par exemple, des codes-barres 2D¹¹³ sont positionnés à certains endroits et sont liés à des lieux ou à des éléments du lieu. Ces pictogrammes peuvent être décodés par des téléphones mobiles, ce qui a pour conséquence de stocker un index numérique récupérable sur la borne interactive. À la fin de la visite, la borne interactive propose un parcours d'apprentissage scénarisé à partir des actions de décodage effectuées tout au long du parcours réel : les lieux et les éléments décodés du château peuvent constituer des lieux de connaissance, des lieux d'information, ou des objets multimédias interactifs, auxquels sont associés des fragments d'histoire. L'espace de navigation hypermédia donne la possibilité à l'utilisateur de revoir les lieux et les objets de sa visite, avec des interactions et des informations supplémentaires qui enrichissent le parcours réel. Le dispositif d'apprentissage dépasse le cadre du château : le visiteur a la possibilité de relire son parcours une fois chez lui car le système a conservé les traces de ses visites réelles et virtuelles.

L'optimisation ici, combine parcours scénarisés, parcours topographique et cognitif, et enfin parcours réel.

6.4 Étude de cas : la Pyramide de Khéops

Le monument retenu dans cette étude de cas a également servi comme support d'application pour la réalisation du prototype. Pour choisir le monument, nous avons tenu compte de son aspect volumique, qui devait être accessible pour réaliser le modèle 3D dans un temps court. Les possibilités de scénarisations étaient un second critère de sélection.

La Pyramide de Khéops, la dernière des sept merveilles du monde construite il y a environ 4600 ans sur le plateau de Gizeh en Égypte, est la plus énigmatique des pyramides et suscite bien des interrogations. La Grande Pyramide fait donc l'objet de plusieurs hypothèses non vérifiées. Sa complexité, tant architecturale que symbolique ou historique, permettrait de définir plusieurs quêtes. Dans notre cas d'étude, nous abordons le rôle de la pyramide dans la religion égyptienne.

Un bref historique de la Grande Pyramide, des exemples de quêtes et une présentation des séquences d'apprentissage sont disponibles dans les annexes (cf. « La Pyramide de Khéops scénarisée » **en page 250**).

¹¹³ *Flashcode* est la marque des codes-barres 2D développée par l'Association française du multimédia mobile. <http://www.afmm.fr/>

6.4.1 *La quête : récit d'un voyage dans l'au-delà*

L'idée que les Égyptiens se faisaient de la mort n'était pas liée à une fin mais plutôt au commencement d'une nouvelle vie. La pyramide était le monument funéraire qui permettait ce passage dans l'au-delà. Pour que ce passage soit possible, les égyptiens devaient prendre toute une série de précautions et accomplir plusieurs rituels funéraires. L'apprenant va découvrir à travers la pyramide un univers considérable de symboles et de pratiques religieuses assurant la renaissance du défunt dans l'au-delà.

La quête raconte le voyage quotidien effectué par le pharaon depuis la pyramide vers l'autre monde (l'orientation de la pyramide, les entités immatérielles de l'être, les obstacles du parcours, la momification, la course du soleil, etc.).

La scénarisation de la quête nous a permis de structurer le parcours selon trois séquences d'apprentissage, soit trois lieux de connaissance (**Figure 110**) :

- La séquence d'apprentissage A s'intitule « Le cosmos vue des bords du Nil » :
 - Lieu de connaissance : l'entrée de la Grande Pyramide
 - Énigme : « Face à la polaire »
 - 2 lieux d'information : « Les tracés du prêtre » et « Blake et Mortimer » (Jacobs, 1955)
- La séquence d'apprentissage B s'intitule « Un parcours semé d'embûches » :
 - Lieu de connaissance : la chambre « de la Reine »
 - Énigme : « Il pourra y passer pour sortir tous les jours qu'il voudra avant de revenir dans sa tombe, mais cette fois sans obstacles »
 - 3 lieux d'information : « Les entités de l'être », « Le jugement d'Osiris » et « La course du soleil »
- La séquence d'apprentissage C s'intitule « Rentrer dans sa tombe sans obstacles » :
 - Lieu de connaissance : la chambre « du Roi »
 - Énigme : « Tu apparaîtras en être d'or, tu brilleras comme l'électrum »
 - 2 lieux d'information : « Les vases canopes » et « La salle de momification »

Dans cette quête, tous les lieux d'information ont été rajoutés au monument. En effet, la pyramide possède très peu de pièces, aucune n'étaient en mesure de nous délivrer les informations nécessaires lors de la rédaction du scénario.

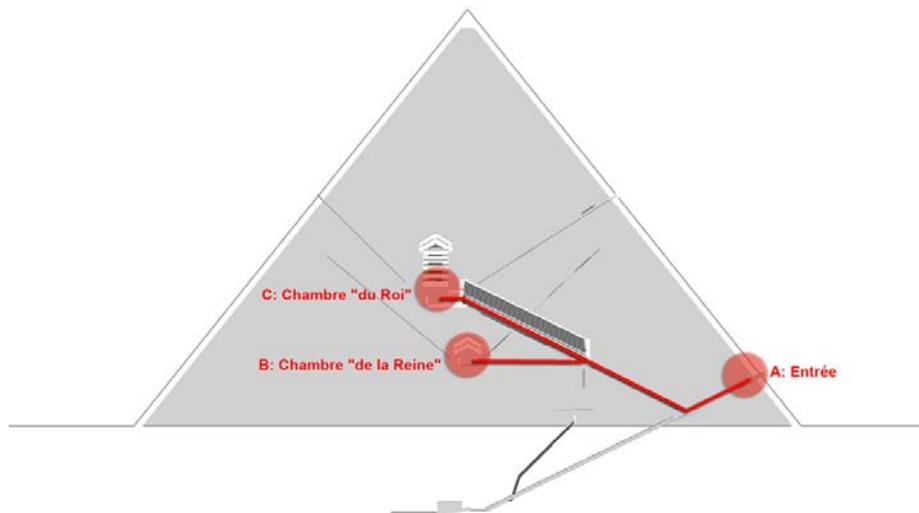


Figure 110. Le chemin de la connaissance dans la Pyramide de Khéops.

6.4.2 Un lieu d'information dans la Grande Pyramide

La séquence d'apprentissage A de la Pyramide de Khéops doit rendre compte de la position exacte de l'entrée et possède pour ceci deux lieux d'information qui peuvent être exécutés dans n'importe quel ordre de passage : « Les tracés du prêtre » pour trouver la face de la pyramide et son orientation (l'entrée au nord est une première condition pour que le voyage du pharaon puisse avoir lieu), « Blake et Mortimer » pour trouver la hauteur de l'entrée sur cette face. L'accès aux lieux se fait par des portails de téléportation (cf. annexes « Portails de téléportation » en page 270).

Le lieu d'information présenté s'intitule « Blake et Mortimer » car il s'agit d'une page de la célèbre bande dessinée d'Edgar P. Jacobs intitulée « Le mystère de la Grande Pyramide » (Jacobs, 1955). La page constitue à la fois le lieu et l'« objet acté », et met en œuvre des opérations de type lecture et déchiffrement de texte. La prise de note et le dessin font également partie des interventions possibles. Cette page, une fois déchiffrée, révélera le nombre de blocs de pierre qui séparent l'entrée du sol (seize assises au total). En même temps, elle annonce les lieux existants dans la pyramide car le cheminement effectué par Blake et Mortimer pour atteindre l'entrée, se fait de l'intérieur du monument (**Figure 111**).

La page constitue une information de « niveau zéro » : l'apprenant est informé de quelque chose (cf. 4.2.3). Les interactions possibles doivent lui permettre de s'approprier l'information : en la transformant progressivement, elle deviendra une information de « niveau I » (Bateson, 1977).



Figure 111. Le lieu d'information « Blake et Mortimer » (Jacobs, 1955) dans la Pyramide de Khéops.

Les textes de la page fournissent d'abord des renseignements utiles à la compréhension du lieu. Au fur et à mesure il peut directement écrire, dessiner ou corriger sur l'écran à l'aide d'un styler pour y laisser des remarques personnelles sur la page. Deux fragments de page ont été déchirés et sont devenus illisibles, ils contiennent l'information que l'apprenant doit extraire du lieu. Pour cela, l'apprenant va pouvoir manipuler les fragments : il dispose de bande adhésive, de révéléteurs, de correcteurs, pour coller, froter, colorier, ... ; ce n'est qu'avec un subtil dosage que l'information va se dévoiler.

L'information qui en est extraite informe sur la pyramide, elle est un premier indice pour résoudre l'énigme : cet élément de réponse sera toujours le même quel que soit l'utilisateur.

Par contre, l'information signifie également les interventions de l'apprenant, c'est-à-dire que les changements successifs (à travers les erreurs de choix, les dosages, ...) ont apporté une spécificité dans la réponse (Bateson, 1977).

Le processus d'apprentissage a débuté dans ce lieu : le passage d'un « apprentissage zéro » à un « apprentissage I » (Bateson, 1977) nous a permis d'extraire une information. En vue de l'acquisition de connaissance, la prise en compte d'un apprentissage de niveau supérieur permettrait le traitement de cette information.

6.5 Concepts pour un modèle des parcours d'apprentissage scénarisés

Finalement, le fil du récit superposé à la trame d'apprentissage (topographique et cognitive) constitue un espace de navigation dilaté qui dépasse le cadre de l'édifice ou du site culturel étudié, mais en même temps cet espace est suffisamment étroit pour que le discours construit par l'apprenant soit orienté vers un objectif. L'espace se compose des ingrédients motivationnels principaux : des histoires, des règles, des interactions, des conflits, des surprises, des choix, des feedbacks, des fantasmes, des progressions, des buts (cf. 4.3.1). Toutes ces caractéristiques vont influencer le comportement actif de l'apprenant et l'inciter à développer diverses stratégies et tactiques en termes d'exploration, de déductions, de décisions, de créativité, de personnalisation, etc.

Nos interrogations se portent sur la fonctionnalité des parcours dans l'espace de navigation. Nous avons organisé les « nœuds » et tissé les « liens » sémantiques qui composent cet espace, il convient maintenant de trouver des mécanismes au niveau de l'interface et de son utilisation (nous dirions « jouabilité » ou « gameplay » pour un jeu vidéo, cf. 3.1.1) qui aident l'apprenant à représenter et à se représenter l'espace dans lequel il navigue. Des mesures supplémentaires d'assistance à la navigation devraient aider l'apprenant à :

- dimensionner l'espace,
- s'orienter dans cet espace,
- récupérer et transformer les informations en connaissances,
- conserver les traces de son parcours dans l'ordre chronologique de l'histoire du monument.

Les nouveaux concepts qui ont été abordés au cours du chapitre 6, sont mis en correspondance avec les concepts évoqués dans le chapitre 5. Ils sont présentés dans le **Tableau 7** (les nouveautés sont bleues).

Concepts	Propriétés
Apprenant	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Âge · Profil d'apprentissage · Situation d'apprentissage
Monument	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Date/période · Emplacement géographique · Style architectural · Niveau (level ou map)
Quête	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Énoncé narratif (objectif) · Aspect : (structurel, objet, ...) · Options : <ul style="list-style-type: none"> · Difficulté : (facile, moyen, difficile) · Temps d'apprentissage · Nombre de lieux · Type de cheminement (linéaire, réticulaire, mixtes)
Séquence d'apprentissage (ou narrative)	<ul style="list-style-type: none"> · Nom : (A, B, C, ...) · Chemin : (connaissance, information, raccourci)
Lieu de connaissance	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Localisation : (existe dans le monument) · Focalisation : externe · Graphisme : réaliste · Action : (enclencher la séquence) · Portail de téléportation · réAction : (résoudre la séquence)
Énigme	<ul style="list-style-type: none"> · Nom (lieu de connaissance) · Énoncé descriptif · Type de réponse (connaissance)
Lieu d'information	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Localisation : (existant ou rajouté au monument) · Type d'activité: (lecture/fabrication/...) · Focalisation : externe (lieu existant), interne (lieu rajouté)
Objet acté	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Nature multimédia · Type d'interaction · Information niveau I · Focalisation : (interne)
Indice	<ul style="list-style-type: none"> · Nom · Nature multimédia

Tableau 7. Liste des concepts et des propriétés définissant les parcours d'apprentissage scénarisés.

Chapitre 7 La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant¹¹⁴

La prise en compte des différentes opérations cognitives mises en œuvre tout au long du cheminement, tel que l'« assemblage spatial » (Greenfield, 1994 ; cf. **4.3.2.1**), la « concaténation », le « rappel » et la « sélection » (Vandendorpe, 1998 ; cf. **3.2.2**), nous aidera à formaliser le processus de génération des traces et à matérialiser la carte mentale de l'apprenant.

L'objectif est de concevoir une carte mémorielle comme représentation visuelle de l'espace de navigation et comme support de représentations dans le but de favoriser l'acquisition et la mémorisation des connaissances du patrimoine culturel bâti. La carte mémorielle de l'apprenant :

- est utilisée comme outil de repérage et de guidage,
- permet de représenter et de structurer des idées,
- assiste la mémorisation des connaissances.

À la manière d'un cartographe, l'apprenant met en évidence ses découvertes en vue de constituer un « journal » racontant le récit de son parcours. La sémiotique du récit prend forme dans la constitution progressive du journal.

D'un point de vue sémio-cognitif, la carte mémorielle est support de mémoire pour trois raisons :

- L'usage des métaphores de mémoire basées sur « les lieux et les images » permet la mémorisation des lieux du monument et de leur contenu (cf. **4.4.2**).
- Le recours à la cognition externe et à la construction des connaissances permet d'augmenter leur appropriation et leur mémorisation (cf. **4.4.1**).
- La conservation des traces constitue un support de mémoire qui nous préserve de l'oubli (cf. **1.3.2.10**).

¹¹⁴ Jacques Perriault (Perriault, 1994), en se basant sur les recherches de Patricia Greenfield (Greenfield, 1994), proposait déjà dans une perspective éducative, de matérialiser les cartes mentales pour les fournir au sujet en tant qu'outil de guidage.

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

Au regard des différents aspects que nous allons aborder, la carte mémorielle est un support qui croise les représentations externes, subjectives, sémantiques et dynamiques que nous avons abordées en première partie (cf. **Chapitre 2**).

7.1 Un outil de repérage et de guidage

7.1.1 La notion d'« orientation »

Tout au long des parcours topographique et cognitif, nous avons mis en place des activités d'exploration et de création comparables aux tâches que Kim Hanhwe et Stephen C. Hirtle appellent « navigational tasks » et « informational tasks » (Kim & Hirtle, 1995). Les auteurs préconisent la gestion de ces deux tâches (« task management ») par l'usage de la métaphore pour aider l'utilisateur à s'orienter dans un espace hypertextuel.

Pour palier aux problèmes de désorientation (cf. **1.3.3**) et éviter ainsi une surcharge cognitive, notre carte mémorielle aurait pour rôle de coordonner les deux types d'activités que nous avons mis en place.

L'orientation est liée aux possibilités qu'a l'utilisateur de se représenter l'ensemble des parcours dans l'espace de navigation. L'aspect « navigationnel » de l'orientation est la capacité à situer un lieu dans la structure d'ensemble ; l'aspect « informationnel » est la capacité à comprendre son contenu. Sur la base de plusieurs théories¹¹⁵, Pierre Fastrez retient cinq capacités définissant l'orientation (Fastrez, 2002). La désorientation serait l'inaptitude à respecter l'une ou plusieurs de ces capacités :

- « Identification de la position du nœud actuel dans la structure d'ensemble. Où suis-je ?
- Reconstruction du parcours qui a mené à ce nœud. Comment suis-je arrivé là ?
- Discernement des choix possibles à partir de ce nœud. Où puis-je aller d'ici ?
- Choix d'une destination à partir du nœud actuel. Où ai-je l'intention de me rendre d'ici ?
- Génération d'un chemin vers un nœud dont on sait qu'il existe. Comment puis-je m'y rendre ? »

Ainsi, notre carte mémorielle a pour ambition d'aider l'apprenant à s'orienter en lui offrant la possibilité de se représenter les parcours topographique (déterminer des directions) et cognitif (choisir un lieu en fonction de ses caractéristiques et des rapports qu'il entretient avec les autres lieux).

Notre proposition consiste à matérialiser la « carte mentale » de l'apprenant en définissant plusieurs mécanismes didactiques et ludiques.

¹¹⁵ Thüring, Hannemann et Haake ; Kim et Hirtle ; Gall et Hannafin ; Edwards et Hardman.

7.1.2 Des lieux projetés

Tout au long de sa visite virtuelle en temps réel, pour se faire une idée de l'ensemble du monument, l'apprenant a la possibilité de rassembler et d'interpréter des prises de vues fragmentaires qui entrent dans la composition de son parcours. L'apprenant matérialise une image mentale durant l'exploration : il s'agit d'une capture d'écran qui vient projeter un point de vue particulier pour rendre perceptible un point de passage du parcours (**Figure 112**).

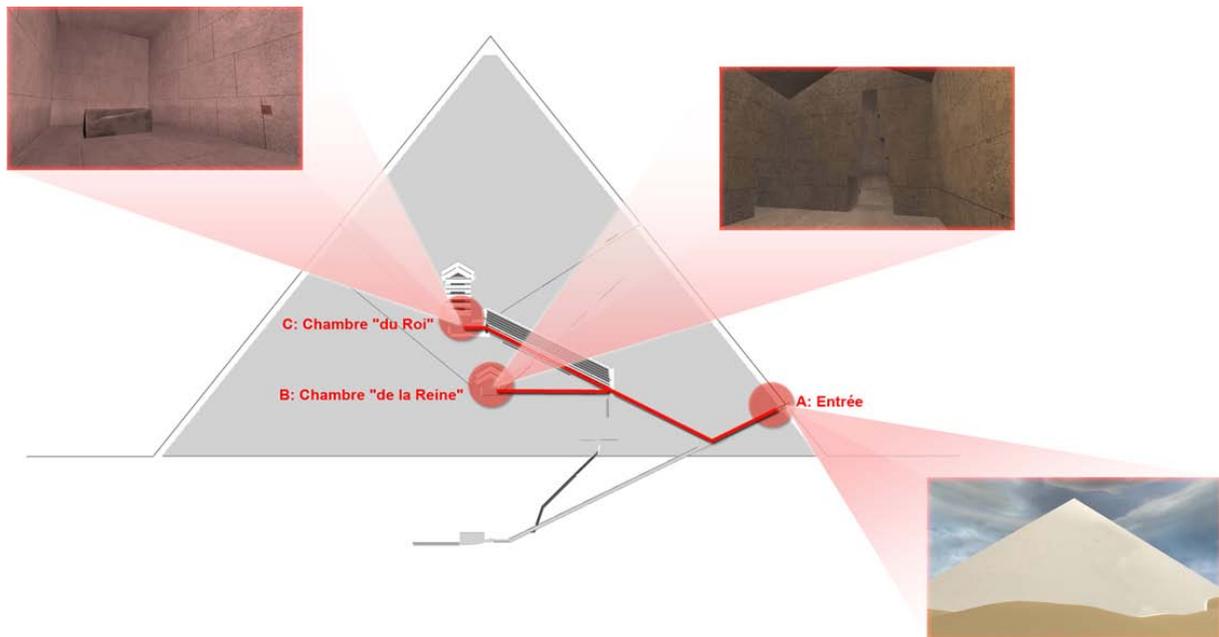
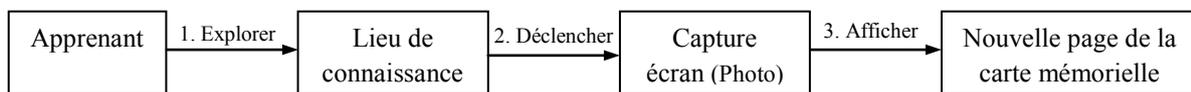


Figure 112. « Projection » des lieux de connaissance pendant l'exploration de la Pyramide de Khéops.

À chaque lieu de connaissance, l'apprenant déclenche un premier événement qui lui permet de figer l'écran pour en récupérer une « photographie instantanée », comparable à celles que les visiteurs prennent au fil de leurs visites touristiques¹¹⁶. Cette première action permet d'afficher une page de la carte mémorielle.



Cette « page mémorielle » apporte des indications spécifiques au lieu, à savoir son nom, son énigme et la séquence d'apprentissage à laquelle il appartient. Le cadre rouge qui délimite la photo, signifie un lieu de connaissance (**Figure 113**).

¹¹⁶ Dans notre prototype, l'apprenant a la possibilité de saisir un appareil photo dans le lieu de connaissance. La photo est prise en appuyant sur la touche « Entrée » du clavier (cf. annexes « Créer une page mémorielle » en page 236).



Figure 113. La capture d'écran effectuée au lieu de connaissance « La chambre du Roi » dans la séquence d'apprentissage C de la Pyramide de Khéops.

Nous allons voir comment la représentation graphique de la carte mémorielle est apte à rendre compte progressivement du nombre de lieux qui composent l'espace de navigation tout en mettant en évidence les différents statuts de ces lieux. En ce sens, la « projection » des lieux est un bon moyen de rendre perceptible la quantité et la qualité d'espace à parcourir.

La carte mémorielle de l'apprenant prend forme par ajouts successifs des lieux matérialisés pendant l'exploration 3D. Les captures d'écran sont rangées au fur et à mesure sur un fil conducteur, le « fil rouge » qui conserve la chronologie historique des lieux quel que soit l'ordre (quel que soit le type de cheminement d'une séquence à l'autre) dans lequel l'apprenant les projette.

Le « fil rouge » apparaît dès la première capture d'écran. Il constitue un réseau de lieux (le chemin de la connaissance) qui sert de base à l'établissement de la carte mémorielle tel un canevas, en même temps c'est un signe qui annonce à l'apprenant combien de lieux de connaissance il reste à visiter et combien de séquence d'apprentissage possède la quête.

Au fur et à mesure de sa construction, la carte mémorielle fournit des renseignements sur le contenu même de chaque séquence d'apprentissage : par exemple, le nombre de lieux d'information qui sont rattachés au lieu de connaissance et leurs noms. Sur la **Figure 114** et la **Figure 115**, les lieux d'information sont grisés, seuls leurs noms apparaissent. Les choix dans les signes graphiques, dans la typographie (les polices de caractères reflètent une fonction du lieu ou sont empruntés aux affiches de films, aux bandes dessinées, ...), ... sont en adéquation avec la nature du lieu.

La **Figure 114** présente la carte mémorielle telle qu'elle apparaît lorsque la première capture d'écran est déclenchée dans la quête intitulée « Récit d'un voyage dans l'au-delà » de la Pyramide de Khéops. Y apparaît la photo à bords rouges du lieu de connaissance de la séquence d'apprentissage A, à savoir l'« Entrée de la Grande Pyramide », son énigme, ses deux lieux d'information et leurs noms, ainsi que le chemin de la connaissance en rouge.

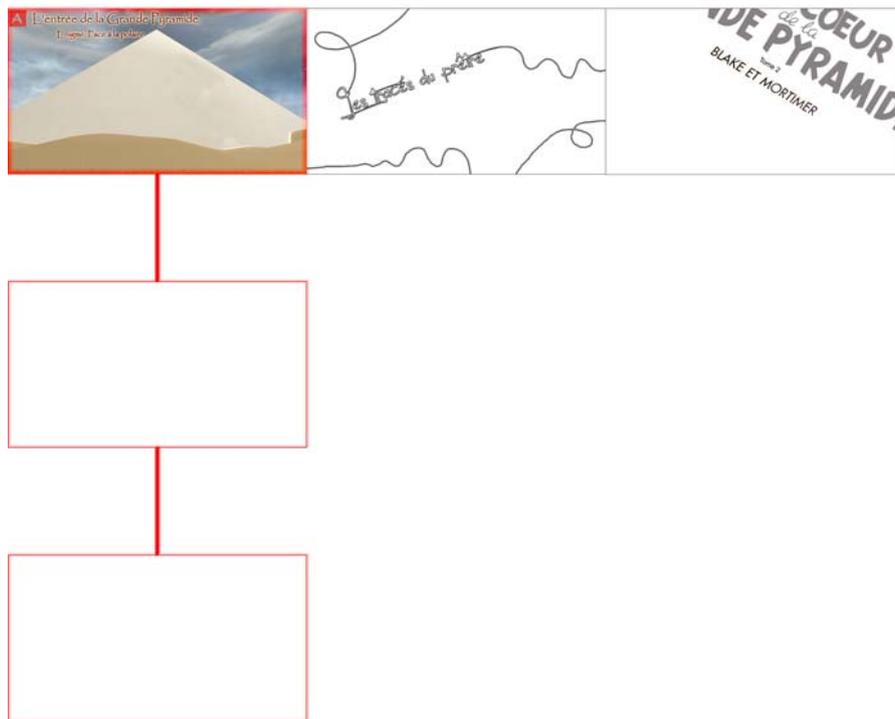


Figure 114. La capture d'écran effectuée au lieu de connaissance démarre la construction de la carte mémorielle. Celle-ci renseigne sur le nombre et le contenu des séquences d'apprentissage.

Les lieux d'information sont représentés par des pages mémorielles telles des captures d'écran (dans la carte mémorielle, un cadre signifie un lieu). Néanmoins, lorsque la séquence d'apprentissage est enclenchée au lieu de connaissance, elles ne sont pas encore fonctionnelles, c'est-à-dire qu'aucune action n'y est encore possible. Cela signifie que l'apprenant doit obligatoirement passer dans chaque lieu pour générer des photos et donc créer des pages mémorielles fonctionnelles.

Mais pendant l'exploration dans le modèle 3D, pour éviter que l'apprenant aille visiter un lieu d'information avant même d'avoir été dans le lieu de connaissance qui lui est rattaché, tous les accès aux lieux d'information sont bloqués par le système tant que la photo n'a pas été prise au lieu de connaissance : les raccourcis et les portails de téléportation vers les lieux rajoutés sont infranchissables, les zones d'action dans les lieux d'information existants sont insensibles.

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

Dans un premier temps, l'exploration temps réel précède la création de la carte mémorielle : les passages en chaque lieu provoquent les affichages de chaque page mémorielle pour créer progressivement la carte de l'apprenant.

La carte mémorielle possède actuellement deux dimensions pour représenter les différents lieux qui sont visités. Le fil rouge matérialise le chemin entre les lieux de connaissance mais démarque aussi les séquences.

Les passages d'un lieu d'information à un autre dans une même séquence sont implicites : les pages mémorielles sont rattachées entre elles et aucun lien ne matérialise le passage d'un lieu à l'autre, ce qui est mis en avant est l'unité que forment tous les lieux d'une même séquence.

D'une manière générale, l'ordre de passage dans chaque lieu définira l'ordre d'affichage des pages mémorielles, par contre leur position respectera la chronologie des faits historiques du monument. L'apprenant complète une sorte de « puzzle narratif » pour constituer la carte mémorielle (**Figure 115**).

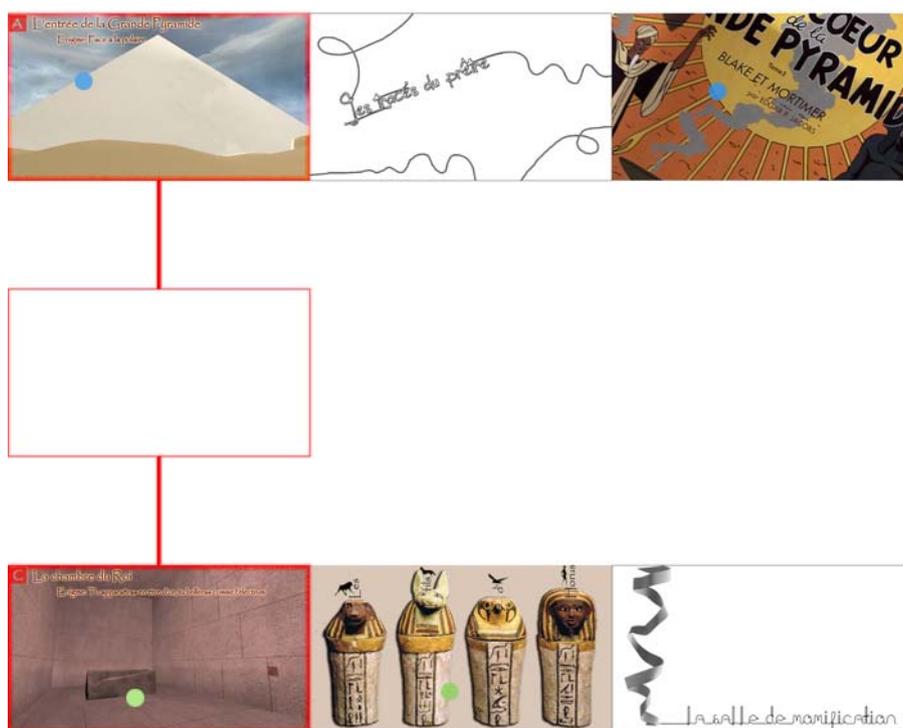


Figure 115. Constitution progressive de la carte mémorielle¹¹⁷ (le type de cheminement est réticulaire).

Lorsque la page mémorielle correspondant à un lieu d'information s'affiche, elle indique par des connecteurs le nombre d'objets multimédias interactifs que contient le lieu en question. Les connecteurs qui possèdent une couleur spécifique au lieu sont disposés

¹¹⁷ « Blake et Mortimer » (séquence A) est une page mémorielle provenant de (Jacobs, 1955).

aléatoirement par le système et sont déplaçables sur la page mémorielle. Au passage du curseur (de la souris ou du stylet) sur le connecteur, un texte apparaît pour mentionner l'objectif et le mode d'emploi de l'objet multimédia interactif correspondant. Un disque autour du curseur indique l'état d'avancement de l'apprenant jusqu'à l'extraction de l'information (**Figure 116**).



Figure 116. Les connecteurs sur la page mémorielle¹¹⁸ indiquent le nombre, la progression, l'objectif et le mode d'emploi des objets multimédias interactifs manipulés dans le lieu d'information.

Au même moment, un connecteur de même couleur s'affiche sur la page mémorielle du lieu de connaissance et souligne un lien sémantique entre le contenu du lieu d'information et l'énigme du lieu de connaissance (**Figure 117**). Le connecteur en attente d'un message, constituera un élément de connaissance une fois toutes les informations récupérées sur la page mémorielle qui lui est associée.

¹¹⁸ « La salle de momification » (séquence C) est une page mémorielle provenant de (Mcaulay, 2006).



Figure 117. Des connecteurs sur la page mémorielle du lieu de connaissance sont liés aux pages mémorielles¹¹⁹ des lieux d'information dans la même séquence d'apprentissage.

Dans un deuxième temps, un système de « feedback » (rétroaction) est mis en place : la carte mémorielle redirige l'apprenant dans les différents lieux du modèle 3D. Elle met en place un système de déplacements rapides entre la carte mémorielle et le monument reconstitué pour revenir à tout moment dans les lieux de connaissance déjà visités.

Lorsque le curseur de la souris ou du stylet passe sur une page mémorielle, il prend la forme d'une main ; le clic permet ensuite de glisser et de déposer la page sur la fenêtre d'exploration 3D temps réel (cf. **1.3.2.5** : les différentes actions possibles à l'aide de la souris). L'apprenant est alors transféré dans un lieu de connaissance à partir duquel il peut actionner des zones sensibles ou rejoindre un lieu d'information.

Les déplacements rapides par cliquer/glisser impliquent donc deux fenêtres à l'écran (celles de la carte mémorielle et de l'exploration 3D) (**Figure 118**) ; ils sont limités aux lieux de connaissance, ce qui permet d'éviter les déplacements directs entre les lieux d'information appartenant à des séquences d'apprentissage différentes (qui seraient susceptibles d'apporter une complexité cognitive, cf. **5.4**).

¹¹⁹ *Ibid.*

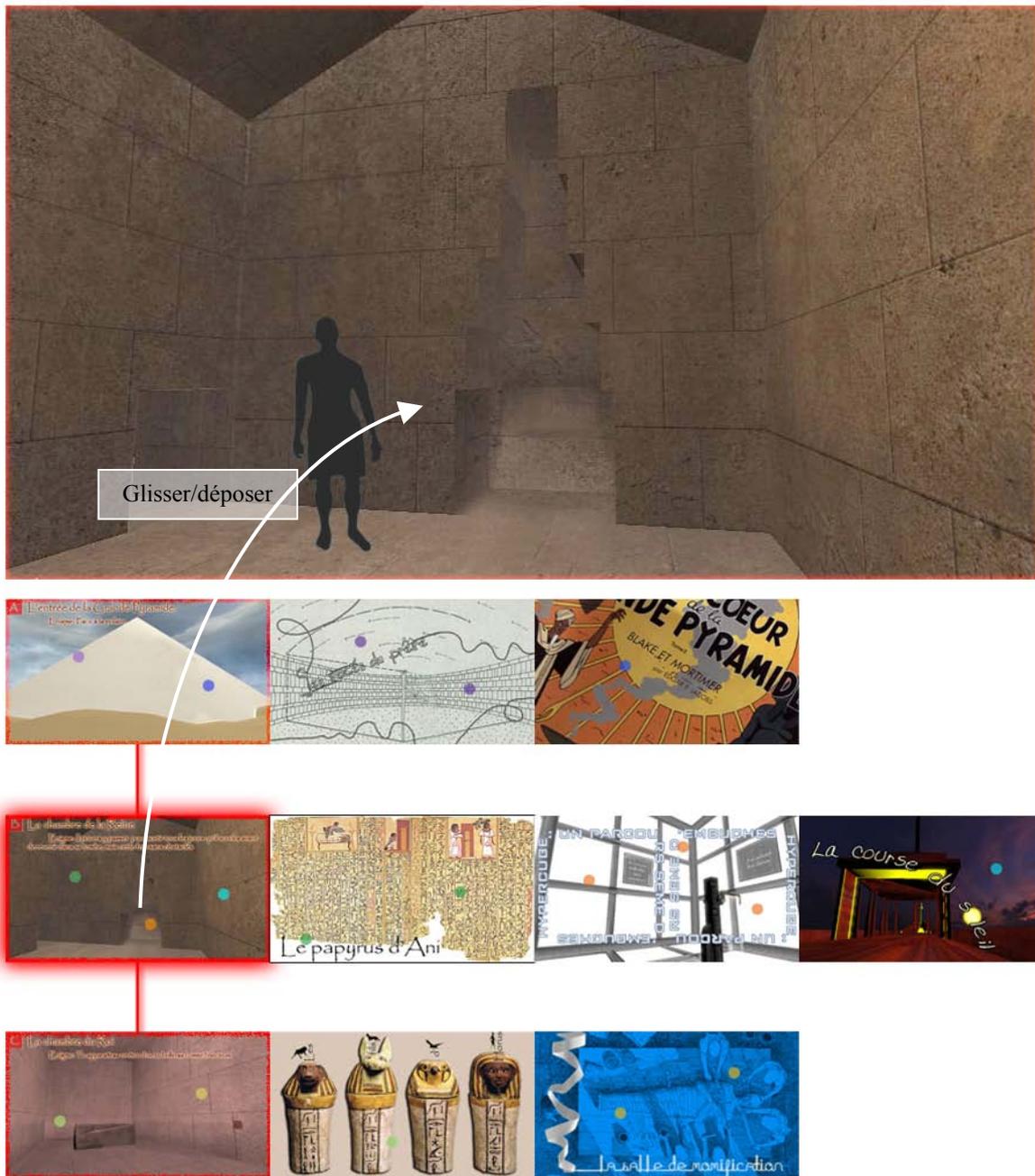


Figure 118. Un déplacement rapide est permis en cliquant sur une page de la carte mémorielle¹²⁰ pour la glisser vers la fenêtre d'exploration 3D temps réel.

7.1.3 Une carte pliable tridimensionnelle

La carte mémorielle, telle que nous l'avons présentée, ne suffit pas au repérage de l'apprenant. Pour que sa carte mentale prenne forme, il faut, d'une part, que l'apprenant

¹²⁰ « Blake et Mortimer », *op. cit.*, p. 168; « La salle de momification », *op. cit.*, p. 169.

« Les tracés du prêtre » (séquence A) est une page mémorielle provenant de (Mcaulay, 2006), « Un parcours semé d'embûches » (séquence B) est une page mémorielle provenant du film *Cube 2 : Hypercube* [71].

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

puisse se situer en temps réel, c'est-à-dire lorsqu'il se déplace d'un lieu à un autre dans le modèle 3D ; d'autre part, il doit pouvoir localiser ses lieux dans ce même modèle 3D.

Ensuite, nous avons déjà évoqué la notion de raccourcis (cf. 5.4), qui sont les seules voies qui permettent de sauter des séquences. Ces raccourcis sont des nouveaux chemins qui viennent se rajouter aux chemins non dissimulés, il serait utile que la carte mémorielle puisse représenter ces nouveaux chemins, ce qui permettrait à l'apprenant de les actualiser à tout moment.

Nous avons recours à une nouvelle fenêtre à l'écran, qui serait un croisement sémiotique superposant une forme dérivée de la carte mémorielle et une représentation filaire (plan avec boussole) du monument exploré.

La carte mémorielle passe d'une représentation plane bidimensionnelle à une représentation tridimensionnelle selon deux manières : par un effet de pliage entre chaque page mémorielle dans une séquence d'apprentissage, par un déploiement spatial de chaque séquence.

Ces deux opérations permettent, d'une part, de représenter les raccourcis entre les pages mémorielles dans une même séquence d'apprentissage (si le cheminement est linéaire et si l'apprenant n'arrive pas à extraire une information d'un lieu, un raccourci lui permettra d'accéder à un autre lieu) ou entre les séquences (**Figure 119**), d'autre part, de situer les pages mémorielles par rapport aux lieux dans le monument (**Figure 120**).

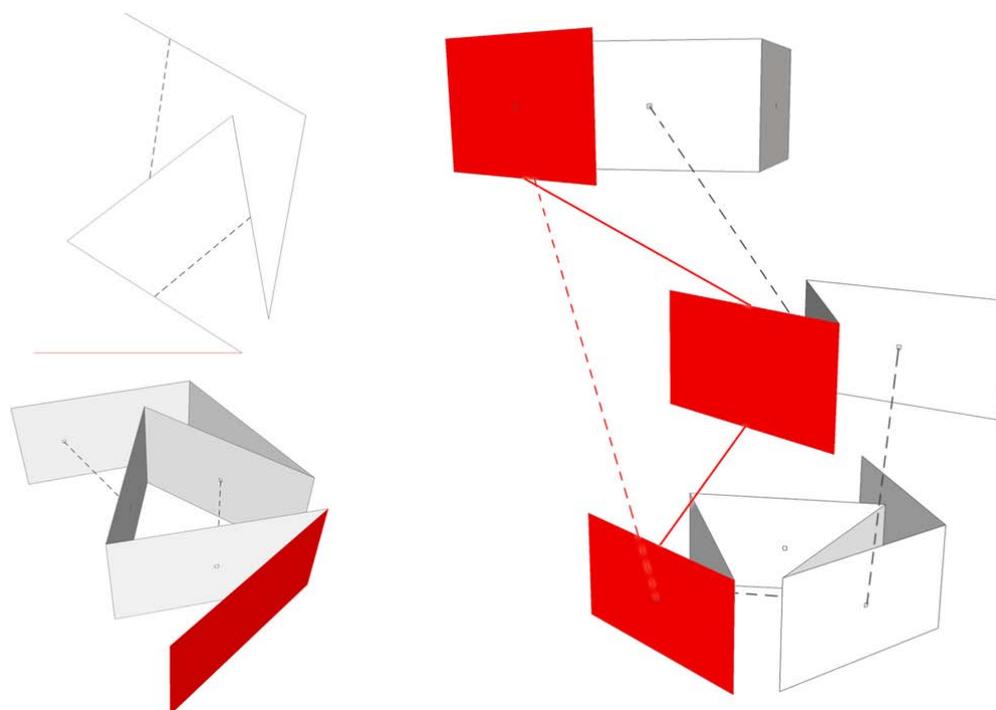


Figure 119. Pliage de la carte mémorielle et représentation des chemins (fil rouge et raccourcis en pointillés) entre les pages d'une même séquence (plan et perspective à gauche) ou entre les séquences (à droite).

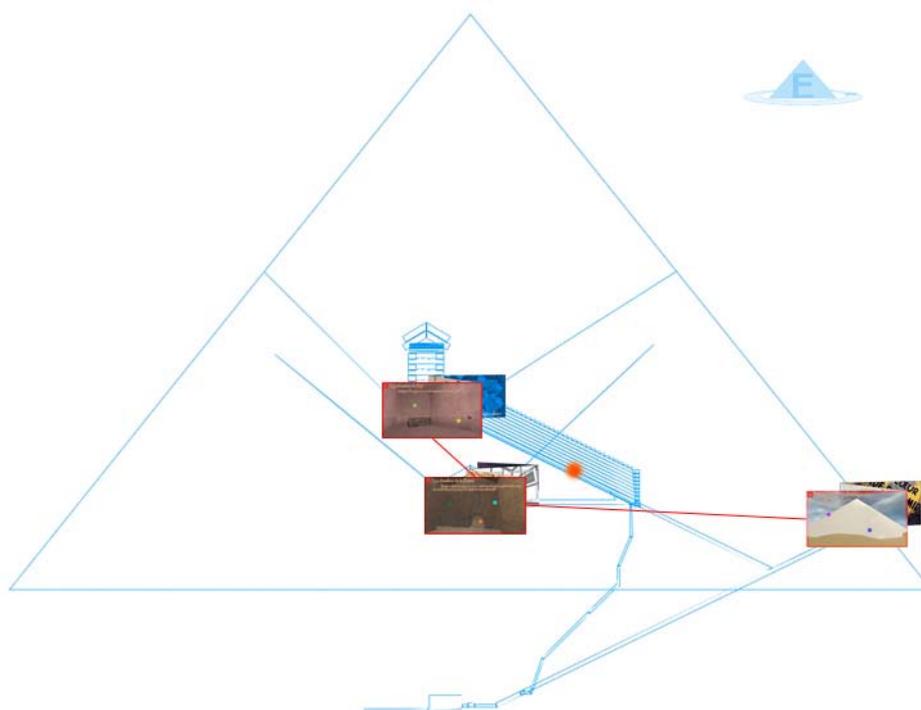


Figure 120. Superposition de la carte mémorielle sur une élévation en filaire de la Pyramide de Khéops. Le point orange indique la position de l'apprenant.

L'orientation de la représentation filaire de la Pyramide de Khéops est choisie par l'apprenant, celui-ci peut passer d'une vue frontale en plan ou en élévation à une vue perspective en tournant l'objet. Une boussole visible à l'écran lui indique l'orientation du bâtiment et un point de couleur lui indique sa position dans le monument (**Figure 120**). La carte mémorielle est également manipulable, permettant des rotations et des pliages divers. Les zooms permettent des vues rapprochées et recadrées des deux éléments.

La nouvelle fenêtre ainsi créée est une imbrication de plusieurs « métaphores de repérage » (Cohen, 1995 ; cf. **3.2.3**), à savoir le plan, la boussole et la carte pliable.

Finalement, si nous devons rassembler sur un écran les trois fenêtres présentées, nous observerions des niveaux de lecture et des points de vue différents. La fenêtre d'exploration permet une lecture en temps réel du monument en focalisation externe, la carte mémorielle plane permet une lecture chronologique et linéaire du parcours effectué en focalisation zéro, la carte mémorielle tridimensionnelle superposée aux représentations filaires du monument permettent une lecture spatiale des lieux et des chemins en focalisation zéro également.

En jouant sur la juxtaposition des fenêtres (cf. **1.3.2.1**), leur lecture à l'écran est simultanée ; dans ce cas, les fenêtres entretiennent des relations au niveau de l'affichage (**Figure 121**) : par exemple, lorsque l'apprenant pénètre dans un lieu de connaissance ou d'information, des éléments sont mis en évidence dans les autres fenêtres (la page mémorielle du lieu est mise en surbrillance, ...) ; pendant l'exploration 3D, un point de couleur se déplace en temps réel sur la représentation filaire pour indiquer la position actuelle

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

de l'apprenant ; au passage du curseur de la souris ou du stylet sur une page mémorielle, le lieu correspondant est mis en surbrillance dans la représentation filaire du monument ; en cliquant sur un lien 3D qui représente un chemin dans la carte mémorielle tridimensionnelle, les deux lieux aux extrémités de ce chemin sont mis en évidence dans les différentes vues ; etc.

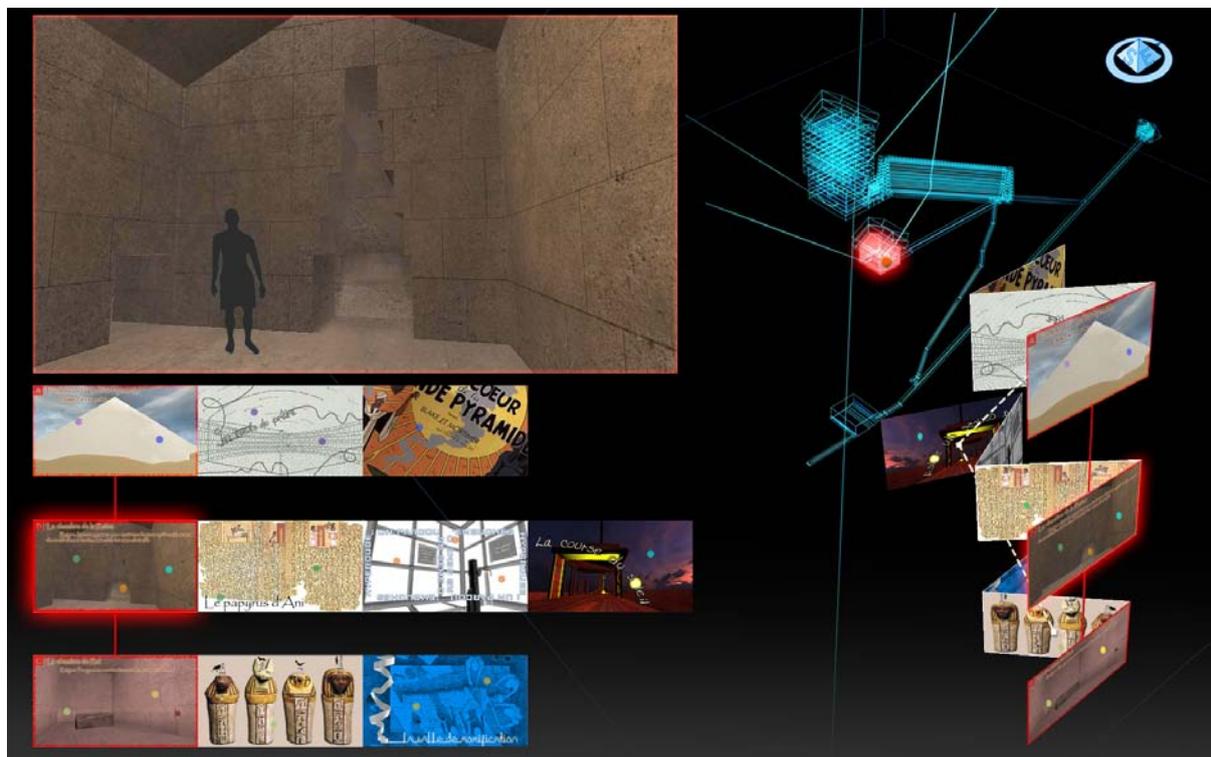


Figure 121. La lecture simultanée des fenêtres juxtaposées à l'écran¹²¹.

En jouant sur la superposition des fenêtres, leur lecture à l'écran est séparée des autres. Dans ce cas, la fenêtre principale recouvre les autres pour occuper tout l'écran : par exemple, un double clic sur une page mémorielle permet son affichage à l'écran, l'apprenant passe d'une focalisation zéro à une focalisation interne, les pages mémorielles de la même séquence d'apprentissage forment une frise et défilent à l'écran en cliquant et glissant horizontalement (**Figure 122**) ; les interactions dans les lieux d'information nécessitent également l'affichage d'une fenêtre à l'écran, l'apprenant passe d'une focalisation externe dans le modèle 3D à une focalisation interne (**Figure 123**).

Les fenêtres procurent des points d'ancrage à plusieurs niveaux : déplacements rapides, accès aux contenus, mise en relation graphique des éléments, Ce sont les lectures multiples et simultanées des fenêtres qui permettent à l'apprenant de s'orienter dans l'espace de navigation.

¹²¹ *Ibid.*

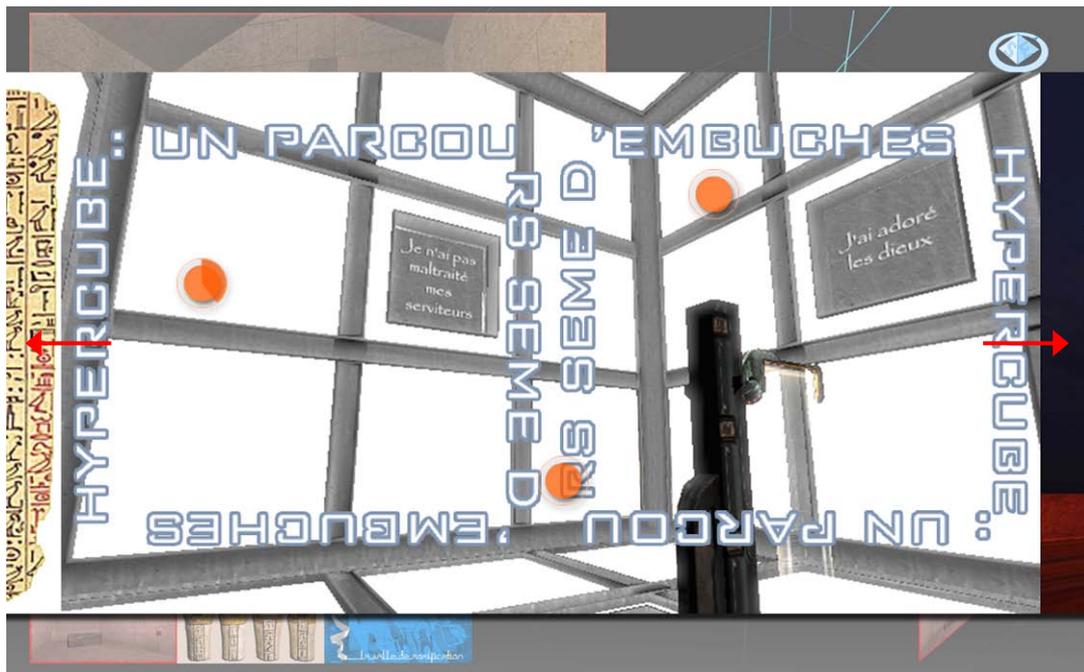


Figure 122. Affichage d'une page mémorielle¹²² par superposition à l'écran. Les pages d'une même séquence d'apprentissage défilent horizontalement.

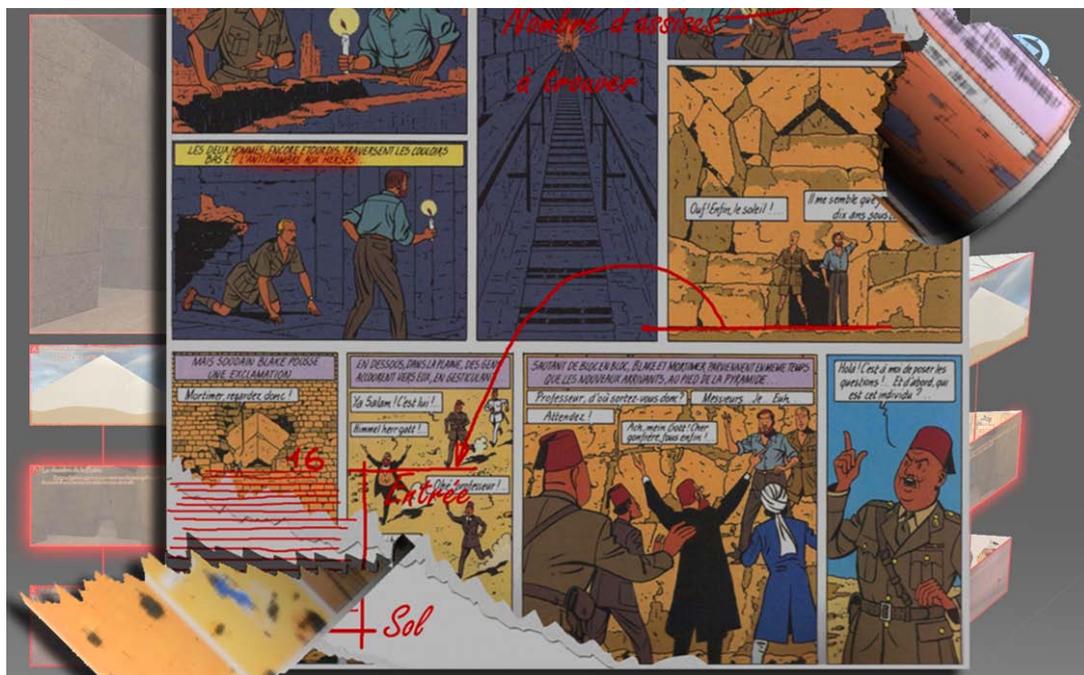


Figure 123. Affichage d'un lieu d'information¹²³ par superposition à l'écran.

¹²² « Un parcours semé d'embuches », *op. cit.*, p. 171.

¹²³ « Blake et Mortimer », *op. cit.*, p. 168.

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

7.2 Un support de présentation et de représentation

7.2.1 *Un carnet multimédia*

La carte mémorielle croise des représentations graphiques et sonores diverses : elle permet de stocker des images, des textes, de lire des séquences audio ou vidéo. Autant d'informations multimédias et multimodales qui sont créées et extraites des lieux d'information par l'apprenant pendant l'exploration du modèle 3D.

La carte mémorielle n'est pas un système fermé possédant sa propre bibliothèque de données ; l'apprenant peut visiter un site Internet pour y extraire une information. Ce concept de réseau élargit les notions d'espace de navigation et de distance entre les informations consultées et la carte mémorielle.

Les informations qui s'affichent sur les pages mémorielles diffèrent selon les apprenants, c'est-à-dire qu'une information récupérée ne sera jamais la même d'une carte mémorielle à l'autre en raison des divers procédés d'extraction qui existent dans les lieux d'information : l'information pourra être découpée avec des ciseaux, déchirée, révélée, notée, dessinée, assemblée, enregistrée (sur une bande son à l'aide d'un microphone ou à partir d'une caméra qui filme en direct un site archéologique ou un édifice existant) ou filmée (avec une caméra virtuelle intégrée au lieu d'information ou avec un périphérique externe telle une « webcam »), etc.

Une information, lorsqu'elle est récupérée par une page mémorielle, est rattachée à son connecteur (une « punaise » ou un « aimant » qui lie l'information à la page mémorielle) ; à tout moment, l'apprenant a la possibilité d'y adjoindre des annotations, des croquis, ... (**Figure 124**).

La page mémorielle est personnalisable à l'aide d'outils de dessin et de texte. En focalisation interne, l'apprenant peut écrire directement sur l'écran à l'aide d'un stylet. Les informations présentes sur les pages mémorielles peuvent être manipulées, déplacées, corrigées, annotées, supprimées, etc.

En raison de la singularité des informations traitées et des possibilités d'interventions, la carte mémorielle est un support de subjectivisation. Elle est, en plus d'une « métaphore de repérage », une « métaphore de média » (Cohen, 1995 ; cf. **3.2.3**), tel un carnet de notes ou un journal de voyage, offrant un cadre « familier » et « rassurant ».



Figure 124. Les informations multimédias récupérées sur une page mémorielle et annotations prises sur cette page.

7.2.2 Un support de construction de connaissances

La carte mémorielle est un support d'assistance à l'acquisition de connaissances. Elle récupère d'une part, les informations de niveau I qui ont été transformées dans les lieux d'informations (du « niveau zéro » au « niveau I ») ; durant ce premier processus de conversion, l'apprenant a déjà la possibilité de prendre des notes sur les pages mémorielles.

Le deuxième processus de conversion (l'apprentissage de niveau II : Bateson, 1977 ; cf. 4.2.3), démarre directement sur la carte mémorielle. Les informations récupérées sur les pages mémorielles constituent des indices. Les prises de notes supplémentaires aideront l'apprenant à les mettre en corrélation.

Entre temps, lorsque toutes les informations d'une page mémorielle sont associées à leurs connecteurs, la page mémorielle du lieu de connaissance en est directement informée : le connecteur en question est complété d'une indication sous forme de texte ou d'image à lire ou à écouter, et constitue un élément de connaissance, un fragment de réponse résultant de l'ensemble des indices se trouvant sur la page mémorielle correspondante.

L'affichage d'une nouvelle indication sur la page mémorielle du lieu de connaissance valide la page mémorielle d'un lieu d'information, une nouvelle étape, qui graphiquement, se traduit par une atténuation de la page mémorielle qui est validée (Figure 125) : le fond de la page s'estompe mais les informations et les annotations qu'elle contient ne sont pas affectées.

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

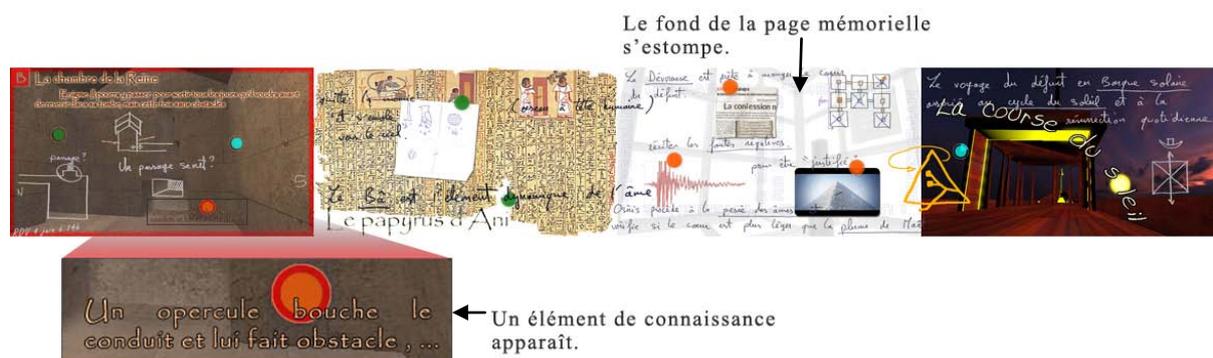


Figure 125. Validation d'une page mémorielle et affichage d'un élément de connaissance.

Les pages mémorielles des lieux d'informations qui s'estompent renseignent l'apprenant sur sa progression à l'échelle de la séquence (rappelons que les connecteurs mesuraient sa progression à l'échelle du lieu).

Lorsque tous les connecteurs sur la page mémorielle du lieu de connaissance sont renseignés, l'apprenant possède une connaissance sur le lieu qui détient l'énigme. Il y a résolution lorsque l'apprenant établit une correspondance entre le lieu de connaissance et la connaissance dont il dispose sur ce lieu, ce qui implique une (ré)action de la part de l'apprenant : une dernière visite est nécessaire dans le lieu de connaissance pour y déclencher l'événement final, celui qui marque la fin du niveau II de l'apprentissage (Bateson, 1977) et opère un changement supplémentaire afin d'acquérir la connaissance.

La clôture de la séquence est marquée par l'affichage de la connaissance qui peut être relue à tout moment sur la page mémorielle (**Figure 126**).

L'évolution des connecteurs durant le processus de construction des connaissances servira à mesurer la progression de l'apprenant et à marquer la relation entre les informations d'un lieu et la connaissance (**Tableau 8**).

Pages mémorielles	Connecteurs	
Lieux d'information		
Lieux de connaissance		
	Niveau 0 → Niveau I	→ Niveau II

Tableau 8. Évolution des connecteurs durant le processus de construction des connaissances.

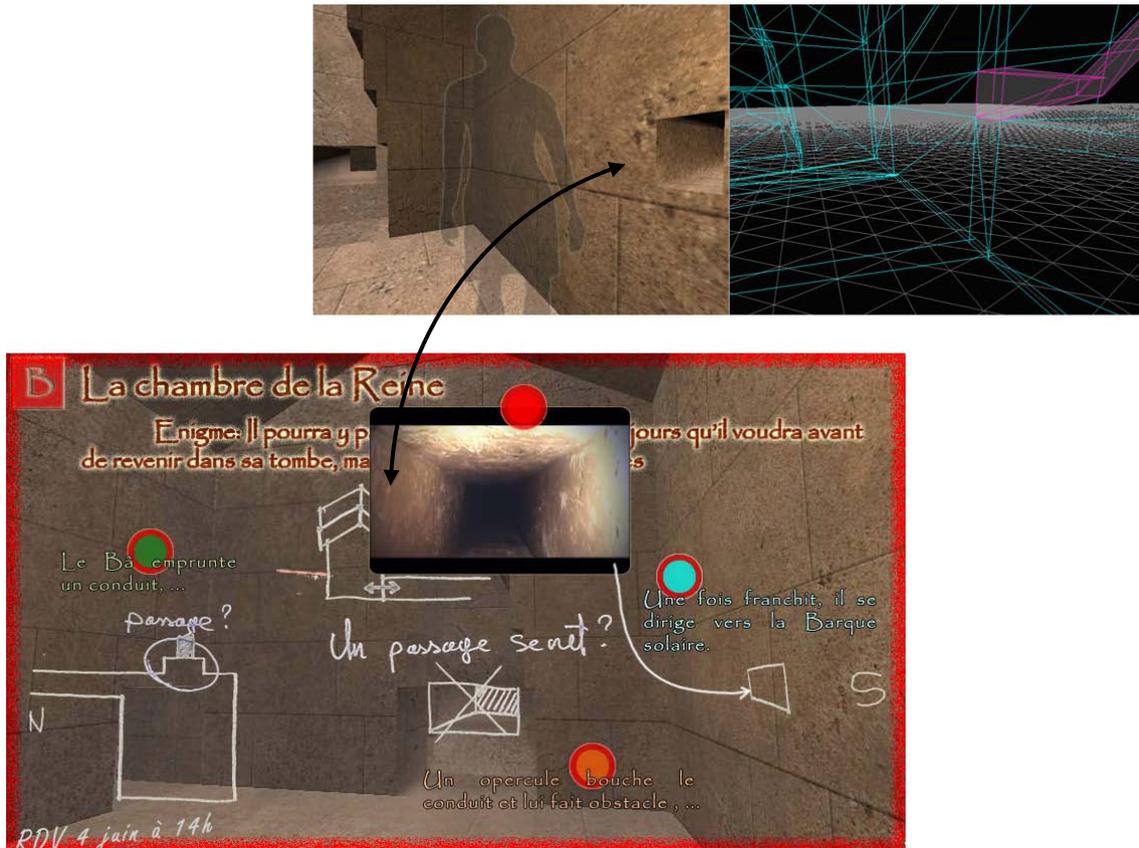


Figure 126. La dernière action effectuée au lieu de connaissance résout l'énigme. L'affichage sur la page mémorielle valide et clôture la séquence d'apprentissage.

La **Figure 127** récapitule les étapes du processus de construction des connaissances et de résolution des énigmes :

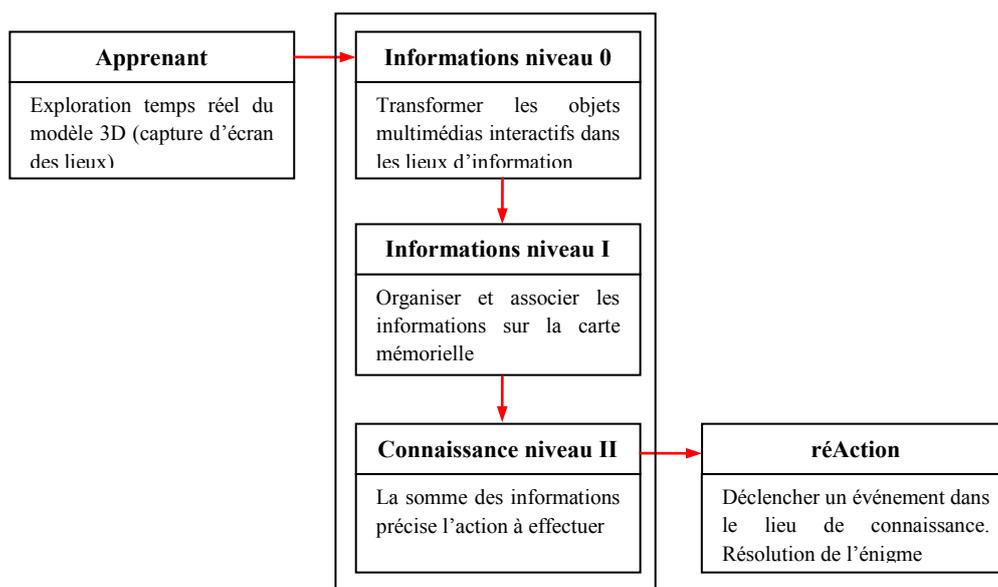


Figure 127. Étapes du processus de construction de connaissances et de résolution des énigmes.

7.2.3 *Processus actif et cognition externe*

Les éléments que l'utilisateur choisit de rassembler et de combiner sur la carte mémorielle, lui permettent de créer sa propre représentation du monde, nous référant, d'une part, au constructivisme, selon lequel l'apprentissage est un processus actif et constructif qui favorise l'appropriation et la mémorisation des connaissances ; d'autre part, à la cartographie, dont les enjeux sont multiples : « connaître, se représenter, contrôler, agir, imaginer » (cf. 2.2 et **Tableau 15** en annexes).

La matérialisation de la carte mentale de l'apprenant établit un cadre sensible et intelligible qui améliore l'attitude ludique de l'utilisateur et qui met en œuvre un processus de construction de connaissances qui s'apparente à une activité de création capable de procurer des émotions comme objet à vivre et à achever (cf. 3.1.2.1).

Nous l'avons déjà évoqué, Stendhal avait l'habitude de prendre des notes en marge de ses livres (cf. 2.1). Ces marges étaient une extension de mémoire, faites d'« une écriture souvent chiffrée ou iconique, qui jouait ainsi le rôle d'un 'ancrage' de lien mnémonique » (Clément, 1995 ; citant Lebrave, 1994). Le rôle de la « cognition externe » est d'abord de soulager la mémoire, puis de faciliter la mémorisation. C'est le mécanisme de la « représentation distribuée » expliqué par (Zhang & Norman, 1994) selon lequel nous passons de la « représentation interne » (image mentale) à la « représentation externe » et inversement. Selon les auteurs, plus nous disposons d'informations externes, plus nous résolvons facilement le problème posé, plus nous mémorisons.

7.3 **L'édifice comme « pseudo-texte » et métaphore de mémoire**

Nous nous intéressons aux aspects cognitifs qui sont mis en œuvre pendant « la lecture » d'un édifice.

Si nous considérons un édifice (ou un site archéologique) comme un pseudo-texte, nous pouvons alors réinterpréter les trois types d'opérations cognitives que sa lecture exige, à savoir la « concaténation », le « rappel » et la « sélection » (Vandendorpe, 1998 ; cf. 3.2.2) :

- La « concaténation » est une opération de mise en séquence des lieux comme premier travail de repérage et d'évaluation des besoins. Les captures d'écran successives permettent de localiser et de juxtaposer les lieux du monument étudié. La « concaténation » s'apparente aux opérations cognitives de l'« assemblage spatial » (Greenfield, 1994), qui consistent à rassembler les différents écrans qui se succèdent. À travers la constitution de la carte mémorielle, l'apprenant peut avoir une vue d'ensemble de l'espace à parcourir, il est également renseigné sur le contenu de chaque séquence d'apprentissage.
- Les « rappels », sont des opérations de mises en relation des signes et des indices. Au fur et à mesure de la construction de la carte mémorielle, des documents de natures différentes sont affichés sur les pages mémorielles et l'apprenant dessine son parcours pour établir les grandes lignes directrices de son travail de recherche. Pour cela, il doit non seulement être capable de repérer des éléments pertinents dans l'édifice, mais

aussi d'utiliser la carte mémorielle pour en tirer des conclusions utiles et savoir rendre compte de son parcours et de ses déductions : localiser, faire un croquis, formuler une hypothèse, mettre en évidence des points de vue, corriger, etc.

- Et enfin la « sélection », dont la résolution de l'énigme implique une synthèse dans la lecture. L'apprenant actualise son parcours à travers la relecture de la carte mémorielle. Le discours construit est porteur de sens ; en tenant compte des éléments de connaissance susceptibles de résoudre l'énigme, l'apprenant effectue l'action finale.

Nous voyons ici, les avantages du cheminement réticulaire entre les séquences d'apprentissage : ce type de cheminement est apte à mettre en œuvre les opérations cognitives de « concaténation » pour révéler la structure d'ensemble, ce que ne peut faire le type de cheminement linéaire, qui projette un lieu de connaissance qu'une fois la séquence précédente terminée (dans ce type de cheminement, lorsque le premier lieu de connaissance est projeté, le « fil rouge » de la carte mémorielle laisse seulement apparaître le nombre de séquences d'apprentissage, mais il n'y a aucune indication sur leur contenu ; le nombre de séquence peut également être mentionné lors des options de démarrage).

Par ailleurs, le principe de la projection des lieux et de l'affichage des informations sur les pages mémorielles de ces lieux renvoie à la méthode mnémotechnique comme « art de la mémoire » déjà utilisée par les anciens pour prononcer un long discours (cf. 4.4.2).

En effet, nous pouvons mettre en corrélation les règles qui permettaient d'améliorer la mémoire des orateurs et notre carte mémorielle : les lieux (« loci ») sont les captures d'écran, les images (« imagines ») sont les informations et les annotations que l'apprenant y dépose. L'ordre des lieux est déterminé par la succession des pages mémorielles. Les images utilisées sont construites par l'apprenant, elles sont des mnémoniques efficaces susceptibles de rester plus longtemps présentes à son esprit. Et enfin, les types d'images utilisées sont de deux types : les documents extraits des lieux d'information constituent un type pour les « choses » (le sujet du discours) et les annotations personnelles constituent un type pour les mots (le langage utilisé pour ce sujet).

Les trois principes fondamentaux d'un système mnémonique, à savoir, la localisation, l'association et l'imagination, sont étroitement liés aux types d'opérations cognitives que nous avons cités plus haut. En les combinant pour former la carte mémorielle, ils facilitent la structuration mentale de l'espace informationnel.

Finalement, pour établir notre carte mémorielle, nous avons considéré l'édifice comme une œuvre littéraire qui se donne à lire. Restituer l'édifice c'est donner à l'apprenant la possibilité de « réciter l'œuvre » sans faute.

7.4 Les traces du parcours

L'aspect dynamique du processus de construction de connaissances est représenté et rendu visible par la carte mémorielle ; celle-ci permet, comme nous l'avons vu, d'assister

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

l'apprenant dans l'espace de navigation, et de conserver les traces et les aléas du parcours effectué (Figure 128 et Figure 129).



Figure 128. La carte mémorielle « dépliée » conservant les traces du parcours effectué par l'apprenant dans la Pyramide de Khéops¹²⁴.

La carte mémorielle est un journal identique aux récits illustrés lors des voyages entrepris par les explorateurs et écrivains, eux-mêmes en quête de savoir (cf. 1.1). Les textes, les dessins, les collages, ... de l'apprenant, inscrivent sa perception du parcours dans le récit de son voyage, mêlant description fidèle et impressions vécues des lieux visités.

La carte mémorielle n'est pas le reflet exact du monument étudié, mais plutôt une représentation ou une perception de l'apprenant. L'important pour ce dernier, et pour son fantasme individuel, est de mettre en forme et en sens ce qu'il perçoit.

Les traces de la carte mémorielle sont le résultat d'une pratique créatrice témoignant d'un « tête à tête » entre le concepteur du système et l'apprenant (cf. 3.1.2.1). Si nous devons comparer toutes les cartes mémorielles effectuées sur le même parcours (réalisées par une classe d'élèves par exemple), nous pourrions observer autant de cartes à la fois ressemblantes, à travers les règles établies par le concepteur, et différentes, à travers les libertés

¹²⁴ « Blake et Mortimer » ; « La salle de momification » ; « Les tracés du prêtre » ; « Un parcours semé d'embûches », *op. cit.*, p. 171.

d'interventions laissées à l'apprenant. En ce sens, les traces issues de cette pratique créatrice peuvent constituer un objet esthétique à contempler comme une œuvre d'art.

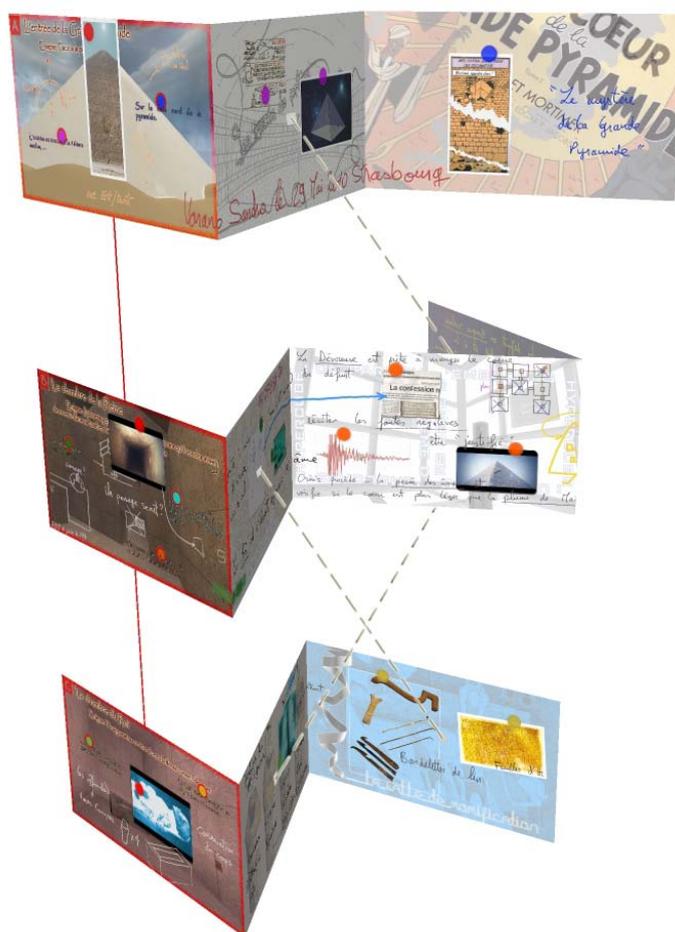


Figure 129. La carte mémorielle « pliée » conservant les traces du parcours effectué par l'apprenant dans la Pyramide de Khéops¹²⁵.

Les traces sont également objet de souvenir. « Se souvenir » c'est se remettre en mémoire, se rappeler et se protéger de l'oubli. Comme nous le montre la « courbe de l'oubli » (cf. 4.4), les informations restent toujours enfuies dans la mémoire. La relecture de la carte mémorielle permettrait alors de réactualiser ses informations pour ne jamais les oublier.

Plus qu'objet de souvenir, les traces sont des objets à exploiter par les institutions culturelles. L'enseignant peut évaluer son élève dans son cheminement personnel, ou bien comparer les ressemblances et les différences qui existent au sein de sa classe pour en dégager des profils d'apprentissage : savoir comment les gens apprennent pour en retour proposer des situations d'enseignement adaptées aux profils des apprenants. Les personnels de musées, quant à eux, peuvent faire des statistiques en fonction des lieux les plus visités.

¹²⁵ *Ibid.*

7.5 Le modèle conceptuel

À partir des concepts abordés au cours des trois derniers chapitres, nous proposons un modèle conceptuel (UML ¹²⁶) de notre espace de navigation (**Figure 130**).

- L'**apprenant** est une personne du public, d'âge variable, impliquée dans un processus d'apprentissage. Nous distinguons plusieurs *profils* d'apprenants et plusieurs *situations d'apprentissage* (des élèves en salle de classe, des visiteurs sur une borne muséale, des habitants sur cédérom, ...). Durant le processus d'apprentissage, l'apprenant explore un seul monument à la fois, puis crée parallèlement sa carte mémorielle (une fois la première capture d'écran déclenchée).
- Le **monument** appartient au patrimoine culturel bâti existant ou non. Il se caractérise par sa *période historique*, son *emplacement géographique* et son *style architectural* (gothique, baroque, ...). Il correspond à un *niveau* qui possède une ou plusieurs quêtes et peut être visité par un apprenant à la fois (dans une perspective éducative, nous pourrions imaginer que les élèves d'une salle de classe explorent le même monument en réseau, c'est-à-dire que les avatars peuvent se croiser dans le monument et sont en compétition ou en collaboration).
- La **quête** correspond à un *aspect* d'un monument (la structure, les objets, la vie des personnages, ...). Une fois la quête choisie par l'apprenant, elle présente des options de démarrage : *difficulté* (facile, moyen, difficile), *temps d'apprentissage* et *nombre de lieux*, et propose des *types de cheminement* (linéaire, réticulaire, mixtes). L'*énoncé narratif* introduit la quête et annonce l'objectif. Elle possède une ou des séquences d'apprentissage (ou séquences narratives) et une seule carte mémorielle.
- Les **séquences d'apprentissage (ou narratives)** appartiennent à une seule quête à la fois, et sont classées selon la chronologie des faits historiques du monument (*séquence d'apprentissage A*, *séquence d'apprentissage B*, ...). Dans une séquence, nous distinguons les *chemins* de l'information, de la connaissance et les raccourcis, c'est-à-dire les nouveaux chemins à découvrir par l'apprenant, qui se situent entre les lieux d'une même séquence ou de séquences différentes. Chaque séquence possède un seul lieu de connaissance et au moins un lieu d'information.
- La **carte mémorielle** est créée au fur et à mesure des événements déclenchés par l'apprenant. Son *nom* est identique à celui de la quête et met à disposition des *outils* de texte et de dessin. La carte mémorielle appartient à une seule quête à la fois, mais plusieurs cartes mémorielles peuvent être créées si la même quête est choisie par plusieurs apprenants au même moment. La carte mémorielle passe en 3D par pliage et par déploiement, elle possède des pages mémorielles pour les lieux de connaissance et pour les lieux d'information.
- Le **lieu de connaissance** n'appartient qu'à une seule séquence d'apprentissage dans la même quête (par contre, le même lieu de connaissance peut être utilisé dans des quêtes différentes). Son *nom* est celui du lieu dans le monument et sa *localisation* est toujours dans le monument exploré. La *focalisation externe* permet une exploration 3D sous

¹²⁶ « Unified Modeling Language » (Langage de modélisation unifié).

forme d'avatar, le *graphisme réaliste* permet de montrer le monument tel qu'il était ou est dans la réalité. La première *action (capture écran)* génère une page mémorielle du lieu et débloque les portails qui téléportent vers les lieux d'information. Le lieu de connaissance possède une énigme qui sera résolue suite à la *réAction* finale en ce lieu.

- L'*énigme* est annoncée par la page mémorielle du lieu de connaissance. Un *énoncé descriptif* la présente. La *connaissance* est la clé de l'énigme.
- Le *lieu d'information* n'appartient qu'à une seule séquence d'apprentissage dans la même quête (par contre, le même lieu d'information peut être utilisé dans des quêtes différentes). Il a un *nom* et sa *localisation* est soit interne au monument (avec *focalisation externe* et *graphisme réaliste*), soit externe au monument (avec *focalisation interne* et *graphisme non réaliste*). Les lieux d'information sont classés par *types d'activités* (fabrication, voyage, lecture, ...), et possèdent un ou des *objets actés*. Dans ces lieux, une *zone d'action* génère une page mémorielle, ou affiche les objets actés (dans les lieux d'information existants du monument uniquement).
- L'*objet acté* appartient à un seul lieu d'information à la fois. Selon sa *nature multimédia* et le *type d'interaction*, l'objet est manipulé et transformé à l'écran en *focalisation interne* pour construire une information de niveau I, c'est-à-dire un indice.
- L'*indice* délivré par l'objet acté a plusieurs modes de présentation : selon sa *nature multimédia*, il peut être lu, écouté, vu, ... L'indice est lié à un seul connecteur qui se trouve sur la page mémorielle du lieu d'information en question.
- La *page mémorielle* porte le *nom* du lieu auquel elle est rattachée. Des liens 3D entre les pages mémorielles représentent les raccourcis (les chemins cachés). Des *annotations* sont prises sur les pages par l'apprenant. Il y a deux *types* de pages mémorielles : une pour les lieux d'information, une pour les lieux de connaissance qui annonce l'énigme et permet des *déplacements rapides* vers le modèle 3D. Les deux types possèdent des connecteurs.
- Le *connecteur d'information* affiche des *indications* au passage du curseur de la souris ou du stylet : le mode d'emploi et le but de l'objet acté auquel il correspond. Durant le processus de transformation de l'objet acté, il indique la progression de l'apprenant. Les connecteurs (information) sont destinés à recevoir les indices et sont au même *nombre* que les objets actés appartenant au lieu d'information. La somme des indices sur une page renseigne les connecteurs de connaissance.
- Les *connecteurs de connaissance* sont au *nombre* des lieux d'information + 1 (la connaissance), et sont de deux *types* : ceux qui sont destinés à recevoir les fragments de connaissance, et ceux qui affichent la connaissance finale qui solutionne l'énigme, celle-ci est résolue au lieu de connaissance.

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

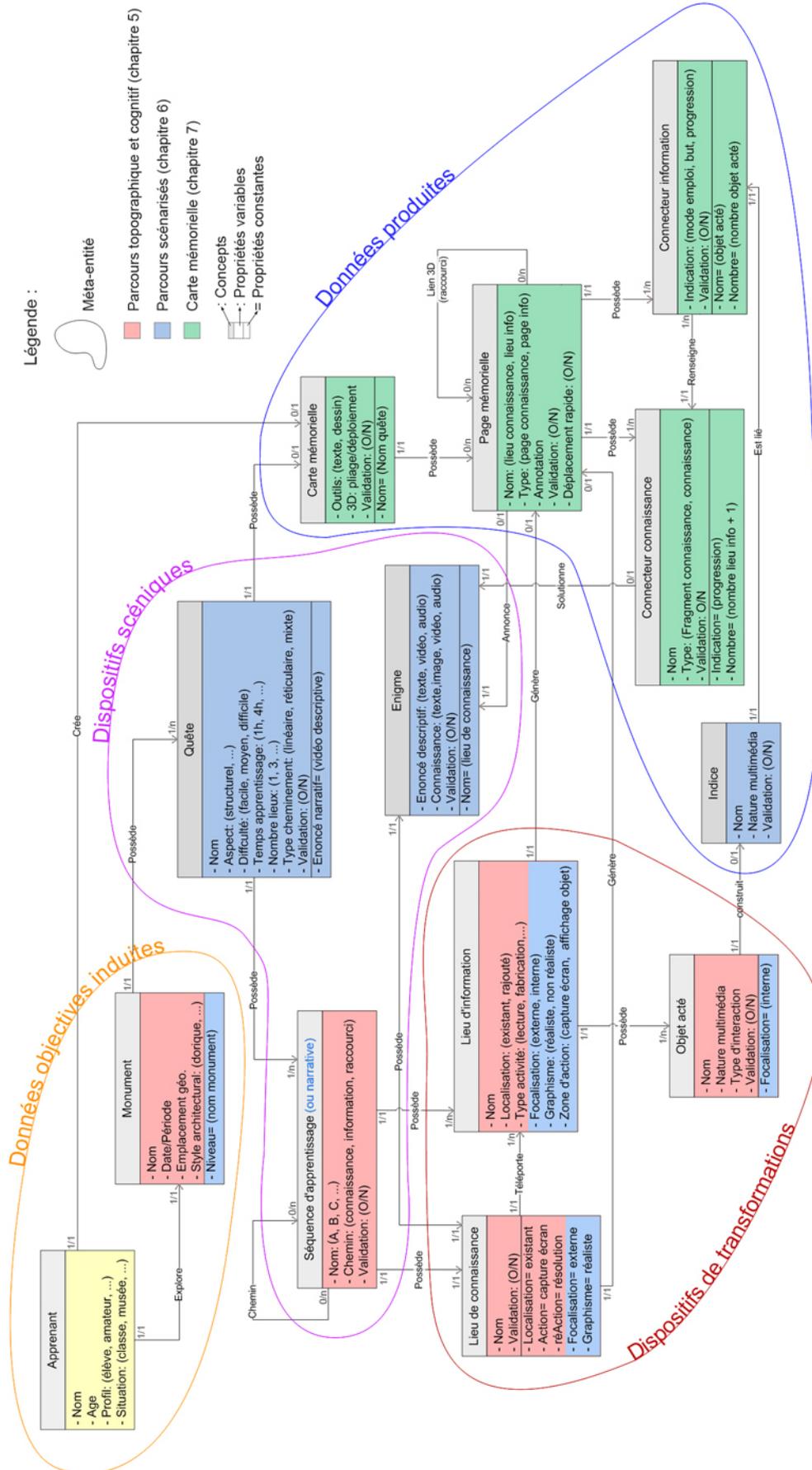


Figure 130. Modèle conceptuel de l'espace de navigation hypermédia.

Le **Tableau 9** explique les propriétés pour chaque concept :

Concepts	Propriétés	Types	Explications/Exemples
Apprenant	· Nom	· Chaîne de caractères	· Elena, Evan, Lorenzo
	· Âge	· Entier positif [1, ..., 99]	
	· Profil d'apprentissage	· (élève, étudiant, amateur)	
	· Situation d'apprentissage	· (salle de classe, espace muséal, maison, expo)	
Monument	· Nom	· Chaîne de caractères	· Pyramide de Khéops, ...
	· Date/Période	· Entier [-5000, ..., 3000]	
	· Emplacement géographique	· Chaîne de caractères	· Égypte, ...
	· Style architectural	· Chaîne de caractères	· Gothique, baroque, ...
	· Niveau (Level ou map)	· Chaîne de caractères	· Correspond au nom du monument
Quête	· Nom	· Chaîne de caractères	· Récit d'un voyage dans l'au-delà, ...
	· Aspect du monument	· Chaîne de caractères	· Structurel, objets, ...
	· Difficulté	· (facile, moyen, difficile)	
	· Temps d'apprentissage	· Entier positif [1, ..., 99]	· 1h, 6h, ...
	· Nombre de lieux	· Entier positif [1, ..., 99]	
	· Type de cheminement	· (linéaire, réticulaire, mixte1, mixte2)	· Mixte1 = séquences linéaires, lieux dans séquences réticulaires · Mixte2 = inverse
	· Validation	· (oui, non)	· La quête est validée lorsque toutes les séquences sont résolues
	· Énoncé narratif	· = (vidéo)	· Scène cinématique qui présente le décor et l'objectif
Séquence d'apprentissage (ou narrative)	· Nom	· Un caractère [A, ..., Z]	
	· Chemin	· (connaissance, information, raccourci)	· Les raccourcis sont à découvrir
	· Validation	· (oui, non)	· La séquence est validée lorsque l'énigme est résolue
Carte mémorielle	· Outils	· (texte, dessin)	
	· 3D	· (pliage, déploiement)	
	· Validation	· (oui, non)	· La carte est validée lorsque la quête est terminée
	· Nom	· = (nom de la quête)	
Lieu de connaissance	· Nom	· Chaîne de caractères	· Nom d'une pièce : La chambre « du Roi », ... · d'un espace jardin, ...

La carte mémorielle : matérialiser la carte mentale de l'apprenant

	· Validation	· (oui, non)	
	· Localisation	· = (existant)	· Un lieu de connaissance est toujours dans le monument étudié
	· Focalisation	· = (externe)	
	· Graphisme	· = (réaliste)	
	· Action	· = (capture écran)	· Déclenche la séquence
	· réAction	· = (résolution)	· Termine la séquence
Lieu d'information	· Nom	· Chaîne de caractères	· Nom d'un film, d'une BD, d'un musée, ...
	· Localisation	· (existant, rajouté)	· Dans ou hors du monument
	· Type d'activité	· (lecture, fabrication, voyage, labyrinthe)	
	· Focalisation	· (externe, interne)	· Si le lieu est existant, la focalisation est externe ; si le lieu est rajouté (inventé, ...), la focalisation est externe
	· Graphisme	· (réaliste, non réaliste)	· Si le lieu est rajouté, le graphisme est non réaliste (science fiction, cartoon, ...)
Énigme	· Zone d'action	· (capture écran, affichage objet acté)	
	· Énoncé descriptif	· (chaîne de caractère, vidéo, audio)	· Présente l'énigme
	· Connaissance	· (chaîne de caractère, image, vidéo, audio)	
	· Validation	· (oui, non)	
Objet acté	· Nom	· = (lieu de connaissance)	· L'énigme de la chambre « de la Reine »
	· Nom	· Chaîne de caractères	
	· Nature multimédia	· (texte, image, vidéo, audio)	
	· Type d'interaction	· (coller, déchirer, ...)	
	· Validation	· (oui, non)	
Indice	· Focalisation	· = (interne)	
	· Nom	· Chaîne de caractères	
	· Nature multimédia	· (texte, image, vidéo, audio)	
Page mémorielle	· Validation	· (oui, non)	
	· Nom	· Chaîne de caractères	· Dans une séquence, une page porte le nom du lieu de connaissance, les autres portent ceux des lieux d'information
	· Type	· (page connaissance, page information)	

	· Annotation	· (croquis, notes)	
	· Validation	· (oui, non)	
	· Déplacement rapide	· (oui, non)	· Les pages « connaissances » permettent des déplacements rapides
Connecteur information	· Indication	· (mode d'emploi, but, progression)	
	· Validation	· (oui, non)	
	· Nom	· = (objet acté)	
	· Nombre	· Entier positif [1, ..., 99]	· = (nombre objets actés)
Connecteur connaissance	· Nom	· Chaîne de caractères	
	· Type	· (fragment de connaissance, connaissance)	
	· Validation	· (oui, non)	
	· Indication	· = (progression)	
	· Nombre	· Entier positif [1, ..., 99]	· = (nombre lieux d'information +1)

Tableau 9. Liste des concepts, explications et exemples de leurs propriétés.

Chapitre 8 Prototype et expérimentation

Rappelons que le monument ayant servi au prototype est celui de la Pyramide de Khéops. Les présentations du monument et du scénario sont consultables en annexes (cf. « Récit d'un voyage dans l'au-delà » **en page 250**) et en deuxième partie (cf. **6.4**). La séquence d'apprentissage B est la partie du scénario la plus développée dans le prototype.

Au cours de l'expérimentation, nous voulons évaluer le prototype selon deux aspects (Nielsen, 1994) : l'« utilisabilité » (« usability », comment nous nous en servons ?), c'est-à-dire au niveau des aspects ergonomiques de l'interface, et l'« utilité » (« utility », à quoi ça sert ?), c'est-à-dire par rapport à la capacité du système à fournir des résultats attendus en matière de connaissance et de mémorisation.

8.1 Comparaison prototype/modèle théorique

Nous abordons ici une brève description du prototype qui nous permettra de mettre en évidence ses différences et ses ressemblances avec le modèle théorique que nous avons présenté dans la deuxième partie (**Tableau 10**) ; le but étant, d'une part, de mettre en avant les limites du prototype, d'autre part, de savoir quels sont les aspects de notre hypothèse de proposition que nous pouvons vérifier et évaluer dans l'expérimentation. Une description plus détaillée sur le fonctionnement et l'utilisation du prototype est disponible en annexes (**en page 258 et 268**).

	Prototype	Modèle théorique
Instrument technologique	Ordinateur PC portable/de bureau Clavier – écran (double écran) Souris, Stylet	
		Manette de jeu
	-----	Borne muséale, ...
Partition à l'écran	Multicadrage (juxtaposition) : · 1 fenêtre exploration 3D · 3 fenêtres pages mémorielles (lieux de connaissance uniquement) · 1 fenêtre outils	Multicadrage (juxtaposition) : · 1 fenêtre exploration 3D · 1 fenêtre carte mémorielle · 1 fenêtre plan et carte 3D
	Multifenêtrage :	Multifenêtrage :

	<ul style="list-style-type: none"> · Superposition des pages mémorielles (la carte mémorielle = 3 fenêtres indépendantes) · La fenêtre d'exploration du lieu d'information s'affiche sur une partie de l'écran 	<ul style="list-style-type: none"> · La page mémorielle s'affiche sur tout l'écran (défilement) · La fenêtre d'exploration du lieu d'information s'affiche sur tout l'écran
Quête	Pas d'options : <ul style="list-style-type: none"> · 1 seul niveau · Type de cheminement réticulaire · Aspect symbolique de la pyramide 	Options : <ul style="list-style-type: none"> · Niveau de difficulté · Type de cheminement (linéaire, réticulaire, mixte) · Aspect du monument à restituer
	Énoncé descriptif dicté par l'organisateur de l'expérimentation	Énoncé descriptif = scène cinématique
Exploration Dans le monument	Visite 3D temps réel	
	Point de vue interne (subjectif)	Point de vue externe (Avatar)
	Style graphique réaliste	
	Portails de téléportation vers les lieux d'information rajoutés	
Lieux de connaissance	Lieux existants dans le modèle 3D	
	Énigme	
	Première action : capture d'écran (photo)	
	Point de vue imposé pour la photo	Choix du point de vue pour la photo
	réAction pour la résolution de l'énigme	
Lieux d'information	Point de vue interne (subjectif) dans les lieux rajoutés	
	Style graphique non réaliste	
	Interactions : <ul style="list-style-type: none"> · Recherche et sélection des indices · Objets images 	Interactions : <ul style="list-style-type: none"> · Transformation des objets · Objets multimédias
	Extraction des indices	
Carte mémorielle	2D	Pliage et déploiement 3D
	Une page mémorielle par séquence d'apprentissage (le lieu de connaissance)	Autant de pages mémorielles que de lieux dans une séquence d'apprentissage (le lieu de connaissance + les lieux d'information)
	Pas de déplacements rapides	Déplacements rapides
Pages mémorielles	Liens 2D sur une page mémorielle	Liens 2D sur les pages et 3D entre les pages
	Annotations sur les pages	
	Bulle d'information (autant que de lieux d'information) avec des connecteurs nommés (autant que d'information à associer)	Connecteurs de couleur avec indicateur de progression et d'objectif
	Association connecteur/information : <ul style="list-style-type: none"> · Manuelle · Chaque information délivre un message textuel qui apparaît sur le lien 	Association connecteur/information : <ul style="list-style-type: none"> · Automatique · La somme des informations sur une page délivre un seul fragment de connaissance
	La connaissance spécifie la réAction	

Tableau 10. Les ressemblances et les différences entre le prototype et le modèle théorique.

Suite au tableau comparatif, nous observons les principales différences entre le prototype et le modèle théorique à deux niveaux :

- Au niveau de l'«utilisabilité», le prototype est conçu sur le principe de fenêtres flottantes et indépendantes, alors que dans le modèle théorique, toutes les fenêtres appartiennent à un même environnement et sont étroitement liées. L'apprenant est contraint de passer d'une fenêtre à l'autre (**Figure 131**). De plus, l'affichage des fenêtres sur tout l'écran (pour interagir avec les objets actés ou intervenir sur les pages mémorielles) n'est pas possible dans le prototype. Il serait difficile d'évaluer le confort et l'efficacité d'un tel système en matière de navigation et de visualisation.

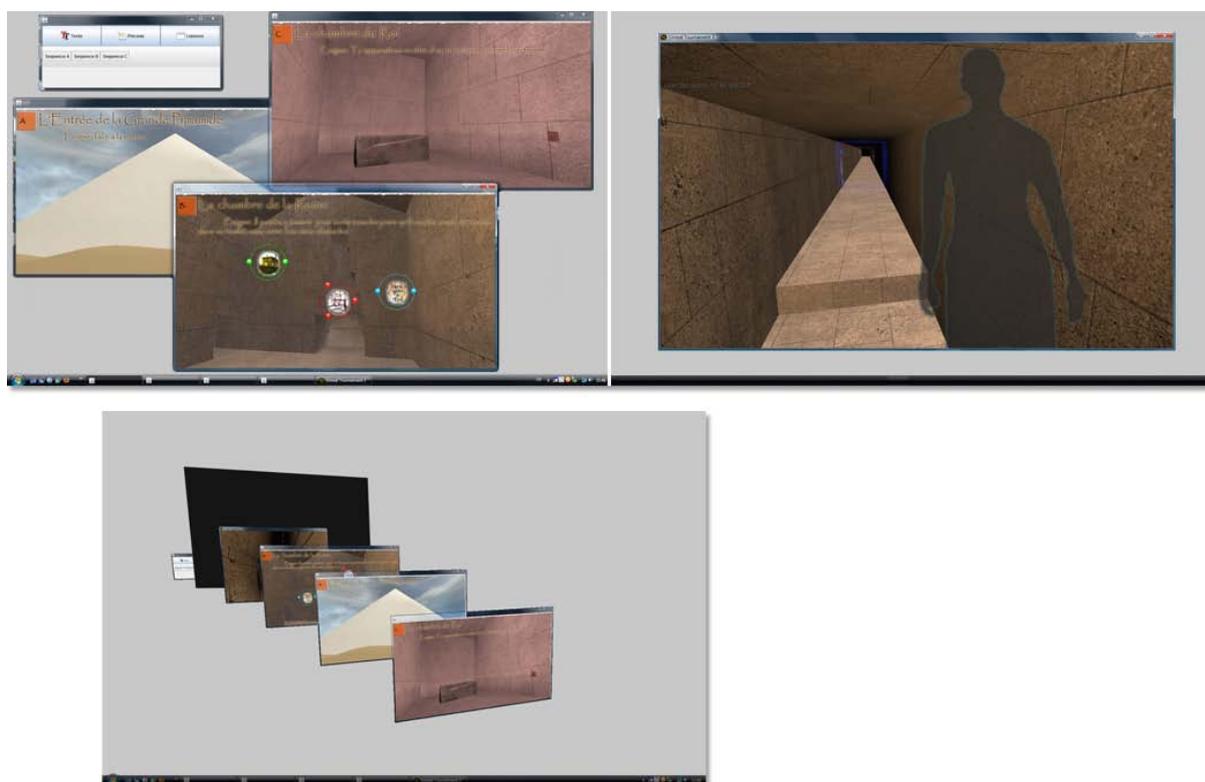


Figure 131. Les fenêtres du prototype sur un double écran : en haut à gauche : ensemble des fenêtres flottantes des pages mémorielles, en haut à droite : fenêtre d'exploration 3D. En bas : passage d'une fenêtre à l'autre sur le « bureau 3D » de *Windows Vista*¹²⁷.

- Au niveau de l'«utilité», le prototype se base sur un principe de décodage de l'information (sélection – connexion – message) au détriment d'une véritable construction individuelle des connaissances. Il est donc impossible d'évaluer les transformations, les appropriations et les conversions successives des informations en vue de l'acquisition des connaissances.

¹²⁷ La « Rotation 3D » de *Windows Aero* par *Microsoft* : <http://www.microsoft.com/france/windows/products/windowsvista/features/details/aero.mspx>

De plus, l'expérimentation qui a lieu dans un temps relativement court, il serait impossible d'évaluer la mémorisation à long terme de telles connaissances.

8.2 Objectifs de l'expérimentation

Au regard des comparaisons effectuées ci-dessus, nous proposons d'évaluer principalement les deux points suivants :

- Au niveau de l'« utilisabilité », nous testons la prise de notes : le prototype dispose d'outils de dessin et de texte pour écrire sur une page mémorielle. Il serait intéressant de savoir si l'utilisation d'un stylet comme instrument technologique favorise le recours à la cognition externe (écrire sur l'écran).
- Au niveau de l'« utilité », nous testons la structuration mentale de l'espace de navigation : le prototype se base sur la métaphore des lieux et des images. Il serait intéressant de savoir si ce procédé favorise la construction d'un discours et la mémorisation des lieux de la pyramide.

Néanmoins, nous analyserons d'autres points qui peuvent nous intéresser dans notre travail de recherche.

8.3 Le protocole expérimental

8.3.1 *Les sujets de l'expérimentation*

Les profils d'apprenants pour l'expérimentation sont sélectionnés en fonction de leurs connaissances en architecture et de l'usage qu'ils ont des nouvelles technologies et des jeux vidéo. Ils se répartissent de la manière suivante :

- 2 étudiants en architecture (Master 1 à l'ENSAS) passionnés par l'usage des nouvelles technologies et des jeux vidéo
- 1 ingénieur génie électrique non spécialiste en architecture, utilisant assez souvent les nouvelles technologies et novice dans l'usage des jeux vidéo
- 1 technicien process non spécialiste en architecture, utilisant assez souvent les nouvelles technologies et pratiquant peu souvent les jeux vidéo
- 1 enseignant en mathématiques (lycée) non spécialiste en architecture, expert en nouvelles technologies et pratiquant peu souvent les jeux vidéo
- 1 architecte utilisant assez souvent les nouvelles technologies et pratiquant peu souvent les jeux vidéo

8.3.2 *Les étapes de l'expérimentation*

- Étape 1 : un questionnaire de départ est soumis à chaque utilisateur (cf. annexes « Questionnaire de départ », en page 276) :

- Situer leur niveau en architecture, dans l'usage des nouvelles technologies et des jeux vidéo.
 - Évaluer par des dessins ciblés, les représentations imagées qu'ils ont de la pyramide.
 - Évaluer par un texte ciblé, les connaissances initiales sur le voyage effectué par le pharaon, de la pyramide vers l'au-delà.
- Étape 2 : concerne l'utilisation du prototype. L'énoncé descriptif de la quête et un mode d'emploi du prototype sont fournis à chaque utilisateur. Au niveau des moyens technologiques, nous utilisons un double écran (un écran pour l'exploration, un autre pour la carte mémorielle). L'utilisateur dispose d'instruments de pilotage et d'intervention (clavier, souris, stylet) (**Figure 132**).

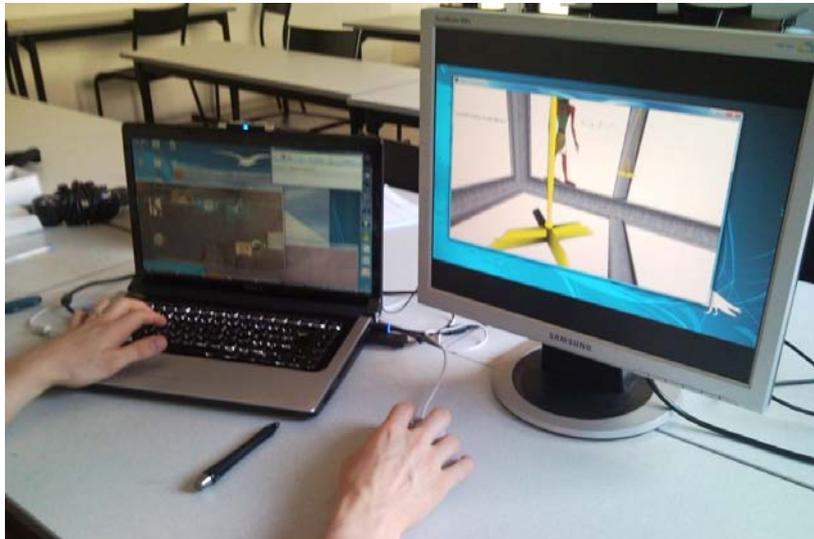


Figure 132. Les instruments de l'expérimentation : deux écrans, un clavier, une souris, un stylet.

- Étape 3 : un questionnaire de fin est soumis à chaque utilisateur une semaine après l'expérimentation (cf. annexes « Questionnaire de fin », en page 278) :
- Évaluer par des dessins et un texte ciblés, les nouvelles connaissances acquises et mémorisées.
 - Évaluer à l'aide des mnémoniques (photo des lieux et images sélectionnées et connectées), les nouvelles connaissances acquises et mémorisées.
 - Récupérer les remarques et suggestions personnelles au niveau de l'« utilisabilité » et de l'« utilité ».

8.4 Les résultats de l'expérimentation

Les commentaires sur les résultats sont indiqués par des flèches.

8.4.1 Remarques et suggestions des utilisateurs pour améliorer l'outil

« Plutôt que de la prise de notes directe, il faudrait des petits indices qui se débloquent un peu comme dans les RPG¹²⁸ (un « journal de quête ») ».

⇒ L'utilisateur souligne le manque d'assistance dans le prototype et se rapporte à un type de jeu vidéo qui propose un journal automatique qui guide le joueur dans son cheminement.

« Il n'est pas facile d'écrire sur un écran vertical avec le stylet ».

« Bonne ergonomie avec le clavier et la souris ».

« Pour une bonne efficacité du jeu, l'interface ne doit pas être un obstacle ».

« Pas un grand parcours, ne nécessite pas forcément une prise de notes, grâce aux liens photos + jeu ».

« Intégrer l'utilisation du stylet et des notes dans le déroulement du jeu ».

⇒ À trois reprises, les utilisateurs emploient le terme de « jeu » pour désigner le système d'apprentissage. De manière générale, l'aspect « jeu » prime sur l'aspect « sérieux ».

« Supprimer les marches dans les couloirs ».

⇒ Le fait de suggérer la suppression des marches dans les couloirs, signifie que le monument exploré n'est pas perçu comme une simulation du monde réel, mais plutôt comme un décor de jeu vidéo.

« Bonne diversité dans la recherche d'indices ».

⇒ Le côté ludique dû à la diversité des lieux était source de curiosité.

« Difficulté dans la lecture des messages ».

« Moins de texte, plus de voix pour confort utilisateur ».

⇒ La multimodalité est absente dans le prototype, l'utilisateur était contraint de lire les messages textuels. Le recours à l'audio pourrait être un moyen d'informer l'utilisateur malgré lui.

« Les portails brouillent le sens de l'orientation ».

8.4.2 Comparaison questionnaire de départ/questionnaire de fin

Par rapport à la question :

– Pouvez-vous dessiner la pyramide telle que vous l'imaginez ou la connaissez ?

⇒ Les dessins de la pyramide extérieure se ressemblent plus ou moins (une pyramide à base carrée), seuls les dessins de la pyramide intérieure sont montrés dans le **Tableau 11**.

¹²⁸ Jeu de rôle (« Role Playing Game »).

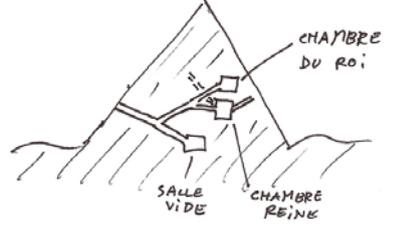
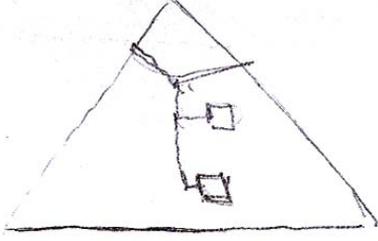
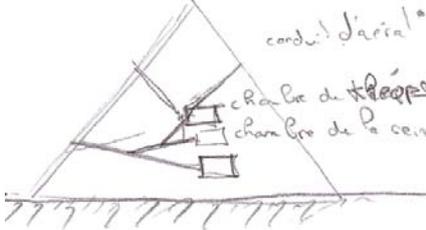
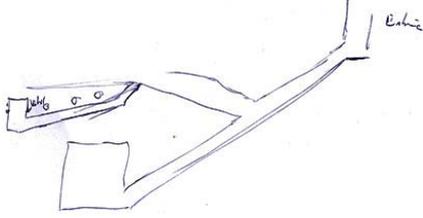
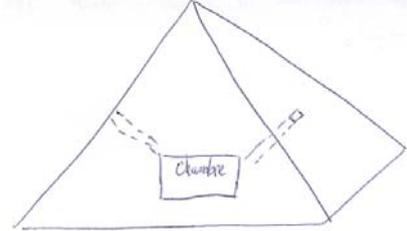
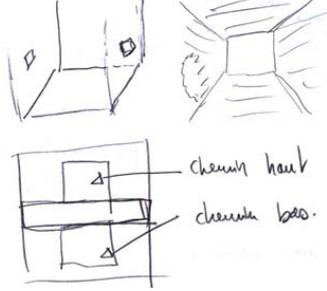
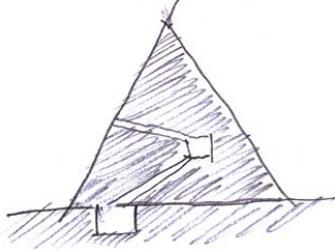
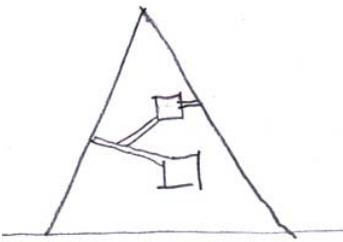
Utilisateurs	Avant l'utilisation du prototype	Après l'utilisation du prototype
<p>1. Étudiant (Master 1) :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Architecture : intéressé + · NTIC : expert · Jeux vidéo : expert 		
<p>2. Étudiant (Master 1) :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Architecture : intéressé + · NTIC : expert · Jeux vidéo : expert 		
<p>3. Ingénieur génie électrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Architecture : novice · NTIC : intéressé + · Jeux vidéo : novice 	<p style="text-align: center;">-----</p>	
<p>4. Technicien process :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Architecture : novice · NTIC : intéressé + · Jeux vidéo : intéressé - 		
<p>5. Enseignant en mathématiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Architecture : novice · NTIC : expert · Jeux vidéo : intéressé - 	<p style="text-align: center;">-----</p>	
<p>6. Architecte :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Architecture : expert · NTIC : intéressé + · Jeux vidéo : intéressé - 		

Tableau 11. Comparaison des dessins de la pyramide effectués avant et après l'utilisation du prototype.

Prototype et expérimentation

- ⇒ Avant l'expérimentation, l'intérieur de la pyramide est représenté par une élévation (aucun des utilisateurs n'a représenté la pyramide sous forme de plan), les utilisateurs ont un vague souvenir de la disposition des pièces, mais ils savent qu'il y en a plusieurs.
- ⇒ Après l'expérimentation, les cartes mentales des utilisateurs se précisent (malgré l'absence de plan de repérage), la chambre « de la Reine » et ses conduits (énigme de la séquence B) sont toujours représentés :
 - ⇒ Les deux étudiants en architecture (utilisateurs 1 et 2) ont une idée précise du système de couloir, du nombre et de la localisation des pièces, les conduits nord et sud sont également indiqués. Les dessins sont annotés.
 - ⇒ L'ingénieur génie électrique (utilisateur 3) dessine le système de couloir et les pièces, mais les conduits ne sont pas indiqués.
 - ⇒ Le technicien process (utilisateur 4) indique uniquement la chambre « de la Reine » et ses conduits. Seule la solution de l'énigme est représentée.
 - ⇒ L'enseignant en mathématiques (utilisateur 5) dessine des vues intérieures et indique la position des conduits. Contrairement aux autres utilisateurs qui ont une image d'ensemble, il a des images fragmentaires du monument.
 - ⇒ L'architecte (utilisateur 6) dessine le système de couloirs et les pièces en omettant une d'entre elles. Les conduits sont représentés (au moins un).

Par rapport à la question :

- Pouvez-vous raconter le voyage effectué par le pharaon depuis la pyramide vers l'autre monde ? (**Tableau 12**)
 - Sous quelle forme monte-t-il au ciel ?
 - Par où passe-t-il ?
 - Quelles sont ses obstacles ?
 - Comment voyage-t-il ?
 - Quand rentre-t-il ?, ...

Utilisateurs	Avant l'utilisation du prototype	Après l'utilisation du prototype	
		Sans les mnémoniques	Avec les mnémoniques
1.	<ul style="list-style-type: none"> · Il monte au ciel sous forme fantomatique · Il passe par plusieurs dimensions, dimension de la mort · Il rencontre des autres morts, des épreuves · Il voyage sur un bateau et à pied · Lorsqu'il a réussi les épreuves 	<ul style="list-style-type: none"> · Sous la forme d'un oiseau le Bâ · Par des pièces · L'épreuve du jugement, de la pesée du cœur, de l'âme · Il voyage sur le bateau d'Osiris · Il rentre lorsqu'il a passé les obstacles 	<ul style="list-style-type: none"> · Le pharaon monte au ciel sous forme d'un oiseau, le Bâ (images d'oiseaux). · Il passe par différentes salles de jugement (image du rond rouge). · Des épreuves de jugement, il doit dire ce qu'il a effectué durant sa vie, son cœur doit être pesé (image de la pesée, du monstre qui dévore le cœur, image des « actes écrits »). · Il voyage sur le bateau d'Osiris (image du bateau, image du rond vert). · Il rentre lorsqu'il a été jugé, qu'il ait passé les épreuves, lorsqu'il revient dans la salle de la reine (image de la salle de la Reine avec les deux conduits).
2.	<ul style="list-style-type: none"> · ---- · ---- · Comparaison du poids du cœur par rapport à celui d'une plume · ---- · ---- 	<ul style="list-style-type: none"> · Oiseau à tête d'humain (Bâ) · Conduits d'aération nord et sud · Portes à verrous · Bâ rejoint le bateau solaire · ---- 	<p>Le pharaon mort est embaumé et déposé dans la chambre du pharaon (salle la plus haute de la pyramide). Son esprit représenté par le Bâ (oiseau à tête d'homme) sort par un des conduits d'aération (nord ou sud). Il doit franchir deux portes représentant les obstacles au passage de la vie la mort. Il doit réciter des phrases négatives comme formule magique. Il voyage à bord du bateau solaire. Son cœur est pesé et comparé au poids de la plume de la vérité. Puis il rejoint son corps par le second tunnel (avec encore deux portes) au couché du soleil (d'où la nécessité d'embaumer le corps du pharaon.). Ce cycle se répète tous les jours.</p>
3.	<ul style="list-style-type: none"> · ---- · ---- · ---- · ---- · ---- 	<ul style="list-style-type: none"> · Oiseau à tête humaine · La chambre de la Reine, le Bâ passe par les conduits nord et sud pour sortir, entrer · Réciter des phrases négatives · L'âme voyage avec la barque 	<p>a) Papyrus :</p> <ul style="list-style-type: none"> · l'envol du Bâ · oiseau à tête humaine qui symbolise l'âme <p>b) cube :</p> <ul style="list-style-type: none"> · phrases négatives

		<p>solaire</p> <ul style="list-style-type: none"> · Par la conduite de ventilation 	<ul style="list-style-type: none"> · les phrases rendent l'âme plus légère que la plume de... · hôte qui oblige l'accomplissement du rituel c) · barque du soleil transporte l'âme vers l'au-delà · cycle du soleil, « cycle vie éternelle »
4.	<ul style="list-style-type: none"> · Il se réincarne sous la forme d'un oiseau (ibis) et monte vers le soleil (Dieu Ré) · Il passe par des galeries spécialement aménagées dans sa dernière demeure la pyramide · Les égyptiens se conditionnent tout au long de leur vie pour leur mort 	<ul style="list-style-type: none"> · Il monte sous la forme d'un oiseau à tête humaine (Bâ). Il emprunte un conduit pour sortir de la pyramide au levé du soleil. · Tout au long de sa vie il doit respecter un certain nombre de choses pour que son cœur soit pur. · Il voyage à l'aide d'une barque. · Il rentre au couché du soleil lorsque le cycle d'une journée se termine. 	<p>« En plus de ce que j'ai déjà dit, j'ai oublié » :</p> <ul style="list-style-type: none"> · La balance qui sert à peser le cœur du défunt. · Le juge sous la forme de plusieurs animaux. · Les différentes règles que doit respecter le défunt.
5.	<ul style="list-style-type: none"> · C'est son âme qui monte au ciel · Le sarcophage, une chambre · La balance, la rivière · Sur une barque · ---- 	<ul style="list-style-type: none"> · Bâ · Chambre « de la Reine » · Balance · Barque solaire · Après un cycle solaire 	<ul style="list-style-type: none"> · Sous forme d'un oiseau à tête humaine nommé Bâ. · Par les conduits nord et sud de la chambre « de la Reine ». · Il doit purifier son âme en récitant des négatives pour que la bête à tête de crocodile le laisse passer. · Dans une barque en or. · Après un cycle solaire.
6.	<ul style="list-style-type: none"> · Sous forme invisible comme l'âme · Peut être par somment pyramide · Esprits maléfiques ? · Barque spéciale ? · Jamais ? 	<ul style="list-style-type: none"> · Bâ, oiseau à tête humaine · Conduits de la chambre funéraire · Ses pêchés et démons symbolisés par verrous · Barque sacrée · De manière cyclique comme le soleil 	<ul style="list-style-type: none"> · Monte au ciel sous forme d'un oiseau à tête humaine qui incarne son âme. · Passe par les conduits de la salle mortuaire et emprunte la barque solaire. · Obstacles : ses pêchés sont pesés sur la balance jusqu'à être plus légers qu'une plume. Il peut alléger son âme en récitant des prières. Si l'âme est impure, il se fait dévorer par un animal. · Ses allers et venues suivent la course du soleil, il revient tous les soirs au tombeau

Tableau 12. Comparaison des connaissances sur le voyage du pharaon, avant et après l'utilisation du prototype.

- ⇒ Après l'utilisation du prototype, les connaissances sur la Pyramide de Khéops sont plus importantes et plus précises (noms de personnages, des épreuves, des lieux, ...). Néanmoins, des erreurs existent dans les réponses.
- ⇒ Certains termes sont plus faciles à retenir : nous repérons des constantes dans les réponses comme le « Bâ » qui est cité par tous les utilisateurs, contrairement à « Psychostasie » qui n'est jamais cité.
- ⇒ Sans les mnémoniques (les images), les utilisateurs racontent le voyage de manière saccadée.
- ⇒ À l'aide des mnémoniques, les utilisateurs remettent de l'ordre dans leur discours et le complètent :
 - ⇒ L'étudiant en architecture (utilisateur 1), l'enseignant en mathématique (utilisateur 5) et l'architecte (utilisateur 6) construisent des phrases séparées, mais elles sont complètes et se rattachent les unes aux autres.
 - ⇒ L'étudiant en architecture (utilisateur 2) construit des phrases complètes qui se suivent pour en faire un texte global et cohérent.
 - ⇒ L'ingénieur génie électrique (utilisateur 3) en profite pour remettre de l'ordre dans son discours et vérifie s'il n'a rien oublié.
 - ⇒ Le technicien process (utilisateur 4) rajoute uniquement les éléments oubliés.

8.4.3 Pendant l'utilisation du prototype

Au niveau de l'« utilisabilité » des interfaces sensori-motrices d'abord, nous observons plusieurs points :

- ⇒ Les experts en jeux vidéo maîtrisent les actions à effectuer dans le modèle 3D à l'aide du clavier et de la souris (il y a là un transfert de compétences, cf. 4.3.2.6). Les non-experts en jeux vidéo répètent plusieurs fois certaines opérations.
- ⇒ Le stylet, à portée de main, n'est pas utilisé pendant l'utilisation du prototype, par aucun des utilisateurs.

Au niveau de l'usage du stylet, les utilisateurs ont répondu (**Tableau 13**) :

	Pas du tout d'accord		D'accord		Tout à fait d'accord
Il est facile d'écrire à l'écran avec le stylet		2/6	4/6		
Il est facile de dessiner à l'écran avec le stylet		2/6	4/6		
L'utilisation du stylet est spontanée	3/6	2/6	1/6		

Tableau 13. Résultats du questionnaire sur l'usage du stylet.

Au niveau de l'« utilisabilité » de l'interface graphique ensuite :

- ⇒ La vue simultanée des fenêtres sur deux écrans (la fenêtre d'exploration d'un côté et les pages mémorielles de l'autre) améliore la visibilité des informations : la récupération des informations par les pages mémorielles est tout de suite perçue.
- ⇒ Les experts en jeu vidéo mènent une recherche d'indices très active dans le modèle 3D : tous les recoins sont explorés, le moindre signe est interprété (transfert de compétences ; découverte par induction et abduction, cf. 4.3.2.4).
- ⇒ Tous les utilisateurs « palpent » (cf. 1.3.2.5) les signes sur la carte mémorielle, ils ont tous découvert un minimum de règles par eux-mêmes (découverte par induction et abduction).
- ⇒ Les relations sémiotiques entre les signes sont assez bien perçus : les utilisateurs arrivent à mettre en correspondances les signes perçus pendant l'exploration 3D et les signes sur les pages mémorielles (lieu/photo, portail de téléportation/bulle d'information, image/connecteur, ...).
- ⇒ Tous les utilisateurs ne prennent pas toujours le temps de lire les messages qui apparaissent suite à la connexion image/connecteur nommé.
- ⇒ Les outils de texte et de dessin ne sont pas utilisés sur les pages mémorielles.

Au niveau de l'« utilité » du prototype :

- ⇒ Les étudiants en architecture experts en jeux vidéo (utilisateurs 1 et 2) s'immergent complètement dans un monde imaginaire où tous les éléments (réels ou rajoutés) font partie de ce monde. Rien ne les surprend.
- ⇒ Pour les non-experts en jeux vidéo, les éléments fictionnels rajoutés dans la pyramide troublent la perception du monument ; deux utilisateurs sont étonnés de voir des portails de téléportation dans un couloir, un d'entre eux s'exclame ironiquement : « Ils sont forts ces égyptiens ! ». Pour lui, le portail était un élément symbolique lié à la vie des égyptiens.
- ⇒ Tous les utilisateurs font référence au film *Cube 2 : Hypercube* [71], et anticipent la logique et l'objectif du lieu d'information : il y a là un transfert de connaissances cinématographiques utile à la compréhension et à la mémorisation du lieu d'information.
- ⇒ La répétition des opérations (chercher une image – l'associer à un mot) et l'apparition des nouveaux messages toujours sous forme de texte n'encourage pas forcément leur lecture.

Au niveau de l'« utilité » du prototype, les utilisateurs ont répondu (**Tableau 14**) :

	Pas du tout d'accord		D'accord		Tout à fait d'accord
La prise de notes est utile pour apprendre	1/6	2/6	2/6		1/6
La projection des lieux (photo) est un bon procédé de localisation			3/6	1/6	2/6
La projection des lieux (photo) est un bon procédé de mémorisation			3/6	1/6	2/6
L'insertion d'images dans les lieux est un bon procédé de mémorisation			1/6	2/6	3/6
L'association mot/image est un bon procédé d'apprentissage				1/6	5/6

Tableau 14. Résultats du questionnaire sur l'utilité du prototype.

8.5 Conclusion sur l'expérimentation : limites et perspectives

Au niveau de l'« utilisabilité », le premier point que nous voulions évaluer concernait la prise de notes à l'aide du stylet. Pendant l'expérimentation, les utilisateurs n'ont pas eu recours à la cognition externe pour deux raisons :

- Par apport à l'instrument en lui-même. L'écriture et le dessin sur un écran vertical n'est pas commode, ceci est une première limite de notre prototype. Nous avons donc modifié la configuration pour que les utilisateurs puissent écrire et dessiner sur une feuille à l'aide du stylet (les données sont directement perçues à l'écran). Là encore, il n'est pas facile de regarder un écran qui est face à nous et d'annoter sur une feuille horizontale.
- Par rapport à l'application proposée. La prise de notes est facultative et n'est pas encouragée par le système. Les énigmes proposées sont courtes, l'utilisateur ne ressent pas le besoin de prendre des notes temporaires au risque de les oublier. Nous avons souligné le principe de décodage de l'information, qui consistait à trouver une image imposée par le système, pour l'associer à un mot afin de découvrir un nouveau message textuel (pas d'audio ou de vidéo). Ce principe restrictif est une deuxième limite du prototype.

Ainsi, dans une perspective éducative, pour améliorer notre espace de navigation hypermédia, il faudrait réfléchir aux interfaces sensori-motrices qui permettent de profiter pleinement des possibilités de l'interface graphique, et vice versa.

Pour l'instant, dans notre travail de recherche, nous avons essentiellement insisté sur un espace de navigation hypermédia tel qu'il apparaît à l'écran, sans vraiment proposer des instruments technologiques qui permettent de naviguer dans cet espace et pour en manipuler ses éléments.

Dans une perspective à court terme, nous proposons l'utilisation de deux écrans : un écran horizontal posé devant l'apprenant pour l'affichage de la carte mémorielle et la prise de notes

directe à l'aide d'un stylet ; un écran vertical face à l'apprenant pour l'exploration 3D temps réel (**Figure 133**). Pour cette dernière, nous aurions tendance à utiliser une manette de jeu pour faciliter la navigation dans le monument qui est parfois un obstacle pour les non-experts en jeux vidéo, ces derniers consacrent un temps d'apprentissage de l'outil au détriment de l'acquisition de connaissances.



Figure 133. L'interface sensori-motrice de l'espace de navigation hypermédia.

Mais, nous restons encore sceptiques quant à l'utilisation de cet instrument technologique car, dans la représentation que le public se fait des jeux vidéo, la manette de jeu apparaît comme un symbole : la métaphore du jeu vidéo serait trop présente (même sans manette, les expérimentateurs ont déjà souvent associé le prototype à un jeu car c'est le mode d'exploration temps réel basé sur la résolution d'énigmes qui l'induit).

Il peut y avoir un avantage à ce que l'activité soit perçue comme un jeu plus qu'un apprentissage, car pendant que l'objectif premier qui est celui d'apprendre est temporairement mis de côté, l'activité devient gratuite et libre et n'est pas ressentie comme une contrainte pour l'utilisateur. Par contre, si le côté ludique supplante le côté sérieux, les utilisateurs risquent de mélanger le fictionnel et le réel, ce qui peut être un véritable inconvénient.

Par ailleurs, pour que les utilisateurs puissent annoter et dessiner, il faudrait que la prise de notes soit directement intégrée dans l'application comme faisant partie de la construction des connaissances. Dans ce cas, les annotations seraient interprétées par le système dans le processus d'apprentissage (ici, la prise de notes se situe au niveau de l'« utilité » d'un tel système).

Le deuxième point que nous voulions évaluer par rapport à l'« utilité », est l'efficacité de la métaphore des lieux et des images. Selon les résultats dessinés et écrits, il apparaît d'une part que les utilisateurs ont su retrouver une partie des lieux, d'autre part, qu'ils ont su raconter le voyage du pharaon de manière organisée et sensée à l'aide des mnémoniques.

Nous pouvons valider l'hypothèse (à ce stade de l'expérimentation) que la métaphorisation spatiale aide la structuration de l'espace de navigation afin de restituer un discours cohérent. Les mnémoniques (les images dans les lieux) mises en relation sont porteuses de sens et sont à l'origine d'une sémantique narrative (cf. 6.1).

Soulignons également, que les lieux susceptibles d'être déjà connus par les publics (par exemple, le lieu d'information faisant référence au film *Cube 2 : Hypercube* [71]), en plus de constituer de bonnes mnémoniques, peuvent alléger la charge cognitive sur la mémoire de travail : nous avons vu en effet, que les utilisateurs étaient capables d'anticiper la logique et l'objectif dans ce genre de lieux.

Par contre, les éléments fictionnels (par exemple les portails de téléportation) rajoutés directement dans le modèle 3D visité troublaient la perception du monument. Les utilisateurs, du coup, n'ont plus perçu le monument comme une simulation fidèle du monde réel.

Nous préconisons donc, d'éradiquer tous les éléments fictionnels dans le monument qui peuvent être à l'origine d'une telle confusion, pour les associer à la carte mémorielle créée par l'apprenant. Par exemple, la téléportation vers les lieux d'information rajoutés peut se faire à partir de la carte mémorielle.

Finalement, l'apprenant se retrouve devant un écran vertical comme représentation du monde réel, un écran horizontal comme support de fiction, d'imagination et de subjectivisation.

Bilan général

Conclusion

Dans un souci de restitution et de valorisation du patrimoine culturel bâti auprès des publics-apprenants, déterminer les instruments et les dispositifs technologiques les mieux adaptés est une tâche essentielle de la médiation culturelle. Aujourd'hui, les outils hypermédias proposent des navigations interactives, qui participent à l'immersion physique et mentale du spectateur/acteur pour lui faire vivre des expériences culturelles inédites.

Dans une approche sémio-cognitive, l'état de l'art a permis, d'une part, de souligner les difficultés qu'ont les hypermédias à améliorer le repérage spatial et cognitif de l'apprenant, et à favoriser sa construction et sa mémorisation de nouvelles connaissances. D'autre part, nous avons mis en évidence de multiples concepts à partir de quatre voies principales :

En établissant un corpus de sites Internet et de cédéroms dédiés à l'archéologie et à l'architecture, nous avons constaté le potentiel des interfaces graphiques interactives, qui, combinant hypertexte et multimédia, proposent divers types de signes (l'icône, l'indice, le symbole), des modes d'exploration, des points de vue variables, etc.

En approchant les systèmes de représentations graphiques, au sens large, nous avons pu identifier les types de cartes (subjectives, sémantiques, métaphoriques, heuristiques, interactives), qui favorisent la visualisation et la recherche d'informations.

En comparant les jeux vidéo au récit traditionnel, nous avons rendu compte des environnements constitués de parcours interprétatifs visant à encourager l'attitude ludique de l'utilisateur. Ces parcours basés sur une démarche indiciare et différents modes de narrations interactives, mettent en jeu des signes et des opérations cognitives diverses, tels que la « concaténation », le « rappel », la « sélection » (Vandendorpe, 1998), l'« assemblage spatial » (Greenfield, 1994).

Enfin, en analysant les facteurs qui motivent à apprendre et les processus cognitifs qui établissent des stratégies d'apprentissage (notamment à travers les jeux vidéo), nous avons révélé l'existence de styles d'apprentissage et d'enseignement variables. Pour finir, nous avons annoncé des procédés susceptibles de favoriser la mémorisation et de s'adapter aux différents styles évoqués.

Il nous a donc semblé important d'aborder la conception d'un système d'apprentissage en envisageant un travail interdisciplinaire : dès le processus de conception, au carrefour de diverses disciplines (informatique, psychologie cognitive, sémiotique, sciences de l'éducation), nous avons proposé une hybridation des médias (dédiées à l'archéologie, cartographiques, vidéoludiques, littéraires, etc.) qui consiste à recombinaison des codes visuels et narratifs familiers pour inventer de nouvelles solutions graphiques et scénaristiques.

À partir des différents concepts abordés dans l'état de l'art, nous avons constitué un champ lexical sur lequel nous nous sommes appuyés pour proposer un espace de navigation hypermédia. Dans cet espace, les termes sont à distinguer mais ils sont tous rattachés dans un domaine de sens : « naviguer » ne signifie pas seulement « déambuler », mais aussi s'orienter dans un espace donné, faire des choix de direction en fonction de certains besoins ; un « cheminement » ne se limite pas à des « déplacements », c'est mettre au point des stratégies pour progresser dans cet espace ; un « parcours » n'est pas un « chemin », un parcours est composé de sous-parcours que sont les chemins ; un « lieu » n'est pas qu'un « emplacement », c'est un moment qui propose des actions.

Sur la base des objectifs énoncés en introduction, nous avons proposé un espace de navigation hypermédia qui est composé de plusieurs types de parcours d'apprentissage (topographique, cognitif, scénarisé) superposés et séquencés, impliquant des sous-parcours (les chemins de l'information et de la connaissance).

Parallèlement à l'activité d'exploration temps réel effectuée sur ces parcours, l'apprenant crée sa « carte mémorielle ». Cette dernière utilise la métaphore pour aider l'utilisateur à mémoriser la structure et le contenu de l'espace de navigation ; elle soulage la charge cognitive de l'apprenant, et améliore son orientation, sa construction des connaissances et leurs mémorisations.

Les parcours et la carte mémorielle stimulent l'imagination et la créativité de l'apprenant et l'encouragent à « maîtriser l'inconnu » par la représentation qu'il en fait.

Ensuite, nous avons vu que notre prototype avait un certain nombre de particularités en décalage avec le modèle théorique que nous avons établi. Le stade de la réalisation a donc ses limites, ce qui nous permet de situer notre travail actuel au stade prémisse de la conception.

Si nous devons passer aux stades de la réalisation et de l'utilisation, l'aspect de notre espace de navigation se verrait certainement modifié, au moins dans son aspect graphique tel qu'il apparaît à l'écran.

Nous nous sommes intéressé à constituer des unités d'informations, en reliant significativement leur contenu, c'est progressivement catégorisé et délimité notre espace de navigation hypermédia.

Nous approchons ici la limite de notre travail, que nous avons essentiellement consacré à l'« utilité » d'un tel espace de navigation, au détriment de l'« utilisabilité », et en particulier des possibilités d'interventions qui favorisent l'immersion physique de l'apprenant. Ce qui nous permet d'envisager des perspectives à court terme et à long terme.

Perspectives

Suite à l'expérimentation (cf. **8.5**), nous avons déjà préconisé, dans une perspective à court terme, l'emploi de deux écrans (un horizontal et un vertical) pour encourager l'écriture et le dessin à l'aide d'un stylet.

Pour approfondir l'idée de l'immersion physique de l'apprenant par le biais d'interfaces sensori-motrices, nous nous référons ici aux « interfaces naturelles » et à la « réalité augmentée ».

Les interfaces naturelles mettent en œuvre divers objets physiques afin de simuler des expériences proches de la réalité. La souris, le clavier et l'écran standard, sont en passe d'être remplacés par les « périphériques naturels » : tables tactiles, stylets imitant les stylos, les pinceaux, ..., palettes technologiques imitant les palettes de peintres, etc.

Pour l'instant au stade de prototype pour la plupart, les interfaces naturelles vont fortement évoluer dans un futur proche ; mais nous trouvons actuellement des exemples d'interfaces prometteuses auprès des publics (la *Wii* de Nintendo¹²⁹, des jeux vidéo à commandes vocales et gestuelles, des écrans tactiles supportant des gestes tels que le défilement, le feuilletage, le pincement, l'étirement, etc.).

Le *Gustave Project*¹³⁰ est un exemple d'interface naturelle, qui propose de simuler virtuellement une expérience picturale. À l'aide d'un écran multi-tactile et d'un « pseudo-pinceau », les effets de couleur, de dégradé, de mouillé, d'estompage, de relief, de pression, ... sont graphiquement restitués avec un réalisme surprenant.

Finalement, les gestes et les résultats sont proches de la réalité, mais l'expérience virtuelle vécue ne sera jamais comme la réalité. Peindre sur un écran, c'est omettre le grain de la toile,

¹²⁹ Les accessoires sont présentés sur le site : http://www.nintendo.fr/NOE/fr_FR/systems/accessoires_1243.html

¹³⁰ Développé par Microsoft. Vidéos disponibles sur <http://research.microsoft.com/en-us/projects/gustav/default.aspx>.

les poils du pinceau, l'odeur de la peinture, la peinture sur les doigts, les doigts qui caressent le relief, ... ; quand nous peignons, nous ne pouvons « annuler » ou « rétablir ».

Ainsi, ces gestes reproduits ne sont qu'une simulation qui pousse l'utilisateur à modifier ses schèmes corporels et mentaux ; ces gestes apprennent autre chose, par exemple : acquérir de nouvelles compétences transférables à d'autres activités, « entrer dans l'image » pour y trouver une ou des significations (cf. 2.5), et c'est ce que nous devons retenir dans notre cadre éducatif.

Imaginons maintenant, une interface naturelle couplée à la réalité augmentée, qui superpose images virtuelles et images réelles en temps réel.

*SixthSense*¹³¹ est un exemple d'interface gestuelle portable qui « augmente » le monde physique qui nous entoure avec des informations virtuelles, et nous permet d'utiliser des gestes naturels de la main pour interagir avec ces informations (**Figure 134**).

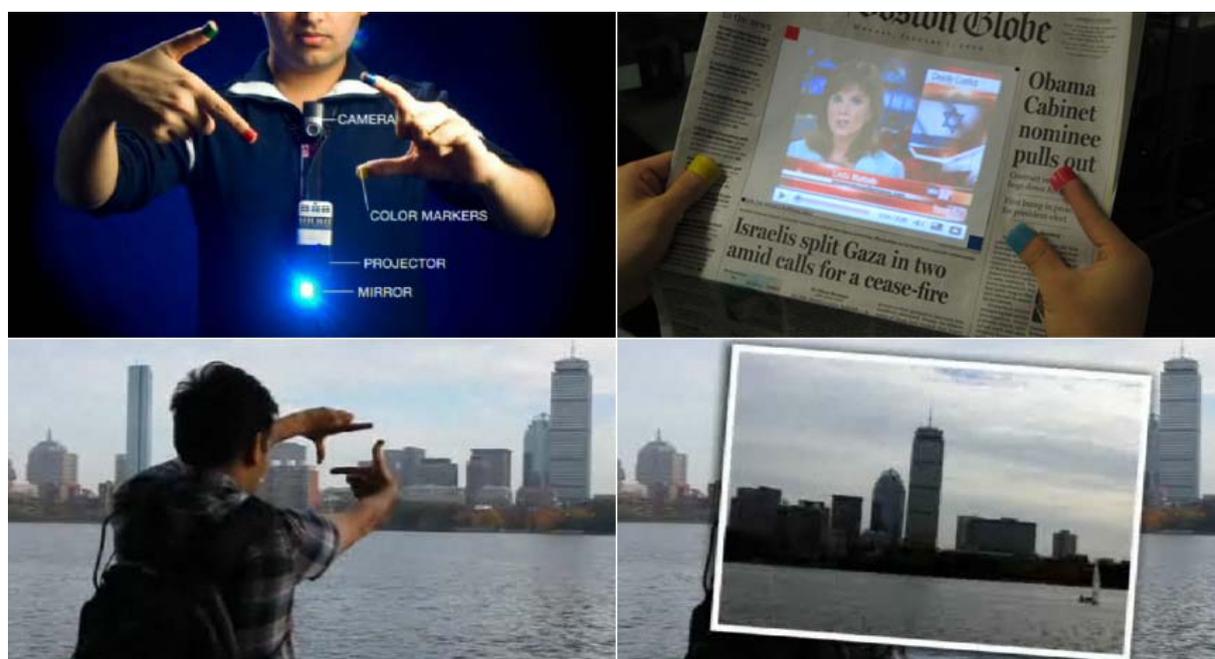


Figure 134. *Sixthsense* cumule « interface naturelle » et « réalité augmentée ». Sur le site Internet *Sixthsense*¹³²

Un tel couplage associé à notre espace de navigation aurait plusieurs conséquences : l'écran disparaît et laisse place à toutes sortes de surfaces (papier, ...) sur lesquelles sont projeté l'espace de navigation et ses informations, et sur lesquelles l'apprenant écrit et dessine. Les surfaces conservent les traces de son raisonnement, l'apprenant les emmène où il veut.

¹³¹ Pranav Mistry, Fluid Interfaces Group – MIT Media Lab. <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>

¹³² *Ibid.*

Dans une perspective plus large : l'apprenant est dans l'espace de navigation. Une extension de l'espace qui nous permet de raisonner en termes de dispositif plutôt que d'instrument. Nous avons déjà évoqué un exemple qui superposait les parcours topographique, cognitif, scénarisé et réel d'un visiteur (cf. **6.3**).

L'apprenant se promène physiquement dans un site reconstitué sur le principe de la réalité augmentée : une ruine augmentée par le virtuel par exemple. Pendant l'exploration (c'est-à-dire pendant qu'il marche naturellement), des informations virtuelles lui viennent à lui, il a la possibilité de prendre des photos qu'il cadre avec ses mains, de manipuler des objets physiques ou virtuels, etc.

Au niveau de l'utilité cette fois-ci, une dernière perspective serait envisageable : développer des modèles capables d'« interpréter le subjectif ». En effet, nous avons constamment insisté sur le fait que l'apprenant puisse s'approprier, personnaliser et construire ses connaissances, sans vraiment expliquer l'« intelligence » de notre espace de navigation. Peut-être que le recours à l'intelligence artificielle serait une perspective intéressante.

Glossaire

A

Algorithme

Un algorithme est un énoncé d'une suite finie et non-ambiguë d'opérations permettant de donner la réponse à un problème. (Wikipédia)

Anastylose

Étude des blocs épars remis dans un ordre pertinent lors d'une reconstitution.

Avatar

En informatique, un avatar est un personnage représentant un utilisateur sur internet et dans les jeux vidéo. (Wikipédia)

E

Enigme

Ce qui est difficile à comprendre ou à expliquer parce qu'on ne dispose pas de tous les éléments. (Encarta, Microsoft Corporation)

F

Flash-back

Dans le déroulement de la narration d'un récit, on revient en arrière. (Fralica)

FPS

First Person Shooter. Jeu de tir en vue subjective où le personnage que l'on incarne évolue dans un monde 3D. On parle également de doom-like. (Gamekult)

G

Game design

Ensemble de ce qui définit le gameplay, la conception et la cohérence interne d'un jeu. (Gamekult)

Gameplay

Essence même du jeu qui cumule jouabilité et plaisir de jeu. (Gamekult)

Géolocalisation

Procédé permettant de positionner un objet (une personne, une information, ...) sur un plan ou une carte à l'aide de ses coordonnées géographiques. (Wikipédia)

Graphe

Représentation qui illustre une relation entre des données quantitatives. (Encarta, Microsoft Corporation)

Glossaire

H

Hyperespace

Espace à cinq dimensions : 3D (longueur - hauteur - profondeur) + dimension temporelle + accès à des documents multimédias par des liens hypertextes.

Hyperlien

Lien logiciel établi pour relier de façon non séquentielle des éléments textuels, visuels ou sonores d'un document à d'autres éléments du même document ou à un autre document. (Encarta, Microsoft Corporation)

Hypermédia

Extension de l'hypertexte à des données multimédias. Grâce à ce procédé, toutes les formes d'informations sont reliées et permettent une navigation non-linéaire et interactive dans un ensemble de données textuelles, iconographiques et sonores. (Wikipédia)

Hypertexte

Procédure logicielle qui établit des liens permettant à l'utilisateur qui a sélectionné un mot d'un document de passer de façon non séquentielle à un autre mot du même document ou à un autre document. (Encarta, Microsoft Corporation)

I

Indice

Élément permettant d'établir une preuve ou servant à orienter une enquête. (Encarta, Microsoft Corporation)

Interactivité

Processus permettant un dialogue entre l'utilisateur et l'ordinateur, par le biais d'un écran. (Encarta, Microsoft Corporation)

Intrigue

Combinaison d'événements et d'actions qui constituent la trame (d'une œuvre de fiction). (Encarta, Microsoft Corporation)

L

Lasergrammétrie

Méthode d'acquisition 3D par laser scanner.

Level design

Littéralement design des niveaux. Conception des niveaux d'un jeu, terme qui englobe la disposition des ennemis, des bonus et les possibilités d'évolution d'un niveau à l'autre. (Gamekult)

M

Map

Signifie « carte ». Le terme est parfois utilisé pour décrire les niveaux d'un jeu vidéo. (Wikipédia)

MMOG

« Massively Multiplayer Online Game ». Jeu massivement multi-joueurs en ligne dans un univers persistant. (Gamekult)

MMORPG

« Massively Multiplayer Online Role Playing Game ». Jeu de rôle massivement multi-joueurs en ligne dans un univers persistant. (Gamekult)

Modèle

(Épistémologie) Système physique, mathématique ou logique représentant les structures essentielles d'une réalité et capable à son niveau d'en expliquer ou d'en reproduire dynamiquement le fonctionnement (Birou, 1966). (Trésor de la Langue Française, Cnrtl)

Multimédia

Qui utilise simultanément plusieurs techniques et supports de transmission de l'information. (Encarta, Microsoft Corporation)

P

Photogrammétrie

Permet de reconstituer avec précision les formes, les dimensions et les positions des objets, à partir de deux ou plusieurs clichés photographiques faisant apparaître des perspectives différentes de ces objets. (Wapedia)

Point & click

Terme souvent employé pour désigner une catégorie de jeux d'aventure. Cela désigne un gameplay où il suffit de balader son curseur de souris sur un décor et de cliquer pour interagir avec les objets. (Gamekult)

R

Radiosité

La radiosité est une technique de calcul d'éclairage (ou illumination) d'une scène 3D. Elle utilise les formules physiques de transfert radiatif de la lumière entre les différentes surfaces élémentaires composant la scène. (Wikipédia)

Réalité augmentée

Désigne les systèmes (au sens informatique) qui rendent possible la superposition d'un modèle virtuel 3D ou 2D à la perception que nous avons naturellement de la réalité et ceci en temps réel. (Wikipédia)

Récit

Narration écrite ou orale de faits réels ou imaginaires. (Encarta, Microsoft Corporation)

S

Scène cinématique

Dans un jeu vidéo, une scène cinématique est un extrait vidéo qui survient lors d'un moment particulier du jeu. Elle sert généralement à faire avancer la narration, le scénario, ou bien à mettre l'accent sur un point précis de l'histoire. (Wikipédia)

T

Tags

Un tag (ou étiquette, marqueur, libellé) est un mot-clé (signifiant) ou terme associé ou assigné à de l'information. (Wikipédia)

Trailer

Vidéo « bande-annonce » d'un jeu, destinée à mettre en appétit. (Gamekult)

V

Vision subjective

La vision subjective est, dans un jeu vidéo, la vue à la première personne, celle du personnage joué ou avatar, contrairement à la vue à la troisième personne ou vision cinéma. (Wikipédia)

Glossaire

Sources :

Encarta, Microsoft Corporation :

<http://fr.encarta.msn.com/encnet/features/dictionary/dictionaryhome.aspx>

Fralica :

<http://users.skynet.be/fralica/refer/lexique/lexique.htm>

Gamekult :

<http://www.gamekult.com/apropos/lexique.html>

Trésor de la Langue Française, Cnrtl :

<http://www.cnrtl.fr/definition/>

Wapedia :

<http://wapedia.mobi/fr/>

Wikipedia :

<http://fr.wikipedia.org>

Références

Bibliographie

- Adams, E. (2004). « Postmodernism and the Three Types of Immersion ». *Gamasutra: The Art & Business of Making Games* (9 Juillet). Disponible en ligne : http://www.designersnotebook.com/Columns/063_Postmodernism/063_postmodernism.htm
- Agarwal, S., N. Snavely, I. Simon, S. M. Seitz & R. Szeliski (2009). *Building Rome in a Day*. International Conference on Computer Vision, Kyoto, Japon. Disponible en ligne : http://grail.cs.washington.edu/rome/rome_paper.pdf
- Avrane, P. (2005). *Sherlock Holmes & Cie : Détectives freudiens*. Paris, Louis Audibert Éditions.
- Bachand, D. (2000). « Hybridation et métissage sémiotique : L'adaptation multimédiatique ». *Sémiotique appliquée*, Vol.4, n° 9, p. 55-64. Disponible en ligne : <http://www.chass.utoronto.ca/french/as-sa/ASSA-No9/Vol4.No9.Bachand.pdf>

Références

- Bateson, G. (1977). *Vers une écologie de l'esprit*. Tome I, Paris, Seuil. Traduit de l'américain *Steps to an Ecology of the Mind* (1972).
- Bateson, G. (1984). *La Nature et la Pensée*. Paris, Seuil.
- Béguin-Verbrugge, A. (2008). « Peut-on entrer dans l'image ? ». *Les Grands Dossiers des Sciences Humaines*, « Entre image et écriture. La découverte des systèmes graphiques », n°11 (Juin-Juillet-Août).
- Berry, V. (2006). *Immersion dans un monde virtuel : jeux vidéo, communautés et apprentissages*. Laboratoire EXPERICE, Université Paris 13, 70^e section (Sciences de l'éducation). Disponible en ligne : http://www.omnsh.org/article.php3?id_article=99
- Besnard, M.-P. (2008). « La mise en valeur du patrimoine culturel par les nouvelles technologies ». *Schedae*, prépublications n°10 de l'Université de Caen Basse-Normandie, Équipe de Recherche Technologique éducation, « Sources anciennes, multimédias et publics pluriels » (ERSAM).
- Blandinières, S. (2003). « De la boîte de Pandore à la boîte à outils ». *Un point d'actu : Jeux vidéo*, supplément au *Dossier de l'ingénierie éducative* n°44 (Octobre). Disponible en ligne : <http://www.cndp.fr/archivage/valid/44534/44534-7462-7402.pdf>
- Bolter, J. D. & R. Grusin (1998). *Remediation: understanding new media*. MIT Press.
- Bremond, C. (1966). « La logique des possibles narratifs ». *Communications*, n°8, Paris, Seuil.
- Burkhardt, J.-M. & M. Wolff (2005). *Réalité virtuelle et nouvelles technologies en formation: vers une formalisation des critères de choix et de la démarche centrée sur l'apprentissage*. Université René Descartes, Paris 5, Laboratoire d'Ergonomie Informatique (Décembre).
- Bush, V. (1945). « As we may think ». *The Atlantic Monthly* (Juillet). Disponible en ligne : <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush>
- Cadoz, C. (1994). *Les réalités virtuelles*. Paris, Flammarion.
- Caillet, E. (1997). « La médiation culturelle. Un concept proche du concept d'interprétation ». *Cahier Espaces* n°0, « Interprétation du patrimoine », Éditions Espaces Tourisme & Loisirs (Avril).
- Caillois, R. (1992). *Les jeux et les hommes*. (Édition revue et augmentée) Paris, Gallimard.
- Card, S. K., G. G. Robertson & W. York (1996). *The WebBook and the Web Forager: An Information Workspace for the World-Wide Web*. Xerox Palo Alto Research Center, California. En ligne : <http://www.sigchi.org/chi96/proceedings/papers/Card/skc1.txt.html>

- Card, S. K. (2008). « Information visualization ». A. Sears & J. A. Jacko (eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications*, Lawrence Erlbaum Assoc Inc, (2007).
- Carriere, C. (2000). *Hypertexte ? Vous avez dit... hypertexte ?* Ressource proposée par Hélène Godinet. IUFM de l'académie de Grenoble, Université Joseph Fourier. Disponible en ligne : <http://www.grenoble.iufm.fr/departement/francais/hypertext/default.htm>
- Cartier, M. (2004). *Les icônes à l'écran. Une sténographie de l'interactivité*. Pôle Technologique, Dossier Spécialisé. (Première version : *Les icônes à l'écran*, Laboratoire de télématique, UQAM, Septembre 1991). Disponible en ligne : http://www.michelcartier.com/pdf/Cartier_icone.pdf
- Catel, O. (2007). « Le Voyage en Orient de Chateaubriand ». *Acta Fabula*, vol.8, n°1 (Janvier-Février). Disponible en ligne : <http://www.fabula.org/revue/document1986.php>
- Château, J. (1967). *L'enfant et le jeu*. Paris, Éditions Du Scarabée.
- Clément, J. (1995). « Du texte à l'hypertexte : vers une épistémologie de la discursivité hypertextuelle ». J.-P. Balpe, A. Lelu & I. Saleh (coords.) *Hypertextes et hypermédias : Réalisations, Outils, Méthodes*. Hermès, Paris.
- Cohen, D. (1995). *Interactives ou l'écran agi. Les métaphores à l'écran*. Actes du séminaire Écrits. Images. Oral et Nouvelles technologies (1994-1995). Sous la responsabilité de Marie-Claude Vettraino-Soulard, Université Paris 7-Denis Diderot.
- Cohen, D. (1996). *Interfaces interactives : les partitions de l'écran*. Actes du séminaire Écrit, Image, Oral et Nouvelles technologies (1995-1996). Sous la responsabilité de Marie-Claude Vettraino-Soulard, Université Paris 7-Denis Diderot. Disponible en ligne : <http://www.visiotice.fr/artemis/hermes/hermes/actes/ac9596/11ac9596dc.pdf>
- Collard, A.-S. (2004). *Quels enjeux éducatifs pour quelles métaphores ? Proposition de typologies de la métaphore dans l'hypermédia*. GREMS, Université Catholique de Louvain, Groupe de Recherche en Médiation des Savoirs (Octobre). En ligne : <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/02/74/80/PDF/Collard.pdf>
- Crawford, C. (1984). « The Art of Computer Game Design ». *What is a Game ?* Chapitre 1, McGraw-Hill/Osborne Media, Berkeley, California. Disponible en ligne : <http://www.vancouver.wsu.edu/fac/peabody/game-book/Chapter1.html> (Copyright 1996-1997 Washington State University).
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow, the Psychology of Optimal Experience*. New York, Harper and Row.

Références

- Cugini, J. & J. Scholtz (1999). *VISVIP: 3D Visualization of Paths through Web Sites*. Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology (NIST), Etats-Unis. Présenté à WebVis'99. Disponible en ligne : <http://zing.ncsl.nist.gov/cugini/webmet/visvip/webvis-paper.html>
- Deci E. L. & R. M. Ryan (2000). « The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior ». *Psychological Inquiry*, 11 (4).
- De Domenico, F. (2006). « De l'acquisition des données spatiales à la représentation architecturale. Le cas des vestiges du théâtre antique d'Arles ». *Journal of Informative Modelling for the Architectural Heritage*, vol.0, n°1. Disponible en ligne : http://www.map.archi.fr/aibm/Portal_of_Architectural_Image-Based-Modeling/Article-DeDomenico.html
- Dieberger, A. (1997). « A City Metaphor to Support Navigation in Complex Information Spaces ». Hirtle, S.C., and Frank, A. U. eds. *Spatial International Conference COSIT'97*. Springer, Berlin. Disponible en ligne : http://homepage.mac.com/juggle5/WORK/publications/JVisLang_City.html
- Dormion, G. (2004). *La Chambre de Chéops*. Fayard, Paris.
- Duncan, J. & G. W. Humphreys (1989). « Visual search and stimulus similarity ». *Psychological review*, vol. 96, n°3, pp. 433-458.
- Eco, U. (1979). *L'Œuvre ouverte*. Paris, Seuil.
- Eco U. (1999). *De Superman au Surhomme*. LGF - Livre de Poche, Broché.
- Everaert-Desmedt, N. (1990). *Le processus interprétatif. Introduction à la sémiotique de Ch. S. Peirce*. Philosophie et Langage, Pierre Mardaga Editeur.
- Fastrez, P. (2002). *Navigation hypertextuelle et acquisition de connaissances. Étude de l'influence de la construction d'un hypermédia éducatif sur l'organisation des connaissances acquises à travers sa consultation. Approche sémio-cognitive*. Dissertation doctorale présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences sociales (information et communication), Université Catholique de Louvain (Département de Communication), Louvain-la-Neuve (Avril).
- Fauche, A. (2002). « La médiation présence », *La lettre de l'Ocim*, n° 83, p. 5. Cité par le site du Ministère de la Culture et de la Communication : « Médiation culturelle et politique de la ville » – Un lexique – (2003). En ligne : <http://www.culture.gouv.fr/culture/politique-culturelle/ville/mediation-culturelle/index.html#presentation>
- Favre, J. (2000). « Fiction interactive, quels formats ? ». *Les dossiers de l'audiovisuel : Quels contenus pour Internet ?* N°92 (Juillet-Août).

- Fleury, P. & S. Madeleine (2008). *Problématique d'une restitution globale de la Rome antique. Une visite interactive avec accès dynamique aux sources anciennes*. Université de Caen Basse-Normandie, Équipe de Recherche Technologique éducation, « Sources anciennes, multimédias et publics pluriels » (ERSAM).
- Frécon, E. & G. Smith (1998). *WebPath, A three-dimensional Web History*. IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'98), Chapel Hill, NC, USA.
- Fuchs, P. (1996). *Les interfaces de la réalité virtuelle*. Les Presses de l'École des Mines de Paris.
- Fuchs P. & G. Moreau (2003). *Traité de la réalité virtuelle*. 2^e édition, volume 1 : « Fondements et interfaces comportementales ». Les Presses de l'École des Mines de Paris.
- Genvo, S. (2003). *Introduction aux enjeux artistiques et culturels des jeux vidéo*. Collection Champs Visuels, L'Harmattan.
- Genvo, S. (2005). « Transmédialité de la narration vidéoludique : quels outils d'analyse ? » *Comparaison*, Peter Lang, 2002, 2, p. 103-112. Disponible en ligne : http://www.ludologique.com/publis/articles_en_ligne.html
- Genvo, S. (2006a). *Le Game Design de Jeux Vidéo : Approches de l'expression vidéoludique*, Paris, L'Harmattan.
- Genvo, S. (2006b). *Les conditions de validité de l'immersion vidéoludique : pour une approche descriptive de la jouabilité*. Ludovia 2006, Saint-Lizier. Disponible en ligne : http://www.ludologique.com/publis/articles_en_ligne.html
- Ginzburg, C. (1989). « Traces : Racines d'un paradigme indiciaire ». *Mythes, Emblèmes, Traces, - Morphologie et histoire*, Paris, Flammarion.
- Golvin, J.-C. *L'image de la restitution et la restitution de l'image*. Cours de Tunis, vol. 1, DPEA « Culture numérique et patrimoine architectural ».
- Greenfield, P. M. (1987). « Video games as tools for cognitive socialization ». *Computers, Cognition, and Epistemology*. An International Symposium, Sandbjerg Slot, Danemark (Avril).
- Greenfield, P. M. (1994). « Video games as cultural artefacts ». *Journal of Applied developmental Psychology*, vol. 15, n° 1 (Janvier-Mars).
- Greenfield, P. M., L. Camaioni, P. Ercolani, L. Weiss, B. A. Lauber & P. Perucchini (1994). « Cognitive socialization by computer games in two cultures inductive discovery or mastery of an inductive code? ». *Journal of Applied Developmental Psychology*, vol. 15, n° 1 (Janvier-Mars).

Références

- Gregori, E. (2006). *Un Pausanias à la main. Chateaubriand archéologue et antiquaire*. Thèse de doctorat (Dottorato di Ricerca in Romanistica, XVII ciclo), sous la direction du Prof. Patrizio Tucci, Università di Padova, Italie (soutenue le 6 Avril).
- Greimas, A. J. (1966). *Sémantique structurale*. Paris, Larousse.
- Harter, J. L. (2001). *Le jeu. Essai de déstructuration*. L'Harmattan.
- Hawass, Z. (2003). *Trésors des Pyramides*. Éd. Sélection du Reader's Digest. p. 159.
- Heeter, C. (1992). « Being There: The subjective experience of presence ». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press, fall.
- Henriot, J. (1989). *Sous couleur de jouer*. Paris, José Corti.
- Herschberg, P. A. (2009). *Notes sur le style des marges dans la Vie de Henry Brulard*. Article mis en ligne le 18 mars 2009 sur le site de l'Institut des textes & manuscrits modernes. Disponible en ligne : <http://www.item.ens.fr/index.php?id=434558>.
- Hiller, A. (1977). « Lamartine, poésie et perception ». *Romantisme : Mythes, rêves, fantasmes*, n°15. pp.71-81. Disponible en ligne : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/roman_0048-8593_1977_num_7_15_5075
- Hochet, Y. (2008). « Les jeux vidéo : pédagogie ou idéologie ? ». Compte rendu du séminaire proposé par le laboratoire junior *Jeux Vidéo : Pratiques, Contenus, Discours*, École Normale Supérieure Lettres et Sciences Humaines, Lyon (17 Décembre).
- Hugo, V. (2007). *Récits et dessins de voyage*. La Renaissance du Livre.
- Hugot, C. (2006). *En cheminant avec Homère*. À propos de « Olga Polychronopoulou, Archéologues sur les pas d'Homère : la naissance de la protohistoire égéenne », Noësis (1999), Les comptes rendus de la Bibliothèque des sciences de l'Antiquité (Lille 3). Disponible en ligne : <http://www.scd.univ-lille3.fr/bsa/crhomere.htm>.
- Huizinga, J. (1988). *Homo ludens. Essai sur la fonction sociale du jeu*. Paris, Gallimard (Première édition en 1951).
- Jacobs, E. P. (1955). « Le mystère de la grande Pyramide ». *Les aventures de Blake et Mortimer*. Tome 2, Dargaud, p. 54.
- Jacquinet, G. (1996). « Les NTIC : écrans du savoir ou écrans au savoir ». Chevalier, Y., Ateliers 9/1996, « Outils multimédias et stratégies d'apprentissage du FLE », *Cahiers de la Maison de la recherche*, tome 1, Université Charles-de-Gaulle Lille 3, Lille.

- Jenkins, H. (2002). « Game Design as Narrative Architecture ». Pat Harrington and Noah Frup-Waldrop (Eds.) *First Person*. Cambridge, MIT Press. Disponible en ligne : <http://web.mit.edu/cms/People/henry3/games&narrative.html>
- Juul, J. (2005). *Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds*. Cambridge, MIT Press.
- Kellner, C. (2001). « L'apport du support CD-Rom en tant que médiateur pédagogique ». *Les enjeux du virtuel*, sous la direction de Noël Nel, Paris, L'harmattan.
- Kellner, C. (2007). *Les cédéroms, pour jouer ou pour apprendre ?* Paris, L'Harmattan.
- Kim, H. & S. C. Hirtle (1995). « Spatial metaphors and disorientation in hypertext browsing ». *Behaviour & Information Technology*, Vol.14, n°4, p. 239-250. Disponible en ligne : http://www.sis.pitt.edu/~shirtle/pubs/Kim_Hirtle_1995.pdf
- Kolb, D. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- Lafrance, J.-P. (1994). « La machine métaphysique. Matériaux pour une analyse des comportements des Nintendo Kids ». *Réseaux*, volume 12, n°67. pp. 9-32.
- Lakoff, G. & M. Johnson (1985). *Les métaphores dans la vie quotidienne*. Traduit de l'anglais par Michel de Fornel en collaboration avec Jean-Jacques Lecercle, Les Éditions de Minuit (Propositions). Édition originale : *Metaphors we live by* (1980), The University of Chicago.
- Landow, G. P. (1999). « Hypertext as Collage-Writing ». *The Digital Dialectic: New Essays on New Media*, Peter Lunenfeld, MIT Press, Cambridge, MA.
- Lavaud-Forest, S. (2004). *Matrice Active : une scénographie interactive*. D'après le tableau Jaune-Rouge-Bleu de Kandinsky. Séminaire « Action Sur l'Image (ASI). Pour l'élaboration d'un vocabulaire critique », Université Paris 8, département hypermédia (9 Juin). En ligne : <http://hypermedia.univ-paris8.fr/seminaires/semaction/seminaires/txt03-04/fs-04.htm>
- Lawler, R. L. (1985). *Computer experience and cognitive development. A child's learning in a computer culture*. Ellis Horwood, Exeter.
- Lazzaro, N. (2004). *Why We Play Games : Four Keys to More Emotion Without Story*. Player Experience Research and Design for Mass Market Interactive Entertainment, pour *XeoDesign Inc*. En ligne : http://www.xeodesign.com/xeodesign_whyweplaygames.pdf
- Lebrave J.-L. (1994). « Hypertextes-Mémoires-Écriture ». *Genesis*, n° 5.

Références

- Lechner, M. (2007). « Homme machinal ». *Écrans*, un site de *Libération.fr*. En ligne : <http://www.ecrans.fr/Homme-machinal.html>
- Le Diberder, A. & F. Le Diberder (1998). *L'univers des jeux vidéo*. Saint Amand Montron, La découverte.
- Leja, E. (2003). « Le jeu vidéo est-il un art ? ». *JIRAF (Jeu Vidéo et son Industrie Rassemblent les Acteurs Français)*. Disponible en ligne : <http://www.jiraf.org>
- Le Moigne, J.-L. (1999). *La modélisation des systèmes complexes*. Coll. Sciences Humaines, Dunod.
- Lévy, P. (1990). *Les technologies de l'intelligence*. La Découverte.
- Linard, M. (1996). *Des machines et des hommes, Apprendre avec les nouvelles technologies*, Paris, Montréal : L'Harmattan, coll. Savoir & Formation (édition réactualisée de l'ouvrage de 1990, Paris, Éditions Universitaires).
- Link-Pezet, J. (1999). « De la représentation à la coopération : évolution des approches théoriques du traitement de l'information ». *Solaris*, n° 5 (Janvier). Disponible en ligne : <http://biblio-fr.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/d05/5link-pezet.html>
- Mabillot, V. (2002a). *Du regard à la caresse. Évolution du design interactif des hyperliens sur le Web, allant d'une symbolisation visuelle à une actualisation gestuelle*. Communication dans le cadre des journées de travail des groupes « Réseau et Médiation Culturelle de la SFSIC », Université Paris Nord-Villetaneuse (30 Janvier). Disponible en ligne : <http://vmabillot.free.fr/publications/regardcaresse/regardcaresse-albi.htm>
- Mabillot, V. (2002b). « Geste et perméabilité sémiotique entre l'acteur et le personnage dans les jeux en 3D subjective comme Duke Nukem ». *L'action sur l'image. Pour l'élaboration d'un vocabulaire critique*, Séminaire du 7 et 8 juin, Université Paris 8.
- Malaby, T. (2007). « Beyond Play: a new approach to games in games and culture ». *Sage publications*, vol.2 (Avril), p.95-113. Disponible en ligne : http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=922456
- Malone, T. W. & L. R. Lepper (1987). « Making learning fun: taxonomy of intrinsic motivations for learning ». R. E. Snow & M. J. Farr (Eds.), *Aptitude, learning, and instruction, III : Conative and affective process analysis*, (pp. 223-253). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mcaulay, D. (2006). *Naissance d'une pyramide*. Archimède, École des loisirs, Paris.
- Mespoulet, V. & A. Scholaert (1999). *Croisades ou l'énigme dans l'acte pédagogique*. Disponible en ligne : <http://histgeo.ac-aix-marseille.fr/a/div/d013.htm>

- Michaud, L. & J. Alvarez (2008). *Serious games. Advergaming, edugaming, training... IDATE Consulting & Research* (Juin). Disponible en ligne : http://ja.games.free.fr/ludoscience/PDF/EtudeIDATE08_VF.pdf
- Morris, C. W. (1946). *Signs, Language and Behavior*. Englewood Cliffs.
- Nélide-Mouniapin, B. (2006). « Exemple d'énonciation dans un jeu vidéo ». *Le Game Design de Jeux Vidéo : Approches de l'expression vidéoludique*, sous la direction de Sébastien Genvo, Paris, L'Harmattan.
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. AP Professional, Cambridge.
- Nielsen, J. (1995). *Multimedia and hypertext. The Internet and Beyond*. Morgan Kaufmann (Academic Press), San Francisco, Californie.
- Ochalla, B. (2007). « Into The Pixel: The Artists Speak ». Interview pour *Gamasutra* (4 Octobre). Disponible en ligne : http://www.gamasutra.com/view/feature/1930/into_the_pixel_the_artists_speak.php
- Okagaki, L. & P. A. Frensch (1994). « Effects of video game playing on measures of spatial performance: Gender effects in late adolescence ». *Journal of Applied Developmental Psychology*, Vol. 15, n°1 (Janvier-Mars).
- Osés, M. V. (2009). *The Internet Mapping Project*. Analyse basée sur le projet de Kevin Kelly. Disponible en ligne : <http://psiytecnologia.files.wordpress.com/2009/06/the-internet-mapping-project2.pdf>
- Palix, J. (2006). *Attention et recherche visuelle : approches comportementale et électrocorticale*. Thèse de doctorat : Université de Genève, no. FPE 371. Disponible en ligne : <http://archive-ouverte.unige.ch/vital/access/manager/Repository/unige:432>
- Peirce, C. S. (1978). *Écrits sur le signe*. Rassemblés, traduits et commentés par Gérard Deledalle, Seuil.
- Peirce, C. S. (1998). *The Essential Peirce. Selected Philosophical Writings, 1893-1913*. Sous la direction de Nathan Houser & Christian J. W. Kloesel, Vol. 2, Peirce Edition Project.
- Perriault, J. (1994). « L'acquisition et la construction de connaissances par les jeux informatisés ». *Réseaux*, n° 67, CNET, Paris (Septembre-Octobre).
- Perron, B. (2005). *A Cognitive Psychological Approach to Gameplay Emotions*. « Changing Views: Worlds in Play », DIGRA 2005 International Conference, Simon Fraser University, Vancouver. En ligne : <http://www.digra.org/dl/db/06276.58345.pdf>
- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence de l'enfant*. Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.

Références

- Piaget, J. (1970). *Psychologie et épistémologie*. Paris, Denoël, p. 85.
- Piaget, J. (1974). *Recherches sur la contradiction*. Paris, PUF.
- Poix, J. & S. Genvo (2003). « Concevoir un jeu vidéo éducatif ». *Un point d'actu : Jeux vidéo*, supplément au *Dossier de l'ingénierie éducative n°44* (Octobre). En ligne : <http://www.cndp.fr/archivage/valid/44535/44535-7461-7401.pdf>
- Poteaux, N. (2000). « Nouveaux dispositifs, nouvelles dispositions ». *Les Langues Modernes*, n° 3, p. 8-11.
- Pouts-Lajus, S. & M. Riche-Magnier (1999). « Les technologies éducatives, une occasion de repenser la relation pédagogique ». *CARI-INFO*, n° 8. Disponible en ligne : <http://txtnet.com/OTE/text0007.htm>
- Prensky, M. (2001). « Fun, Play and Games: What Makes Games Engaging ». *Digital Game-Based Learning*, Chapter 5, McGraw-Hill, New-York. Disponible en ligne : <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Game-Based%20Learning-Ch5.pdf>
- Prensky, M. (2007). « How to teach with technology: keeping both teachers and students comfortable in an era of exponential change ». British Educational Communications and Technology Agency (Becta), *Emerging Technologies*, volume 2. En ligne : http://partners.becta.org.uk/page_documents/research/emerging_technologies07_chapter4.pdf
- Prensky, M. (2008). « The Role of Technology in teaching and the classroom ». *Educational Technology* (Novembre-Décembre). Disponible en ligne : http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-The_Role_of_Technology-ET-11-12-08.pdf
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin.
- Rajotte, P. (2000). « Le récit de voyage au XIXe siècle. Une pratique de l'intime ». *Globe*, Revue internationale d'études québécoises, vol. 3, n°1.
- Reboul, O. (1980). *Qu'est-ce qu'apprendre?* Paris, PUF.
- Rekacewicz, P. (2006). « La cartographie, entre science, art et manipulation ». *Le monde diplomatique* (Février). Disponible en ligne : <http://www.monde-diplomatique.fr/2006/02/REKACEWICZ/13169>
- Rézeau, J. (2004). *Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multimédia. Le cas de l'apprentissage de l'anglais en Histoire de l'art à l'université*.

- Thèse pour le Doctorat de l'Université Bordeaux 2 (17 Décembre 2001). Disponible en ligne : <http://pagesperso-orange.fr/joseph.rezeau/recherche/theseNet/index.htm>
- Ryan, M.-L. (2006). « Des mondes possibles aux univers parallèles ». *Fabula. La recherche en littérature*, « L'atelier de théorie littéraire », (4 Mai). Disponible en ligne : http://www.fabula.org/atelier.php?Des_mondes_possibles_aux_univers_parall%26egrave%3Bles
- Saint Exupéry, A. (1972). *Terre des hommes*. Paris, Gallimard.
- Salomon, G. (1979). *Interaction of media, cognition and learning*. San Francisco, Jossey-Bass.
- Schneller, K. (2006). « De la fragilité de la mémoire : les *Memory drawings* de Robert Morris », *Images re-vues*, n° 2. Disponible en ligne : http://www.imagesrevues.org/Article_Archive.php?id_article=10
- Therer, J. (1998). « Styles d'enseignement, styles d'apprentissage et pédagogie différenciée en sciences ». *Informations Pédagogiques*, n° 40, Université de Liège, Laboratoire d'enseignement Multimédia (Mars). Disponible en ligne : <http://www.restode.cfwb.be/download/infoped/info40a.pdf>
- Tisseron, S. (1997). *Société de l'image et construction du sens*. « L'image d'information à l'École : de l'innovation à sa généralisation ». Conférence prononcée à Toulouse au Centre de Liaison de l'Enseignement et des Médias d'Information (CLEMI) (7-10 Juillet).
- Vandendorpe, C. (1998). « La lecture de l'énigme ». *Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication* (Alsic), vol.1, n°2, pp 115-132 (Décembre). Disponible en ligne : http://alsic.u-strasbg.fr/Num2/vanden/alsic_n02-rec2.htm
- Varano, S., J.-C. Bignon & G. Halin (2008). *A three-dimensional map to help exploration and understanding of a building. Visibility of the process of knowledge construction through traces*. DDSS 2008 - 9th International Conference, on Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, The Netherlands, (7-10 July).
- Veillon, F. (2001). « Des réseaux de jeux à la socialité virtuelle ». Revue *MédiaMorphoses*, n°3, « Qui a encore peur des jeux vidéo ? » Disponible en ligne : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/22391>
- Viau, R. (2000). « Des conditions à respecter pour susciter la motivation des élèves ». *Correspondance*. 5 (3), 2-4. Disponible en ligne : http://www.pages.usherbrooke.ca/rviau/articles/livres_et_articles/des_conditions_a_respecter_pour_susciter_la_motivation_des_eleves.pdf

Références

- Viau, R. & D. Bédard (2001). *Le profil d'apprentissage des étudiantes et des étudiants de l'Université de Sherbrooke*. Résultats de l'enquête menée au trimestre d'automne 2000. Université de Sherbrooke, (Décembre). Disponible en ligne : http://www.pages.usherbrooke.ca/rviau/articles/recherche/Le_profil_d'apprentissage_des_etudiantes_et_des_etudiants_de_l'universite_de_sherbrooke.pdf
- Virole, B. (2003). *Du bon usage des jeux vidéo et autres aventures virtuelles*. Hachette Littératures. Extrait en ligne : <http://www.omnsh.org/spip.php?article90>
- Vygotski, L. (1997). *Pensée et Langage*. Éditions La Dispute.
- Weissberg, J. L. (1999). *Présence à distance. Déplacements virtuels et réseaux numériques ; Pourquoi nous ne croyons plus à la télévision*. Paris, L'Harmattan.
- Wolf, M. J. P. (2002). « Genre and the Video Game ». *The Medium of the Video Game*, Chapitre 6, University of Texas Press. Disponible en ligne : <http://www.robinlionheart.com/gamedev/genres.xhtml>
- Yates, F. A. (1987). *L'art de la mémoire*. Éditions Gallimard. Traduit de l'anglais par Daniel Arasse. (Titre original : *The Art of Memory*, Pimlico 1966).
- Zeiliger, R., J. Eklund & J. Sawers (1999). *Nestor Navigator: A tool for the collaborative construction of knowledge through constructive navigation*. CNRS-GATE - France, Access Australia Co-operative Multimedia Center - Technology Park, The Institute of Interactive Multimedia – The University Of Technology – Sydney. En ligne : <http://ausweb.scu.edu.au/aw99/papers/eklund2/paper.html>
- Zhang, J. & D. A. Norman (1994). « Representations in Distributed Cognitive Tasks ». *Cognitive Science*, 18, 1, p.87-122.

Sites Internet

- [1] *America's Army*. America's army licensing. <http://www.americasarmy.com/>
- [2] *Building Rome in a Day*. Reconstitutions 3D à partir de photographies touristiques. <http://grail.cs.washington.edu/rome/>
- [3] *Casa Consistorial, 1908-2008, Cien anos Contigo*. (2008). Ayuntamiento de Valladolid. <http://www.valladolid2008centenario.es/>
- [4] *Chasseur de la Préhistoire, l'Homme de Tautavel il y a 450 000 ans*. (2004). Ministère de la Culture et de la Communication. <http://www.tautavel.culture.gouv.fr/>
- [5] *Froguts*. Laboratoire de dissection virtuelle pour aider les étudiants. <http://www.froguts.com>
- [6] *Gamasutra*. The Art & Business of Making Games. <http://www.gamasutra.com/>
- [7] *Gamekult*. L'actualité du jeu vidéo. <http://www.gamekult.com/>
- [8] *Google is not the map*. 2008. Projet des artistes italiens *Les Liens Invisibles*. <http://www.lesliensinvisibles.org/2008/11/14/google-is-not-the-map/>
- [9] *Grand Versailles Numérique (GVN)*. Ministère de la Culture et de la Communication, Établissement public du musée et du domaine national de Versailles. <http://www.gvn.chateauversailles.fr/en/index.html>
- [10] *HBOImagine*. Le Cube d'HBO. HBO (Home Box Office) est une chaîne de télévision qui fait partie du groupe *Time Warner*. <http://www.hboimagine.com/>
- [11] *Histoire de la cartographie*. Site des « Expositions virtuelles » de la *Bibliothèque nationale de France*. <http://expositions.bnf.fr/cartes/index.htm>
- [12] *inCrysis*. Site officiel du jeu vidéo *Crysis*. <http://www.incrysis.com/>

Références

- [13] *Into the Pixel*. Une exposition de l'art et des jeux vidéo. <http://www.intothepixel.com/>
- [14] *Jeremie Biron - Diplôme 2010. Jeux vidéo et interaction musicale*. <http://diplome.pixylab.com/wordpress/>
- [15] *Jeuvideo.com*. Copyright (c) 1997, *L'Odysée Interactive*. www.jeuxvideopc.com
- [16] *JudgeHype*. « Vivez l'expérience Blizzard... chaque jour ! » <http://worldofwarcraft.judgehype.com>
- [17] *Lascaux*. Mission de la recherche et de la technologie du Ministère de la Culture et de la Communication. <http://www.lascaux.culture.fr/#/fr/00.xml>
- [18] *Lattes en Languedoc, les Gaulois du sud*. Collection « Grands sites archéologiques » éditée par la mission de la recherche et de la technologie du Ministère de la Culture et de la Communication en collaboration avec la sous-direction de l'archéologie. <http://www.lattara.culture.fr/>
- [19] *L'École Française de l'Heuristique*. 13 rue Fernand Léger, 75020 Paris. <http://www.efh.fr/>
- [20] *Lectura*. Stendhal, la révolte et les rêves. <http://www.lectura.fr/expositions/stendhal/enfance/index.html>
- [21] *L'Égypte Éternelle*. (2005). Centre égyptien de documentation pour le patrimoine. <http://www.eternalegypt.org/>
- [22] *Le Plan de Rome. Restituer la Rome antique*. (2004). Université de Caen Basse-Normandie ERTé « Sources anciennes, multimédias et publics pluriels » (ERSAM), 2004. http://www.unicaen.fr/services/cireve/rome/pdr_restitution.php?fichier=etape_5
- [23] *Le réseau Ludus : jouer en classe*. Un blog pédao-ludique du WebPédagogique. <http://lewebpedagogique.com/reseauludus/>
- [24] *Livres à feuilleter*. Site des « Expositions virtuelles » de la *Bibliothèque nationale de France*. <http://expositions.bnf.fr/livres/polo/index.htm>
- [25] *L'Orangerie du Château de Versailles*. (2008). Établissement public du musée et du domaine national de Versailles, en partenariat avec *Kubota Europe*. <http://www.versaillespour tous.fr/orangerie/>
- [26] *Louis XIV, l'homme et le roi*. Établissement public du musée et du domaine national de Versailles. <http://www.louisxiv-versailles.fr/>
- [27] *Louvre*. (2005). Musée du Louvre. <http://www.louvre.fr/>
- [28] *Mappa Mundi*. Rubrique « Les cartes du mois ». <http://mappa.mundi.net/maps/>

- [29] *MindTools*. Essential skills for an excellent career. <http://www.mindtools.com/>
- [30] *Musée de l'Histoire de France*. Établissement public du musée et du domaine national de Versailles. Site réalisé avec le soutien de la Fondation d'entreprise Gaz de France. <http://www.museehistoiredefrance.fr/>
- [31] *Musées du Vatican*. (2003-2007). Vatican Museums. Direzione dei Musei. http://mv.vatican.va/5_FR/pages/MV_Home.html
- [32] *Notre-Dame de Saint-Lô*. Reconstitution virtuelle de l'église *Notre-Dame de Saint-Lô* dans son état d'avant-guerre. Projet visible à partir de 2010. ERSAM en partenariat avec Christophe Charrier, maître de conférences du département SRC. <http://www.unicaen.fr/services/cireve/ersam/ndsl.php?fichier=methodologie>
- [33] *Paris, ville antique*. (2003). Collection « Grands sites archéologiques » éditée par la mission de la recherche et de la technologie du Ministère de la Culture et de la Communication en collaboration avec la sous-direction de l'archéologie. <http://www.paris.culture.fr>
- [34] *Recherche en Cyber-Cartographie*. Exploration des géographies d'Internet, du Web et des nouveaux cyberspaces. <http://www.cybergeography-fr.org/>
- [35] *Strange Maps*. Site de cartographie. <http://strangemaps.wordpress.com/>
- [36] *TabletPC*. <http://pc-tablet.fr/tablet-pc-200911101.html>
- [37] *The Internet Mapping Project*. 2009. « Conceptual Trends Current Topics », Kevin Kelly. <http://www.kk.org/ct2/2009/06/the-internet-mapping-project.php>
- [38] *Tom's Games*. Site de jeux video de *Bestofmedia Group*. <http://www.tomsgames.fr/>
- [39] *VersaillesLab*. (2009). Visite multimédia des jardins du *Château de Versailles* sur téléphone mobile en partenariat avec *Orange*. <http://versailleslab.culturemobile.net/>
- [40] *Visual Complexity*. Visualisation des réseaux complexes. <http://www.visualcomplexity.com/vc/>

Cédéroms

- [41] *L'ensemble Portuaire de Villefranche-sur-Mer, du 16e siècle à nos jours.* (2006). Master CCI option Architecture, faculté des sciences de Luminy - Université de la Méditerranée, École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille.
- [42] *Les Châteaux forts.* (1999). Par Nicolas Faucherre, Syrinx.
- [43] *Parcours d'Opéra.* (2001). Visite multimédia de l'Opéra national de Lyon. Ministère de la Culture et de la Communication. Opéra national de Lyon, laboratoire MAP-ARIA UMR CNRS, École d'Architecture de Lyon.

Jeux vidéo

- [44] *2025exmachina*. Un serious game d'éducation critique à Internet. La CNIL, Internet Sans Crainte et Tralalere. <http://www.2025exmachina.net/>
- [45] *Abuse*. (1996). Crack Dot Com, Electronic Arts.
- [46] *Assassin's Creed 2*. (2009). Ubisoft, Ubisoft Montréal. www.assassinscreed.com, www.assassinscreed-2.fr, <http://assassinscreed.fr.ubi.com/assassins-creed-2/teaser/>
- [47] *Black and White 2*. (2005). Electronics Arts, Lionhead. <http://www.lionhead.com/>
- [48] *Call of Duty: Modern Warfare 2*. (2005). Infinity Ward, Activision. <http://www.modernwarfare2.com/>
- [49] *Counter Strike*. (2000). Sierra Studios, Valve Software. <http://www.counterstrikefrance.com/>
- [50] *Croisades, Conspiration au Royaume d'Orient*. (1997). Index+, France Télécom Multimédia.
- [51] *Cryostasis: Sleep of Reason*. (2009). Action Forms, 1C. <http://www.cryostasis.fr>
- [52] *Crysis*. (2007). Electronic Arts, Crytek. <http://www.incrysis.com/>
- [53] *Duke Nukem*. (1991). 3D Realms, Take Two Interactive. <http://www.3drealms.com/duke4/>
- [54] *Enemy territory: quake wars*. (2007). Splash Damage, Activision. <http://www.enemyterritory.com/>
- [55] *Everyday Shooter*. (2007). Queasy Games, Sony Computer Entertainment. <http://www.everydayshooter.com/>

Références

- [56] *Grand Theft Auto*. (1997). BMG Interactive, ASC Games, Take-Two Interactive, DMA Design. *GTA 5* est prévu pour 2010. <http://www.gtalegende.com/>
- [57] *Heavy Rain*. (2010). Quantic Dream, Sony. <http://www.quanticroam.com/>
- [58] *In Memoriam : Le dernier rituel*. (2003). Ubisoft, Lexis Numérique. <http://www.inmemoriam-thegame.com/>
- [59] *Isabelle*. (1999). Belisa, Les Poissons Volants. <http://www.belisa.com/fr/isabelle/>
- [60] *Legacy of Kain: Soul Reaver*. (1999). Crystal Dynamics, Eidos Interactive.
- [61] *Maniac Mansion: Day of the Tentacle*. (1993). LucasArts. <http://lucasartsoldgames.free.fr/dott/>
- [62] *Nomad Soul*. (1999). Quantic Dream, Eidos Interactive. <http://www.quanticroam.com/>
- [63] *Riven: The Sequel to Myst*. (1997). Cyan Worlds Inc, Broderbund Inc.
- [64] *Sim City*. Electronic Arts Inc. <http://simcitysocieties.ea.com/index.php>
- [65] *Super Mario Bros*. (1985). Nintendo. <http://newsupermariobros.nintendo.be/frFR/index.html>
- [66] *The Secrets of Da Vinci: le Manuscrit Interdit*. (2006). Kheops Studio & TOTM Studio, Nobilis. www.secrets-of-da-vinci.com
- [67] *Turok*. (2008). Propaganda Games, Aspyr Media. <http://www.turok.com/>
- [68] *Unreal Tournament 3*. (2007). Epic Games, Midway. <http://www.unrealtournament3.com/fr/index.html>
- [69] *Versailles 1685: Complot à la Cour du Roi Soleil*. (1997). La Réunion des musées nationaux, Canal+ Multimédia, Cryo Interactive.
- [70] *World of Warcraft*. (2005). Vivendi Universal, Blizzard Entertainment. <http://www.wow-europe.com/fr/index.xml>

Filmographie

- [71] *Cube 2: Hypercube*, de Andrzej Sekula. (2002). Ghost Logic, Lions Gate Films.
- [72] *Hackers*, d'Iain Softley (1995). United Artists.
- [73] *Harry Potter et le prisonnier d'Azkaban*, d'Alfonso Cuaron (2004). Warner Bros Pictures.
- [74] *Memento*, de Christopher Nolan (2000). UFD.
- [75] *Prison Break*, de Paul Scheuring (2005-2009). Quatre saisons, chaîne d'origine : FOX.

Table des figures

FIGURE 1. <i>LE LIVRE DES MERVEILLES</i> DE MARCO POLO, 1298. <i>LES LIVRES À FEUILLETER</i> [24] SITE DES « EXPOSITIONS VIRTUELLES » DE LA BNF.	10
FIGURE 2. <i>LE LIVRE DES NOUVELLES TERRES</i> , 1506. EXPOSÉ AU MONASTÈRE DE STRAHOV À PRAGUE.....	11
FIGURE 3. « INSULAIRES ET MONUMENTS DE L’ÎLE DE PÂQUE ». <i>VOYAGE DE LA PÉROUSE AUTOUR DU MONDE</i> . IMP. DE LA RÉPUBLIQUE, PARIS, 1797.....	12
FIGURE 4. VICTOR HUGO. <i>RÉCITS ET DESSINS DE VOYAGE</i> (HUGO, 2007). A GAUCHE : <i>LA SOURIS</i> (VELMICH), SEPTEMBRE 1840 – <i>POUR MON CHARLOT</i> . A DROITE : <i>BORDEAUX</i> , 20-21 JUILLET 1843.	14
FIGURE 5. RECONSTITUTION 3D DE LA FONTAINE DE TREVI À ROME À PARTIR DES PHOTOGRAPHIES TOURISTIQUES TRAITÉES PAR <i>PHOTO TOURISM</i> . <i>GRAPHICS AND IMAGING LABORATORY</i> , WASHINGTON.	16
FIGURE 6. RECONSTITUTIONS 3D DE ROME, VENISE ET DUBROVNIK À PARTIR DES PHOTOGRAPHIES TOURISTIQUES TRAITÉES PAR <i>PHOTO TOURISM</i> . SUR LE SITE <i>BUILDING ROME IN A DAY</i> [1].	16
FIGURE 7. RECONSTITUTION 3D D’UN ÉLÉMENT ARCHITECTURAL PAR PHOTOGRAMMÉTRIE ET VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES. THÉÂTRE ANTIQUE D’ARLES. (DE DOMENICO, 2006).....	17
FIGURE 8. AVATAR ET VISITE 3D DANS LE TEMPLE DE PORTUNUS. UN CLIC SUR UNE PARTIE DE L’ÉDIFICE AFFICHE UN DOCUMENT. <i>LE PLAN DE ROME</i> . <i>RESTITUER LA ROME ANTIQUE</i> [22].	20
FIGURE 9. REPRÉSENTATION VIRTUELLE DE VALLADOLID DANS <i>SECOND LIFE</i> POUR LE CENTENAIRE DE LA <i>CASA CONSISTORIAL, 1908-2008</i> [3]......	20
FIGURE 10. TRAVAIL DE RESTITUTION POUR LE RENDU RÉALISTE DE LA LUMIÈRE VIRTUELLE DE L’ÉGLISE <i>NOTRE DAME DE SAINT-LÔ</i> [32] (ERSAM).....	21
FIGURE 11. FAÇADE DU COLISÉE À ROME. L’IMAGE SUPERPOSE LE VIRTUEL (RENDU RÉALISTE ET FILAIRE) AU RÉEL. <i>LE PLAN DE ROME</i> . <i>RESTITUER LA ROME ANTIQUE</i> [22].....	22
FIGURE 12. PHOTOGRAPHIE DE THEODOR HOLM NELSON: <i>AS WE WILL THINK</i> . CONFÉRENCE EN LIGNE 72, BRUNEL UNIVERSITY, UXBIDGE, ANGLETERRE, 1972.	24
FIGURE 13. REPRÉSENTATION DE L’ESPACE HYPertextUEL DANS LE FILM <i>HACKERS</i> [71], 1995. CRÉATION DE ARTEM VISUAL EFFECTS À LONDRES. SUR LE SITE <i>RECHERCHE EN CYBER-CARTOGRAPHIE</i> [34].	24
FIGURE 14. PAGE D’ACCUEIL DU SITE INTERNET <i>L’ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21]. LA VERSION COMPLÈTE (GAUCHE) ET LA VERSION TEXTE (DROITE).....	26
FIGURE 15. PARTITION À L’ÉCRAN DU SITE INTERNET <i>L’ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21]. LE MULTICADRAGE (GAUCHE) ET LE MULTIFENÊTRAGE (DROITE).....	26
FIGURE 16. PAGE D’ACCUEIL (GAUCHE) ET SA PARTITION À L’ÉCRAN (DROITE). SITE INTERNET <i>CHASSEUR DE LA PRÉHISTOIRE, L’HOMME DE TAUTAVEL IL YA 450 000 ANS</i> [4].....	27
FIGURE 17. UNE ICÔNE MÉTAPHORIQUE QUI REPRÉSENTE L’OBJET « BIBLIOTHÈQUE ». SITE INTERNET <i>L’ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21]. ..	29
FIGURE 18. TOUS LES TEXTES SOULIGNÉS SONT DES INDICES REPRÉSENTANT L’OBJET « HYPERLIEN ». SITE INTERNET <i>L’ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	30
FIGURE 19. LE POINTEUR DE LA SOURIS DEVIENT UN SYMBOLE POUR REPRÉSENTER L’OBJET « ZONE CLIQUABLE ».	30
FIGURE 20. PLURALITÉ DES ACCÈS À LA MÊME INFORMATION. SITE INTERNET <i>PARIS, VILLE ANTIQUE</i> [33].	31

Table des figures

FIGURE 21. LES ŒUVRES DU <i>MUSÉE DE L'HISTOIRE DE FRANCE</i> [30] QUI APPARTIENNENT À L'ÉPOQUE « SIÈCLE DES LUMIÈRES (RÉVOLUTION 1789-1799) » SONT DES EXEMPLES DE SIGNIFIANTS AYANT PLUSIEURS SIGNIFIÉS.	31
FIGURE 22. LE MODE D'EXPLORATION « CONNEXIONS » DU SITE INTERNET <i>L'ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	32
FIGURE 23. LE MODE D'EXPLORATION « CARTE » DU SITE INTERNET <i>L'ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	33
FIGURE 24. LES MODES D'EXPLORATION « BIBLIOTHÈQUE », « SITES ET MUSÉES », « SUJETS » ET « TYPE » DU SITE INTERNET <i>L'ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	33
FIGURE 25. LE MODE D'EXPLORATION « CHRONOLOGIE » DU SITE INTERNET <i>L'ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	34
FIGURE 26. SCHÉMA REPRÉSENTANT L'« HYPERTEXTE COMBINATOIRE ». D'APRÈS (CARRIÈRE, 2000).	34
FIGURE 27. LA LECTURE CHRONOLOGIQUE DU SITE INTERNET <i>LATTES EN LANGUEDOC, LES GAULOIS DU SUD</i> [18].	35
FIGURE 28. SCHÉMA REPRÉSENTANT L'« HYPERTEXTE ARBORESCENT ». D'APRÈS (CARRIÈRE, 2000).	35
FIGURE 29. TRANSFORMATION DE L'IMAGE PAR SUPERPOSITION AU PASSAGE DU POINTEUR DE LA SOURIS. SITE INTERNET <i>PARIS, VILLE ANTIQUE</i> [33].	37
FIGURE 30. LE CLIC SUR LE PLAN DU CHÂTEAU ORIENTE L'UTILISATEUR VERS UN LIEU. SITE INTERNET <i>GRAND VERSAILLES NUMÉRIQUE</i> [9].	37
FIGURE 31. UN CLIC TRANSFORME L'IMAGE PAR SUPERPOSITION. « LA VICTOIRE DE SAMOTHRACE À LA LOUPE », SITE INTERNET DU <i>LOUVRE</i> [27].	38
FIGURE 32. LES CLICS SUCCESSIFS TRANSFORMENT L'OBJET PAR ROTATION. CÉDÉROM <i>PARCOURS D'OPÉRA</i> [43].	38
FIGURE 33. ORIENTER LA VUE DANS UN PANORAMA 360°. SITE INTERNET <i>GRAND VERSAILLES NUMÉRIQUE</i> [9].	39
FIGURE 34. CLIQUER/GLISSER SUR LA PISTE CHRONOLOGIQUE POUR AFFICHER LA VOLUMÉTRIE DES BÂTIMENTS EN FONCTION DU TEMPS. CÉDÉROM <i>L'ENSEMBLE PORTUAIRE DE VILLEFRANCHE-SUR-MER, DU 16^E SIÈCLE À NOS JOURS</i> [41].	39
FIGURE 35. VISITE 3D TEMPS RÉEL DE L'EXPOSITION IMAGINAIRE « JEAN-HONORÉ FRAGONARD » SUR LE SITE INTERNET DU <i>LOUVRE</i> [27].	40
FIGURE 36. LE GUIDE QUI PARLE SUR LE SITE INTERNET DU <i>LOUVRE</i> [27]. « LIVING ACTOR CHARACTER », 2007, FRANÇOIS PLACE, MUSÉE DU LOUVRE.	41
FIGURE 37. L'ORDRE CHRONOLOGIQUE N'INDUIT PAS FORCÉMENT UNE LECTURE LINÉAIRE. SITE INTERNET <i>GRAND VERSAILLES NUMÉRIQUE</i> [9].	42
FIGURE 38. VUE PLONGEANTE DE LA STATUE ÉQUESTRE DE LOUIS XIV PAR LE BERNIN. SITE INTERNET <i>L'ORANGERIE DU CHÂTEAU DE VERSAILLES</i> [25], EN PARTENARIAT AVEC <i>KUBOTA EUROPE</i>	43
FIGURE 39. VUE DÉTAILLÉE DU BUSTE DU ROI LOUIS XIV PAR LE BERNIN. SITE INTERNET <i>LOUIS XIV, L'HOMME ET LE ROI</i> [26].	43
FIGURE 40. LA LOUPE NOUS RÉVÈLE DES DÉTAILS DANS LES ŒUVRES PEINTES PAR MICHEL-ANGE. <i>LA CRÉATION D'ADAM</i> , VOÛTE DE LA CHAPELLE SIXTINE. SITE INTERNET <i>MUSÉES DU VATICAN</i> [31].	44
FIGURE 41. VUES SIMULTANÉES DE LA FAÇADE DU CHÂTEAU DE LOUIS XIV. SITE INTERNET <i>GRAND VERSAILLES NUMÉRIQUE</i> [9]. ILLUSTRATIONS GALLIMARD/BRUNO LENORMAND.	45
FIGURE 42. VUES HÉTÉROGÈNES DANS « LA JOCONDE À LA LOUPE ». SITE INTERNET DU <i>LOUVRE</i> [27].	45
FIGURE 43. ACCÈS À DES INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES EN CLIQUANT SUR DES ZONES SENSIBLES DURANT LA VISITE TEMPS RÉEL DU <i>CHÂTEAU DE VERSAILLES</i> . SITE INTERNET <i>GRAND VERSAILLES NUMÉRIQUE</i> [9].	46
FIGURE 44. DES BULLES BLANCHES DÉLIVRANT DES INFORMATIONS MULTIMÉDIAS DURANT LA VISITE 3D TEMPS RÉEL DE <i>L'ORANGERIE DU CHÂTEAU DE VERSAILLES</i> [25], EN PARTENARIAT AVEC <i>KUBOTA EUROPE</i>	47
FIGURE 45. DURANT L'EXPLORATION DE LA GROTTTE DE <i>LASCAUX</i> [17], LES ZONES CLIQUABLES AFFICHENT DEUX NIVEAUX D'INFORMATIONS.	47
FIGURE 46. VISITE MULTIMÉDIA DES JARDINS DU <i>CHÂTEAU DE VERSAILLES</i> SUR TÉLÉPHONE MOBILE. EN PARTENARIAT AVEC <i>ORANGE</i> . SITE INTERNET <i>VERSAILLESLAB</i> [39].	48
FIGURE 47. LE « GUIDE ÉLECTRONIQUE » ASSISTANT LA VISITE DU MUSÉE ÉGYPTIEN DU CAIRE. EN PARTENARIAT AVEC <i>IBM</i> ET <i>CULTNAT</i> . SITE INTERNET <i>L'ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	49
FIGURE 48. « MA COLLECTION » DE <i>L'ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	50
FIGURE 49. LE SITE DE « POST-VISITE » POUR REVOIR SON PARCOURS DANS LES JARDINS DU CHÂTEAU DE VERSAILLES. EN PARTENARIAT AVEC <i>ORANGE</i> . SITE INTERNET <i>VERSAILLESLAB</i> [39].	50
FIGURE 50. « CARNET MULTIMÉDIA » DU CÉDÉROM <i>LES CHÂTEAUX FORTS</i> [42].	51
FIGURE 51. « MA VISITE » DU SITE INTERNET <i>L'ÉGYPTE ÉTERNELLE</i> [21].	52

FIGURE 52. EXTRAIT DU <i>PORTRAIT DU CERVEAU D'ERIK MINKKINEN</i> EXPOSÉ À LA GALERIE LEO SCHEER PAR SYLVIE ASTIÉ.	53
FIGURE 53. DEUX PAGES DU MANUSCRIT DE STENDHAL, <i>VIE DE HENRY BRULARD</i> . BIBLIOTHÈQUE MUNICIPALE DE GRENOBLE. SUR LE SITE <i>LECTURA</i> [20].	56
FIGURE 54. ÉCRIRE ET DESSINER SUR L'ÉCRAN. EXEMPLE DES « PC TABLETTE ». SUR LE SITE <i>TABLETPC</i> [36].	56
FIGURE 55. <i>THE PIPE IS NOT THE MAP</i> . SUBJECTIVISATION DES CARTES DANS LE PROJET <i>GOOGLE IS NOT THE MAP</i> [8] PAR LES ARTISTES <i>LES LIENS INVISIBLES</i>	57
FIGURE 56. DANS <i>HARRY POTTER ET LE PRISONNIER D'AZKABAN</i> [73], « LA CARTE DU MARAUDEUR » MONTRE EN TEMPS RÉEL LES PAS ET LES NOMS DES PERSONNES SE DÉPLAÇANT DANS LE CHÂTEAU.	58
FIGURE 57. <i>HISTORY OF LIFE ON EARTH</i> , UN POSTER COMME UNE OEUVRE D'ART. BRIAN FINN, 2007, IAPETUS PRESS.	59
FIGURE 58. CARTE REPRÉSENTANT LE VÉCU DU LIEU ET NON PAS SA GÉOGRAPHIE, 2007 PAR SARAH.	60
FIGURE 59. TRAVAUX DES ÉQUIPES EN ART PLASTIQUE, SUR LE THÈME DU CHEMIN DE L'ÉCOLE. CLASSE DE SECONDE, LYCÉE <i>FUSTEL DE COULANGES</i> , STRASBOURG.	60
FIGURE 60. CARTOGRAPHIE DU SALON AU <i>221B BAKER STREET</i> À PARTIR DE NOTES PERSONNELLES, PAR RUSSEL STUTLER. SUR LE SITE <i>STRANGE MAPS</i> [35]	61
FIGURE 61. EXEMPLES DE DESSINS REPRÉSENTANT L'ESPACE DE NAVIGATION INTERNET. <i>THE INTERNET MAPPING PROJECT</i> [37] PAR KEVIN KELLY.	62
FIGURE 62. CARTE HEURISTIQUE MANUELLE SUR LE SITE DE <i>L'ÉCOLE FRANÇAISE DE L'HEURISTIQUE</i> [19].	62
FIGURE 63. « NUAGE DE TAGS » DU SOUS-CHAPITRE « LES CARTES HEURISTIQUES COMME REPRÉSENTATION SÉMANTIQUE ». GÉNÉRÉ À PARTIR DU SITE <i>WORDLE</i>	63
FIGURE 64. <i>ET-MAP</i> EST UNE CARTE DE L'ESPACE INFORMATIONNEL. CRÉÉE PAR L'ÉQUIPE DE HSINCHUN CHEN, NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. <i>A MAP OF YAHOO</i> PRÉSENTÉ PAR MARTIN DODGE SUR LE SITE <i>MAPPA MUNDI</i> [28].	65
FIGURE 65. EXTRAIT DE L'INTERFACE <i>NESTOR NAVIGATOR</i> QUI PERMET DE TRACER ET DE PARTAGER LE PARCOURS DE L'USAGER PENDANT SA CONSULTATION SUR INTERNET. (ZEILIGER & AL., 1999).	65
FIGURE 66. <i>VISVIP</i> SUPERPOSE LA TRAJECTOIRE DE L'USAGER À LA STRUCTURE DU SITE (CUGINI & SCHOLTZ, 1999).	66
FIGURE 67. <i>WEBPATH</i> RETRACE L'HISTORIQUE DE NAVIGATION EFFECTUÉ SUR PLUSIEURS SITES INTERNET. SUR LE SITE <i>VISUAL COMPLEXITY</i> [40].	67
FIGURE 68. <i>MAP.NET</i> UTILISE LA MÉTAPHORE DE LA VILLE OÙ LA TAILLE DES BÂTIMENTS REPRÉSENTE LA POPULARITÉ DES SITES INTERNET. SUR LE SITE <i>RECHERCHE EN CYBER-CARTOGRAPHIE</i> [34].	68
FIGURE 69. <i>WEB FORAGER</i> ET <i>WEBBOOK</i> UTILISENT LES MÉTAPHORES DU BUREAU ET DU LIVRE (CARD & AL., 1996).	68
FIGURE 70. LE <i>CUBE D'HBOIMAGINE</i> [10] OFFRE UNE NOUVELLE NARRATION INTERACTIVE.	69
FIGURE 71. DISSECTION D'UNE GRENOUILLE À L'ÉCRAN. SUR LE SITE <i>FROGUTS</i> [5].	70
FIGURE 72. <i>MATRICE ACTIVE</i> , BASÉ SUR LE TRAVAIL DU PEINTRE KANDINSKY. VUE DE FACE DE LA SOLUTION D'ÉQUILIBRE (GAUCHE), VUE DES ÉLÉMENTS-AGENTS INTERAGISSANT DANS LA SCÈNE (MILIEU), VUE SUBJECTIVE À L'INTÉRIEUR D'UN DES ÉLÉMENTS (DROITE) (LAVAUD-FOREST, 2004).	71
FIGURE 73. EXTRAIT DES COLLECTIONS 2007 ET 2009 PROVENANT DE L'EXPOSITION <i>INTO THE PIXEL</i> [13] SUR L'ART ET LES JEUX VIDÉO.	76
FIGURE 74. CAPTURES D'ÉCRAN DU JEU VIDÉO <i>CRYSIS</i> [52] UTILISANT LE MOTEUR DE JEU <i>CRY ENGINE</i> . SUR LE SITE <i>INCRYSIS</i> [12]. .	77
FIGURE 75. VARIATIONS GRAPHIQUES PROVOQUÉES PAR LE JOUEUR DANS <i>EVERYDAY SHOOTER</i> [55]. SUR LE SITE <i>TOM'S GAMES</i> [38].	78
FIGURE 76. « MAP » DE LA PETITE FRANCE À STRASBOURG FAITE PAR TAZUS À PARTIR DU JEU VIDÉO <i>COUNTER STRIKE</i> [49].	79
FIGURE 77. <i>VERSAILLES 1685 : COMLOT À LA COUR DU ROI SOLEIL</i> [69]. 1997. SUR LE SITE <i>JEUXVIDEO.COM</i> [15].	80
FIGURE 78. PHOTO ACTUELLE DU CLOS LUCÉ ET CAPTURE D'ÉCRAN DU JEU VIDÉO <i>THE SECRETS OF DA VINCI : LE MANUSCRIT INTERDIT</i> [66], 2006. SUR LE SITE <i>JEUXVIDEO.COM</i> [15].	81
FIGURE 79. INTÉRIEURS DU MANOIR DU CLOUX DANS LE JEU VIDÉO <i>THE SECRETS OF DA VINCI : LE MANUSCRIT INTERDIT</i> [66], 2006. SUR LE SITE <i>JEUXVIDEO.COM</i> [15].	81
FIGURE 80. CRÉATION DU PERSONNAGE FRANÇOIS 1 ^{ER} À PARTIR D'UN TABLEAU PEINT PAR L'ARTISTE FRANÇAIS JEAN CLOUET EN 1527, EXPOSÉ AUJOURD'HUI AU MUSÉE DU LOUVRE À PARIS. SUR LE SITE DU JEU VIDÉO <i>THE SECRETS OF DA VINCI : LE MANUSCRIT INTERDIT</i> [66].	82

Table des figures

FIGURE 81. À GAUCHE : PHOTOGRAPHIES DE LA BASILIQUE SAINT MARC, DE LA TOUR DE L’HORLOGE (TORRE DEI MORI) À VENISE ET DE LA VILLE DE FLORENCE. À DROITE : CAPTURES D’ÉCRANS DU JEU VIDÉO <i>ASSASSIN’S CREED 2</i> [46]. SUR LE BLOG DE MISSTRINITY.	83
FIGURE 82. VUES AÉRIENNES PROVENANT DU SITE D’INFORMATION DU JEU VIDÉO <i>ASSASSIN’S CREED 2</i> [46].	84
FIGURE 83. LES <i>DESSINS ANATOMIQUES DES ÉPAULES D’UN HOMME</i> (1509-1510) ET <i>L’ÉTUDE DE BRAS</i> (1510) DE LÉONARD DE VINCI AYANT SERVI À LA VIDÉO INTRODUCTIVE D’ <i>ASSASSIN’S CREED 2</i> [46].	85
FIGURE 84. ANNOTATIONS SUR PAPIER PRIS PAR DLUGOSZ CHRIS JOUANT À <i>RIVEN : THE SEQUEL TO MYST</i> [63].	88
FIGURE 85. PLAN ET BOUSOLE DE REPÉRAGE DANS LE JEU VIDÉO <i>CALL OF DUTY : MODERN WARFARE 2</i> [48]. SUR LE SITE <i>GAMEKULT</i> [7].	89
FIGURE 86. LA ZONE « BOIS DES CHANTS ÉTERNELS » SUR UNE DES CARTES DU JEU VIDÉO <i>WORLD OF WARCRAFT</i> [70]. SUR LE SITE <i>JUDGEHYPE</i> [16].	90
FIGURE 87. LIVRE DE BORD DANS LE JEU VIDÉO <i>THE SECRETS OF DA VINCI : LE MANUSCRIT INTERDIT</i> [66], 2006. SUR LE SITE <i>JEUXVIDEO.COM</i> [15].	91
FIGURE 88. IMAGES DE GUERRE ET DE PAIX DANS LE JEU VIDÉO <i>BLACK & WHITE 2</i> [47]. SUR LE SITE <i>JEUXVIDEO.COM</i> [15].	92
FIGURE 89. SCHÉMAS ILLUSTRANT LA STRUCTURE D’UNE HISTOIRE CLASSIQUE (À GAUCHE) ET LA STRUCTURE D’UN JEU VIDÉO (À DROITE). SELON (CRAWFORD, 1984).	93
FIGURE 90. LA NARRATION « TOPOGRAPHIQUE », <i>RIVEN, THE SEQUEL TO MYST</i> [63]. SUR LE SITE DE MIKE MARCELAIS, 1997.	94
FIGURE 91. CAPTURE D’ÉCRAN DU JEU VIDÉO « TRANSMÉDIA » <i>IN MEMORIAM : LE DERNIER RITUEL</i> [58]. SUR LE SITE OFFICIEL DU JEU.	95
FIGURE 92. FOCALISATION ZÉRO DANS LE JEU VIDÉO <i>BLACK & WHITE 2</i> [47]. SUR LE SITE <i>JEUXVIDEO.COM</i> [15].	96
FIGURE 93. LES BLOCS DE SCRIPTS DU JEU VIDÉO <i>TUROK</i> [67] DANS L’ÉDITEUR DE NIVEAUX <i>UNREAL ED</i> . JOSH BRIDGE (LEAD LEVEL DESIGNER), SUR LE SITE <i>IGN</i>	98
FIGURE 94. LE « PATH NODE » DU JEU VIDÉO <i>TUROK</i> [67] DANS L’ÉDITEUR DE NIVEAUX <i>UNREAL ED</i> . JOSH BRIDGE (LEAD LEVEL DESIGNER), SUR LE SITE <i>IGN</i>	98
FIGURE 95. RECONSTITUTION PAR CAPTURES D’ÉCRAN DU NIVEAU 01 DU JEU VIDÉO <i>ABUSE</i> [44]. EN VERT : LA TAILLE DE L’ÉCRAN, À L’INTÉRIEUR : UN PERSONNAGE. SUR <i>WIKIPÉDIA</i>	115
FIGURE 96. <i>AMERICA’S ARMY</i> [1], UN SERIOUS GAME POUR LE COMPTE DE L’ARMÉE DES ÉTATS-UNIS.	121
FIGURE 97. « COURBE DE L’OUBLI » SELON EBBINGHAUS.	122
FIGURE 98. LE CORPS COMME SUPPORT DE REPRÉSENTATION EXTERNE, DANS LE FILM <i>MEMENTO</i> [74].	124
FIGURE 99. LE CORPS EST SUPPORT DE REPRÉSENTATION EXTERNE ET PARCOURS À SUIVRE. <i>PRISON BREAK</i> [75], SAISON 1, ÉPISODE 4 INTITULÉ « ALCHIMIE ».	125
FIGURE 100. UNE SÉQUENCE D’APPRENTISSAGE EST CONSTITUÉE D’UN LIEU DE CONNAISSANCE ET DE PLUSIEURS LIEUX D’INFORMATION.	137
FIGURE 101. LES « TYPES DE LIEUX » DANS UNE SÉQUENCE D’APPRENTISSAGE DÉFINISSENT DIVERSES ACTIVITÉS COGNITIVES.	139
FIGURE 102. L’ENSEMBLE DES SÉQUENCES D’APPRENTISSAGE DÉFINIT UN SAVOIR. LA LECTURE DES LIEUX ET DES SÉQUENCES EST LINÉAIRE.	140
FIGURE 103. LA LECTURE DES LIEUX ET DES SÉQUENCES EST RÉTICULAIRE.	141
FIGURE 104. LA LECTURE DES LIEUX ET DES SÉQUENCES D’APPRENTISSAGE EST MIXTE : LECTURE RÉTICULAIRE DES LIEUX ET LECTURE LINÉAIRE DES SÉQUENCES (GAUCHE), OU LECTURE LINÉAIRE DES LIEUX ET LECTURE RÉTICULAIRE DES SÉQUENCES (DROITE). ..	141
FIGURE 105. LES RACCOURCIS PERMETTENT DE SAUTER DES SÉQUENCES D’APPRENTISSAGE POUR ÉVITER QUE LES PARCOURS NE SE BLOQUENT.	144
FIGURE 106. LE RÉCIT INTÈGRE LES SÉQUENCES D’APPRENTISSAGE DANS UNE STRUCTURE DE SIGNIFICATION EN SUPERPOSANT UN PARCOURS FONCTIONNEL ET UN PARCOURS ACTANCIEL.	149
FIGURE 107. SUPERPOSITION DES LIEUX D’APPRENTISSAGE AUX TROIS « FONCTIONS » DU PROCESSUS DANS UNE SÉQUENCE NARRATIVE.	150
FIGURE 108. LA DÉMARCHE INDICIAIRE ET LA RÉOLUTION DE L’ÉNIGME DANS UNE SÉQUENCE NARRATIVE.	152
FIGURE 109. PASSAGE DE LA FOCALISATION EXTERNE À LA FOCALISATION INTERNE DANS UN LIEU D’INFORMATION EXISTANT DU CHÂTEAU DE VIANDEN.	155
FIGURE 110. LE CHEMIN DE LA CONNAISSANCE DANS LA PYRAMIDE DE KHÉOPS.	159

FIGURE 111. LE LIEU D'INFORMATION « BLAKE ET MORTIMER » (JACOBS, 1955) DANS LA PYRAMIDE DE KHÉOPS.....	160
FIGURE 112. « PROJECTION » DES LIEUX DE CONNAISSANCE PENDANT L'EXPLORATION DE LA PYRAMIDE DE KHÉOPS.	165
FIGURE 113. LA CAPTURE D'ÉCRAN EFFECTUÉE AU LIEU DE CONNAISSANCE « LA CHAMBRE DU ROI » DANS LA SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE C DE LA PYRAMIDE DE KHÉOPS.	166
FIGURE 114. LA CAPTURE D'ÉCRAN EFFECTUÉE AU LIEU DE CONNAISSANCE DÉMARRE LA CONSTRUCTION DE LA CARTE MÉMORIELLE. CELLE-CI RENSEIGNE SUR LE NOMBRE ET LE CONTENU DES SÉQUENCES D'APPRENTISSAGE.	167
FIGURE 115. CONSTITUTION PROGRESSIVE DE LA CARTE MÉMORIELLE (LE TYPE DE CHEMINEMENT EST RÉCULAIRE).	168
FIGURE 116. LES CONNECTEURS SUR LA PAGE MÉMORIELLE INDIQUENT LE NOMBRE, LA PROGRESSION, L'OBJECTIF ET LE MODE D'EMPLOI DES OBJETS MULTIMÉDIAS INTERACTIFS MANIPULÉS DANS LE LIEU D'INFORMATION.	169
FIGURE 117. DES CONNECTEURS SUR LA PAGE MÉMORIELLE DU LIEU DE CONNAISSANCE SONT LIÉS AUX PAGES MÉMORIELLES DES LIEUX D'INFORMATION DANS LA MÊME SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE.	170
FIGURE 118. UN DÉPLACEMENT RAPIDE EST PERMIS EN CLIQUANT SUR UNE PAGE DE LA CARTE MÉMORIELLE POUR LA GLISSER VERS LA FENÊTRE D'EXPLORATION 3D TEMPS RÉEL.	171
FIGURE 119. PLIAGE DE LA CARTE MÉMORIELLE ET REPRÉSENTATION DES CHEMINS (FIL ROUGE ET RACCOURCIS EN POINTILLÉS) ENTRE LES PAGES D'UNE MÊME SÉQUENCE (PLAN ET PERSPECTIVE À GAUCHE) OU ENTRE LES SÉQUENCES (À DROITE).....	172
FIGURE 120. SUPERPOSITION DE LA CARTE MÉMORIELLE SUR UNE ÉLÉVATION EN FILAIRE DE LA PYRAMIDE DE KHÉOPS. LE POINT ORANGE INDIQUE LA POSITION DE L'APPRENANT.	173
FIGURE 121. LA LECTURE SIMULTANÉE DES FENÊTRES JUXTAPOSÉES À L'ÉCRAN.	174
FIGURE 122. AFFICHAGE D'UNE PAGE MÉMORIELLE PAR SUPERPOSITION À L'ÉCRAN. LES PAGES D'UNE MÊME SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE DÉFILENT HORIZONTALEMENT.	175
FIGURE 123. AFFICHAGE D'UN LIEU D'INFORMATION PAR SUPERPOSITION À L'ÉCRAN.....	175
FIGURE 124. LES INFORMATIONS MULTIMÉDIAS RÉCUPÉRÉES SUR UNE PAGE MÉMORIELLE ET ANNOTATIONS PRISES SUR CETTE PAGE.	177
FIGURE 125. VALIDATION D'UNE PAGE MÉMORIELLE ET AFFICHAGE D'UN ÉLÉMENT DE CONNAISSANCE.....	178
FIGURE 126. LA DERNIÈRE ACTION EFFECTUÉE AU LIEU DE CONNAISSANCE RÉSOUT L'ÉNIGME. L'AFFICHAGE SUR LA PAGE MÉMORIELLE VALIDE ET CLÔTURE LA SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE.....	179
FIGURE 127. ÉTAPES DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE CONNAISSANCES ET DE RÉOLUTION DES ÉNIGMES.....	179
FIGURE 128. LA CARTE MÉMORIELLE « DÉPLIÉE » CONSERVANT LES TRACES DU PARCOURS EFFECTUÉ PAR L'APPRENANT DANS LA PYRAMIDE DE KHÉOPS.	182
FIGURE 129. LA CARTE MÉMORIELLE « PLIÉE » CONSERVANT LES TRACES DU PARCOURS EFFECTUÉ PAR L'APPRENANT DANS LA PYRAMIDE DE KHÉOPS.	183
FIGURE 130. MODÈLE CONCEPTUEL DE L'ESPACE DE NAVIGATION HYPERMÉDIA.	186
FIGURE 131. LES FENÊTRES DU PROTOTYPE SUR UN DOUBLE ÉCRAN : EN HAUT À GAUCHE : ENSEMBLE DES FENÊTRES FLOTTANTES DES PAGES MÉMORIELLES, EN HAUT À DROITE : FENÊTRE D'EXPLORATION 3D. EN BAS : PASSAGE D'UNE FENÊTRE À L'AUTRE SUR LE « BUREAU 3D » DE <i>WINDOWS VISTA</i>	193
FIGURE 132. LES INSTRUMENTS DE L'EXPÉRIMENTATION : DEUX ÉCRANS, UN CLAVIER, UNE SOURIS, UN STYLET.....	195
FIGURE 133. L'INTERFACE SENSORI-MOTRICE DE L'ESPACE DE NAVIGATION HYPERMÉDIA.	204
FIGURE 134. <i>SIXTHSENSE</i> CUMULE « INTERFACE NATURELLE » ET « RÉALITÉ AUGMENTÉE ». SUR LE SITE INTERNET <i>SIXTHSENSE</i> ...	211
FIGURE 135. LE « MODÈLE FONCTIONNEL » DU RÉCIT (GREIMAS, 1966).	247
FIGURE 136. LE « MODÈLE ACTANCIEL » DU RÉCIT (GREIMAS, 1966).	247
FIGURE 137. LES « POSSIBLES NARRATIFS » (BREMOND, 1966).....	248
FIGURE 138. LES PYRAMIDES DE MYKÉRINOS, KHEPHREN ET KHÉOPS SUR LE PLATEAU DE GIZEH (<i>GOOGLE MAPS</i>).....	250
FIGURE 139. COUPE DANS LA PYRAMIDE DE KHÉOPS (DORMION, 2004).	251
FIGURE 140. LE NIVEAU « PYRAMIDE DE KHÉOPS » ET DES EXEMPLES DE QUÊTES.	253
FIGURE 141. COUVERTURE DU JEU VIDEO <i>UNREAL TOURNAMENT 3</i> [68], DÉVELOPPÉ PAR <i>EPIC GAMES</i> ET ÉDITÉ PAR <i>MIDWAY</i> <i>GAMES</i> , 2007.....	258
FIGURE 142. L'ÉDITEUR DE NIVEAU <i>UNREAL ED 4.0</i> BASÉ SUR LE MOTEUR DE JEU <i>UNREAL ENGINE</i> (<i>EPIC GAMES</i>).	259
FIGURE 143. EXEMPLE DE BLOCS DE SCRIPTS GRAPHIQUES DANS L'ÉDITEUR DE NIVEAU <i>UNREAL ED 4.0</i> (<i>EPIC GAMES</i>).	260

Table des figures

FIGURE 144. CODE SOURCE EN <i>UNREAL SCRIPT</i> DU BLOC D'ENVOI DE MESSAGE VIA LE PROTOCOLE <i>TCP</i>	260
FIGURE 145. RECONSTITUTION DU MODÈLE 3D DE LA PYRAMIDE DE KHÉOPS AVEC LE LOGICIEL <i>3D STUDIO MAX 9</i>	261
FIGURE 146. EXPLORATION EN TEMPS RÉEL DU MODÈLE 3D DE LA PYRAMIDE DE KHÉOPS AVEC LE MOTEUR DE JEU <i>UNREAL ENGINE 3</i> . À GAUCHE : LA GRANDE GALERIE, À DROITE : LA CHAMBRE « DE LA REINE » ET LA CHAMBRE « DU ROI ».	262
FIGURE 147. L'ÉDITEUR DE NIVEAU <i>UNREAL ED 4.0</i> MONTRANT LES ÉVÉNEMENTS DANS LA CHAMBRE « DU ROI » (À GAUCHE), LE SCRIPT GRAPHIQUE D'UN ÉVÉNEMENT (À DROITE).	263
FIGURE 148. UN DOUBLE ÉCRAN AFFICHANT LA FENÊTRE DE LA CARTE MÉMORIELLE À SON OUVERTURE ET LA FENÊTRE D'EXPLORATION 3D.	263
FIGURE 149. LES OUTILS DE PERSONNALISATION « TEXTE » ET « DESSIN » DE LA CARTE MÉMORIELLE.	264
FIGURE 150. EXTRAIT DU CODE <i>JAVA</i> MONTRANT LE CONTRÔLEUR PRINCIPAL DE L'APPLICATION QUI REÇOIT LES ÉVÉNEMENTS PROVENANT DE L'EXPLORATION. SUIVANT L'ÉVÉNEMENT LE CONTROLEUR EFFECTUE UNE ACTION PRÉCISE SUR LA CARTE MÉMORIELLE.	265
FIGURE 151. L'ARCHITECTURE MVC DU PROGRAMME <i>JAVA</i>	266
FIGURE 152. EXTRAIT DE LA BASE DE DONNÉES EN <i>XML</i>	267
FIGURE 153. DANS LA BASE DE DONNÉES EN <i>XML</i> , L'ÉVÉNEMENT DE TYPE « BULLE » CRÉE UNE « BULLE D'INFORMATION » AVEC TROIS CONNECTEURS NOMMÉS.	267
FIGURE 154. LA PRISE DE PHOTO AU LIEU DE CONNAISSANCE EST LE PREMIER ÉVÉNEMENT DANS UNE SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE.	268
FIGURE 155. LA PAGE MÉMORIELLE AU COMMENCEMENT DE LA SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE B EST UNE CAPTURE D'ÉCRAN DÉCLENCHÉE PAR L'APPRENANT DANS LA CHAMBRE « DE LA REINE ».	269
FIGURE 156. LES « BULLES D'INFORMATION » ET LEURS CONNECTEURS NOMMÉS AU PASSAGE DE LA SOURIS.	269
FIGURE 157. PORTAIL DANS LE COULOIR HORIZONTAL DE LA PYRAMIDE TÉLÉPORTANT L'UTILISATEUR VERS LE LIEU D'INFORMATION INTITULÉ « LE JUGEMENT D'OSIRIS ».	270
FIGURE 158. INFORMATION ET MESSAGE DANS UN LIEU D'INFORMATION.	270
FIGURE 159. UNE INFORMATION AFFICHÉE ET DÉPLAÇABLE SUR LA PAGE MÉMORIELLE.	271
FIGURE 160. UN ARC PERMET DE RELIER UNE INFORMATION À SON CONNECTEUR.	271
FIGURE 161. UNE CONNEXION RÉUSSIE APPORTE UNE INFORMATION DE NIVEAU SUPÉRIEUR.	272
FIGURE 162. UN SYSTÈME D'ASCENSEURS POUR FRANCHIR LES PORTES INSCRITES DANS LE LIEU DU LABYRINTHE INSPIRÉ DU FILM <i>CUBE</i> <i>2 : HYPERCUBE</i> [71].	272
FIGURE 163. ESQUISSE UN PLAN ET ÉCRIRE DES FORMULES SUR UNE PAGE MÉMORIELLE.	273
FIGURE 164. UNE FORMULE MAGIQUE SUR LE CHEMIN DE LA « CONFESSION NÉGATIVE ».	273
FIGURE 165. PAGE MÉMORIELLE DE LA SÉQUENCE D'APPRENTISSAGE B RÉVOLUE ET AFFICHAGE DE LA CONNAISSANCE (AXONOMÉTRIE TIRÉE DE : DORMION, 2004).	274
FIGURE 166. LA CONNAISSANCE SPÉCIFIE LA (RÉ)ACTION DANS LE LIEU DE CONNAISSANCE.	275

Liste des tableaux

TABLEAU 1. MODÈLE DE LA MOTIVATION SELON LE « CONTINUUM D’AUTODÉTERMINATION » (DECI & RYAN, 2000).	105
TABLEAU 2. COMPARAISON DES NIVEAUX D’APPRENTISSAGE CHEZ (BATESON, 1977) ET (REBOUL, 1980). BASÉ SUR LE TRAVAIL DE THÈSE DE (RÉZEAU, 2004).	109
TABLEAU 3. MODÈLE D’APPRENTISSAGE DE (KOLB, 1984).	111
TABLEAU 4. CORRÉLATION ENTRE THÉORIES DE L’APPRENTISSAGE ET JEUX VIDÉO.	114
TABLEAU 5. LISTE DES CONCEPTS ET DES PROPRIÉTÉS DÉFINISSANT LES PARCOURS D’APPRENTISSAGE.	145
TABLEAU 6. RÉCAPITULATIF DES CARACTÉRISTIQUES ATTRIBUÉES AUX LIEUX SCÉNARISÉS.	156
TABLEAU 7. LISTE DES CONCEPTS ET DES PROPRIÉTÉS DÉFINISSANT LES PARCOURS D’APPRENTISSAGE SCÉNARISÉS.	162
TABLEAU 8. ÉVOLUTION DES CONNECTEURS DURANT LE PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES CONNAISSANCES.	178
TABLEAU 9. LISTE DES CONCEPTS, EXPLICATIONS ET EXEMPLES DE LEURS PROPRIÉTÉS.	189
TABLEAU 10. LES RESSEMBLANCES ET LES DIFFÉRENCES ENTRE LE PROTOTYPE ET LE MODÈLE THÉORIQUE.	192
TABLEAU 11. COMPARAISON DES DESSINS DE LA PYRAMIDE EFFECTUÉS AVANT ET APRÈS L’UTILISATION DU PROTOTYPE.	197
TABLEAU 12. COMPARAISON DES CONNAISSANCES SUR LE VOYAGE DU PHARAON, AVANT ET APRÈS L’UTILISATION DU PROTOTYPE.	200
TABLEAU 13. RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE SUR L’USAGE DU STYLET.	201
TABLEAU 14. RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE SUR L’UTILITÉ DU PROTOTYPE.	203
TABLEAU 15. LES ENJEUX DE LA CARTOGRAPHIE. <i>HISTOIRE DE LA CARTOGRAPHIE</i> [11] SUR LE SITE DES « EXPOSITIONS VIRTUELLES » DE LA BNF.	246

Annexes

Les enjeux de la cartographie

CONNAITRE		REPRESENTER		CONTROLLER		AGIR		IMAGINER	
<i>Apprivoiser l'inconnu</i>		<i>La projection</i>		<i>Limites et possessions</i>		<i>Un instrument stratégique</i>		<i>S'inventer des chemins</i>	
<i>L'itinéraire</i>	<i>1D</i>	<i>Le point de vue</i>		<i>Le maillage des romains</i>		<i>La cartographie au service des croisades</i>		<i>Microcosme et macrocosme</i>	
<i>Cartes marines</i>	<i>2D</i>	<i>Le choix du cartographe</i>		<i>Censives et plans terriers</i>		<i>Les commandes royales</i>		<i>Donner figure au monde</i>	
<i>Territoires imaginaires</i>		<i>La carte des philosophes</i>		<i>Utopies égalitaires</i>		<i>Au doigt et à l'œil</i>		<i>La carte des passions humaines</i>	
<i>La place de la terre dans l'univers</i>		<i>La diversité des points de vue</i>		<i>Le cadastre napoléonien</i>		<i>La carte confisquée pour raisons militaires</i>		<i>Une projection universelle</i>	
<i>Le relief</i>		<i>A chacun sa carte</i>		<i>Pas d'Etat sans cadastre</i>		<i>La terre sous surveillance stratégique</i>		<i>Terra Incognita</i>	
<i>Les trois dimensions de la cartographie moderne</i>	<i>3D</i>	<i>Cartes à thèmes</i>		<i>La naissance de la notion de frontière</i>		<i>Cartographe, c'est déjà aménager</i>		<i>Utopie</i>	
<i>Les cartes du temps</i>	<i>4D</i>	<i>L'emploi d'un code</i>		<i>La carte fixe la frontière</i>		<i>Instrument de planification</i>		<i>La carte du savoir</i>	
<i>Le temps long</i>		<i>L'échelle</i>		<i>Les types de frontières</i>		<i>Carte et programme aménagement</i>		<i>Jeux de l'oie</i>	
<i>Préfiguration du futur</i>		<i>De nouvelles formes de représentation</i>		<i>Limites et pouvoir</i>		<i>La carte support de droits et de servitudes</i>		<i>Le territoire en jeu</i>	
<i>Une histoire du savoir</i>				<i>La mer et l'espace</i>		<i>Cartographie et environnement</i>		<i>A chaque carte son style</i>	
				<i>La terre sans monitoring</i>		<i>Des instruments de prévision</i>		<i>Les surréalistes</i>	
								<i>Dimension esthétique</i>	

Tableau 15. Les enjeux de la cartographie. *Histoire de la cartographie* [11] sur le site des « Expositions Virtuelles » de la BnF.

Le récit traditionnel

Le récit apparaît comme un large processus de transformations. Selon Greimas¹³³, il met en œuvre deux modèles complémentaires (Greimas, 1966) :

- Le « modèle fonctionnel », construit en trois phases est représenté par le schéma narratif de la **Figure 135**.

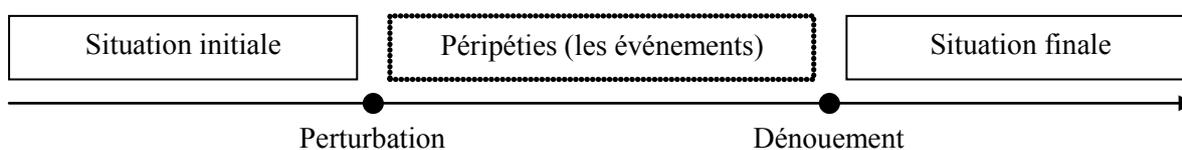


Figure 135. Le « modèle fonctionnel » du récit (Greimas, 1966).

- Le « modèle actanciel » (**Figure 136**) attribue des rôles aux actants. Un même personnage peut remplir la fonction de plusieurs actants. Durant l'« épreuve qualifiante », le « destinataire » confie une mission au « héros ». Ce dernier s'empare de l'« objet » (but) durant l'« épreuve principale ». Il peut ensuite remettre cet objet au « destinataire » au moment de l'« épreuve glorifiante ». Les « adjuvants », contrairement aux « opposants », aident le héros dans sa quête.

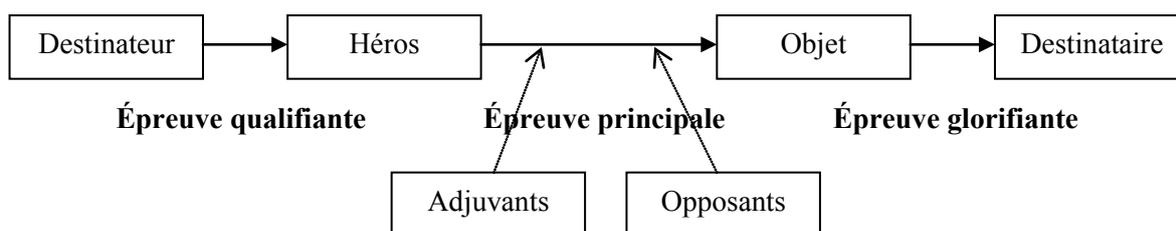


Figure 136. Le « modèle actanciel » du récit (Greimas, 1966).

¹³³ Greimas Algirdas Julien, (1917, Tula, URSS- 1992, Paris) est un linguiste et sémioticien d'origine lituanienne et d'expression française. Il est à l'origine du « schéma actanciel » ainsi que du « carré sémiotique » et est l'auteur de *Sémantique structurale* (1966) qui définit la sémantique. Il a travaillé d'après le travail de Propp en élaborant une sémiologie théorique du récit.

L’histoire et la narration sont les deux constituants de base du récit.

- L’histoire est elle-même constituée de quatre éléments :
 - une intrigue,
 - un ou des personnages,
 - un décor,
 - un axe du temps pour représenter la chronologie.
- L’action racontée par un narrateur constitue un enchaînement logique.

Nous appelons intrigue, la succession des événements dans le récit. Les actions s’enchaînent selon une « logique narrative » et chacune d’entre-elles forme une séquence narrative (**Figure 137**). Chaque transformation peut donner lieu à une nouvelle séquence. Les séquences peuvent se combiner bout à bout (enchaînement) ou côte à côte (montage parallèle). Il arrive parfois qu’une séquence s’insère à l’intérieur d’une autre séquence (enchâssement). Nous parlons alors de micro-récit (flash-back, anticipation,...).

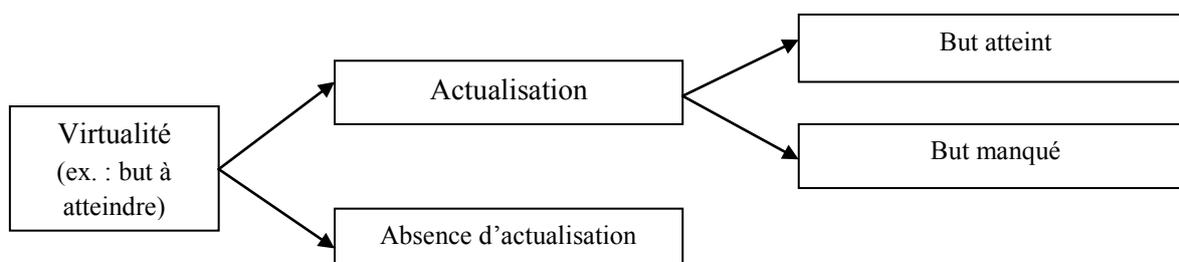


Figure 137. Les « possibles narratifs » (Bremond, 1966).

Un récit fait intervenir au moins un personnage. Selon son importance, il peut être principal, secondaire, épisodique, etc. Il est caractérisé par son identité (nom, langage, passé, ...), son physique (taille, visage, ...), sa personnalité et par son rôle. Si le personnage subit les actions, il a un rôle de patient. S’il les provoque, il a un rôle d’agent. Au cours du récit, un même personnage peut changer de rôle.

L’environnement dans lequel évoluent les personnages s’appelle le décor. Il nous permet donc de savoir où se passent les événements. Il peut être surréaliste, fantastique, ... ou réaliste. Le décor définit le lieu et peut indirectement nous donner des informations sur l’intrigue, les personnages et le temps. Dans le récit textuel, la description de l’espace a une importance capitale, selon ce qu’elle veut montrer, et selon l’impression qu’elle veut produire.

Nous pouvons distinguer deux niveaux temporels dans le récit :

- Le temps de l’histoire, situe les événements du récit à une époque particulière. Ces événements sont ordonnés sur un axe du temps mesurable en suivant un ordre chronologique (temps de fiction).

- Le temps de la narration, définit la durée des événements et la vitesse de l'écoulement du temps, par l'intermédiaire de pauses, d'accélération, de ralentissements, de compressions ou de suppressions d'actions. Il choisit aussi l'ordre des événements car il a la possibilité de faire des retours en arrière, de se projeter dans l'avenir ou dans les souvenirs. Il rompt ainsi l'ordre chronologique. Il définit enfin la fréquence des événements. Il peut raconter une fois l'action ou plusieurs fois.

La narration définit donc la manière de raconter l'histoire. Une même histoire peut être rapportée de plusieurs façons, mais les événements décrits se suivront toujours dans un ordre défini par l'auteur. Dans un récit traditionnel, la narration se caractérise par :

- Le narrateur et l'auteur : le narrateur est le personnage fictif et se distingue de l'auteur, personnage réel. L'auteur décide de le représenter ou de l'effacer.
- La voix narrative : le récit peut être raconté à la première ou à la deuxième personne lorsque le narrateur est représenté, à la troisième personne lorsqu'il est effacé.
- La focalisation : l'auteur définit la position du narrateur. Les informations reçues tiennent compte de sa perception. Nous distinguons la focalisation externe (les informations nous parviennent par rapport à un observateur extérieur), la focalisation interne (le narrateur est un personnage de l'histoire), la focalisation zéro (le narrateur est omniscient est omniprésent, il domine les personnages).
- La modalisation : indique la part de réalité dans le récit. Un récit proche du réel fait des illusions, dans le cas contraire, des allusions. L'auteur peut présenter les événements qui se déroulent devant nous (représentation), ou les résumer (relation). Il accélère ainsi le rythme du récit.

La Pyramide de Khéops scénarisée

La Grande Pyramide

D'une manière générale, les pyramides appartenaient à un complexe funéraire plus vaste. La cérémonie funéraire débutait sur le Nil. Le passage du temple de la vallée (près du fleuve), au temple funéraire (près de la face du soleil levant de la pyramide), permettait de rendre le culte au défunt. La pyramide ensuite se chargeait de préserver le corps momifié du pharaon et n'était plus accessible aux vivants.

Il y a environ 4600 ans, lorsque le Roi Khéops (ou Khoufou, 2551-2528), deuxième pharaon de la IV^{ème} dynastie, ordonne la construction du plus grand monument funéraire sur le plateau de Gizeh en Égypte (**Figure 138**), il ne pense pas seulement exprimer sa grandeur. La pyramide n'est pas une métaphore de son pouvoir mais bien une traduction de croyances religieuses : « *Vous ne pouvez pas prétendre expliquer l'évolution de l'architecture funéraire royale de l'Ancien Empire si vous n'en expliquez pas la symbolique*¹³⁴ ».



Figure 138. Les Pyramides de Mykérinos, Khephren et Khéops sur le plateau de Gizeh (Google maps).

¹³⁴ Cité en 1987 par Christiane Desroches-Noblecourt lors d'une conférence sur la Pyramide de Khéops, à la Cité des sciences et des techniques de la Villette à Paris.

Les principales recherches entreprises autour de cette pyramide évoluent selon deux questionnements, entretenant ainsi les « mystères de la Grande Pyramide » : d'un point de vue technique, on se demande comment cet édifice, haut de 146.50 mètres (137 mètres aujourd'hui) et composé de 2.3 millions de blocs de pierre taillées minutieusement assemblés, dont certains pèsent jusqu'à 60 tonnes, a pu être construit (nous distinguons dans ce champ les théories « rampistes » et « machinistes »); d'un point de vue spatial, les archéologues, les architectes et les chercheurs qui ont étudiés la Grande Pyramide, s'accordent à dire qu'un tel monument, dans sa justesse et sa complexité constructive, ne peut se contenter de renfermer un système de couloirs et de chambres tel que nous le connaissons aujourd'hui (**Figure 139**).

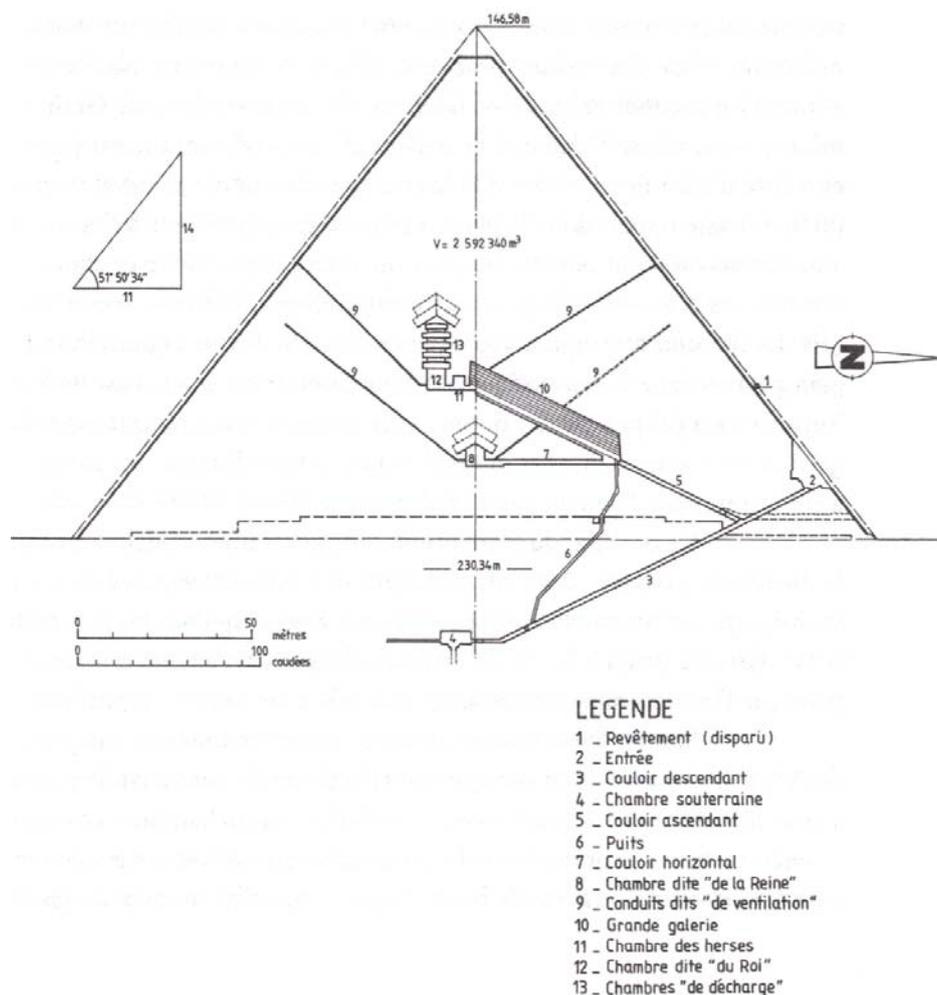


Figure 139. Coupe dans la Pyramide de Khéops (Dormion, 2004).

Il faut croire que depuis la sape faite par Al Mamoun pour piller le trésor du roi, en l'an 820, aucun nouvel espace intérieur n'a été révélé, mis à part les conduits dits « d'aération » dans la chambre « de la Reine » (Dixon en 1872) et les chambres dites « de décharge » (Davison en 1765 pour la première chambre de décharge, puis Vyse en 1837 pour les quatre autres), même si la plupart des investigateurs pense que la pyramide cache certainement des

pièces secrètes. En dépit du manque d'informations concernant le Roi Khéops, le quatrième conte du *Papyrus Westcar* datant de la deuxième période intermédiaire (vers 1650-1550), nous amène à croire que ce pharaon avait un intérêt pour les chambres secrètes.

Les stratégies constructives et les plans d'architecte ont disparus. On trouve pourtant dans les textes d'Hérodote (historien grec voyageant en Égypte vers 450 avant J.-C.), des renseignements faisant référence au procédé constructif des pyramides. Par ailleurs, lorsque le calife Al Mamoun décide de creuser un passage dans la pyramide, on se demande s'il ne connaissait pas son dispositif intérieur : il perce son entrée au « bon endroit », sur la face nord à la hauteur du couloir menant à la Grande Galerie.

Nous pouvons constater deux orientations majeures dans les théories plausibles actuelles : il y a ceux qui pensent (comme Borchardt ou Lauer) que le plan de l'édifice a subi des changements au cours de la construction, et il y a ceux qui considèrent (comme Stadelmann) qu'il a été pensé totalement dès le début de la conception. Si deux courants distincts se dégagent, c'est parce que la pyramide est l'unique monument à posséder trois chambres funéraires : la chambre souterraine inachevée ou « fausse chambre » est située à 30 mètres environ sous la pyramide (comme celles que l'on retrouve dans les Pyramides de Khéphren et de Mykérinos), la chambre dite « du Roi » qui détient le sarcophage en granit vide et la chambre dite « de la Reine » sont plus en hauteur à l'intérieur de la pyramide.

Si le plan a effectivement été modifié au fur et à mesure de la construction, des raisons pour l'instant méconnues auraient conduit à déplacer successivement le tombeau du pharaon du bas vers le haut. Par contre, si ces trois chambres sont envisagées par le constructeur à l'origine même de l'édification, elles ont alors chacune un rôle dans cette architecture funéraire. Ces deux thèses sont donc partagées entre ceux qui remettent en question le savoir faire des égyptiens et ceux qui au contraire, face à la perfection apparente de cette construction, essaient de confirmer leur ingéniosité.

Voici des exemples de quêtes pour la restitution de la Grande Pyramide (**Figure 140**) :

- Les pièces cachées et les passages secrets de la pyramide : où se trouve la véritable chambre du Roi ? La quête a pour but de rendre compte des différentes théories existantes qui abordent le sujet des cavités encore inconnues dans la pyramide (relevés des anomalies et des incohérences par rapport à la maîtrise constructive faits par Dormion, Bardot, etc.)
- Les mécanismes de fermeture de la pyramide : après l'inhumation, il fallait bloquer l'accès à la pyramide pour empêcher toute intrusion. La quête a pour but de rendre compte des différentes précautions prises par les égyptiens pour assurer l'inviolabilité de la pyramide (les blocs tampon, la chambre des herses, l'entrée camouflée, etc.)
- Les méthodes de construction de la pyramide : le modèle « machiniste » d'Hérodote s'oppose au modèle « rampiste » de Diodore de Sicile. La quête a pour but d'exposer les deux systèmes constructifs (« accroissement pyramidal », « levée de terre »)
- Les pillers de la pyramide : la quête a pour but de mettre en évidence les excavations faites par les voleurs à la recherche du trésor du pharaon (La sape d'Al-Mamoun, le tunnel des voleurs, etc.)

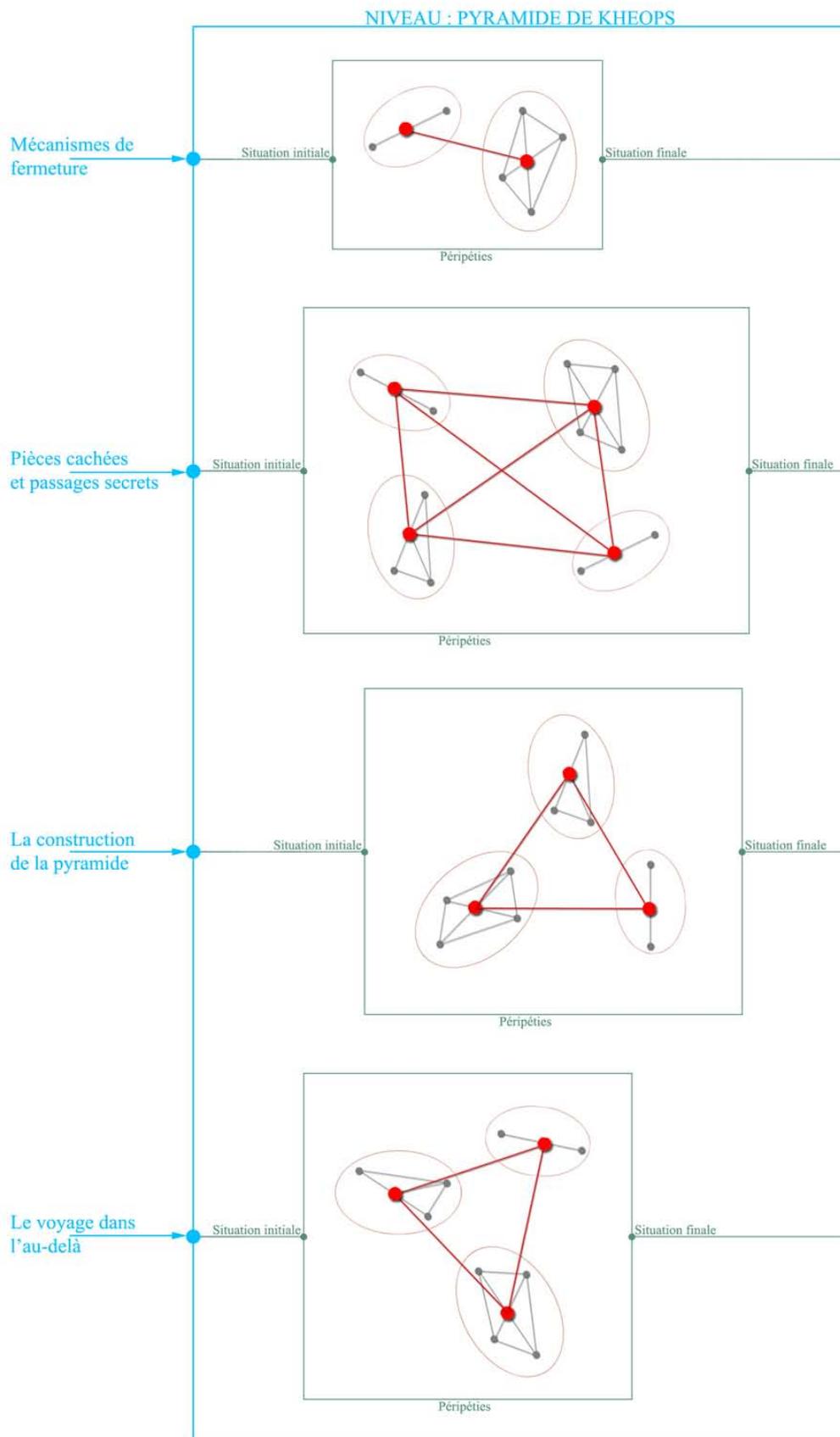


Figure 140. Le niveau « Pyramide de Khéops » et des exemples de quêtes.

La quête : Récit d'un voyage dans l'au-delà

La quête présentée restitue le rôle de la pyramide dans la religion égyptienne. Elle a pour but de rendre compte du voyage effectué par le pharaon pour atteindre la vie éternelle.

Séquence d'apprentissage B : historique de la chambre « de la Reine »

La chambre dite « de la Reine » porte son nom par erreur. En effet, les épouses du Roi Khéops avaient leurs sépultures au pied de la Grande Pyramide, dans des pyramides plus petites dites « des Reines ».

Les scientifiques s'interrogent par rapport à la fonction de cette chambre au sein de la pyramide et en particulier par rapport au rôle des conduits nord et sud de la pièce.

En 1872, l'ingénieur anglais Waynman Dixon sonde les murs sud et nord de la chambre « de la Reine » et y détecte un vide derrière les parois. Deux conduits de section carrée de vingt centimètres y sont découverts. Les mêmes conduits existent dans la chambre « du Roi », à la différence près qu'ils débouchent sur les faces extérieures sud et nord de la pyramide.

En 1993, à l'aide du robot nommé *Ouep-oua-ouet* et mis au point par l'ingénieur allemand Rudolf Gantenbrik, les scientifiques constatent que le conduit sud appartenant à la chambre « de la Reine » est bouché à 63.40 mètres par un couvercle en calcaire de Tourra doté de deux poignées en cuivre.

En 2002, un autre robot équipé de micro-caméras et appelé *Pyramid Rover*, perce le couvercle et permet la découverte d'une deuxième porte, vingt-et-un centimètres plus loin. L'événement qui est financé par la National Geographic est diffusé directement à la télévision, dirigé alors par Zahi Hawass, Directeur du Conseil Suprême des Antiquités (CSA). Le robot est ensuite introduit dans le conduit nord et repère un couvercle similaire à 63.40 mètres également.

Certains chercheurs pensent que ces conduits servaient de ventilation, mais l'hypothèse est remise en cause car personne ne sait où arrivent les conduits qui sont dans la chambre « de la Reine », et en tout cas, aucune ouverture n'a été trouvée pour ces deux conduits sur les faces extérieures du monument.

Personne ne connaît exactement la fonction de ces tunnels. Elle est peut être symbolique. Selon Rainer Stadelmann, c'est par cette voie que l'âme du souverain défunt passait pour rejoindre les étoiles divinisées. Mais là encore, pourquoi sont-ils obstrués dans la chambre « de la Reine »? Zahi Hawass fait référence au *Texte des Pyramides* (écrits religieux décrivant l'ascension du pharaon vers le ciel) pour éventuellement expliquer la présence de ces obstacles : les anses de cuivre représenteraient peut être les fameux verrous que le pharaon doit affronter avant de commencer son voyage (Hawass, 2003).

Rendre compte du voyage effectué par le pharaon pour atteindre la vie éternelle



Vue du lieu

"Le cosmos vue des bords du Nil"

Objectif de la séquence :

- Trouver la position exacte de l'entrée (au nord).
 Sa position déterminera l'orientation de la Grande Pyramide.
 Les premières conditions pour que le voyage du pharaon ait lieu sont :
- L'entrée se situe au nord
 - La cérémonie funéraire débute sur le Nil à l'est.

Durée

Scène cinématique :

DIALOGUE

MUSIQUE

EFFETS SPECIAUX

Lieu de connaissance :

L'entrée de la Grande Pyramide

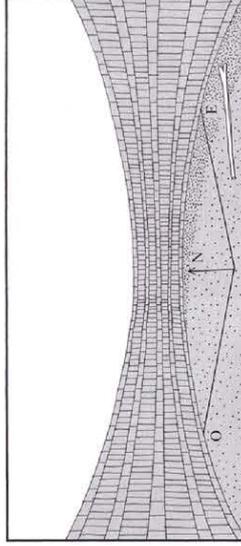
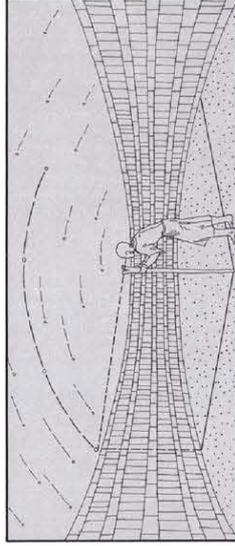
Enigme : "Face à la polaire"

2 Lieux d'information:

Lieu de fabrication / mécanisme :

"Les tracés du prêtre" (Mcaulay, 2006).

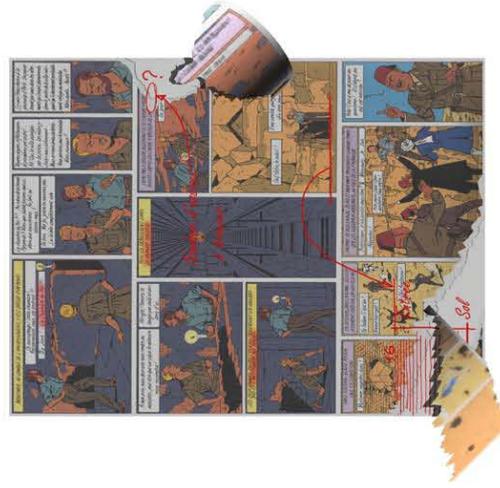
Permet de trouver le nord de la pyramide indiqué par l'étoile polaire.



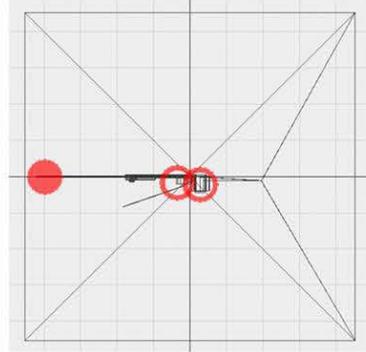
Lieu de lecture / écriture :

"Blake et Mortimer" (Jacobs, 1955).

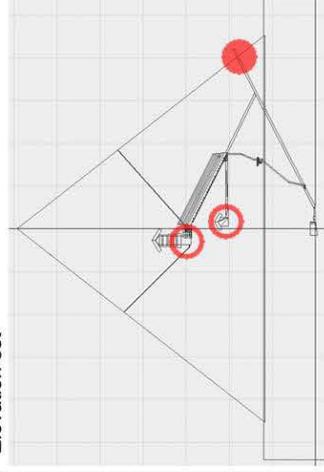
Permet de trouver la hauteur de l'entrée à la seizième assise sur la face nord de la pyramide.



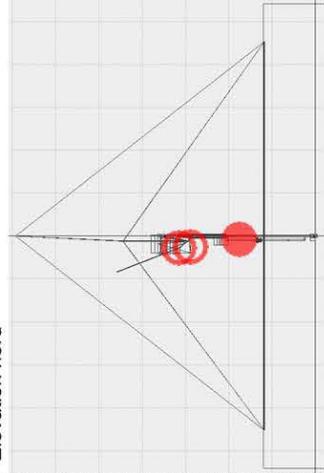
Plan



Elevation est



Elevation nord



Légende

● Lieu de connaissance de la séquence

○ Autres lieux de connaissance de la quête

● Lieu d'information

Séquence : B

Quête : Récit d'un voyage dans l'au-delà

Rendre compte du voyage effectué par le pharaon pour atteindre la vie éternelle



Pyramide de Khéops



Vue du lieu

"Un parcours semé d'embûches"

Objectif de la séquence :

Découvrir les conduits dans la chambre « de la Reine », connaître ensuite leurs fonctions astronomiques et religieuses. Le bâ quitte le corps du défunt et passe par les conduits nord et sud pour sortir et rentrer dans la pyramide. Il doit franchir des portes avec des verrous symbolisant les obstacles de son parcours pour pouvoir accéder à la barque solaire au pied de la pyramide.

Scène cinématique :

DIALOGUE

MUSIQUE

EFFETS SPECIAUX

Durée

Lieu de connaissance :

La chambre "de la Reine"

Enigme : "Il pourra y passer pour sortir tous les jours qu'il voudra avant de revenir dans sa tombe, mais cette fois sans obstacles"

3 Lieux d'information:

Lieu du déchiffrement :
"Les entités de l'être".

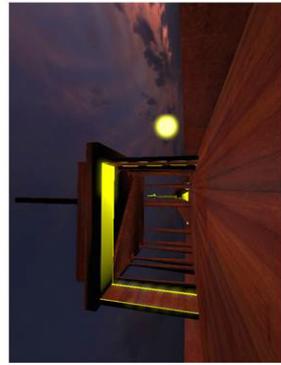
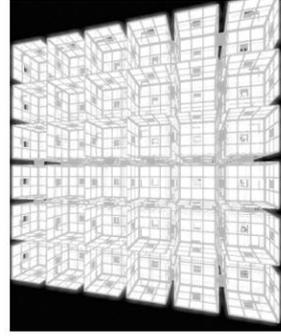
Ce lieu informe sur les entités immatérielles qui quittent le défunt pour monter au ciel, passant par les conduits nord et sud de la chambre « de la Reine ». Le bâ et le ka s'unissent pour former le akh, la partie divine qui fraternise avec les dieux dans l'au-delà. Dans ce lieu, l'apprenant déchiffre le Papyrus d'Ani. À l'origine, le papyrus fait 23m de long et 39cm de large.

Lieu du labyrinthe, inspiré du film *Cube* :
"Le jugement d'Osiris".

Ce lieu informe sur les obstacles rituels que le pharaon doit franchir pour sa résurrection dans l'au-delà, matérialisés par des opercules bouchant les conduits. Les *Textes des Pyramides* disent qu'il doit affronter des verrous pour effectuer son voyage. Les poignées représentent peut-être ces verrous. L'apprenant est transféré dans un lieu virtuel fictif inspiré du film *Cube* :

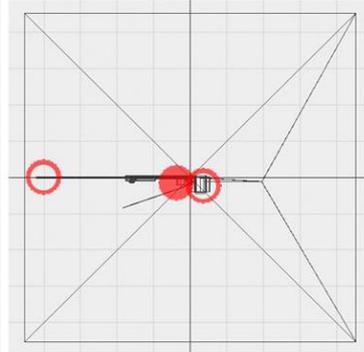
Lieu du voyage :
"La course du soleil".

Ce lieu informe sur les embarcations utilisées par le pharaon lors de son voyage. Le conduit sud débouche du côté des barques solaires, le pharaon pouvait alors en utiliser une pour son voyage diurne et une autre pour son voyage nocturne. L'apprenant est immergé dans une barque solaire reconstituée.

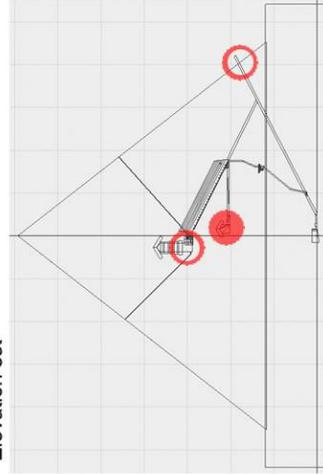


le lieu est constitué d'une série de pièces cubiques accolées, se déployant dans les trois dimensions. Ces pièces et les passages assurant leur communication forment un labyrinthe et sont comme une métaphore des pièges et des portes gardées que le pharaon doit affronter pour rejoindre le monde divin. Pour ne pas être condamné à errer éternellement, le défunt doit convaincre de son innocence et de sa pureté en trouvant et en récitant les formules qui lui permettront d'atteindre la pièce du jugement équipée d'une balance. Son cœur pesé est alors plus léger que la plume de Maât.

Plan



Elevation est



Légende

● Lieu de connaissance de la séquence

○ Autres lieux de connaissance de la quête

● Lieu d'information

Séquence : C

Quête : Récit d'un voyage dans l'au-delà

Rendre compte du voyage effectué par le paharaon pour atteindre la vie éternelle



Pyramide de Khéops



Vue du lieu

Lieu de connaissance : La chambre "du Roi"

Enigme : "Tu apparaîtras en être d'or, tu brilleras comme l'électrum"

"Rentrer dans sa tombe sans obstacles"

Objectif de la séquence :

Découvrir le rituel funéraire qui permettait la préservation de 4 organes dans des vases canopes, condition pour que le corps ne souffre pas de soif et de faim durant le voyage, et la conservation du corps du défunt, condition nécessaire pour que le bâ puisse revenir dans la pyramide pour retrouver son corps.

Scène cinématique :

DIALOGUE

MUSIQUE

EFFETS SPECIAUX

Durée

2 Lieux d'information:

Lieu de dissection :
"Les vases canopes".

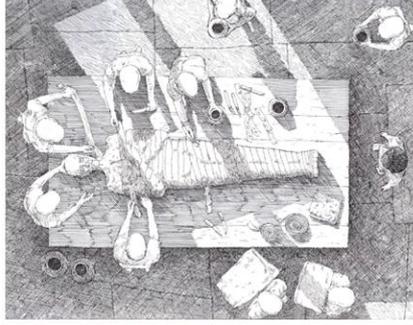
Permet de suivre le rituel de l'embaumement et de découvrir les outils de l'embaumeur. Le corps est d'abord lavé avec de l'eau mêlée de natron, puis épilé. Le cerveau est ensuite extrait du corps. Une incision est faite sur le flanc gauche pour ôter les viscères qui seront purifiés au vin de dattier. Poupon, foie, estomac et intestins sont ensuite placés dans 4 vases canopes aux têtes des fils d'Horus, chargés de veiller aux bons fonctionnements des organes tout au long du voyage vers le ciel.



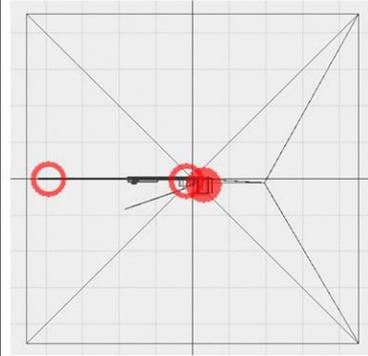
Lieu de dessiccation :

"La salle de momification" (Mcaulay, 2006).

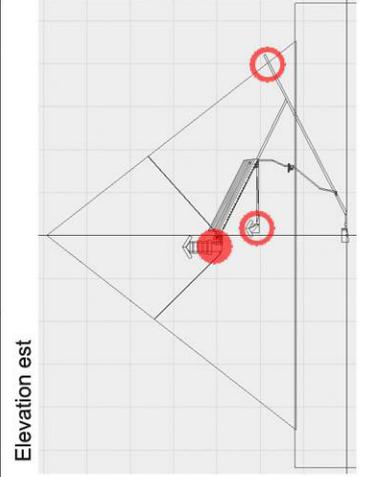
L'intérieur du corps est nettoyé au vin de palme, puis remplie de myrrhe et de natron. La peau est lavée, dessalée, par des massages d'huiles parfumées et de graisses. Le corps est enroulé de bandelettes de lin, qui se collent à la peau car le corps est imprégné de résine. Certaines parties du corps sont couvertes de minces feuilles d'or, notamment le visage.



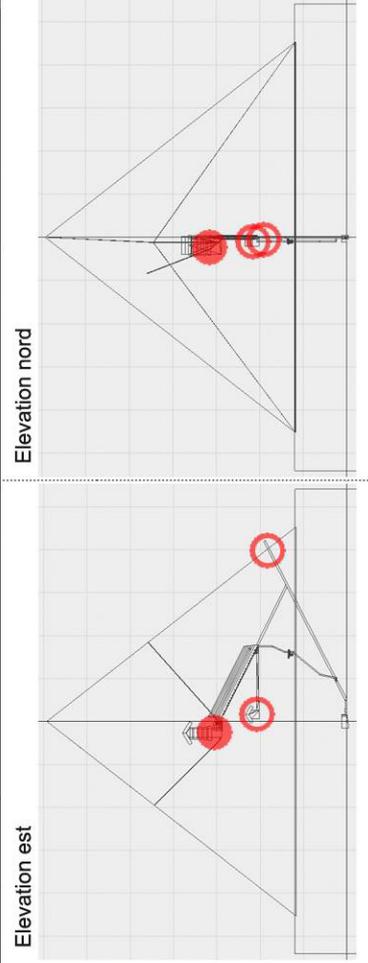
Plan



Elevation est



Elevation nord



Légende

● Lieu de connaissance de la séquence

○ Autres lieux de connaissance de la quête

● Lieu d'information

Fonctionnement du prototype

Le prototype que nous allons présenter a été développé par Tristan Truchot, lors de son stage de dix semaines au CRAI.

Choix des outils

Notre prototype doit tenir compte de deux phénomènes à la fois distincts et indissociables, qui ont lieu en parallèle durant le processus d'apprentissage : la visite en temps réel dans un monument à la manière des jeux vidéo et la réalisation de la carte mémorielle ressemblant à un graph et mettant en scène des objets dynamiques connectés par des liens. Notre première question était donc de savoir comment conserver un lien entre ces deux entités qui ont des logiques d'utilisation et de programmation différentes. L'utilisation d'un seul environnement virtuel pour les deux entités nous paraissait ingérable.

La solution envisagée consistait donc à utiliser deux langages de programmation différents tout en assurant un lien entre eux. Le choix des outils a donc été fait par rapport aux possibilités d'interfaçage entre la visite de la pyramide et la création de la carte mémorielle.

L'étude se porte sur les jeux vidéo et leurs moteurs de jeu « open source » qui nous permettent de naviguer en temps réel dans un monde virtuel 3D. L'analyse nous permet d'identifier le jeu vidéo *Unreal Tournament 3* [68] (**Figure 141**) et son moteur de jeu *Unreal Engine 3*¹³⁵.

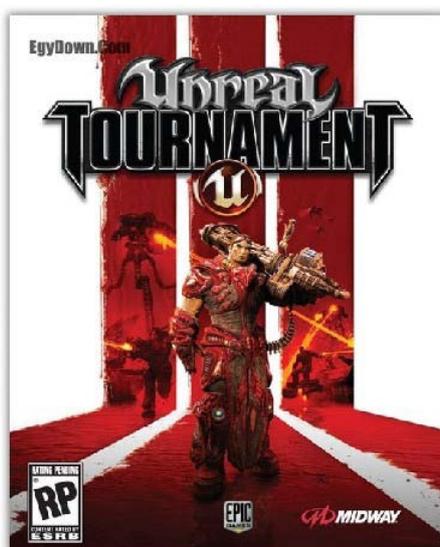


Figure 141. Couverture du jeu vidéo *Unreal Tournament 3* [68], développé par *Epic Games* et édité par *Midway games*, 2007.

¹³⁵ *Unreal Engine 3*, Epic Games. <http://www.unrealtechnology.com/>

Ce moteur intègre son langage de script *Unreal Script* pour la programmation avancée, qui permet de modifier ou d'ajouter des niveaux de jeu (level ou map) en utilisant l'éditeur de niveaux *Unreal Ed 4.0* (Figure 142). Les scripts se présentent sous forme graphique dans l'éditeur de niveau (Figure 143).

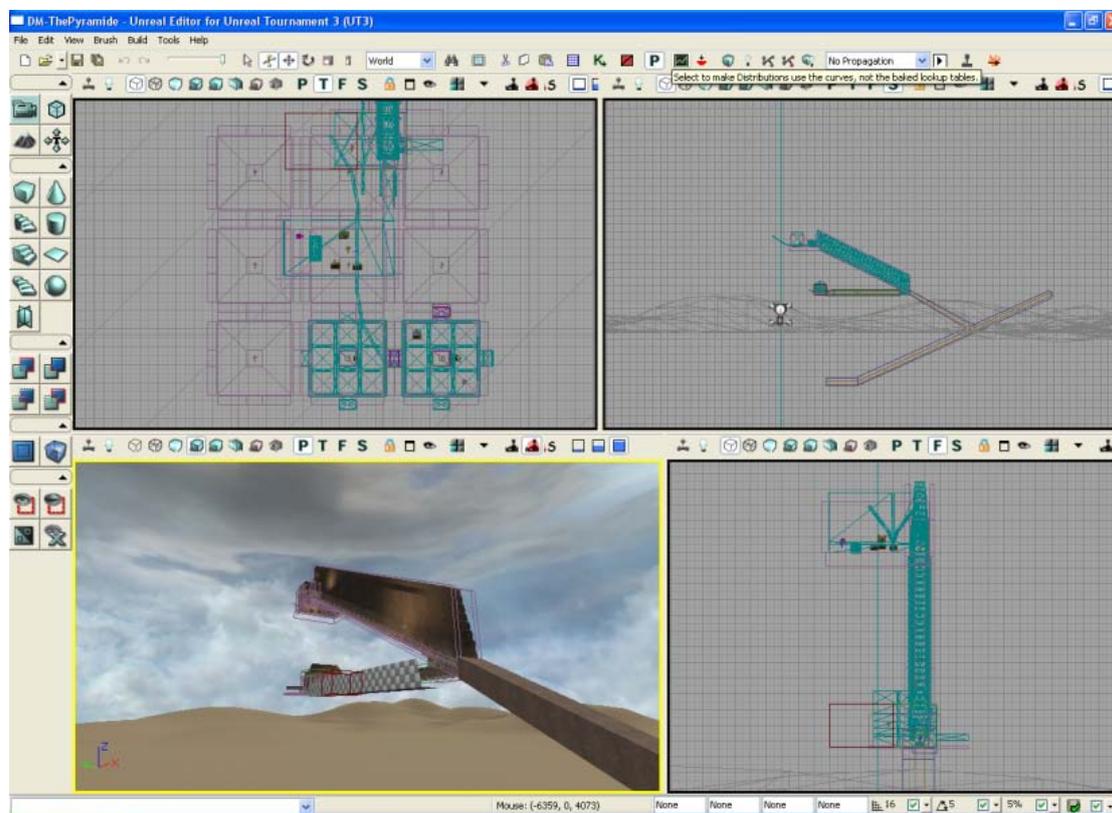


Figure 142. L'éditeur de niveau *Unreal Ed 4.0* basé sur le moteur de jeu *Unreal Engine* (Epic Games).

Grâce aux fonctionnalités intégrées au jeu vidéo pour communiquer en réseau (MMO¹³⁶), il nous est possible de lier efficacement l'*Unreal Script* avec un autre langage de programmation courant : le *Java*¹³⁷. La méthode consiste à utiliser les protocoles de l'Internet : le *TCP*¹³⁸ et l'*HTTP*¹³⁹. Pour transmettre des informations du modèle 3D vers la carte mémoire programmée en *Java*, il suffit de programmer en *Unreal Script* des blocs de script spécifiques qui envoient des informations avec le protocole *TCP* (Figure 144) ; pour recevoir des informations provenant de la carte mémoire on utilise le protocole *HTTP*.

¹³⁶ *Massively Multiplayer Online*, est un jeu vidéo en ligne massivement multijoueur via un réseau informatique accédant à Internet.

¹³⁷ Langage de programmation informatique orienté objet, *Sun Microsystems*, 1995.

¹³⁸ *Transmission Control Protocol*. Protocole de transport fiable.

¹³⁹ *HyperText Transfer Protocol*. Le protocole de transfert hypertexte est un protocole de communication client-serveur.

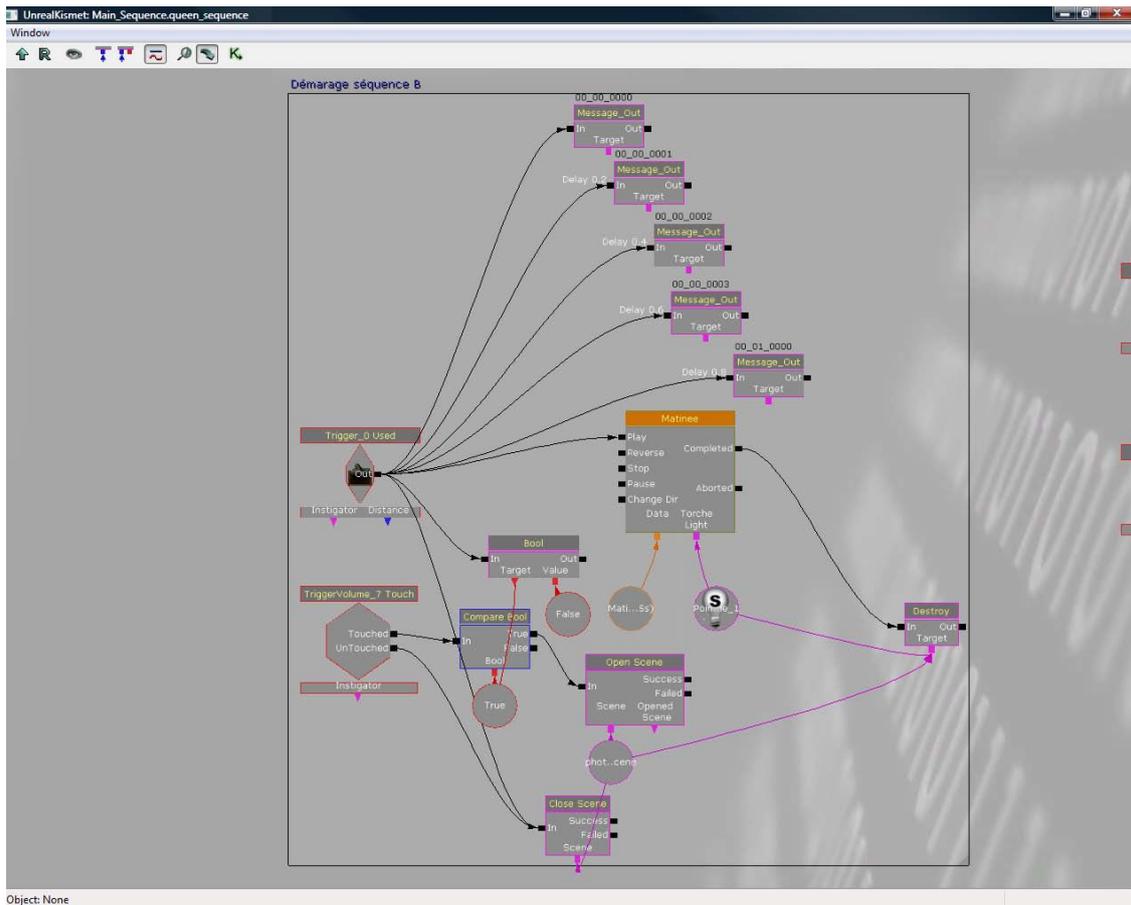


Figure 143. Exemple de blocs de scripts graphiques dans l'éditeur de niveau Unreal Ed 4.0 (Epic Games).

```

class TcpSeq_Out extends SequenceAction;

var String Message_Out;

event Activated()
{
    // this sends out data out to the IP addr
    local EA_TcpLink tcp;
    tcp = GetWorldInfo ( ).spawn(class'EA_TcpLink');
    tcp.initTCPLink("127.0.0.1", 1033);
    tcp.openSocket ();
    tcp.sendMessage (ObjComment);
    tcp.closeSocket ();

    loginternal ("message envoyé : " $ObjComment);
}

defaultproperties
{
    ObjName="Message_Out"
    ObjCategory="TCP_Link"
}
        
```

Bloc d'envoi de message en TCP

Figure 144. Code source en Unreal Script du bloc d'envoi de message via le protocole TCP.

L'application mise en place se décompose en trois parties. Chacune de ces parties peut être modifiée indépendamment des autres si sa structure reste cohérente avec l'ensemble.

L'exploration 3D temps réel avec le moteur de jeu *Unreal Engine 3*

La Pyramide de Khéops est d'abord reconstituée avec le logiciel de modélisation et d'animation *3D Studio Max 9*¹⁴⁰ (**Figure 145**). Le modèle 3D est ensuite importé dans l'éditeur de niveau *Unreal Ed 4.0* pour compléter la volumétrie (terrain, etc.) ou pour corriger certains artéfacts (fuite de lumière au niveau du maillage).

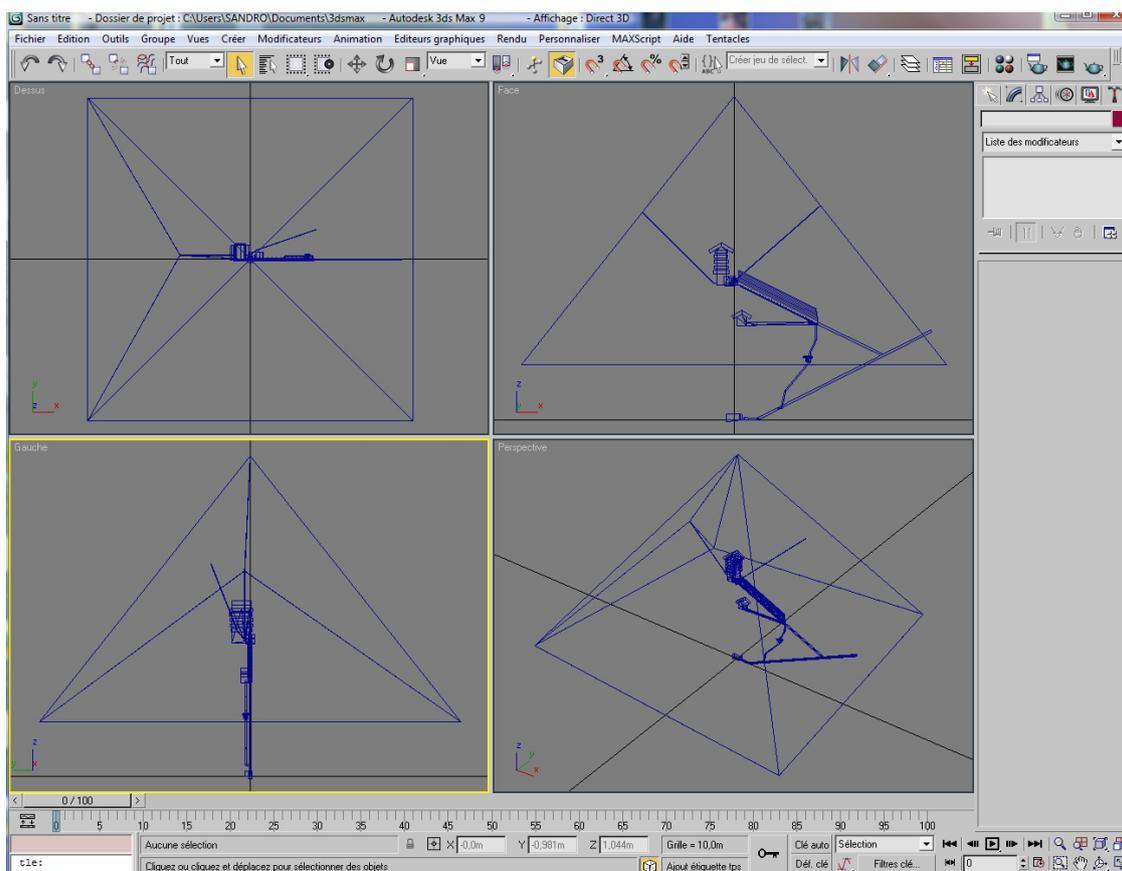


Figure 145. Reconstitution du modèle 3D de la Pyramide de Khéops avec le logiciel *3D Studio Max 9*¹⁴¹.

Nous pouvons alors ajouter le modèle 3D de la pyramide comme niveau supplémentaire dans le jeu vidéo *Unreal Tournament 3* [68]. Il suffira alors de sélectionner le niveau que nous avons nommé « The Pyramide » à l'ouverture du jeu vidéo.

Le moteur de jeu *Unreal Engine 3* permet ensuite à l'apprenant de visiter la pyramide en temps réel (**Figure 146**).

¹⁴⁰ Développé par la société *Autodesk*. <http://www.autodesk.fr>

¹⁴¹ *Ibid.*

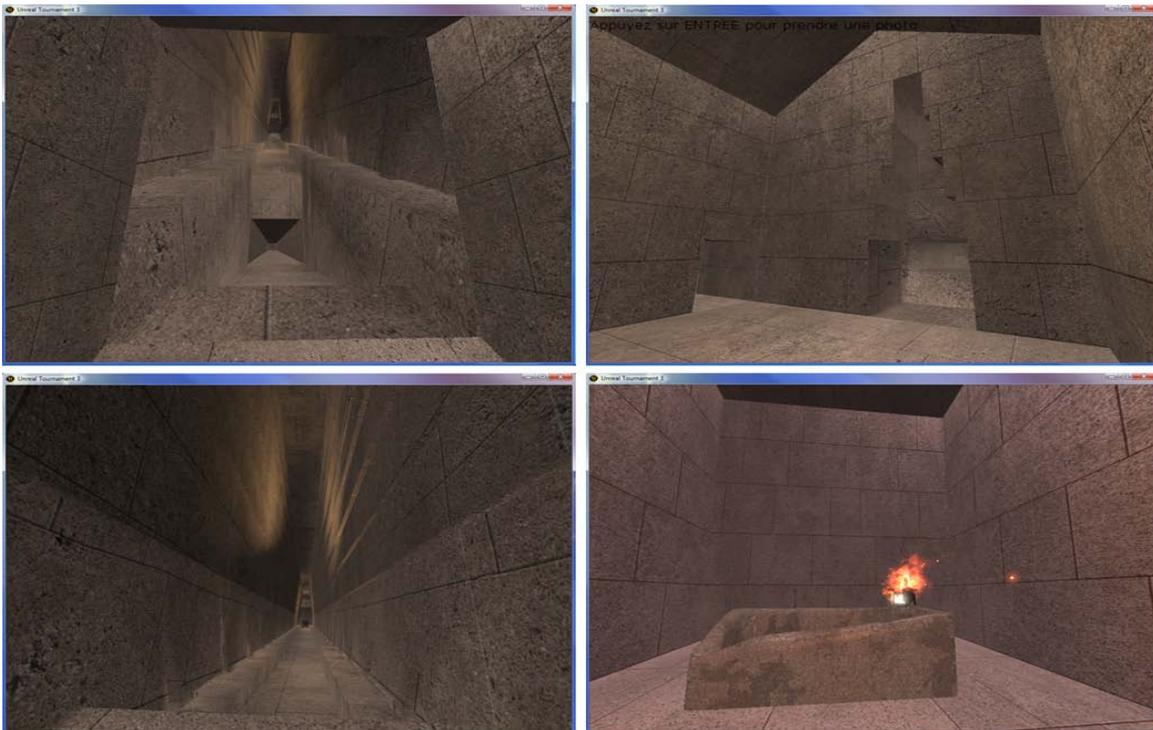


Figure 146. Exploration en temps réel du modèle 3D de la Pyramide de Khéops avec le moteur de jeu *Unreal Engine 3*. À gauche : la Grande Galerie, à droite : la chambre « de la Reine » et la chambre « du Roi ».

Grâce à l'éditeur de niveau, des fonctions propres à notre prototype peuvent être ajoutées au niveau que nous avons créé. Tous les scripts programmés permettent à l'apprenant d'interagir avec son environnement par l'intermédiaire d'événements. Ces événements sont parsemés dans les lieux de la pyramide, mais ils sont invisibles pendant l'exploration temps réel (un message apparaît à l'écran si l'apprenant peut déclencher l'événement). Ainsi, chaque événement (Trigger_0, Trigger_1, etc.) est commandé par un script graphique composé lui-même d'un bouton déclencheur (Trigger_0 Used, Trigger_1 Used, etc.) et de blocs de scripts (Message_Out) possédant un identificateur « id » (**Figure 147**). L'id est constitué de trois nombres (par exemple 00_00_0000) faisant respectivement référence à la séquence 00, au point d'information 00 et à l'événement 0000.

L'utilisateur va pouvoir déclencher le bouton « Trigger_0 Used » lorsqu'il se trouve dans la zone de tolérance de l'événement « Trigger_0 ». Un message à l'écran lui indique alors l'action possible. Un bloc « Message_Out » envoie ensuite un message avec le protocole *TCP* à l'adresse locale sur le port 1033. Ainsi, à chaque fois que l'utilisateur réalise une action (activer un levier, presser un bouton, récupérer un document, etc.), un message avec l'id de l'événement est envoyé au programme *Java* pour lui notifier le changement et mettre la carte mémorielle à jour.

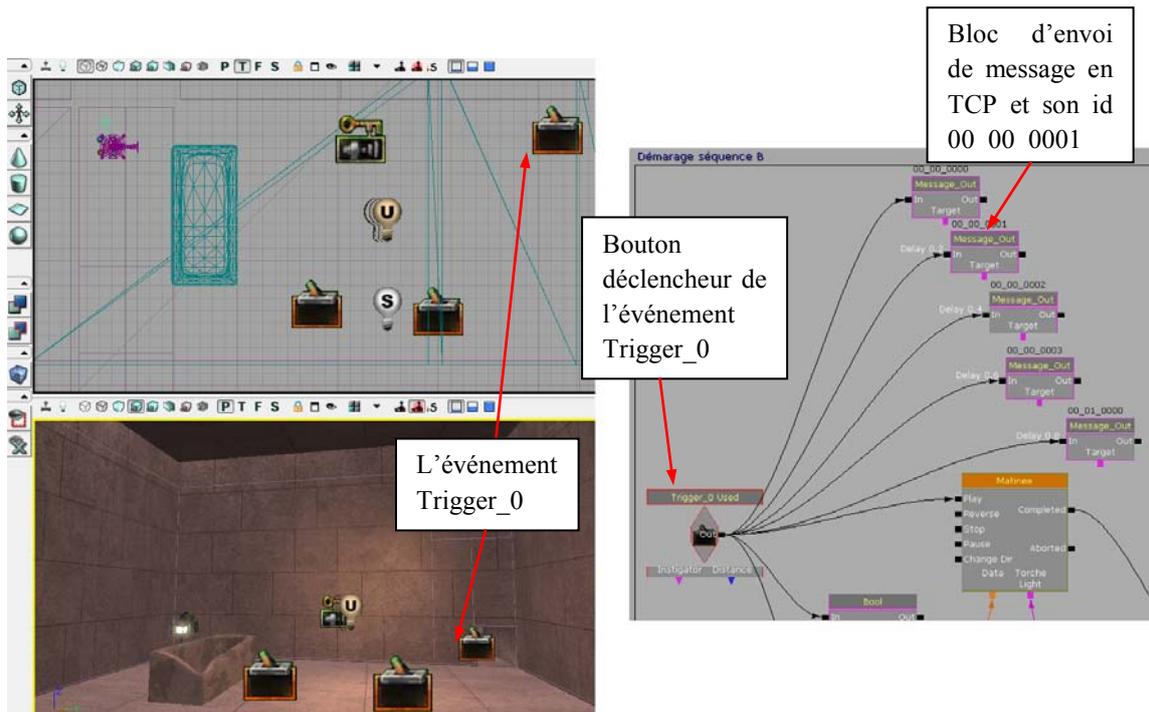


Figure 147. L'éditeur de niveau Unreal Ed 4.0 montrant les événements dans la chambre « du Roi » (à gauche), le script graphique d'un événement (à droite).

La carte mémorielle programmée en Java

Le programme Java a plusieurs fonctions qui permettent de créer la carte d'abord, de la lier au modèle 3D ensuite.

Affichage graphique et manipulation de la carte mémorielle

L'utilisation d'un langage de programmation différent nécessite l'ouverture d'une nouvelle fenêtre à l'écran pour visualiser l'interface graphique de la carte mémorielle. La fenêtre d'exploration 3D apparaît simultanément sur le même écran d'ordinateur ou sur un double écran (Figure 148).

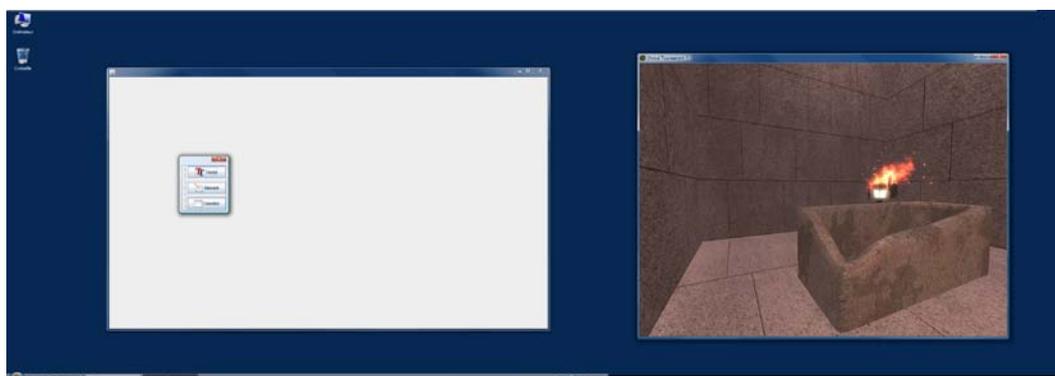


Figure 148. Un double écran affichant la fenêtre de la carte mémorielle à son ouverture et la fenêtre d'exploration 3D.

La programmation en *Java* fournit l'ensemble des outils d'éditions et d'organisation de la carte mémorielle. Les outils tels que « Dessin » et « Texte » permettent à l'apprenant de personnaliser sa carte. Il peut à tout moment réaliser ou gommer des croquis, mettre des éléments en valeur avec des pinceaux de tailles et de couleurs variables, écrire des mots ou des phrases clés avec des polices différentes, etc. (**Figure 149**).

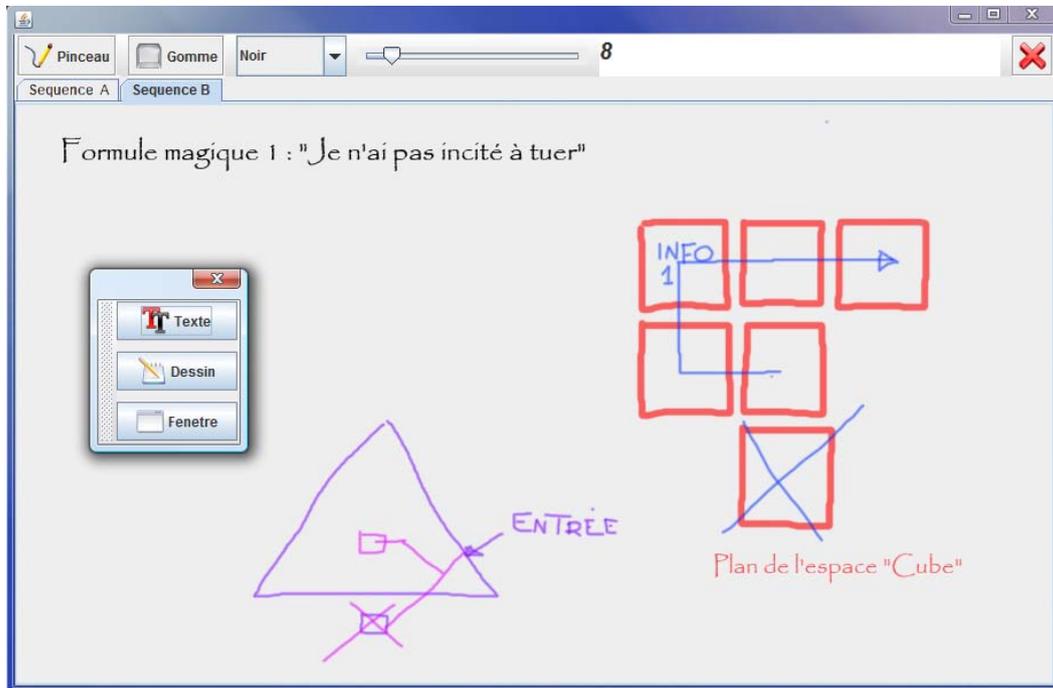


Figure 149. Les outils de personnalisation « Texte » et « Dessin » de la carte mémorielle.

L'outil « Fenêtre » est complètement dépendant de l'exploration dans la pyramide, car il permet de récupérer, d'organiser et de lier les informations provenant du modèle 3D. Par l'intermédiaire de liens, l'apprenant peut construire les données nécessaires à la résolution de l'énigme. Chaque lien (entre un mot et une image par exemple) est porteur de sens.

Analyse des événements déclenchés durant l'exploration

Le programme *Java* récupère toutes les actions de l'apprenant sous forme d'événement à afficher et à traiter sur chaque page de la carte mémorielle.

La carte mémorielle écoute en permanence les informations provenant de l'exploration en temps réel par lancement dans un « thread¹⁴² » d'un serveur connecté à l'adresse local sur le port 1033. Pour chaque événement qui survient, le contrôleur (partie de l'application qui contrôle les actions à effectuer) engage une mise à jour du modèle afin d'afficher sur la carte les éléments correspondants (**Figure 150**).

¹⁴² « Processus léger » utilisés avec l'interface graphique d'un programme. Représente l'exécution d'un ensemble d'instructions du langage machine d'un processeur.

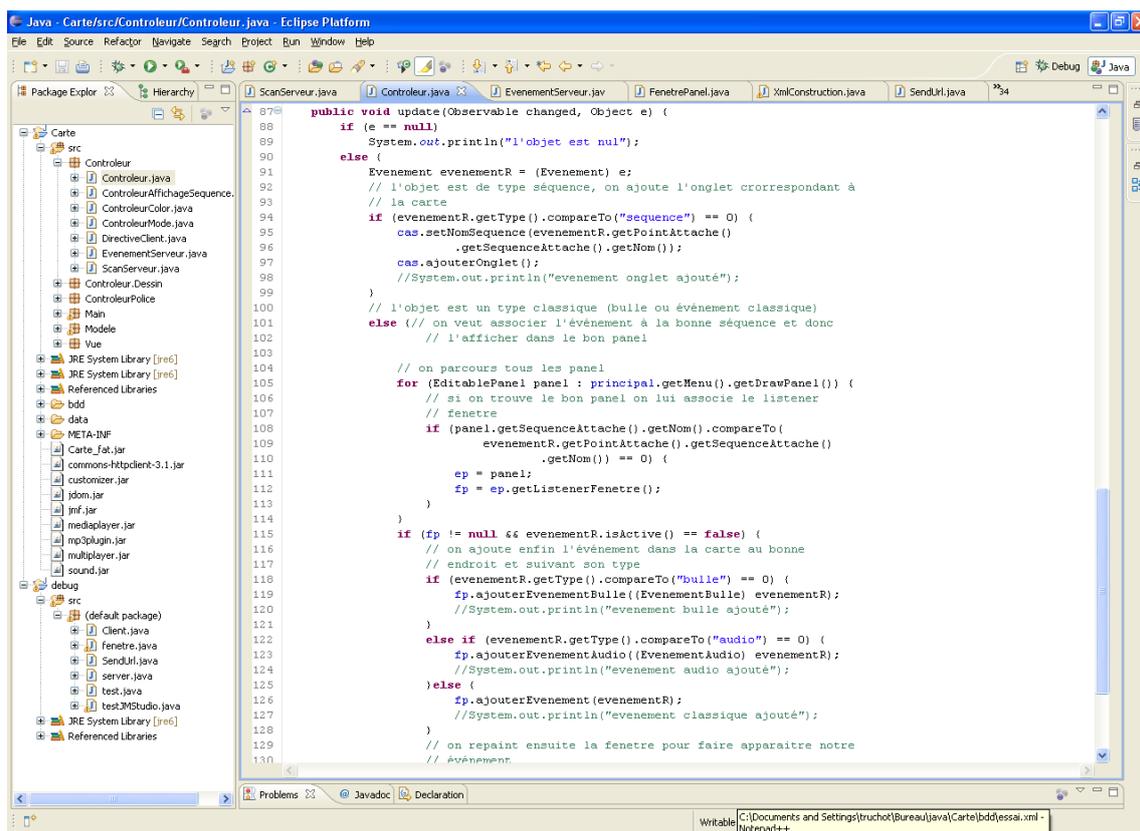


Figure 150. Extrait du code Java montrant le contrôleur principal de l'application qui reçoit les événements provenant de l'exploration. Suivant l'événement le contrôleur effectue une action précise sur la carte mémorielle.

Le serveur utilise le protocole *TCP*. Les informations sont reçues sous forme de texte qui est analysé. Si sa structure est celle d'un id, l'événement correspondant est recherché dans le modèle puis affiché en fonction de ses caractéristiques (son type principalement). Si le texte n'est pas un id, ou que l'id ne correspond à aucun événement il ne se passe rien.

« Parsage » de la base de données

Le programme Java est lié à une base de données en *Xml*¹⁴³. Cette base de données va être « parsée¹⁴⁴ » par le programme Java pour en extraire toutes les informations. Chaque information est mise en mémoire sous la forme d'un objet correspondant au « type » de l'information. Quand l'ensemble du fichier *Xml* est parsé, l'application contient un système d'objets ressemblant à la structure logique de la base de données. L'objet « carte » contient une liste d'objets « séquence », chaque séquence contient une liste d'objet « point d'information » et ainsi de suite. Tout ce système représente la partie modèle de l'application qui utilise le design pattern MVC (modèle, vue, contrôleur) (**Figure 151**).

¹⁴³ *Extensible Markup Language*, langage extensible de balisage développé par *World Wide Web Consortium* (W3C).

¹⁴⁴ Analyse syntaxique pour mettre en évidence la structure d'un texte.

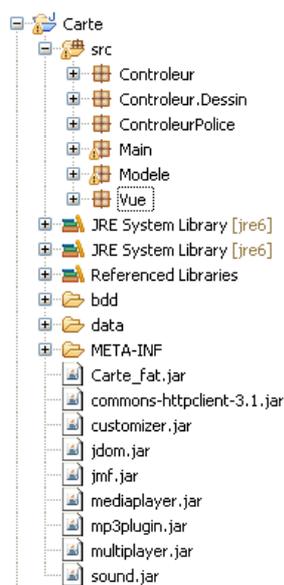


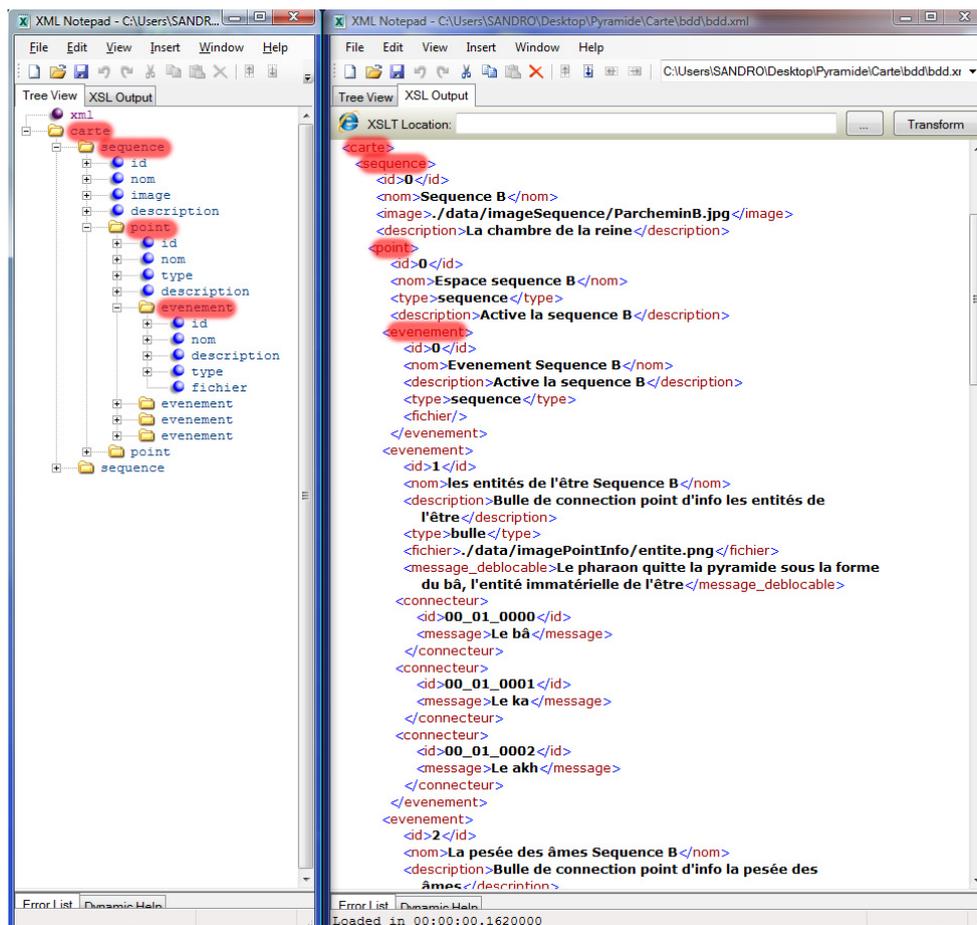
Figure 151. L'architecture MVC du programme *Java*.

La base de données programmée en Xml

La base de données en *Xml* contient toutes les informations relatives aux événements dans le modèle 3D. Ces événements peuvent être de différentes natures, et contiennent chacun une référence vers un fichier multimédia pouvant être visualisé et organisé sur la carte mémorielle. Si l'événement est du type audio par exemple, le programme retrouve sur le disque dur le fichier multimédia de l'événement en question.

La structure arborescente de la base de données (**Figure 152**) permet d'organiser la carte en séquences / points / événements. Toutes ces balises sémantiques ont un nom, une description, un type de fichier multimédia et un id, le même qui se trouve sur les blocs de scripts dans l'éditeur de niveau *Unreal Ed 4.0*. Le programme *Java* peut alors retrouver n'importe quel événement de la base de données et mettre à jour la carte mémorielle.

Les événements de type « bulle » sont particuliers. Ces événements définissent des « bulles d'information » sur les pages de la carte mémorielle avec des connecteurs nommés. Chaque connecteur possède un « message » et un « id ». Le message décrit le connecteur tandis que l'id précise à quel événement le connecteur peut être relié (**Figure 153**). C'est ainsi que les liaisons possibles sur les pages de la carte mémorielle sont définies.

Figure 152. Extrait de la base de données en *Xml*.

```

<evenement>
  <id>1</id>
  <nom>les entités de l'être Sequence B</nom>
  <description>Bulle de connection point d'info les entités de l'être</description>
  <type>bulle</type>
  <fichier>./data/imagePointInfo/entite.png</fichier>
  <message_deblocable>Le pharaon quitte la pyramide sous la forme
  du bâ, l'entité immatérielle de l'être</message_deblocable>
  <connecteur>
    <id>00_01_0000</id>
    <message>Le bâ</message>
  </connecteur>
  <connecteur>
    <id>00_01_0001</id>
    <message>Le ka</message>
  </connecteur>
  <connecteur>
    <id>00_01_0002</id>
    <message>Le akh</message>
  </connecteur>
</evenement>

```

Figure 153. Dans la base de données en *Xml*, l'événement de type « bulle » crée une « bulle d'information » avec trois connecteurs nommés.

Utilisation du prototype

Créer une page mémorielle

La capture d'écran est le premier événement de chaque séquence et permet d'initier une page de la carte mémorielle en tant que support pour les actions ultérieures. L'apprenant va dans le lieu de connaissance et prend une photo (**Figure 154**).

Nous voyons sur la **Figure 155**, la page de la séquence d'apprentissage B telle qu'elle apparaît lorsque l'apprenant déclenche une capture d'écran dans le lieu de connaissance « La chambre de la Reine ».



Figure 154. La prise de photo au lieu de connaissance est le premier événement dans une séquence d'apprentissage.

Cette page donne des indications indispensables pour le bon déroulement de la séquence et de sa résolution.

- La photo devient une image de fond mentionnant le nom de la séquence et l'énigme qui s'y rattache
- Des « bulles d'informations » indiquent le nom et le nombre des lieux d'information à visiter dans la séquence
- Les connecteurs de chaque « bulle » indiquent le nombre d'informations à recueillir dans chaque lieu



Figure 155. La page mémorielle au commencement de la séquence d'apprentissage B est une capture d'écran déclenchée par l'apprenant dans la chambre « de la Reine ».

La bulle d'information se compose d'une vignette centrale illustrant le lieu d'information en question (image identique au portail de téléportation dans le modèle 3D, par exemple : le lieu du déchiffrement « Les entités de l'être ») et de connecteurs nommés. Lorsque la souris passe par-dessus, la bulle est en surbrillance et peut être déplacée sur la page mémorielle. Les connecteurs sont destinés à recevoir des informations (objets multimédias) récupérées dans un lieu d'information. Chaque connecteur possède un nom qui est visible au passage de la souris. Chaque bulle d'information a une couleur spécifique. Toutes les informations rattachées aux connecteurs auront un cadre de couleur identique à la bulle d'informations afin de distinguer visuellement les différents groupes d'informations traités sur la même page mémorielle (**Figure 156**).



Figure 156. Les « bulles d'information » et leurs connecteurs nommés au passage de la souris.

Portails de téléportation

Une fois la page mémorielle créée, les portails de téléportation disposés dans la Pyramide s'activent, c'est-à-dire qu'ils deviennent franchissables. Ces portails assurent les transferts instantanés entre le modèle 3D et les lieux d'information (**Figure 157**).

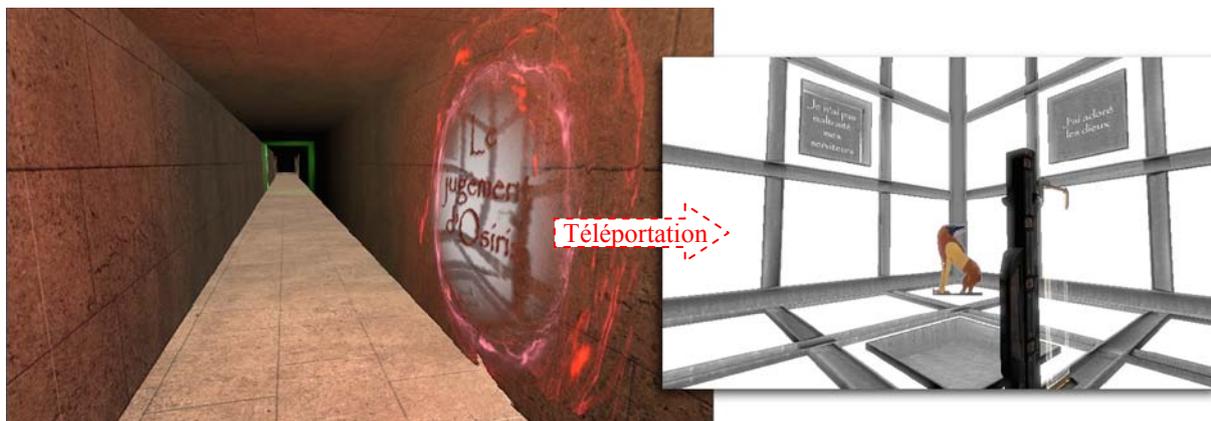


Figure 157. Portail dans le couloir horizontal de la pyramide téléportant l'utilisateur vers le lieu d'information intitulé « Le jugement d'Osiris ».

Trouver, afficher et connecter les informations

Une fois téléporté dans un lieu d'information, l'apprenant évolue en temps réel à la recherche d'informations multimédias cachées ou visibles. À proximité d'une information, un message à l'écran nous renseigne sur l'état d'avancement ou sur l'action à effectuer (**Figure 158**).



Figure 158. Information et message dans un lieu d'information.

En appuyant sur la touche « Entrée » du clavier, la page mémorielle récupère et affiche l'information ; celle-ci est déplaçable et détournée d'un cadre de couleur permettant de faire un rapprochement visuel avec une bulle d'information (**Figure 159**).

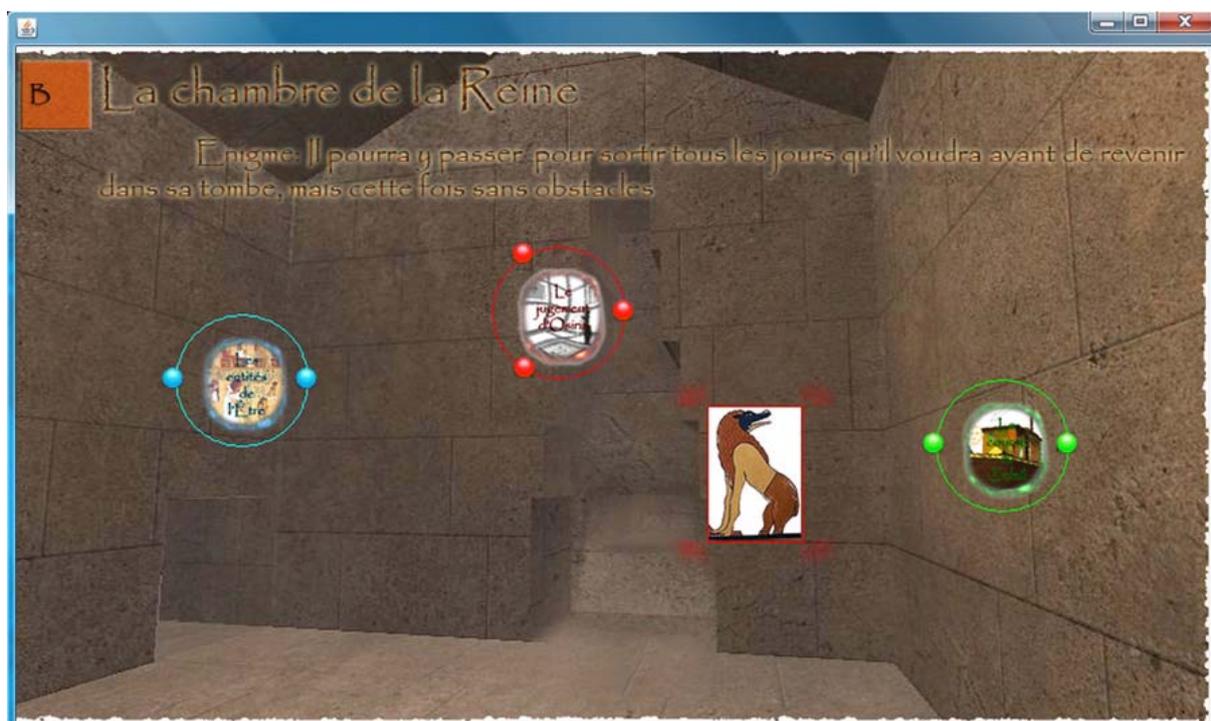


Figure 159. Une information affichée et déplaçable sur la page mémorielle.

L'apprenant procède alors à la connexion de l'information avec un connecteur nommé. Un clic sur le connecteur fait apparaître un arc avec une flèche (**Figure 160**). La connexion est possible lorsque l'apprenant effectue la bonne association. Si l'information ne correspond pas au connecteur, la liaison n'est pas possible.

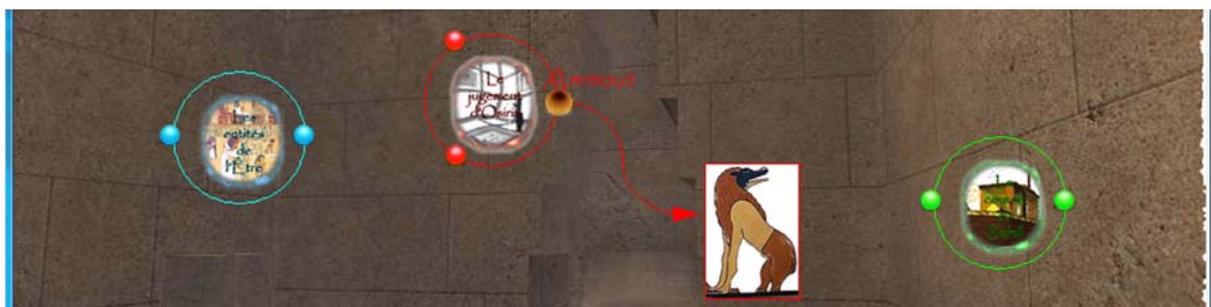


Figure 160. Un arc permet de relier une information à son connecteur.

Si l'association est cohérente, la connexion réalisée entraîne l'apparition d'un nouveau message (une information de niveau supérieur) lisible sur l'arc (**Figure 161**). Le nom du connecteur reste visible au passage de la souris.

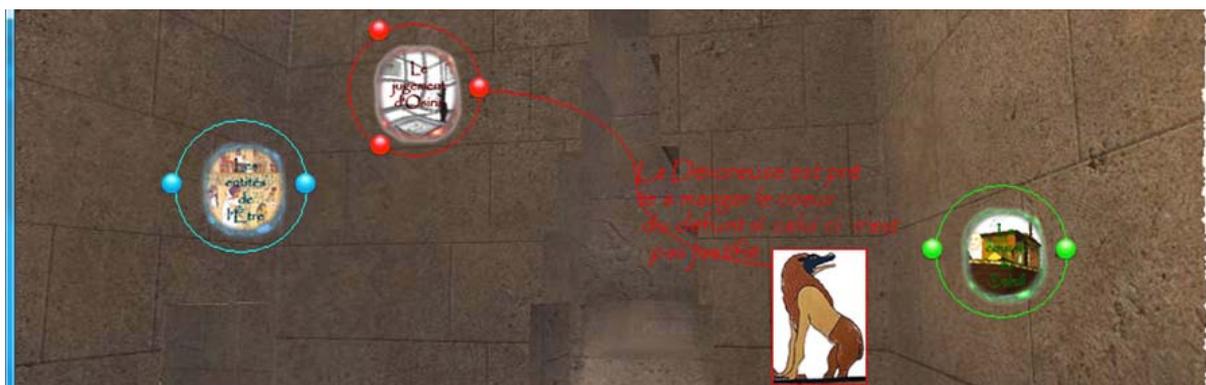


Figure 161. Une connexion réussie apporte une information de niveau supérieur.

Écrire et dessiner sur la page mémorielle

La recherche d'informations nécessite souvent une prise de notes personnelle à l'apprenant. Dans le lieu du déchiffrement par exemple, les outils « Texte » et « Dessin » aident à mettre en relation les hiéroglyphes et les dessins sur le papyrus d'Ani. Dans le lieu inspiré du film *Cube 2 : Hypercube* [71], ils servent au repérage : dans chaque pièce, l'apprenant se retrouve face à six portes (une sur chaque face) laissant apparaître des formules. Les portes sont là pour guider l'apprenant mais il ne le sait pas encore. À première vue, les formules de cette pièce lui paraissent semblables (J'ai aidé mon prochain, J'ai adoré les dieux, Je n'ai pas maltraité mes serviteurs, J'ai honoré mon père et ma mère, J'ai partagé ma maison, J'ai éduqué mes enfants, etc.). Un système d'ascenseurs lui permet de franchir les portes pour visiter les pièces voisines (**Figure 162**). Mais à force, il risque de se perdre dans ce labyrinthe s'il ne trouve pas une logique de franchissement des portes.

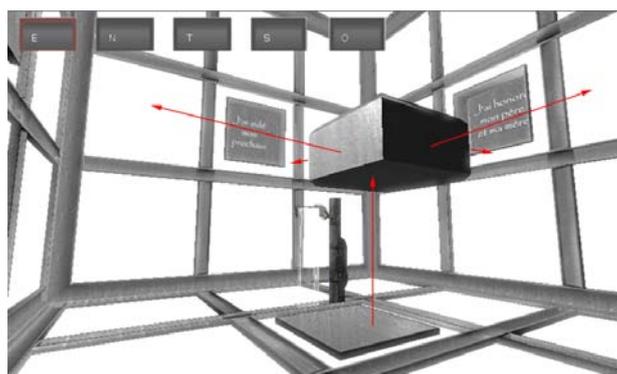


Figure 162. Un système d'ascenseurs pour franchir les portes inscrites dans le lieu du labyrinthe inspiré du film *Cube 2 : Hypercube* [71].

Sur la page mémorielle B, il commence alors à esquisser son parcours pour pouvoir se repérer par rapport à la première pièce. Au fur et à mesure, il note également les différentes formules afin d'en dégager une logique (**Figure 163**).



Figure 163. Esquisser un plan et écrire des formules sur une page mémorielle.

En réalité, sont présentes les portes indiquant des formules inventées (formules positives), et les portes mentionnant les vraies formules magiques inspirées du *Livre des morts* (formules négatives). Celles-ci montrent le chemin de la « confession négative » que le défunt devait obligatoirement effectuer pour justifier (purifier) son cœur. En les franchissant, l'apprenant découvre un fragment de papyrus mentionnant une des formules à réciter ; l'objectif étant de réciter toutes les formules pour trouver la salle de la balance et peser son cœur. Les parchemins constituent une information à envoyer sur la page mémorielle. Un message à l'écran nous indique le nombre de formules restantes à trouver (Figure 164) ; elles sont au nombre de cinq (« Je n'ai pas maltraité mes serviteurs », « Je n'ai pas fait pleurer », « Je n'ai pas incité à tuer », « Je n'ai pas intrigué par ambition », « Je n'ai pas blasphémé les dieux »).



Figure 164. Une formule magique sur le chemin de la « confession négative ».

La résolution des énigmes

Au stade de la connaissance, c'est-à-dire lorsque toutes les informations sont converties à un niveau supérieur sur une page mémorielle, les bulles d'informations sont automatiquement reliées entre-elles une fois tous leurs connecteurs bouchés. Graphiquement, cela se traduit par un trait pointillé jaune (s'il n'y a que deux bulles d'informations), par un triangle pointillé jaune (s'il y a trois bulles d'informations), etc. Une nouvelle fenêtre sous forme de texte et/ou d'image apparaît alors pour fournir la solution (**Figure 165**). L'affichage de cette fenêtre n'est pas permanent, un double clic sur la page mémorielle permet sa réouverture.

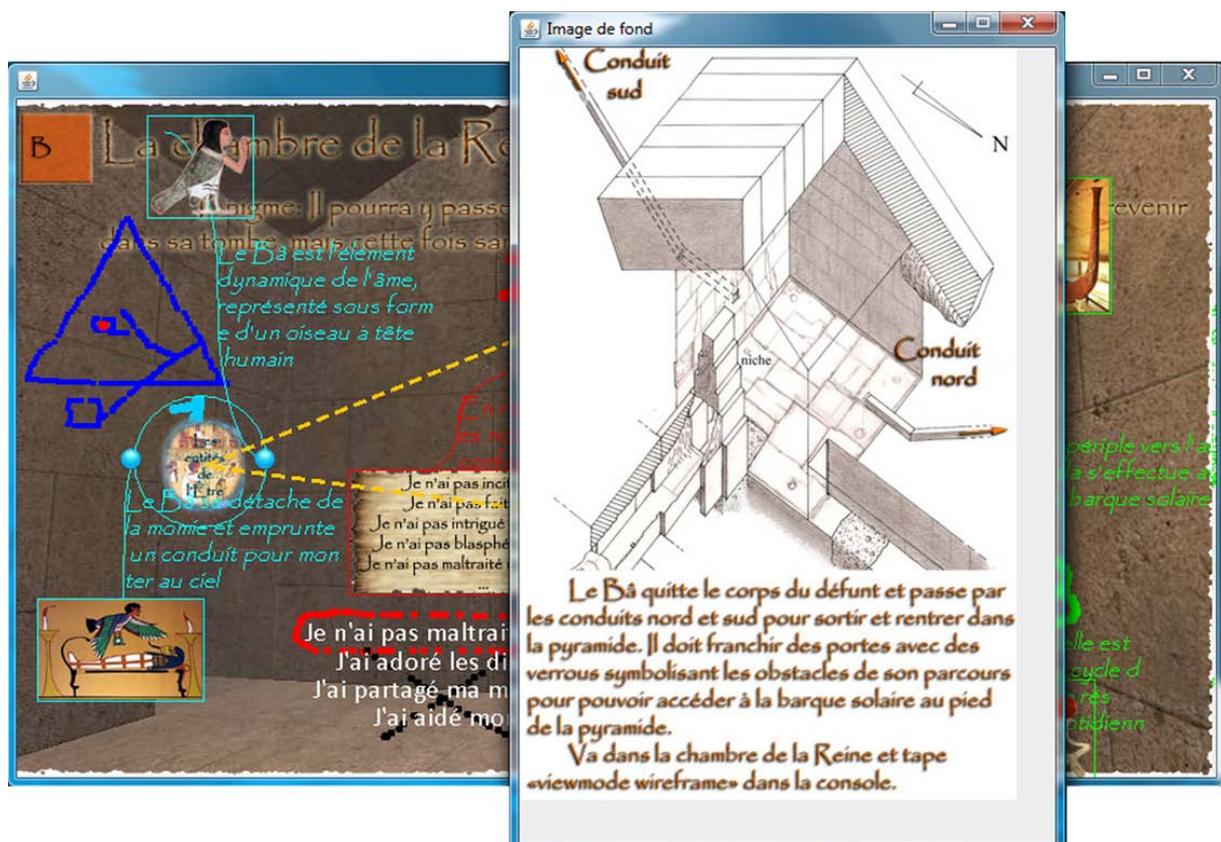


Figure 165. Page mémorielle de la séquence d'apprentissage B résolue et affichage de la connaissance (axonométrie tirée de : Dormion, 2004).

La (ré)action effectuée par l'apprenant dans le lieu de connaissance déclenche l'événement final de la séquence, celui qui nous donne à voir la solution dans le modèle 3D. L'apprenant découvre alors les conduits dans la chambre « de la Reine » (**Figure 166**).

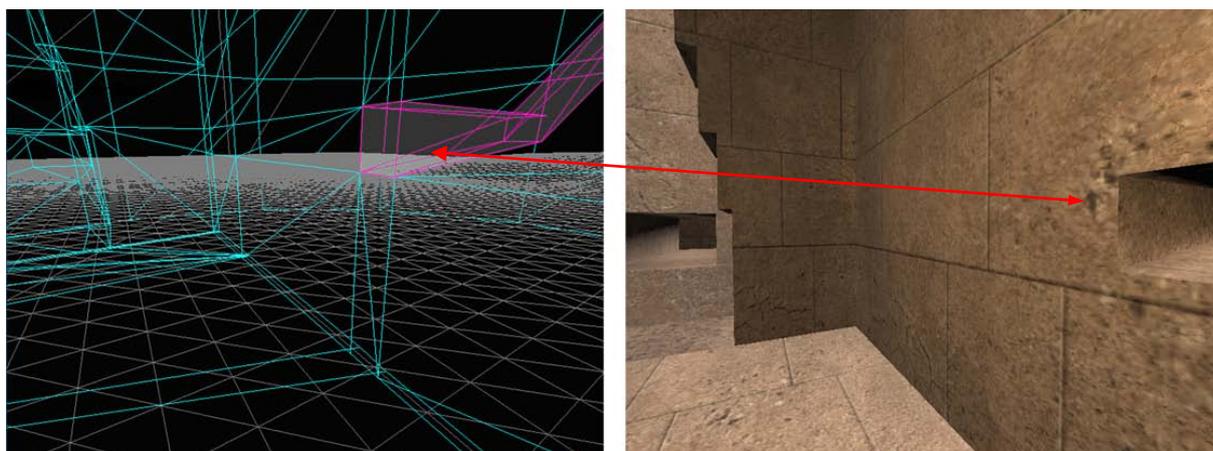


Figure 166. La connaissance spécifie la (ré)action dans le lieu de connaissance.

Expérimentation

Dans le cadre du travail de thèse effectué par Sandro Varano (CRAI – Nancy)

1. Questionnaire de départ

Nom/Prénom :

Activité/Profession :

Date de l'expérimentation :

	Novice	Intéressé -	Intéressé +	Expert
Êtes-vous spécialiste en architecture ou en archéologie ?				
Utilisez-vous les nouvelles technologies ?				
Pratiquez-vous les jeux vidéo ?				

Évaluation des connaissances avant l'utilisation du prototype :

- Pouvez-vous dessiner la pyramide telle que vous l'imaginez ou la connaissez ?
 - Représentation extérieure de la pyramide
 - Représentation intérieure (localisation des lieux, ...)

- Pouvez-vous raconter le voyage effectué par le pharaon depuis la pyramide vers l'autre monde ?
 - Sous quelle forme monte-t-il au ciel ?
 - Par où passe-t-il ?
 - Quelles sont ses obstacles ?
 - Comment voyage-t-il ?
 - Quand rentre-t-il ?, ...

2. Utilisation du prototype

La Pyramide de Khéops : récit d'un voyage dans l'au-delà

Énoncé narratif de la quête :

L'idée que les Égyptiens se faisaient de la mort n'était pas liée à une fin mais plutôt au commencement d'une nouvelle vie. La pyramide était le monument funéraire qui permettait ce passage dans l'au-delà. Pour que ce passage soit possible, les égyptiens devaient prendre toute une série de précautions et accomplir plusieurs rituels funéraires.

La quête raconte le voyage quotidien effectué par le pharaon Khéops depuis la pyramide vers l'autre monde.

Mode d'emploi des instruments technologiques :

	Explorer la pyramide	Intervenir sur la carte	Affichage à l'écran
Clavier	Flèches haut/bas = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Avancer/reculer 		Touches Windows/Tab = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rotation 3D des fenêtres
	Flèches droite/gauche = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tourner droite/gauche 		
	Touche C = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se baisser 		
	Barre espace = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sauter 		
	Touche Entrée = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prendre une photo ▪ Envoyer une information 		
Souris		Bouton gauche = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Écrire un texte ▪ Dessiner ▪ Lier 	
Stylet		Pression sur la pointe (ou bouton bas) = <ul style="list-style-type: none"> ▪ Écrire un texte ▪ Dessiner ▪ Lier 	

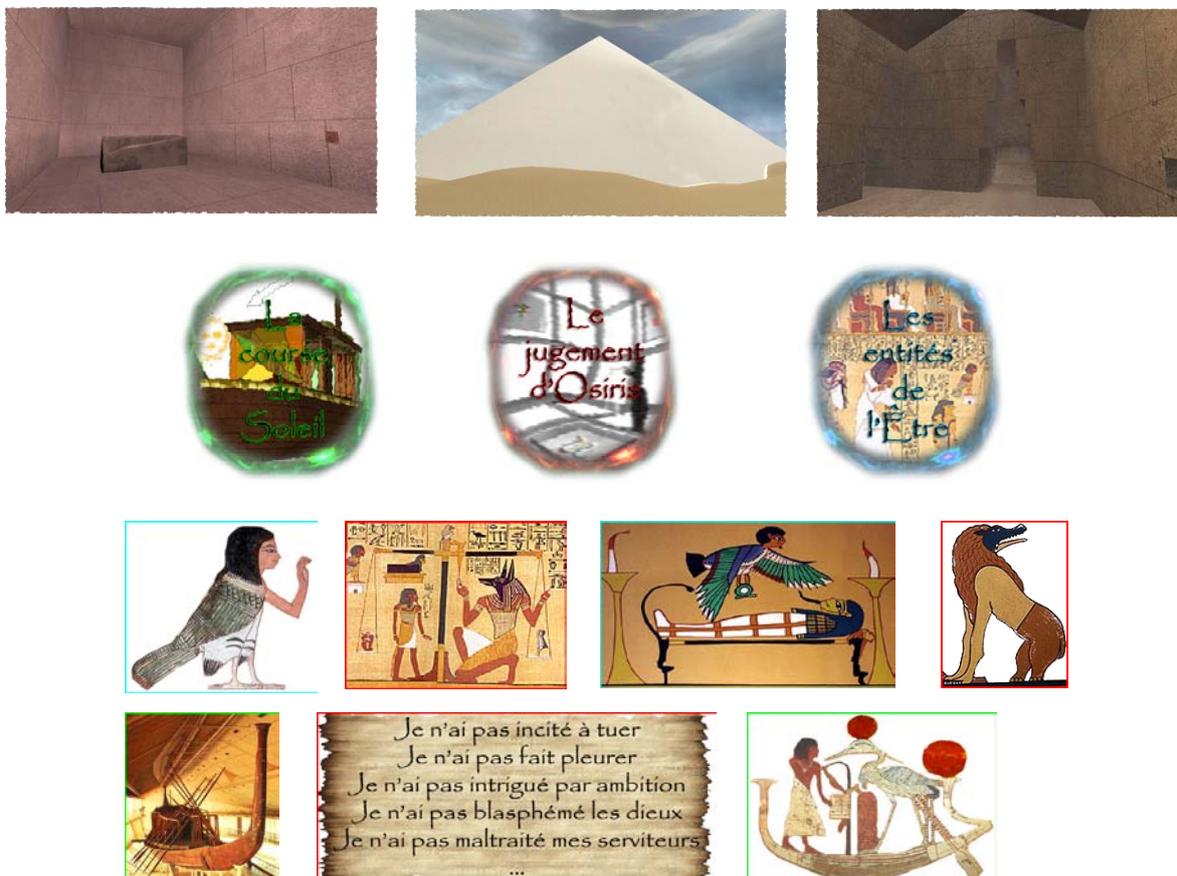
3. Questionnaire de fin

Évaluation des connaissances après l'utilisation du prototype :

- Pouvez-vous dessiner la pyramide telle que vous l'imaginez ou la connaissez ?
 - Représentation extérieure de la pyramide
 - Représentation intérieure (localisation des lieux, ...)

- Pouvez-vous raconter le voyage effectué par le pharaon depuis la pyramide vers l'autre monde ?
 - Sous quelle forme monte-t-il au ciel ?
 - Par où passe-t-il ?
 - Quelles sont ses obstacles ?
 - Comment voyage-t-il ?
 - Quand rentre-t-il ?, ...

Évaluation des connaissances après l'utilisation du prototype (à l'aide des mnémoniques) :



- Pouvez-vous dessiner la pyramide telle que vous l'imaginez ou la connaissez ?
 - Représentation extérieure de la pyramide
 - Représentation intérieure (localisation des lieux, ...)

- Pouvez-vous raconter le voyage effectué par le pharaon depuis la pyramide vers l'autre monde ?
 - Sous quelle forme monte-t-il au ciel ?
 - Par où passe-t-il ?
 - Quelles sont ses obstacles ?
 - Comment voyage-t-il ?
 - Quand rentre-t-il ?, ...

Remarques personnelles de l'utilisateur :

- Au niveau de l'usage du stylet.

	Pas du tout d'accord		D'accord		Tout à fait d'accord
Il est facile d'écrire à l'écran avec le stylet					
Il est facile de dessiner à l'écran avec le stylet					
L'utilisation du stylet est spontanée					

- Remarques et suggestions pour améliorer l'outil :

- Au niveau de l'utilité.

	Pas du tout d'accord		D'accord		Tout à fait d'accord
La prise de notes est utile pour apprendre					
La projection des lieux (photo) est un bon procédé de localisation					
La projection des lieux (photo) est un bon procédé de mémorisation					
L'insertion d'images dans les lieux est un bon procédé de mémorisation					
L'association mot/image est un bon procédé d'apprentissage					

- Remarques et suggestions pour améliorer l'outil :

Conférences internationales avec comité de lecture et publication des actes
--

- Varano, S., J.-C. Bignon & G. Castellino (2009). « Des parcours topographiques et cognitifs dédiés à l'apprentissage. Une réinterprétation du chemin critique des jeux vidéo ». Actes de H2PTM'09 – 10^{ème} édition – *Rétrospective et Perspective 1989-2009*, Université Paris 8, France, 30 Septembre, 1 et 2 Octobre 2009, Hermès Science – Lavoisier, pp. 251-256.
- Varano, S. & J.-C. Bignon (2009). « Strategic paths and memory map: Exploring a building and memorizing knowledge ». Proceedings of the 2009 *Visual Information Communication International (VINCI'09)*, University of Technology, Sydney, Australia, September 24-25, 2009, Springer, pp. 245-254.
- Varano, S., T. Truchot & J.-C. Bignon (2009). « Creating and memorizing knowledge of cultural heritage. Prototype of a learning system ». Proceedings of the 27th International Conference, Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe 2009), *Computation: The new realm of architectural design*, Istanbul Technical University, Turkey, September 16-19, 2009, pp. 631-637.
- Varano, S., J.-C. Bignon & D. Bur (2008). « A 3D navigation mode based on strategic paths to facilitate the understanding of cultural heritage ». Proceedings of the 4th International Conference of the Center for the Study of Architecture in the Arab Region (CSAAR), *Digital Media and its Applications in Cultural Heritage (DMACH 2008)*, Petra University, Amman, Jordan, November 03-06, 2008, CSAAR Press, pp. 505-515.
- Varano, S., J.-C. Bignon & D. Bur (2008). « A three-dimensional map to outline multimedia path ». Proceedings of the 5th International Conference, *Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGiV08)*, USM, Penang, Malaysia, 25, 26-28 August 2008, IEEE Computer Society, pp. 75-79.
- Varano, S., J.-C. Bignon & D. Bur (2008). « Playable maps / Sensitive maps. Materializing the learner's mental map ». Proceedings of the *4th International North American Conference on Intelligent Games and Simulation (GAME-ON-NA2008)*, McGill University, Montreal, Canada, August 13-15, 2008, Eurosis, pp. 30-34.
- Varano, S., J.-C. Bignon & D. Bur (2008). « A graphic representation system as an aid to memorization of archaeological and architectural knowledge ». Proceedings of the 2nd International Conference, *Visualisation in Built and Rural Environments (BUILT-VIZ'08)*, London South Bank University, United Kingdom, 8, 9 - 11 July 2008, IEEE Computer Society, pp. 55-59.
- Varano, S., J.-C. Bignon & G. Halin (2008). « A three-dimensional map to help exploration and understanding of a building. Visibility of the process of knowledge construction through traces ». Proceedings of the 9th International Conference, on Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning (DDSS 2008), The Netherlands, 7-10 July 2008.

Table des matières

REMERCIEMENTS	V
RÉSUMÉ	VII
ABSTRACT	IX
SOMMAIRE	XI
INTRODUCTION	1
CONTEXTE DE LA RECHERCHE	1
ORGANISATION DU MÉMOIRE	4
PARTIE I ÉTAT DE L'ART	7
CHAPITRE 1 L'ARCHÉOLOGIE ET L'ARCHITECTURE RESTITUÉES AUX PUBLICS	9
1.1 <i>Les récits archéologiques</i>	9
1.1.1 Terra incognita	10
1.1.2 Voyages romanesques	12
1.2 <i>Patrimoine culturel bâti et réalité virtuelle</i>	15
1.2.1 Reconstitutions 3D et restitutions aux publics	15
1.2.2 Représentations virtuelles	18
1.3 <i>Les interfaces hypermédias dédiées au patrimoine culturel bâti</i>	22
1.3.1 Hypermédia : hypertexte et multimédia	23
1.3.2 La navigation interactive	25
1.3.2.1 Des partitions à l'écran	25
1.3.2.2 Des nœuds et des liens	27
1.3.2.3 Des signes	28
1.3.2.4 Des modes d'exploration	32
1.3.2.5 Des documents multimédias interactifs	36
1.3.2.6 Des temps de lecture	41
1.3.2.7 Des points de vue hétérogènes	42
1.3.2.8 Des visites en cinq dimensions	46
1.3.2.9 Des guides	48
1.3.2.10 Des traces	49
1.3.3 Les chemins de la perte	52
CHAPITRE 2 LES SYSTÈMES DE REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES	55
2.1 <i>La prise de notes comme représentation externe</i>	55

Table des matières

2.2	<i>La cartographie comme représentation subjective</i>	57
2.3	<i>Les cartes heuristiques comme représentation sémantique</i>	62
2.4	<i>Les cartes interactives comme représentation dynamique</i>	64
2.4.1	Des aides à la navigation	64
2.4.2	Des métaphores.....	67
2.4.3	Des formes de narration	69
2.5	<i>Entrer dans l'image</i>	70
CHAPITRE 3	LES RÉCITS VIDÉOLUDIQUES	73
3.1	<i>Les expressions vidéoludiques</i>	74
3.1.1	L'attitude ludique dans les jeux vidéo	74
3.1.2	Le « ludo » en jeu.....	75
3.1.2.1	Les jeux vidéo comme œuvres de créativité	75
3.1.2.2	Les jeux vidéo comme œuvres culturelles	80
3.2	<i>La lecture sémiologique des environnements vidéoludiques</i>	85
3.2.1	Au cœur de l'intrigue : la démarche indiciare.....	86
3.2.2	Les jeux vidéo comme « pseudo-textes »	87
3.2.3	Les métaphores vidéoludiques	88
3.3	<i>Les parcours vidéoludiques</i>	93
3.3.1	Les narrations interactives vidéoludiques	93
3.3.2	Chemin critique vs degré de liberté.....	96
3.3.3	Enchaînements, montages parallèles et enchâssements	99
CHAPITRE 4	APPRENTISSAGE ET MÉMORISATION	101
4.1	<i>La situation de médiation culturelle</i>	101
4.2	<i>L'acte d'apprendre</i>	104
4.2.1	Les processus motivationnels	104
4.2.2	Les approches constructivistes	107
4.2.3	Les stratégies d'apprentissage.....	108
4.2.3.1	Le traitement de l'information.....	109
4.2.3.2	Styles d'apprentissage et styles d'enseignement.....	111
4.3	<i>Ludique et didactique</i>	112
4.3.1	Les jeux vidéo intrinsèquement motivants.....	112
4.3.2	L'apprentissage informel par les jeux vidéo	115
4.3.2.1	Les compétences spatiales	115
4.3.2.2	L'attention visuelle.....	116
4.3.2.3	La maîtrise d'un code iconique	117
4.3.2.4	La découverte par induction et par abduction	117
4.3.2.5	La maîtrise de systèmes complexes	118
4.3.2.6	Le transfert.....	119
4.3.3	L'apprentissage visé par les jeux vidéo	119
4.3.3.1	Le ludo-éducatif	119
4.3.3.2	Les serious games	120
4.4	<i>L'art de la mémoire</i>	122
4.4.1	Des supports externes à la mémoire	123
4.4.2	« Loci » et « imagines »	125
4.4.3	Les métaphores de mémoire.....	127
CONCLUSION	: SUR LES CHEMINS DE LA GLOIRE.....	129
PARTIE II	SPASM : SYSTÈME DE PARCOURS D'APPRENTISSAGE, DE SCÉNARISATION ET DE	
MÉMORISATION	133
CHAPITRE 5	LA TRAME TOPOGRAPHIQUE ET COGNITIVE	135
5.1	<i>Les chemins de l'information et les chemins de la connaissance : une structure du savoir</i>	136
5.2	<i>Le parcours topographique</i>	137

5.3	<i>Le parcours cognitif</i>	138
5.4	<i>« Optimisation » de parcours selon les profils et les situations d'apprentissage</i>	139
5.5	<i>Concepts pour un modèle des parcours d'apprentissage</i>	144
CHAPITRE 6	AU FIL DU RÉCIT	147
6.1	<i>Sémantique narrative</i>	148
6.2	<i>La scénarisation des parcours</i>	151
6.3	<i>Un générateur de scénarii</i>	156
6.4	<i>Étude de cas : la Pyramide de Khéops</i>	157
6.4.1	La quête : récit d'un voyage dans l'au-delà	158
6.4.2	Un lieu d'information dans la Grande Pyramide	159
6.5	<i>Concepts pour un modèle des parcours d'apprentissage scénarisés</i>	161
CHAPITRE 7	LA CARTE MÉMORIELLE : MATÉRIALISER LA CARTE MENTALE DE L'APPRENANT	163
7.1	<i>Un outil de repérage et de guidage</i>	164
7.1.1	La notion d'« orientation »	164
7.1.2	Des lieux projetés	165
7.1.3	Une carte pliable tridimensionnelle	171
7.2	<i>Un support de présentation et de représentation</i>	176
7.2.1	Un carnet multimédia	176
7.2.2	Un support de construction de connaissances	177
7.2.3	Processus actif et cognition externe.....	180
7.3	<i>L'édifice comme « pseudo-texte » et métaphore de mémoire</i>	180
7.4	<i>Les traces du parcours</i>	181
7.5	<i>Le modèle conceptuel</i>	184
CHAPITRE 8	PROTOTYPE ET EXPÉRIMENTATION	191
8.1	<i>Comparaison prototype/modèle théorique</i>	191
8.2	<i>Objectifs de l'expérimentation</i>	194
8.3	<i>Le protocole expérimental</i>	194
8.3.1	Les sujets de l'expérimentation	194
8.3.2	Les étapes de l'expérimentation.....	194
8.4	<i>Les résultats de l'expérimentation</i>	195
8.4.1	Remarques et suggestions des utilisateurs pour améliorer l'outil.....	196
8.4.2	Comparaison questionnaire de départ/questionnaire de fin	196
8.4.3	Pendant l'utilisation du prototype.....	201
8.5	<i>Conclusion sur l'expérimentation : limites et perspectives</i>	203
BILAN GÉNÉRAL		207
CONCLUSION.....		207
PERSPECTIVES.....		210
GLOSSAIRE		213
RÉFÉRENCES		217
BIBLIOGRAPHIE		217
SITES INTERNET.....		229
CÉDÉROMS		232
JEUX VIDÉO		233
FILMOGRAPHIE		235
TABLE DES FIGURES		237
LISTE DES TABLEAUX		243

Table des matières

ANNEXES.....	245
LES ENJEUX DE LA CARTOGRAPHIE	246
LE RÉCIT TRADITIONNEL.....	247
LA PYRAMIDE DE KHÉOPS SCÉNARISÉE.....	250
FONCTIONNEMENT DU PROTOTYPE	258
UTILISATION DU PROTOTYPE.....	268
EXPÉRIMENTATION	276
CONFÉRENCES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE ET PUBLICATION DES ACTES.....	281
TABLE DES MATIÈRES	283

AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE
DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL
POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

o0o

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :

Madame Françoise PRÉTEUX, Professeur, Ecole des Mines, ParisTech, Paris

**Madame Patrizia LAUDATI, Professeur, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis,
Valenciennes**

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

Monsieur VARANO Sandro

NANCY BRABOIS
2, AVENUE DE LA
FORET-DE-HAYE
BOITE POSTALE 3
F - 54501
VANDŒUVRE CEDEX

à soutenir devant un jury de l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE,
une thèse intitulée :

**"Proposition d'un espace de navigation hypermédia fondé sur des parcours heuristiques
comme aide à la compréhension du patrimoine culturel bâti. SPASM : Système de
Parcours d'Apprentissage, de Scénarisation et de Mémorisation"**

en vue de l'obtention du titre de :

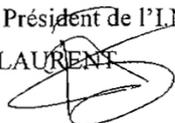
DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : « Sciences de l'Architecture »

Fait à Vandoeuvre, le 08 septembre 2010

Le Président de l'IN.P.L.,

F. LAURENT



Résumé

Proposition d'un espace de navigation hypermédia fondé sur des parcours heuristiques comme aide à la compréhension du patrimoine culturel bâti.

SPASM : Système de Parcours d'Apprentissage, de Scénarisation et de Mémorisation.

La restitution du patrimoine culturel bâti présentée sur Internet, sur cédéroms interactifs ou sur bornes muséales, ... est une préoccupation constante de la médiation culturelle. Grâce aux qualités des hypermédias, à savoir l'hypertexte et le multimédia, il semble que ces produits existants ont des capacités à restituer des informations patrimoniales aux publics, mais finalement ils n'ont pas l'efficacité cognitive et pédagogique que nous pourrions en attendre.

En exploitant les possibilités offertes par les outils numériques, l'objectif est de proposer aux non-experts désireux d'apprendre, un espace de navigation hypermédia basé sur des hypothèses systémiques, fonctionnelles et graphiques, afin de concevoir un outil complet de visualisation et d'immersion comme aide à la compréhension des connaissances archéologiques et architecturales.

D'un point de vue expérimental, nous identifions parmi les caractéristiques des jeux vidéo et de la cartographie, celles qui seraient susceptibles de rendre compte des environnements sémiologiques et cognitifs utiles à la re-présentation et à l'apprentissage.

L'espace de navigation proposé, met en correspondance des activités d'exploration et de création. Au fur et à mesure de sa déambulation en temps réel, l'apprenant est guidé et motivé en suivant des parcours topographique, cognitif et scénarisé. Parallèlement, il crée sa propre « carte mémorielle » qui va l'aider à s'orienter, à construire ses connaissances et à les mémoriser.

Le travail conduit à un modèle conceptuel applicable à tous types de bâtis. Il débouche sur un prototype qui utilise la Pyramide de Khéops comme support d'expérimentation.

Mots-clés : Patrimoine culturel bâti, restitution, hypermédia, cognition, sémiotique, apprentissage, jeux vidéo, cartographie.

Abstract

Proposal of a hypermedia navigation space based on heuristic paths as an aid to the understanding of built cultural heritage.

SPASM : Paths System of Learning, Scripting and Memorizing.

Restitution of built cultural heritage presented on Internet, interactive CD-ROMs, museum terminals, ... is a constant preoccupation of cultural mediation. Thanks to the attractions of hypermedia, namely hypertext and multimedia, it seems that existing products have capacities to transmit heritage information to the public, but ultimately they miss real cognitive or educational purposes.

Through the use of existing numerical tools, the objective consists in proposing to non-expert learners, a hypermedia navigation space based on systemic, practical and graphic assumptions, in order to conceive a complete visualization and immersion tool as an aid to understand archaeological and architectural knowledge.

From an experimental point of view, we identify among the characteristics of video games and cartography, those which may report that these semiological and cognitive environments can constitute systems of representation and effective learning.

The navigation space proposed, correlates activities of exploration and creation. During his real time movement, the learner is guided and motivated following topographical, cognitive and scripted paths. At the same time, he/she creates his/her own « memory map » that will help to move, build knowledge and memorize.

The work leads to a conceptual model applicable to all types of buildings. It results in a prototype using the Cheops Pyramid as support of experimentation.

Keywords : built cultural heritage, restitution, hypermedia, cognition, semiotic, learning, video games, cartography.