

Université de Montréal

**Le recours à des environnements numériques pour la
diffusion de connaissances relatives au patrimoine bâti:
une exploration du potentiel de la modélisation de systèmes
typologiques**

par

Nathalie Charbonneau

École d'Architecture

Faculté de l'Aménagement

Thèse présentée à la Faculté de l'Aménagement

en vue de l'obtention du grade de PhD.

en Aménagement

Option innovations technologiques et informatique

Avril 2008

© Nathalie Charbonneau, 2008

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Le recours à des environnements numériques
pour la diffusion de connaissances relatives au patrimoine bâti:
une exploration du potentiel de la modélisation de systèmes typologiques

présentée par :

Nathalie Charbonneau

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Président-rapporteur	Jacques Lachapelle
Directeur de recherche	Temy Tidafi
Membre du jury	Claudine Déom
Examineur externe	Luc Noppen, UQÀM, Département d'études urbaines
Représentant du doyen de la FES	Tiiu Poldma, vice-doyenne aux études supérieures et à la recherche

Thèse acceptée le 5 novembre 2008.

Résumé

Dans le cadre de la présente recherche, notre intérêt porte sur les possibilités d'avoir recours à l'outil informatique afin de contribuer au développement des habiletés cognitives du concepteur architectural. Plus précisément, il s'agit de permettre à ce dernier d'enrichir sa base de connaissances relatives au patrimoine bâti. Si ce sujet a retenu notre attention, c'est qu'il nous apparaît essentiel d'explorer de nouvelles possibilités de mettre à contribution des moyens informatiques pour véhiculer les valeurs intellectuelles rattachées au patrimoine, et d'œuvrer ainsi à un renouvellement des modes de formalisation et de diffusion de ces connaissances.

Nous nous intéressons, d'une part, à la démarche de construction des savoirs qui amène l'historien de l'architecture à déployer un raisonnement en vue de proposer, et de diffuser, l'interprétation qu'il fait d'une réalité bâtie. Nous portons notre attention, de façon spécifique, sur l'une des stratégies auxquelles a recours le chercheur en patrimoine en vue de développer des savoirs nouveaux, soit la démarche typologique. Nous nous proposons de contribuer au développement d'un vecteur de diffusion qui soit suffisamment 'flexible' pour être adaptable à la mouvance de la connaissance, de manière à prévenir une certaine cristallisation des savoirs.

Notre intérêt porte, d'autre part, sur le processus de reconstruction de la connaissance par l'apprenant, ici le concepteur architectural. Il s'agit de mettre à la disposition de l'individu des outils lui permettant d'appréhender la connaissance développée par l'historien. Dans cette optique, nous étudions les possibilités d'élaborer des outils heuristiques axés sur l'action du sujet cogitant. En somme, nous cherchons à évaluer et à comprendre dans quelle mesure et de quelles façons l'informatique pourrait contribuer à ce que le processus d'élaboration de la connaissance, entrepris par l'historien de l'architecture, et le processus d'appréhension de ladite connaissance par l'apprenant, s'opèrent tous deux de façon dynamique et itérative.

Dans le cadre d'une telle réflexion, nous posons l'hypothèse selon laquelle la complémentarité pouvant être développée entre un modèle symbolique et un système génératif serait susceptible de bonifier les modalités par lesquelles le chercheur en patrimoine entre en communication avec le concepteur architectural. Afin de confronter notre hypothèse au réel, nous procédons à des expérimentations; il s'agit d'études de cas portant sur des typologies proposant respectivement l'organisation d'un corpus de charpentes de toitures construites entre les XIe et XIXe siècles, et d'un corpus de roses gothiques datant des XIIe et XIIIe siècles. Nous procédons à l'élaboration d'environnements numériques évolutifs, aptes à véhiculer l'interprétation proposée par le chercheur en patrimoine. La pertinence de ces environnements, tant au sein de la démarche de l'historien que de celle de l'apprenant, est évaluée par le biais de méthodes qualitatives.

Suite à cette démarche exploratoire, nous proposons un modèle théorique établissant un lien envisageable entre histoire de l'architecture, cognition et informatique. Par nos expérimentations, et la théorisation qui en a résulté, nous cherchons à mettre en lumière la potentialité de la synergie pouvant prendre place entre l'historien de l'architecture et le développeur informatique.

Au terme de ce parcours, qui nous a conduits de la problématique à l'hypothèse pour nous mener ensuite en terrain d'expérimentations, nous replaçons la présente étude dans un contexte plus large et traçons de nouvelles pistes de recherche. Celles-ci mettent en relief l'importance, pour le concepteur architectural, d'étoffer sa base de connaissances relatives au bâti ancien, par le biais d'un processus itératif, de même que l'intérêt d'exploiter lesdits savoirs, de façon consciente et articulée. Il nous apparaît que les tenants et les aboutissants de notre recherche sont susceptibles d'intéresser toute personne œuvrant dans le domaine de l'histoire de l'architecture (qu'il s'agisse de la recherche ou de l'enseignement) ainsi que tout concepteur architectural soucieux de mieux connaître, comprendre et apprécier le patrimoine qui lui a été légué.

Mots-clés : patrimoine bâti, typologies architecturales, environnements numériques, programmation 3D, modélisation, cognition

Abstract

Within the framework of this research project, we explore the possibilities of making use of information technologies to enhance the architectural designer's cognitive abilities. More precisely, we examine the possibilities of enabling the designer to become more knowledgeable about architectural heritage. We took an interest in this topic because it appears essential to explore new ways of conveying the intellectual values connected with the built heritage. In this regard, we hope to contribute towards the renewal of methods of the formalization and dissemination of the knowledge inherent in buildings and artefacts of historical interest.

On the one hand, we take an interest in the knowledge construction process that induces the architectural historian to unfold a reasoning so as to organize his/her interpretation of a built environment. We study one of the strategies employed by the historian in tackling the problem of establishing connections between artefacts of a single family; that is, when proceeding to elaborate a typology. We intend to contribute to the development of a vehicle for knowledge that is sufficiently flexible to be adaptable to iterative changes in the interpretation provided by the historian, so as to prevent the eventual crystallization of the conclusions drawn from his/her study of the built environment.

We also turn our attention to the knowledge reconstruction process undertaken by the learner, in this case the architectural designer. We aim to place at the designer's disposal tools that enable him/her to apprehend the knowledge developed by the historian. In this regard, we explore the possibilities of implementing heuristic tools based on the learner's action. In short, we strive to evaluate and understand to what extent and in which ways information technologies could make a difference in the knowledge construction process undertaken by the architectural historian, and in the knowledge reconstruction

process undertaken by the learner. In what way could these processes take place in a dynamic and iterative way?

Within the framework of this reflection on the possible uses of information technologies, we formulate the following hypothesis: we argue that the eventual complementarity likely to develop between a conceptual model and a generative system would enhance the methods by which the researcher, working on built heritage, could convey his/her message to the architectural designer. To assess the validity of our theory, we conduct a set of experiments. Our approach is exemplified by two case studies dealing with the works of historians who established typologies of roof frames constructed in the north of France and in Belgium between the 11th and 19th centuries, and of 12th and 13th century gothic rose windows crafted in the Île-de-France. We then proceed to the implementation of interactive digital environments. The usefulness of these environments, as much within the historian's thought process as within the learner's, is evaluated via qualitative methods.

Based on the conclusions drawn from these case studies, we propose a theoretical model that establishes a connexion between architectural history, cognition and information technologies. In undertaking these experiments and the subsequent theorizing, we aim to shed new light on the synergy likely to take place between the architectural historian and the computer scientist.

At the conclusion of this process, which brought us from the terms of reference to the hypothesis and experiments, we place the present study in a larger context and open up new avenues of investigation that highlight the importance, for the architectural designer, of being knowledgeable about the built heritage and of making use of this knowledge in a conscious and articulated way. The details of this research project are likely to be of interest to any person working in the broad field of architectural history, as well as architectural designers concerned with obtaining a better knowledge, understanding and appreciation of the heritage handed down from his/her predecessors.

Keywords: built heritage, architectural typologies, digital environments, 3D programming, models, cognition

Table des matières

AVANT-PROPOS	XX
PREMIÈRE PARTIE : L'INTRODUCTION DE LA THÉMATIQUE	1
1. LES PRINCIPAUX MODES D'UTILISATION ACTUELS	3
1.1 L'outil de visualisation	3
1.2 L'outil de communication	5
1.3 L'outil de recherche documentaire	7
1.4 Vers un impact qualitatif?	9
DEUXIÈME PARTIE : LE CONTEXTE À L'ÉTUDE	15
2. LA REVUE DE LITTÉRATURE	16
2.1 L'enrichissement de la base de connaissances techniques	20
2.1.1 Les systèmes experts	20
2.1.2 Les logiciels de simulation	23
2.1.3 Les environnements d'apprentissage	26
2.1.4 L'incidence des nouvelles technologies sur l'enrichissement de la base de connaissances : commentaire récapitulatif	28
2.2 La diversification du répertoire d'images	29
2.2.1 Les index de cas précédents	30
2.2.2 Les systèmes génératifs	33
2.2.3 La grammaire des formes	37
2.2.4 Les librairies d'objets	40
2.2.5 L'incidence des nouvelles technologies sur la diversification du répertoire d'images : commentaire récapitulatif	45
2.3 Au confluent de la base de connaissances et du répertoire d'images	46
2.3.1 Les environnements que l'on peut visualiser	47
2.3.2 Les environnements que l'on peut parcourir	51
2.3.3 Les environnements que l'on peut interroger	54

2.3.4 L'incidence des technologies numériques sur l'élargissement du bagage culturel: commentaire récapitulatif	57
3. LA PROBLÉMATIQUE	60
3.1 Réflexion sur la fécondité des approches commentées	60
3.1.1 Potentiel des environnements axés sur l'enrichissement de la base de connaissances	61
3.1.2 Potentiel des environnements axés sur la diversification du répertoire d'images	63
3.1.3 Carences relatives des environnements axés sur l'élargissement du bagage culturel	65
3.2 La relative passivité de l'utilisateur	66
3.2.1 Une utilisation restrictive de la maquette numérique	68
3.2.2 Les limitations inhérentes au multimédia	70
3.2.3 Les limitations inhérentes aux banques de données	74
3.2.4 L'importance de diversifier la gamme d'actions possibles	77
3.3 Des environnements relativement sclérosés	80
3.3.1 La diffusion d'informations faisant consensus	80
3.3.2 La cristallisation des savoirs	83
3.4 La concomitance des deux problèmes soulevés	85
TROISIÈME PARTIE : L'APPROCHE PROPOSÉE	90
4. LE CADRE THÉORIQUE	91
4.1 La connaissance	92
4.1.1 Positivismes et constructivisme	92
4.1.2 La multiplicité des savoirs	95
4.1.3 La modélisation de la connaissance	97
4.1.4 Modélisation et réflexivité	98
4.2 La cognition	99
4.2.1 Sensation et réflexion	99

4.2.2 Des processus cognitifs fondés sur l'action	103
4.2.3 La difficulté d'apprendre	106
4.2.4 La simulation	107
4.2.5 La notion de métacognition	112
4.3 Le patrimoine architectural	114
4.3.1 La notion de patrimoine	115
4.3.2 L'intérêt de préserver le patrimoine	118
4.3.3 L'intérêt d'étudier les patrimoines	120
4.4 L'histoire de l'architecture	125
4.4.1 La subjectivité de la connaissance historique	125
4.4.2 La survivance et la sélection des sources	127
4.4.3 La mouvance de la connaissance relative au patrimoine bâti	129
4.4.4 Les théories de la perspective et de la cohérence	132
4.4.5 Les stratégies de l'historien de l'architecture	135
4.4.6 L'enseignement de l'histoire de l'architecture : optiques et finalités	140
4.5 Les typologies architecturales	151
4.5.1 La propension à lier les choses éparses du monde	151
4.5.2 La pertinence de la démarche typologique dans le cadre de notre questionnement	154
4.5.3 L'évolution de la notion de typologie	157
4.5.4 Méthodologie de la démarche typologique	165
4.5.5 La contribution du <i>typologue</i> à l'avancement des connaissances	175
4.5.6 La typologie en tant qu'instrument didactique	176
4.5.7 Les processus typologiques	179
4.6 Le savoir-faire	182
4.6.1 La tradition orale et l'observation en tant que sources d'expertise	182
4.6.2 Le recours à la méthode heuristique	187
4.6.3 L'apport de l'outil informatique	188

4.6.4	La restitution d'une facette du savoir-faire	191
4.6.5	L'étude des savoir-faire par le biais de la démarche typologique	193
4.7	Systèmes et modèles	196
4.7.1	Les notions de systèmes et de modèles	196
4.7.2	La modélisation dans le domaine de l'architecture	198
4.7.3	Une éventuelle complémentarité modèles symboliques / modèles géométriques	204
4.7.4	Systèmes typologiques	205
4.8	La complexité	215
4.8.1	La notion de complexité	215
4.8.2	La complexité des processus de construction et de reconstruction de la connaissance	216
4.8.3	La modélisation provisoirement fermée d'un système non-complexe	219
4.8.4	Le raisonnement heuristique et le raisonnement algorithmique	221
4.9	Les environnements numériques	224
4.9.1	L'environnement numérique en tant que 'mindtool'	224
4.9.2	L'exploration de réseaux de cas de figure	227
4.9.3	Les critères d'évaluation	229
5.	HYPOTHÈSE	236
5.1	Introduction	236
5.1.1	Exemples d'environnements favorisant l'action de l'utilisateur	237
5.1.2	Exemples d'environnements adaptés à la mouvance de la connaissance	240
5.1.3	Précision de notre axe de questionnement	242
5.2	Les technologies numériques appliquées au domaine des typologies architecturales	244
5.3	Des environnements numériques bipartis	248
5.3.1	Le modèle symbolique interactif	248
5.3.2	Le système génératif	251
5.4	La finalité de la modélisation informatique de systèmes typologiques	255
5.4.1	L'action de l'utilisateur	255

5.4.2 La mouvance de la connaissance	258
5.5 Types de connaissances pouvant résulter de la démarche typologique	260
5.6 Complémentarité entre rhétorique et modélisation	262
QUATRIÈME PARTIE : EXPÉRIMENTATIONS	267
6. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	268
6.1 Les méthodes qualitatives	268
6.2 La recherche-action	276
6.3 Les études de cas	281
6.3.1 Introduction	281
6.3.2 Les possibilités de restitution d'un processus typologique	285
6.3.3 Les possibilités de restitution de certaines facettes d'un savoir-faire	293
7. L'ÉLABORATION DES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES	303
7.1 La traduction d'un raisonnement algorithmique	303
7.2 Le langage de programmation utilisé	306
7.3 Démarche exploratoire en vue d'identifier la méthodologie d'élaboration du système génératif	310
7.4 Les outils utilisés	317
7.4.1 L'interface de programmation	317
7.4.2 Les outils de représentation	319
7.5 L'élaboration des environnements numériques: commentaire récapitulatif	321
8. PROCESSUS DE CONSULTATION	323
8.1 L'imbrication de deux processus complémentaires	323
8.1.1 Le processus de consultation auprès de l'apprenant	324
8.1.2 Processus de validation auprès des chercheurs	326
8.2 Des processus cycliques	327
8.3 Les <i>informants</i>	330
8.4 La collecte des données empiriques	333
8.4.1 Les modalités de la communication chercheur / apprenant	333

8.4.2 Les techniques de collecte de données	337
8.5L'alternance collecte / interprétation	342
8.6Le mode de consignation des données empiriques	344
9. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	348
9.1 Résultats de la première étude de cas	348
9.1.1 Première itération	348
9.1.2 Deuxième itération	351
9.1.3 Troisième itération	355
9.2 Résultats de la deuxième étude de cas	361
9.2.1 Première itération	361
9.2.2 Deuxième itération	365
9.2.3 Troisième itération	369
10. DISCUSSION SUR LES RÉSULTATS	376
10.1 Potentiel et limites de la modélisation	376
10.2 Potentiel et limites de la simulation	379
10.3 Réflexions sur l'action de l'utilisateur	387
10.4 Réflexions sur la mouvance de la connaissance	393
11. VERS UN MODÈLE THÉORIQUE	397
12. PISTES DE RECHERCHE	401
12.1 Une possible articulation entre démarche typologique et conception architecturale	401
12.2 L'approfondissement et la diversification de filons typologiques	409
CONCLUSION.....	416
BIBLIOGRAPHIE.....	I

Liste des figures

Figure 1. <i>La vision conventionnelle de la science versus la vision non conventionnelle.</i> (Source: Bar-Yam, 1997, p.3).....	95
Figure 2. <i>Diagramme schématisant les interrelations entre les facteurs de classification.</i>	207
Figure 3. <i>Modèle symbolique illustrant de possibles relations entre attributs intrinsèques et attributs extrinsèques.</i>	209
Figure 4. <i>Modèle symbolique illustrant le regroupement de séquences de décisions au sein d'une structure arborescente.</i>	214
Figure 5. <i>Correspondances entre champ théorique et champ empirique. (Source: Walliser, Systèmes et modèles, 1977, p.154).</i>	269
Figure 6. <i>Exemple de charpente de toiture appartenant au corpus sur lequel a travaillé Hoffsummer. Bras nord du transept, Cathédrale Notre-Dame, Laon (Aisne). (Source : Corvol, Hoffsummer et Mayer, 2002, p.10).</i>	288
Figure 7. <i>Saisie d'écran présentant la configuration de l'interface du prototype d'environnement numérique proposé dans le cadre du dernier cycle du processus de consultation de la première étude de cas.</i>	292
Figure 8. <i>Rose gothique. Cathédrale de Chartres. (Photographiée par D. Boulerice).</i>	295
Figure 9. <i>Saisie d'écran présentant la configuration de l'interface du prototype d'environnement numérique proposé dans le cadre du dernier cycle du processus de consultation de la deuxième étude de cas.</i>	300
Figure 10. <i>Séquence du processus de consultation auprès des apprenants.</i>	328
Figure 11. <i>Processus de consultation auprès des utilisateurs potentiels et processus de validation auprès des chercheurs.</i>	329
Figure 12. <i>Exemple de différentiel sémantique.</i>	341
Figure 13. <i>Première étude de cas, première itération : configuration de l'interface</i>	349
Figure 14. <i>Première étude de cas, deuxième itération: configuration de l'interface</i>	352
Figure 15. <i>Première étude de cas, troisième itération: configuration de l'interface</i>	356

Figure 16. <i>Deuxième étude de cas, première itération: configuration de l'interface</i>	362
Figure 17. <i>Deuxième étude de cas, deuxième itération: configuration de l'interface</i>	366
Figure 18. <i>Deuxième étude de cas, troisième itération: configuration de l'interface</i>	370
Figure 19. <i>Modèle théorique proposé.</i>	398

À Constance

Remerciements

Je désire dans un premier temps remercier Temy Tidafi, mon directeur de recherche. Non seulement m'a-t-il donné accès au fascinant monde de la recherche mais il a su trouver les arguments pour me convaincre d'entreprendre des études doctorales. Sans son apport, ce travail de recherche serait resté inaccompli. Je remercie également Giovanni De Paoli, pour son aide, bien sûr, mais aussi pour sa présence et son rayonnement. Ses qualités humaines font de lui une source d'énergie positive dont j'ai pu bénéficier au cours des années.

Je remercie le Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture (FQRSC) pour la bourse de recherche qu'il m'a octroyée et qui m'a permise de mener à terme mes études doctorales.

Je remercie les équipes d'historiens de l'architecture qui ont rendu possibles les études de cas sur lesquelles j'ai travaillé : Andrée Corvol, Patrick Hoffsummer et Jannie Mayer, que je ne connais pas personnellement, et Chantal Hardy, David Booth et Dominic Boulerice avec qui j'ai eu le plaisir de travailler. Je tiens ici à réitérer ma profonde admiration pour les historiens de l'architecture qui accomplissent un travail minutieux d'une valeur inappréciable; je rends hommage à la passion qui les anime ainsi qu'à leur rigueur intellectuelle. Leur apport dans ce travail de recherche est de tout premier plan puisque c'est le fruit de leur réflexion qui a alimenté la mienne.

Outre les personnes nommées précédemment, je remercie tous ceux qui ont investi du temps à relire les versions préliminaires de cette thèse pour y apporter idées et correctifs : Susan Bronson, Constance, Patrice, René et Pascale Charbonneau. Je suis également extrêmement reconnaissante envers les personnes, étudiants et professeurs, qui se sont prêtées au jeu de la simulation et ont accepté d'assumer bénévolement le rôle d'informant dans le cadre de mes études de cas. Leurs noms apparaissent en annexe.

Merci à mes collègues du GRCAO dans l'ensemble, et tout particulièrement Nada El Khoury et Ivanka Iordanova. Leur présence quasi quotidienne au sein du groupe, et le fait que nous partagions pour une grande part les mêmes préoccupations académiques et familiales, m'a aidé à ne pas ressentir la solitude du coureur de fond.

Je remercie également Arturo, Émilie et Isabel pour leur compréhension. Ils ont fait de louables efforts afin que les aléas du quotidien ne viennent pas troubler ma concentration. Sans leur collaboration, je ne serais pas arrivée à atteindre mes objectifs dans les délais que je m'étais fixé. Merci à tous.

Avant-propos

Dans le but de présenter de façon articulée la démarche effectuée dans le cadre des travaux ayant conduit à la rédaction de cette thèse doctorale, le texte est divisé en cinq parties. Une première partie identifie la thématique de la recherche; une deuxième décrit le contexte de l'étude, par le biais d'une revue de littérature, et met en relief la problématique qui sera abordée.

Dans la troisième partie, nous dressons le cadre théorique à l'intérieur duquel s'articulera notre réflexion. Cet exercice nous amène à aborder de multiples notions parmi lesquelles la cognition, l'histoire de l'architecture et l'informatique sont les plus fondamentales. Une réflexion générale sur ces domaines, bien que complémentaire à notre objet d'étude principal, est nécessaire car ils sont partie prenante du caractère interdisciplinaire nos recherche. Compte tenu du fait que notre objectif est ici d'établir une connexion entre des disciplines et non pas de faire avancer celles-ci, leur exploration est volontairement limitée. Cela dit, notre approche, soit la réciprocité modèle symbolique / système génératif, constitue une contribution originale au domaine de l'élaboration et de la diffusion de typologies architecturales assistées par des moyens informatiques.

La quatrième partie rend compte de l'approche méthodologique adoptée et décrit les expérimentations auxquelles nous avons procédé. Dans le cadre de ces dernières, des environnements numériques, basés sur l'interaction utilisateur / interface, ont été développées. Étant donné que l'interactivité homme / machine ne peut être décrite de façon entièrement adéquate par le biais de la forme textuelle, des séquences animées ont été annexées au présent document. Le lecteur pourra s'y référer à loisir afin de mieux visualiser, et éventuellement saisir, les modalités d'exploration permettant à l'utilisateur de se mouvoir au sein des environnements numériques.

La cinquième partie établit les conclusions pouvant être tirées de la présente étude et soulève de nouvelles pistes de questionnement susceptibles de contribuer à alimenter la réflexion des chercheurs œuvrant dans le domaine des typologies architecturales.

PREMIÈRE PARTIE : L'INTRODUCTION DE LA THÉMATIQUE

Introduction

L'architecture et l'informatique constituent deux disciplines aux multiples facettes; notre désir d'établir une connexité entre l'une et l'autre nous entraîne sur des chemins parfois semés d'écueils, et ce, en raison de la complexité de la première et de la rapide évolution de la seconde. Le développement d'outils numériques adaptés au domaine de l'architecture constitue l'objectif de nombre de chercheurs, sans que jamais – semble-t-il – l'objet de leur quête ne soit réellement à leur portée. En effet, force est d'admettre qu'il s'agit là d'une problématique en constante redéfinition dont les solutions, variées à l'infini, ne seront toujours que partiellement adéquates.

À l'instar de plusieurs chercheurs de tous horizons, nous nous emploierons à relever une part de ce fascinant défi, à savoir l'exploration prospective des 'bienfaits' que l'ère du numérique pourrait apporter au domaine de l'architecture. Nous chercherons à définir un apport envisageable et à évaluer la pertinence de cet apport envisagé. Nous nous intéresserons à la démarche de l'historien de l'architecture portant son regard sur le bâti ancien afin d'en faire émerger un sens, et sur celle de l'apprenant cherchant à appréhender cette signification mise en lumière par l'historien. Nous nous interrogerons sur l'aptitude de l'outil informatique à contribuer à ces processus, à les enrichir, voire à les renouveler.

Nonobstant le fait que, dans le cadre de nos travaux, nous aborderons bien davantage la notion de connaissance que celle de conception, prenons d'abord un certain recul pour embrasser un panorama global de l'impact de l'informatique sur le domaine de l'architecture dans son ensemble. Au cours des prochaines pages, nous nous proposons de commenter brièvement trois types de mise à contribution des moyens informatiques qui sont actuellement parmi les plus répandus, à savoir le recours à l'ordinateur en tant qu'outil de visualisation, en tant qu'outil de communication et en tant qu'outil de recherche. Cet exercice nous amènera ultérieurement à mettre en relief l'émergence de nouveaux axes de

réflexion et de développement, dans le domaine des outils et environnements numériques proposés au concepteur architectural.

1. Les principaux modes d'utilisation actuels

1.1 L'outil de visualisation

Depuis plus de deux décennies, un nombre sans cesse croissant de logiciels dits de 'conception assistée par ordinateur' (CAO) est disponible sur le marché. Ces outils proposent des ensembles de fonctionnalités permettant la représentation bi et tridimensionnelle de la forme architecturale¹. Ils sont fréquemment mis à contribution durant les premières phases du processus de conception, au moment où le concepteur explore différentes directions dans lesquelles pourrait se développer la solution architecturale. Habituellement, le concepteur a recours à ces logiciels afin de représenter le concept en devenir et d'être en mesure de l'évaluer visuellement, c'est-à-dire d'une façon intuitive, basée sur une expertise implicite².

De fait, ces outils numériques sont impliqués dans le processus exploratoire. Comme le font remarquer Woodbury et Burrow (2003), « It turned out that solid modeling was just enough to give designers a playground and not too much to overburden them with specifics » (p.526). Le concepteur architectural peut ainsi avoir recours à un large éventail d'entités tridimensionnelles, dans un espace virtuel, pour représenter divers assemblages de volumes et les visualiser sous différents angles. En ce sens, la modélisation 3D est analogue

¹ Il est à noter qu'au-delà du recours à la modélisation 3D, cette représentation peut également impliquer des techniques de rendus dits photoréalistes.

² Cette évaluation est effectuée par le concepteur lui-même et/ou par ses pairs.

à la fabrication de maquettes, tout en offrant la plus-value que constitue la possibilité de représenter et de ‘manipuler’ virtuellement un large éventail de primitives géométriques.

Il arrive pourtant que la gamme de formes disponibles apparaisse au concepteur comme étant trop restreinte. Dans ces cas, la recherche formelle qu’il souhaite entreprendre lui demande d’accéder à une plate-forme numérique lui offrant toute la latitude nécessaire pour laisser plus librement cours à son imagination. Il peut alors advenir qu’il se tourne, pour créer des formes géométriques non orthodoxes, vers des applications ne s’adressant pas de façon spécifique à l’architecte³ (Ibrahim 2003).

L’utilisation de ces logiciels de haut niveau implique la plupart du temps le recours à la programmation. Notons que, dans certains cas, cette habileté fait partie intégrante du champ de compétences de l’architecte, comme le démontre l’œuvre de divers concepteurs⁴. Nonobstant ces exemples, il est indéniable que le recours à la programmation demeure relativement peu répandu au sein de la pratique architecturale. Force est d’admettre que l’élaboration d’entités virtuelles impliquant la mise à contribution d’algorithmes génératifs constitue un domaine encore largement inexploré (Seebohm 2001).

En fait, nombre de concepteurs s’en tiennent à l’utilisation des fonctionnalités et primitives géométriques rendues disponibles par les interfaces des logiciels commerciaux de modélisation 3D. Le recours à ces outils, puisqu’il leur apporte la possibilité de visualiser la volumétrie du bâtiment en développement, les amène généralement à remanier le concept ou à le peaufiner. Le fait de visualiser ce qui a été représenté graphiquement peut éventuellement amener l’utilisateur vers d’autres pistes de réflexion et d’autres

³ Par exemple, l’architecte Frank Gehry a opté pour le logiciel CATIA qui a été développé pour l’élaboration de produits, et non pour la conception de bâtiments.

⁴ Par exemple, Alisa Andrasek, Mile Silver, Haresh Lalvani, Evan Douglis et Greg Lynn sont des concepteurs qui ont recours à la programmation pour développer leurs propres outils et environnements numériques.

expérimentations. Ce serait principalement pour cette raison que l'ordinateur aurait été perçu, au cours des deux dernières décennies, comme étant un outil pouvant contribuer à stimuler la pensée réflexive du concepteur (Woodbury and Burrow 2003). Or, si cette approche est encore, en ce moment, considérée comme étant légitime pour la production du projet, il semblerait, selon Porada (2002), que ce mode d'utilisation de l'ordinateur n'apporte rien dans le domaine de la création. Bien qu'il y ait en quelque sorte optimisation des modalités de la visualisation, le recours aux logiciels de modélisation 3D n'impliquerait pas nécessairement un renouvellement du processus de conception, ni un impact sur le développement des habiletés cognitives du concepteur.

1.2 L'outil de communication

Au cours de la dernière décennie, les technologies de l'information et de la communication (TIC)⁵ ont rendu possible le développement de plates-formes numériques qui ont conduit à un renouvellement des modes de communication au sein des équipes de conception. Les outils qui composent et supportent ces plates-formes sont par exemple le courrier électronique, les environnements virtuels multi-usagers, les logiciels de vidéoconférences, etc.

Messages textuels et spécifications techniques, modèles numériques et rendus photoréalistes sont échangés par le biais des divers réseaux de communication qui s'établissent : soit entre les différents membres de l'équipe de conception, de l'équipe technique vers le maître d'œuvre, du concepteur vers le client, etc. Il peut s'agir dans certains cas d'un mode de communication synchrone ; l'information est alors échangée en temps réel et le feed-back est immédiatement disponible. Dans d'autres cas, lorsque les

⁵ Ensemble des matériels, logiciels et services utilisés pour la collecte, le traitement et la transmission de l'information, définition du Grand Dictionnaire Terminologique de l'Office québécois de la langue française.

intervenants sont disponibles à différents moments, il peut s'agir d'un mode de communication asynchrone; le feedback est alors différé.

Il est clair que la possibilité de travailler à distance et/ou sur un mode asynchrone permet une optimisation de la gestion du temps et un renouvellement des modalités du travail d'équipe. Bien qu'il s'agisse là de modes de communication relativement effectifs, on peut se questionner quant à leur apport au processus de conception. Le recours à des moyens informatiques a-t-il pour effet d'optimiser le contenu du message et/ou la qualité de la transmission? En fait, les avis sont partagés au sein des chercheurs, à savoir si l'utilisation de l'un ou de l'ensemble de ces outils de communication favorise et stimule le design en collaboration.

Par exemple, Jemtrud et ses collaborateurs (2006) sont confiants que, dans un avenir rapproché, les organisations⁶ disposeront de ressources permettant aux équipes de conception de collaborer de façon effective à distance et en mode asynchrone. Dans leur enthousiasme, ils prévoient que la mise en œuvre d'outils et d'environnements novateurs représentera le début d'une ère nouvelle pour le concepteur architectural. « Real time interactivity and a more immersed and experimentally rich design process are possible », écrivent-ils (p.492). D'autres chercheurs, tels que Gül et Maher (2006), ont des attentes relativement plus nuancées ; ils considèrent que seules certaines facettes du processus de conception pourront être enrichies par des moyens informatiques, alors que les autres aspects sont, de par leur nature, plus adaptés à une interaction face à face entre les intervenants impliqués⁷.

⁶ Telles que les universités, les bureaux d'étude, les institutions, etc.

⁷ Pour une comparaison approfondie entre le potentiel de la collaboration face à face et celui de la collaboration par la médiation d'environnements numériques, voir l'étude menée par Gül et Maher (2006).

Quoi qu'il en soit, la plupart des environnements virtuels multi-usagers ayant pour mandat de permettre à une équipe de concepteurs de développer des solutions architecturales en collaboration – que ce soit par le biais du sketch, de la modélisation 3D, ou de la programmation volumique – en sont encore au stade expérimental. À ce jour, le recours aux technologies numériques à des fins de communication repose essentiellement sur le transfert de fichiers et sur la vidéoconférence. Bien que certains environnements multi-usagers expérimentaux contribuent de façon effective au développement des habiletés cognitives de l'utilisateur, il appert que, dans nombre de cas, les impacts les plus notables du recours aux TIC se situent au niveau de la vitesse de transmission et du volume de données transmises.

1.3 L'outil de recherche documentaire

Pour remplir efficacement les divers mandats qui lui sont assignés, il est indéniable que le concepteur architectural doit périodiquement compléter l'expertise acquise antérieurement, en glanant de nouvelles informations qui seront directement exploitables dans les contextes spécifiques aux différents projets dans lesquels il est impliqué. Traditionnellement, il existe de multiples méthodes⁸ pour accéder aux informations susceptibles d'étoffer les connaissances du concepteur architectural. Depuis plus d'une décennie, le recours à l'ordinateur constitue une option venant s'ajouter à cet éventail de possibilités. Dans un contexte de processus de conception architecturale, la navigation sur internet peut par exemple permettre l'obtention de spécifications techniques; via des moteurs de recherches, il y a possibilité d'accéder à des renseignements sur les matériaux de construction, les produits manufacturés, la réglementation dans le domaine du bâtiment, etc. Il est en outre possible de visualiser des précédents architecturaux, la multiplicité des

⁸ Telles que la consultation de monographies et/ou de périodiques, les cours dits de formation continue, la visite de chantiers ou de bâtiments, les échanges interpersonnels, etc.

façons de croiser les mots-clés⁹ ayant pour effet de décupler les filons susceptibles de mener à des informations pertinentes.

Par rapport à la recherche documentaire traditionnelle, la recherche assistée par ordinateur est effectuée selon d'autres modalités et une logique différente. L'un des avantages que procure l'internet est la possibilité de procéder de façon intuitive puisqu'il est loisible d'explorer un hyper-document en se déplaçant d'un nœud à l'autre par le biais d'associations d'idées. Une autre plus-value réside dans la rapidité d'obtention de l'information puisque la réponse fournie par le système informatique est disponible de façon quasi instantanée.

Or, en contrepartie de ces avantages, il existe indéniablement un problème de redondance et de prolifération des informations. Jusqu'à récemment, on évaluait le potentiel d'un moteur de recherche à l'aune de son habileté à générer une réponse quelconque. Actuellement, nous sommes confrontés au fait que la plupart des moteurs de recherche 'régurgitent' une trop grande quantité d'information, problème dépendant non pas de la puissance de l'outil mais plutôt de la précision avec laquelle l'utilisateur est habilité à lui transmettre des directives (Veltman 2000).

Il apparaît en outre que la recherche d'informations techniques et de précédents architecturaux par le biais de la navigation sur internet n'est pas nécessairement efficace. La séquence des hyperliens sélectionnés par l'internaute peut l'amener à faire des découvertes intéressantes mais, inversement, peut le faire dériver hors-sujet. Comme le remarquent Ahmed et Blustein (2005), «A large information space such as the World Wide Web can simultaneously disorient, confuse and distract the information seekers during navigation. » (p.283).

⁹ Mots-clés relatifs par exemple aux fonctions des bâtiments, aux noms d'architectes, aux données temporelles, aux lieux géographiques, etc.

En conséquence, il est possible de rassembler des informations plus variées et/ou plus abondantes que par le biais de la recherche documentaire classique, quoique pas nécessairement de meilleure qualité¹⁰. Malgré des avantages évidents en termes de quantité des informations colligées et de rapidité avec laquelle l'outil répond à la requête, on peut se questionner quant à l'optimisation du résultat de la recherche. En effet, un impact positif sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur se produit si – et seulement si – la recherche documentaire assistée par ordinateur permet de rassembler, au moment opportun et dans des délais raisonnables, des informations plus pertinentes que celles obtenues par le biais de la méthode traditionnelle.

1.4 Vers un impact qualitatif?

Si nous effectuons un bref retour sur ce qui a été signalé dans les sections précédentes, nous constatons ce qui suit : d'une part, le recours à des logiciels dits de CAO peut contribuer à étayer le processus d'idéation par le biais d'une optimisation des itérations 'évaluation intuitive / modifications du concept'. Le recours aux TIC, quant à lui, rend possible une redéfinition des modalités de communication au sein des équipes chargées respectivement de concevoir, d'évaluer et de réaliser le projet. En ce qui a trait à la navigation sur internet, elle peut permettre l'obtention d'informations aptes, dans certains cas, à contribuer à l'enrichissement d'une base de connaissances susceptible d'être mise à contribution durant un processus de conception.

Ces trois types d'utilisation offrent une plus-value en termes d'optimisation des processus de visualisation, de communication et de recherche d'informations. Puisqu'il semble qu'on capitalise prioritairement sur l'efficacité, la rapidité et la quantité, il est

¹⁰ Certaines des informations présentées ne proviennent pas de sources fiables. Notons également le problème de la désuétude des informations lorsque les mises à jour ne sont pas opérées de façon efficace.

permis d'affirmer, pour paraphraser Kalay (2004), que les technologies de l'information ont eu jusqu'à maintenant relativement peu d'impacts 'qualitatifs' sur la pratique de l'architecture.

Globalement, dans les domaines de la conception, on remarque que l'émergence des outils numériques a eu une incidence moins marquée en architecture que dans des secteurs tels que le design industriel et le génie. Dans ces domaines, le support informatique rend maintenant possible l'élaboration et la manipulation de représentations virtuelles beaucoup plus sophistiquées que la seule description graphique. Il y a par exemple possibilité d'élaborer des modèles de véhicules ou d'appareils électroniques et de les soumettre à toute une gamme d'évaluations qui aident le designer ou l'ingénieur à optimiser le produit avant l'étape de fabrication. Aujourd'hui, au sein de ces disciplines, la plupart des innovations sont réalisées par le biais de l'utilisation expérimentale des technologies numériques (Buurman 2005). En effet, le recours à celles-ci semble avoir engendré un renouvellement des processus de conception, puisque l'ordinateur génère et met en relation des informations qui contribuent à étoffer la démarche réflexive du concepteur et à enrichir son expertise.

En ce qui a trait au domaine de l'architecture, la question demeure toutefois ouverte, à savoir dans quelle mesure l'ordinateur contribue à un renouvellement des processus de conception et constitue un outil d'aide à la réflexion pour le concepteur. Comparativement aux attentes manifestées par les designers et ingénieurs¹¹, il semblerait que la demande exprimée par les architectes en matière d'applications numériques ait été relativement velléitaire, échouant ainsi à stimuler le marché à produire des logiciels haut de gamme qui leur soient spécifiquement destinés (Burry 2005).

¹¹ Par exemple dans les domaines de l'aéronautique, de l'automobile, de la marine, etc.

Il est indéniable que l'émergence de l'informatique a eu un impact majeur sur les façons de faire et sur l'environnement de travail du concepteur architectural, ce qui a eu pour effet d'entraîner une mutation du type de tâches à accomplir, des façons de structurer la pensée, des différentes modalités de la communication, etc. On peut toutefois, à l'instar de Porada (2002), considérer les modes d'utilisation actuellement les plus répandus comme ne tirant pas pleinement profit du potentiel de l'ordinateur. Effectivement, en général, le mandat des outils proposés au concepteur n'est pas axé sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur par le biais de processus tels que la comparaison entre diverses alternatives, l'établissement de connexions significatives entre des informations, la validation d'hypothèses, etc.

Comme Kalay (2004) le fait remarquer, de nos jours les solutions architecturales sont encore élaborées manuellement, pratiquement de la même façon qu'au cours des cinq cents dernières années. Dans bien des cas, le processus de conception architecturale assistée par ordinateur apparaît comme une transposition du processus impliquant l'utilisation du papier et du crayon; on utilise souvent les outils informatiques de la façon dont on se servait des outils traditionnels¹² pour la représentation graphique du projet 'conçu à la main', l'ordinateur faisant en quelque sorte office de table à dessin.

Bien qu'il soit indéniable que l'avènement de l'ère du numérique ait eu des retombées positives sur la pratique de l'architecture, celles-ci sont possiblement limitées par le fait que l'on tente d'optimiser des processus calqués sur des façons de faire qui existaient bien avant l'avènement de l'informatique; on a en quelque sorte cherché à bonifier les pratiques existantes. Lorsque le champ du possible s'élargit, il est tout à fait justifié d'entreprendre le processus exploratoire en s'inspirant de l'existant. L'important, nous semble-t-il, est de rester conscient du fait que l'informatique constitue un domaine

¹² Règle, équerre, compas, etc.

encore extrêmement jeune, dont le potentiel demeure largement inexploré. Dans ce contexte, chercheurs et développeurs ont tout intérêt à rester ouvert à un renouvellement des pratiques pouvant potentiellement résulter de l'exploration prospective des 'bienfaits' que l'ère du numérique pourrait apporter au domaine de l'architecture.

Or d'après Anders (2000), tel ne serait pas le cas; il considère que non seulement nous n'avons pratiquement aucune idée de ce que l'ordinateur a à offrir, mais également que nous nous complaisons dans des modes d'utilisation limités par la pauvreté de notre imagination. Il résume son opinion de la façon suivante:

« I believe that most of the design work done using computers uses them as tools. We have our intentions, and our computer helps us execute them. We use them as if all they could do is to carry out our commands: as slaves. [...] They just do what we want, amplifying some aspect of our behavior. » (p.7)

Une modification de l'optique sous laquelle nous percevons l'outil numérique pourrait nous amener à considérer l'ordinateur non pas comme un 'esclave' mais plutôt potentiellement comme un interlocuteur dont le rôle n'est plus de 'servir' mais plutôt de stimuler l'intellect de l'utilisateur, de contribuer à enrichir des facultés telles que, par exemple, la compréhension et la créativité.

Selon Jonassen, Peck et Wilson (1999), l'impact que l'informatique peut potentiellement avoir sur un domaine de compétences donné est étroitement lié à l'effet qu'il est apte à produire sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur. Ce ne serait que dans la mesure où l'outil informatique permet à l'individu de tester des hypothèses, de comparer des alternatives et d'établir des connexions significantes entre des informations, qu'il pourrait véritablement y avoir un renouvellement de certaines facettes du processus de conception. Dans cette optique, il s'agirait de favoriser au sein de la pratique architecturale une évolution des mentalités, à l'instar des mutations que le recours aux outils informatiques a rendu possibles dans des domaines impliqués en conception spatiale, tels que le design industriel et le génie (Porada 2002).

Ce changement de paradigme pourrait éventuellement entraîner un élargissement de la portée du recours à l'outil informatique, allant de l'impact quantitatif vers l'impact qualitatif. Ce que nous entendons par impact qualitatif ne consiste pas en une augmentation de la qualité de la résultante du processus de conception puisqu'il est clair que nul critère ne permet de porter un jugement non équivoque, impartial et unanime sur la valeur d'une solution architecturale. Il s'agit plutôt de rehausser la qualité des divers processus concomitants de l'élaboration de solutions architecturales : processus d'enrichissement de la base de connaissances, processus de diversification du répertoire d'images, processus exploratoire visant à la comparaison de solutions alternatives, etc. Dans cette optique, la finalité du recours à des moyens informatiques ne serait pas de procéder plus rapidement, ni d'avoir moins d'efforts à investir pour atteindre un résultat escompté, mais plutôt d'entreprendre une démarche plus stimulante et/ou caractérisée par un résidu cognitif plus consistant et d'une pertinence accrue.

Dans ce contexte, nous nous posons la question suivante : au-delà de l'outil de visualisation, de communication et de recherche documentaire, de quelles autres façons – et dans quelle mesure – l'ordinateur peut-il entraîner un renouvellement des processus cognitifs propres à la démarche du concepteur architectural ? En d'autres termes, le recours à l'informatique pourrait-il faire en sorte que le concepteur architectural en vienne éventuellement à réfléchir, créer et/ou apprendre différemment ?

Le prochain chapitre nous amènera à commenter diverses avenues explorées par des équipes de chercheurs ayant tenté de transcender les limitations inhérentes à l'utilisation que le concepteur architectural fait actuellement de l'ordinateur. Depuis plus de deux décennies, il y a en effet émergence de multiples axes de réflexion dans des directions inédites; nombre de chercheurs se sont employés à explorer de nouvelles pistes permettant de diversifier les impacts que le recours aux moyens informatiques pourrait avoir sur le domaine de l'architecture, et ce, tant au niveau de la pratique professionnelle que de l'enseignement.

Dans ce contexte, nous proposons une brève revue de littérature qui nous amènera à mettre en relief la diversité des approches développées. Nous identifierons ainsi certains des moyens mis en œuvre pour implémenter des environnements et outils numériques axés sur un renouvellement des processus concourant à l'élaboration de solutions architecturales.

DEUXIÈME PARTIE : LE CONTEXTE À L'ÉTUDE

2. La revue de littérature

« [...] research is never solitary. Even when you seem to work alone, you walk in the footsteps of others, profiting from their work, their principles and practice. »

(Booth, Colomb et Williams, 1995, p.71)(Booth, Colomb et al. 1995)

Kalay (2004) identifie, dans le domaine de l'architecture, quatre principales raisons au fait que l'on ne tirerait pas pleinement profit du potentiel de l'informatique. Ces facteurs sont les suivants :

- le conservatisme des professionnels,
- la pauvreté des fonds alloués à la recherche,
- l'absence d'une tradition de recherche rigoureuse et de bases scientifiques et
- la complexité de la discipline.

Les deux premiers éléments de cette liste réfèrent à des états de fait qui évolueront probablement à moyen terme. Les divers congrès et colloques¹³ ainsi qu'un foisonnement de publications spécialisées témoignent, depuis plusieurs années, de l'émergence progressive d'un intérêt pour la recherche sur les applications informatiques dans le domaine de l'architecture; on s'intéresse de plus en plus à l'élaboration et à la mise en œuvre d'outils et d'environnements numériques d'aide à la conception et à l'enseignement. Il nous apparaît que, de cet intérêt accru, sont susceptibles de découler une évolution des mentalités ainsi qu'une augmentation des fonds alloués.

En ce qui a trait à l'établissement d'une tradition de recherche, on constate qu'il arrive maintenant que l'on s'emploie à favoriser, dans les milieux académiques, le développement des aptitudes de chercheur chez le futur concepteur architectural. Cette sensibilisation est parfois menée à bien par le biais de ce que Seebomh (2001) appelle les *tools building courses*. Il s'agit de curriculums axés non seulement sur la maîtrise des outils

¹³ Tels que CAAD Futures, eCAADe, ACADIA, SiGraDi, etc.

logiciels, mais également sur une initiation aux langages de programmation. Le fait de programmer constitue pour l'étudiant un moyen efficace d'apprendre à anticiper les comportements de la machine, ainsi qu'une opportunité de tester ses limites (Pouts-Lajus et Riché-Magnier, 1998). L'acquisition de ce type de compétences permet à l'apprenant de développer une attitude proactive; elle enrichit sa faculté d'adapter les outils existants, voire d'en développer de nouveaux¹⁴. Bien qu'il soit prématuré de parler ici d'une tradition de recherche, on observe néanmoins les premières manifestations d'une vitalité nouvelle qui devrait progressivement amener le concepteur architectural à s'approprier le nouvel instrument de travail qui est mis à sa disposition, pour le façonner à sa convenance et selon ses besoins.

Dans le cas du dernier élément cité par Kalay (2004), soit la complexité de la discipline, on peut présumer que cet aspect n'évoluera pas. Il s'agit en effet d'une caractéristique inhérente à la pratique architecturale. De là les réserves de Farel (1991) qui considère l'expression 'conception assistée par ordinateur' comme étant un abus de langage; il serait selon lui hautement improbable que nous arrivions un jour à développer des outils permettant une transposition numérique du processus de conception,

« [...] car la complexité [et] le foisonnement de contradictions provoquent nécessairement des ruptures dans la chaîne cartésienne du raisonnement. D'où l'indispensable existence de choix intuitifs, fruits de l'expérience mémorisée par le concepteur, de courts-circuits de la pensée, d'actes créateurs non toujours explicables. » (p.72)

¹⁴ Oppenheimer T. (1997) insiste sur l'importance de maîtriser les langages de programmation pour ne pas demeurer captif des logiciels commerciaux. Le fait de ne pas chercher à s'approprier les outils numériques de façon active équivaut pour lui à un renoncement: « If you think of some new way to do or look at things and the software can't do it, you're stuck. So a lot of people think "Well, I guess it's a dumb idea, or it's unnecessary ».

Les développeurs d'applications informatiques s'adressant au concepteur architectural doivent donc nécessairement – et devront toujours – tenir compte de cette complexité qui ne sera jamais assujettie à la rigueur d'un raisonnement cartésien¹⁵. Les uns prétendront qu'elle constitue une entrave au développement d'outils numériques, les autres considéreront qu'il s'agit là d'un défi supplémentaire pour le chercheur. Quoi qu'il en soit, une myriade d'idées nouvelles semble actuellement pousser les développeurs à approfondir diverses pistes de recherche ou à s'engager sur des avenues encore inexplorées, de sorte que l'on assiste à l'émergence simultanée d'une large variété d'outils et d'environnements numériques.

Dans le cadre de la présente revue de littérature, nous nous intéressons spécifiquement, comme nous l'avons mentionné plus haut, à la recherche sur les applications numériques aptes à contribuer au développement d'habiletés cognitives servant d'assise au processus de conception. En d'autres termes, nous porterons notre attention sur les diverses façons qui nous sont proposées pour mettre l'outil informatique à contribution afin d'étayer – ou de renouveler – certains processus qui se situent en amont (ou en parallèle) du processus de conception en tant que tel, soit les processus d'enrichissement de la base de connaissances et de diversification du répertoire d'images. Nous passerons ainsi en revue certains outils et environnements numériques élaborés dans l'optique d'enrichir la phase préparatoire du processus de conception, c'est-à-dire la période durant laquelle l'individu assemble des informations, acquiert des connaissances et/ou visualise des alternatives¹⁶.

¹⁵ Nous reviendrons sur la notion de complexité au chapitre 4, section 8.

¹⁶ On peut considérer que cette période précède la phase d'incubation durant laquelle ces images, informations et connaissances mûrissent dans l'esprit du concepteur et la phase d'illumination durant laquelle l'idée, le concept, surgira. Tel est le découpage proposé par Wallas (1926), la dernière phase du processus créatif étant celle de la vérification de la pertinence du concept.

Nous ne prétendons pas inventorier exhaustivement les travaux de recherche dans ce domaine; il serait en effet illusoire de penser aborder la totalité des approches qui ont été explorées dans cette optique durant les dernières décennies. Nous chercherons uniquement à retracer différentes orientations qui, au cours des années, ont inspiré les chercheurs et ont débouché sur de nouveaux axes de réflexion. Ces approches seront commentées dans le but d'arriver ultérieurement à en comparer les potentiels et limitations sur le plan du développement des habiletés cognitives du concepteur architectural.

Pour organiser de façon méthodique et cohérente la revue de littérature présentée ci-dessous, nous établirons une distinction entre le savoir technique, la créativité et la culture du concepteur architectural. Dans cette optique, une première section portera sur les outils et environnements numériques ayant pour mandat de contribuer au processus d'enrichissement de la base de connaissances techniques du concepteur; nous aborderons les systèmes experts, les logiciels de simulation et les environnements d'apprentissage. Une deuxième section portera sur les environnements ayant pour mandat de contribuer à l'enrichissement de la créativité par le biais d'un processus de diversification du répertoire d'images; nous aborderons les répertoires de cas précédents, les systèmes génératifs, les grammaires de formes et les bibliothèques d'objets. Une troisième et dernière section portera sur les applications informatiques ayant pour mandat de contribuer à enrichir la culture du concepteur architectural, c'est-à-dire visant à aiguïser la perception qu'a l'utilisateur de la position qu'il occupe dans le processus global de conception et d'évolution du cadre bâti¹⁷; nous aborderons les environnements numériques pouvant être visualisés, ceux pouvant être explorés et ceux pouvant être interrogés.

¹⁷ Dans le but ultime de lui permettre d'arriver à développer un sens critique.

2.1 L'enrichissement de la base de connaissances techniques

2.1.1 Les systèmes experts

On peut considérer qu'à l'aube de l'ère informatique, les premières applications numériques n'avaient pas pour mandat d'accompagner le concepteur architectural dans sa démarche, mais plutôt de prendre en charge un segment du processus de conception. Du moins, tel semble être le cas pour les systèmes experts. De façon globale, l'élaboration de ces outils est basée sur la modélisation des connaissances devant être mises à contribution pour solutionner un problème de conception spécifique¹⁸. Au moyen d'informations symboliques, on traduit les concepts et les règles que l'expert d'un domaine donné manipule lorsqu'il raisonne (Clerget, 1991). Il s'agit en fait pour le développeur du système expert de transposer en langage informatique des règles mathématiques et/ou des lois physiques afin de développer des outils permettant de solutionner automatiquement des problèmes, par le biais de l'application d'algorithmes. On considère que l'outil informatique offre ainsi à l'utilisateur l'accès aux connaissances du spécialiste.

Les tout premiers systèmes experts avaient pour mandat de solutionner des problèmes de conception prédéfinis; ils généraient la meilleure solution architecturale en fonction d'un critère de performance donné. Il s'agissait, par exemple, de systèmes informatiques dont la finalité était de générer un plan dans lequel un groupe d'espaces était réparti de manière à minimiser la quantité de circulation entre les pièces (Whitehead et Eldars, 1965), ou de systèmes aptes à générer automatiquement un plan de logement dans une optique de rentabilité économique (Luckman 1967).

¹⁸ Par exemple dans les domaines de la structure, de l'acoustique, du transfert thermique, etc.

Le développement de ce type d'outil reposait sur le paradigme suivant : pour tout problème de conception, il existe une solution optimale et c'est précisément ce que l'utilisateur désire obtenir. « Nul ne se contentera du bon ou du mieux s'il peut obtenir le meilleur », écrivait Herbert A. Simon, en 1969¹⁹. Dans ce contexte, on considérait que, pour chaque cas de figure envisageable, il existait une procédure à suivre. Les ensembles de règles traduites sous forme d'algorithmes étaient ainsi appliqués dans le but de résoudre un problème de façon considérée comme étant optimale.

Ces systèmes visaient à mettre à la disposition de l'utilisateur les connaissances techniques d'un 'expert'. Celles-ci étaient détenues par le spécialiste en question, d'une façon que l'on pourrait qualifier de non équivoque; elles reposaient sur un type de règles qui étaient considérées comme étant immuables et universellement acceptées, parce que basées essentiellement sur les mathématiques ou sur la physique. En ce sens, on peut considérer qu'il s'agissait là d'une approche fondée essentiellement sur l'objectivité. On remarque que, jusqu'à la fin des années 1980, il y a développement de nombre de systèmes experts reposant sur cette vision, que ce soit pour générer des solutions partielles²⁰, ou pour assister l'utilisateur dans une démarche vérificative²¹.

Les décennies qui suivent l'élaboration des premiers systèmes experts amènent progressivement une certaine désillusion de la part des utilisateurs, comme le font remarquer en rétrospective Janssen et ses collaborateurs (2002) :

¹⁹ «The sciences of the artificial», traduction de Jean-Louis LeMoigne, 1974.

²⁰ Telles que la génération de détails de construction. Voir par exemple les travaux de Mitchell et Radford (1987).

²¹ Telle que la vérification de la conformité du bâtiment proposé, en regard du code de prévention des incendies. Voir par exemple les travaux de Hosking et de ses collaborateurs (1987).

« As a result of the growing computer capabilities since the 1960's, automated design engendered a great number of expectations. Unfortunately, most of these expectations were not met. With hindsight, it seems clear that machine intelligence had been overestimated and the complexities of the design process had been underestimated. » (p.121)

Une conscience accrue de la complexité du processus de conception débouche sur une prise en considération des aspects incompatibles avec le modèle de rationalité technique, ces aspects étant l'incertitude, l'instabilité, l'unicité et les conflits de valeurs (Schön, 1983). On délaisse ainsi progressivement l'idéal de la solution unique générée par la machine et résolvant de façon optimale un problème de conception. Le recours extensif à des systèmes experts, et la créance 'aveugle' en l'infailibilité du résultat généré, sont remis en question. Il y a prise de conscience au fait qu'il s'agit là d'une attitude restreignant l'activité de l'architecte durant la phase conceptuelle, son action se résumant à la résolution de problèmes de construction, d'économie, de distribution d'espaces (etc.). Dans les faits, cette posture revient à signer la disparition de l'architecte au profit du technicien, ce qui, bien évidemment, peut entraîner de graves répercussions sur la qualité du bâti (Farel, 1991).

À la fin des années 1980, Winograd et Flores (1989) s'emploient à mettre en garde les utilisateurs de systèmes experts; selon ces chercheurs, il s'avère essentiel de reconsidérer l'idéal de l'expert connaissant objectivement son domaine en fonction de l'importance du contexte. De l'unicité de ce contexte découle indéniablement un facteur d'incertitude. De là l'appétence du concepteur à assumer un rôle actif, c'est-à-dire à mettre à profit son expertise, à agir en tant que décideur dans le cadre du processus de conception assistée par ordinateur.

Ainsi, les années 1990 marquent la fin de ce que l'on pourrait appeler 'l'âge d'or des systèmes experts'. Au cours de la prochaine sous-section, nous commenterons divers environnements numériques développés subséquentement. Ces derniers offrent au concepteur architectural la possibilité d'avoir recours aux connaissances d'un spécialiste,

tout en appliquant sa propre expertise, et ce, dans des contextes caractérisés par la complexité et l'unicité.

2.1.2 Les logiciels de simulation

Au cours des années 1990 et 2000, on assiste au développement d'un nombre croissant d'applications numériques permettant à l'utilisateur d'interagir avec une situation impliquant un conflit de valeurs. On ne cherche plus à générer une solution considérée comme étant optimale; désormais, il ne s'agit plus de *résoudre* un problème mais plutôt d'*explorer* des possibilités. À la limite, on pourrait dire qu'une mutation se fait ici, de la notion d'outil vers celle d'environnement ou d'assistant.

La primauté des règles mathématiques et des lois physiques s'estompe progressivement. L'exploration de l'environnement numérique a pour finalité d'arriver à une solution architecturale non seulement viable mais qui, en outre, satisfasse le concepteur. La prise en considération de l'idiosyncrasie de l'utilisateur apparaît dès lors comme étant cruciale puisque la solution architecturale élaborée doit être perçue par l'individu comme étant adéquate en regard des critères esthétiques qu'il privilégie. Comme le fait remarquer Mitchell,

« We should not look for a universal definition of aesthetic value in terms of particular formal qualities, but should recognise instead that different people, at different times, will seek and value different formal qualities in composition. » (1990, p.33)

Le concepteur est donc considéré comme étant libre arbitre des décisions qu'il prend et des solutions qu'il choisit de considérer comme étant optimales, compte tenu de ses valeurs et références. À partir de ce moment, on commence à miser sur l'établissement d'un 'dialogue' entre le concepteur et l'assistant numérique, en vue de l'élaboration d'une solution qui apparaisse adéquate tant au niveau technique qu'au plan esthétique.

Actuellement, on remarque en effet un intérêt marqué de la part des chercheurs pour le développement de logiciels de simulation basés sur la rétroaction, et permettant l'implication de l'utilisateur. Par exemple, Caldas et Norford (2003) ont élaboré un environnement numérique proposant des solutions architecturales mettant l'accent sur la performance de deux critères d'évaluation, de façon simultanée²². À partir de l'input de l'utilisateur, le système génère différentes solutions architecturales alternatives dans lesquelles les critères sont mis en parallèle²³. Toutes les alternatives sont présentées à l'utilisateur afin qu'il puisse les comparer entre elles. Le concepteur en vient ainsi à sélectionner une option pouvant être adaptée de façon à lui convenir, ou il sera éventuellement amené à reformuler le problème.

Pal et Papamichael (2000) ont développé un logiciel de simulation dans la même veine. Cette fois, le mandat de l'environnement est de renseigner l'utilisateur sur la performance de la solution qu'il propose²⁴. Le concepteur a ensuite la possibilité de modifier la morphologie de la solution, afin de tester l'impact de ces modifications sur la performance des critères d'évaluation.

Dans les travaux de ces chercheurs (Caldas et Norford, 2003; Pal et Papamichael, 2000), tout comme dans ceux de Kouzeleas (2004) portant sur les corrélations existant entre l'acoustique et la forme architecturale, ou ceux de Scheurer (2005) portant sur la simulation de systèmes structuraux, il s'agit d'amener l'utilisateur à saisir les impacts de la

²² Il s'agit de l'éclairage naturel et du rendement énergétique.

²³ L'utilisateur fournit au système informatique des indications concernant le nombre d'espaces et les contraintes en matière de dimensions et de proximités, mais sans toutefois indiquer la géométrie de ces espaces. Suite au processus génératif, il y a évaluation quantitative des alternatives proposées, classification des options par ordre de performance, et identification de ce qui apparaît comme étant le meilleur compromis.

²⁴ Ici, le concepteur architectural doit spécifier la géométrie du bâtiment en attachant une valeur sémantique à chacune des entités volumétriques constituées.

morphologie du bâtiment sur le rendement des aspects techniques. En somme, dans ces divers exemples, qui semblent représentatifs des nouvelles tendances observables, l'assistant informatique communique à l'utilisateur les répercussions des gestes qu'il a posés. Puisque ces informations feront éventuellement réagir l'individu, le concept est élaboré ici par le biais d'un processus itératif impliquant un 'dialogue'.

Dans le cadre de l'utilisation de logiciels de simulation de ce type, il s'agit pour l'utilisateur d'entamer une réflexion afin de poser des choix parmi des ensembles d'alternatives. La contribution que le concepteur apporte à la situation concourt à la signification qu'il lui donne; face à un conflit de valeurs, il opte pour telle ou telle alternative et en assume en quelque sorte la responsabilité. Puisque l'individu est amené à développer des stratégies pour gérer les conflits de valeurs, on peut considérer que l'environnement numérique contribue à étayer sa pensée réflexive.

Ainsi, le logiciel de simulation formalise le savoir du spécialiste, tout en laissant à l'utilisateur le soin de développer son propre raisonnement (Seebohm, 2001). On peut présumer qu'à force d'effectuer des simulations, le concepteur en vient à appréhender les relations causales et finit par établir des corrélations entre les caractéristiques formelles de la solution architecturale et le rendement au niveau technique. Dans ce cas, le concepteur est en mesure d'acquérir une connaissance empirique, sans avoir à mémoriser et à appliquer des règles et des lois qui sont étrangères à son propre champ de compétences²⁵.

On peut donc présumer que, comparativement aux systèmes experts de première génération, il y a un impact plus marqué sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur parce que ce dernier est amené à discerner, et éventuellement comprendre, des relations causales.

²⁵ Par exemple, dans les domaines de l'énergie, de l'acoustique, de l'éclairage, de la ventilation, de la structure, etc.

« Simulation is becoming increasingly user-friendly allowing the architect to assume control and develop integrated designs incorporating the constraints of other disciplines. [...] Without simulation software, architects are tempted to ignore or deal with many issues only metaphorically. With the development of increasingly user-friendly analysis programs, these specialist domains are becoming useable by architects familiar with these domains but not themselves specialists. » (Seebohm, 2001, p.182)

Alors que le système expert prenait en charge un segment du processus de conception, le logiciel de simulation rend possible un processus exploratoire qui, à la limite, revêt un aspect ludique²⁶. En somme, on peut considérer que les aspects fondamentaux qui caractérisent le logiciel de simulation sont d'une part la diversification du feed-back proposé à l'utilisateur et, d'autre part, l'introduction de l'interactivité. Ici, ce qui importe, ce n'est pas exclusivement la réponse générée par la machine, mais également la perception que l'utilisateur en a, ainsi que les choix et actions découlant de cette perception.

2.1.3 Les environnements d'apprentissage

Notre objectif de dresser un panorama global des applications numériques visant à l'enrichissement des connaissances techniques du concepteur nous amène en dernier lieu à aborder brièvement les environnements d'apprentissage. Dans le cadre de cette sous-section, nous nous intéresserons aux travaux de chercheurs qui élaborent et mettent à l'épreuve des environnements numériques conçus dans le but d'amener l'utilisateur à développer des habiletés autres que celles reliées à l'évaluation des aspects techniques du bâtiment.

Certains environnements permettent au concepteur de mieux tirer profit du potentiel de l'outil informatique dans le cadre du processus de communication du concept

²⁶ Nous reviendrons sur la notion de simulation au chapitre 4, section 4.2.4.

architectural²⁷. Dans certains cas, comme dans les travaux de Angulo (2006)²⁸, le mandat de l'assistant numérique se limite à fournir des séquences d'instructions que l'utilisateur applique en vue de compléter des séries d'exercices qui l'amèneront à maîtriser les fonctionnalités propres à l'interface d'un logiciel spécifique. Les résultats de ces exercices sont ensuite évalués par le système, ce qui amène l'utilisateur à retravailler les aspects qui n'ont pas été assimilés adéquatement et à affiner sa perception des mécanismes qui sont en jeu pour l'exécution de la tâche à accomplir.

Au-delà de la notion de tutoriel²⁹, il y a émergence d'environnements d'apprentissage en collaboration pour le développement d'habiletés techniques de haut niveau³⁰. Ce type d'approche est basé sur l'interaction non seulement avec l'assistant numérique, mais également avec d'autres individus impliqués dans le processus d'apprentissage.

Par exemple, dans le cas de l'initiation à des langages de programmation³¹, l'utilisateur est amené à développer des scripts, ce qui a pour effet d'activer deux types de boucles de rétroaction : d'une part, les scripts sont compilés par le système en vue d'afficher un résultat, ou encore de communiquer à l'utilisateur la nature des anomalies rencontrées, ce qui amène l'individu à retravailler les aspects qui n'ont pas été assimilés

²⁷ Les logiciels permettant la génération d'images de synthèse étant ici perçus comme outils d'aide à la communication.

²⁸ Angulo a développé et testé des environnements dont le mandat est d'amener l'individu à optimiser l'utilisation qu'il fait des fonctionnalités permettant de réaliser des animations 3D.

²⁹ Programme de présentation qui guide l'utilisateur dans l'apprentissage et la mise en œuvre d'un matériel ou d'un logiciel (Définition de l'Office Québécois de la langue française).

³⁰ Notre intérêt porte ici de façon spécifique sur l'acquisition d'un vocabulaire et sur la compréhension des règles syntaxiques d'un langage symbolique donné.

³¹ Le langage de programmation est ici perçu en tant qu'outil apte à contribuer au développement du concept architectural.

adéquatement et à affiner sa perception de la sémantique et de la syntaxe du langage. D'autre part, ces scripts seront repris et éventuellement enrichis par les autres apprenants impliqués dans le processus d'apprentissage (Grasl et coll., 2006). L'utilisateur est ainsi en mesure de collaborer avec ses pairs, de façon synchrone ou asynchrone, et d'évaluer les résultats de cette collaboration dans un environnement virtuel tridimensionnel.

Tous ces environnements d'apprentissage sont basés sur la rétroaction de l'utilisateur, lorsque mis en contact avec la résultante des actions posées. On note cependant que, par rapport au tutoriel, l'environnement multi-usagers suscite un élargissement de la portée de l'outil numérique. En effet, comparativement à l'output généré exclusivement par la machine, le facteur humain introduit un élément d'imprévisibilité et de diversification qui vient découpler la richesse du feed-back.

2.1.4 L'incidence des nouvelles technologies sur l'enrichissement de la base de connaissances : commentaire récapitulatif

Les processus d'acquisition de connaissances techniques mettant à contribution des moyens informatiques sont essentiellement basés sur la notion de feed-back. Nous avons été amenés à mettre en relief le potentiel marqué des logiciels de simulation et des environnements d'apprentissage multi-usagers. Dans un cas comme dans l'autre, la démarche de l'utilisateur est basée sur l'enrichissement de processus réflexifs, la notion d'interactivité étant au cœur des approches développées. L'assistant numérique a pour mandat de favoriser, en un mouvement spéculaire, le retour de la pensée sur elle-même, ce qui contribue éventuellement à développer ou à étayer certaines habiletés cognitives chez le concepteur architectural.

Les équipes de chercheurs dont il a ici été question ont œuvré à démontrer qu'il était possible d'avoir recours à des moyens informatiques pour appuyer une démarche exploratoire dont la finalité est d'enrichir la compréhension. Les environnements qu'ils ont

élaborés favorisent, dans des mesures variables, l'enrichissement de la pensée de haut niveau. Celle-ci permet d'une part d'envisager de multiples solutions ou scénarios et d'en comparer les coûts et bénéfices et, d'autre part, implique un jugement nuancé et une interprétation prenant en considération de multiples critères qui sont parfois contradictoires (Resnick, 1987).

Dans le cadre du développement de ces environnements numériques, l'accent est mis sur une autorégulation des mécanismes de la pensée, ce qui ne va pas sans rappeler les théories *piagésiennes*. En effet, le processus exploratoire mené par l'utilisateur sollicite deux mécanismes cognitifs complémentaires: d'une part l'assimilation, c'est-à-dire l'incorporation d'un nouvel élément au schème déjà existant chez l'individu et, d'autre part, l'accommodation, c'est-à-dire la modification des schèmes existants afin d'y intégrer le nouvel élément. Dès lors, on peut considérer que le recours aux logiciels de simulation et environnements multi-usagers permet à l'utilisateur d'être maître de ses apprentissages puisqu'il peut gérer lui-même les oscillations assimilation / accommodation ; ce n'est que lorsque les nouveaux éléments sont jugés adéquatement intégrés que l'utilisateur songera à tenter d'appréhender une autre facette des savoirs mis à sa disposition.

2.2 La diversification du répertoire d'images

Nous aborderons maintenant les environnements numériques ayant pour mandat de stimuler la créativité du concepteur architectural par la diversification de son répertoire d'images. Il semblerait que, dans le cadre d'un processus créatif, un rôle important soit joué par les images qui ont déjà produit une forte impression sur le sujet, pour ensuite être en quelque sorte 'oubliées'. En effet, par le biais d'associations d'idées, ces images refont

subrepticement surface, sous une forme altérée, lorsque sollicitées par l'imagination face à de nouveaux contextes (Sekler, 1967)³².

Depuis des siècles, la formation de ces 'empreintes' dans l'esprit du concepteur architectural a indéniablement découlé d'une diversité de sources telles que l'observation du cadre bâti existant, la consultation d'ouvrages illustrés, le tracement d'esquisses, etc. Or, depuis quelques décennies, l'élaboration et l'appréhension d'images nouvelles peuvent également résulter de l'exploration d'environnements numériques, permettant ainsi au concepteur architectural d'avoir recours à ce que Lévy (1990) appelle 'l'imagination assistée par ordinateur'.

Dans la présente section, nous passerons brièvement en revue quatre approches qui, à notre sens, mettent en relief le potentiel de l'ordinateur pour la diversification du répertoire d'images; il s'agit des index de cas précédents, des systèmes génératifs, des grammaires de formes et des librairies d'objets.

2.2.1 Les index de cas précédents

L'élaboration d'index de cas précédents consiste à répertorier des solutions architecturales existantes, en vue de permettre ultérieurement leur adaptation à de nouveaux contextes. Cette approche favorise chez l'utilisateur la conscience de l'existence de multiples cas précédents pouvant potentiellement apporter diverses solutions partielles à des problèmes de conception similaires (Hayes, 1978). Elle repose sur la prémisse selon laquelle le concepteur n'aurait pas intérêt à développer le projet en architecture à partir de rien³³, mais devrait plutôt baser le processus créatif sur l'adaptation de cas précédents. Telle est l'opinion exprimée par Kalay (2004):

³² Les propos de Sekler sont consignés dans un recueil de textes présenté par Moholy-Nagy (1967).

³³ Entendu dans le sens de *from scratch* en anglais.

« By starting from an existing solution and modifying it to fit the unique needs, conditions and context of a new problem, the designer can capitalize on the effort that went into developing the older solution [...] and gain a holistic view of the solutions instead of the piecemeal view that emerges gradually when developing a completely new solution. » (p.202)

Étant donné la complexité du processus de conception architecturale, il est cependant clair que le recours à ce type de répertoire n'est efficace que dans la mesure où un grand nombre de précédents sont répertoriés. Ceux-ci doivent être organisés de façon à former un système organisé selon une logique susceptible d'être appréhendée par l'utilisateur. Il est indéniable que le mode d'indexation a un impact majeur sur l'habileté de l'individu à faire émerger un sens à partir de la diversité qui lui est présentée (Richter et Donath, 2006). En effet, c'est en grande partie l'adéquation entre la stratégie d'indexation utilisée et les mécanismes mentaux dont dispose l'utilisateur qui est gage d'efficacité pour l'outil; c'est cette compatibilité qui amènera l'individu à percevoir un cas donné comme étant pertinent – voire applicable – au problème qu'il traite, et donc à le retenir au moment opportun (Kolodner et Guzdiak, 2000).

Outre la diversité des cas répertoriés et la façon dont ils sont indexés, le mode de représentation de l'information revêt également une importance cruciale. Chen et ses collaborateurs (2005) recommandent de présenter les informations sous forme graphique³⁴. Selon eux, comparée à la forme textuelle, la représentation graphique serait plus adaptée à la structure cognitive du concepteur architectural, lequel est considéré dans ce contexte comme apprenant, réfléchissant et travaillant essentiellement à partir d'images. Puisque le processus de conception se déroule à travers la manipulation d'informations non-verbales,

³⁴ C'est-à-dire par le biais d'images, de modèles 3D, d'animations, etc.

l'assise d'un index de cas précédents 'illustrés' reposerait sur le potentiel de raisonnement analogique du concepteur architectural³⁵.

Il appert que des moyens informatiques peuvent efficacement être mis à contribution pour favoriser l'arrangement réticulaire de ces multiples images et informations, de façon à éventuellement contribuer au développement des habiletés cognitives de l'utilisateur. En somme, plus les cas de figure sont variés et adéquatement reliés entre eux, mieux ils sont illustrés et documentés, plus l'index de précédents sera susceptible de contribuer à la diversification du répertoire d'images du concepteur.

L'action de l'individu s'avère déterminante dans le contexte de l'utilisation de ce type d'index. Face à un problème de conception, l'outil informatique permet à l'utilisateur de sélectionner et d'éliminer alternativement les cas de figures qui lui sont proposés, et ce, par le biais d'un processus itératif. Une fois établie la connexion entre le problème à résoudre et les précédents qui sont considérés comme étant pertinents, les efforts de l'individu tendront vers le remaniement de ces derniers en vue de les adapter au contexte à l'étude³⁶.

³⁵ Au-delà de l'illustration des divers cas de figure indexés, il est également essentiel de documenter les précédents. Puisque chaque cas constitue l'aboutissement d'un processus de conception, les multiples facettes de cette expérience doivent être décrites ou consignées (telles que le contexte du problème de conception, les spécificités du site, les intervenants et leurs objectifs respectifs ainsi que la stratégie appliquée et la résultante de celle-ci). Le répertoire pourra enrichir l'aptitude du concepteur à bénéficier de l'expérience de ses prédécesseurs dans la mesure où il lui fournit une vaste gamme d'informations en complément aux images présentées.

³⁶ Il est à noter que ce segment du processus n'implique pas nécessairement l'outil informatique et peut être mené à bien par le biais d'esquisses à main levée.

Ces étapes, soit la sélection, l'élimination et l'adaptation de solutions, sont basées sur le recours à la méthode heuristique³⁷. En effet, c'est par tâtonnements que le concepteur établit progressivement des liens entre les divers précédents, ainsi qu'entre certains précédents et le contexte à l'étude. Il ne s'agit pas pour lui d'avoir accès à des collections de représentations qui seraient en quelque sorte disparates, mais plutôt d'établir un réseau de références à partir des images présentées. Certes, la prégnance de celles-ci et des liens qui les unissent variera selon les caractéristiques idiosyncrasiques de l'utilisateur. Il est néanmoins probable que certaines images resteront gravées dans l'esprit du concepteur et ressurgiront à un moment opportun, venant ainsi enrichir un processus de conception ultérieur.

2.2.2 Les systèmes génératifs

Les systèmes génératifs, quant à eux, peuvent être définis comme étant des applications aptes à générer des structures, objets ou espaces architecturaux virtuels de façon relativement autonome (Krause, 2003). Ils permettent à l'utilisateur d'expérimenter des méthodes de production semi-automatique de formes architecturales³⁸ ou encore de morphologies urbaines³⁹.

L'élaboration de ce type d'environnement numérique implique l'établissement d'une logique de conception et la traduction de celle-ci en langage informatique, c'est-à-dire sous forme d'algorithmes dans lesquels certaines valeurs seront appelées à varier. Dans le cadre du processus génératif, l'assignation de valeurs aux variables de l'algorithme est la

³⁷ Nous reviendrons sur la notion d'heuristique au chapitre 4, sous-section 4.2.4.

³⁸ Voir par exemple les travaux de Asojo (2000) qui a développé un système génératif dans lequel il a cherché à traduire un style architectural, en l'occurrence celui des 'villas blanches' de Le Corbusier.

³⁹ Voir, à titre exemplatif, les travaux de Marsault (2003) qui a cherché à générer de nouvelles configurations à partir de deux villes de la banlieue de Lyon, Saint-Genis et Vénissieux.

plupart du temps basée sur des mécanismes impliquant l'aléatoire, en ce sens qu'elles sont choisies arbitrairement par le système à l'intérieur de fourchettes de valeurs acceptables. Selon Asojo (2000), le recours à ce type de mécanisme permet la génération de solutions partielles inédites auxquelles l'utilisateur n'aurait pas nécessairement pensé; « this idea of randomness is explored by using random numbers thus producing an element of unpredictability. », écrit-il (p.18).

L'utilisation de mécanismes impliquant l'aléatoire engendre un effet que l'on pourrait qualifier de *contre-intuitif*. Ainsi, dans certains cas, les solutions générées par le système peuvent provoquer chez l'utilisateur une réaction de surprise, ce qui peut éventuellement contribuer à stimuler le sens créatif de l'individu. Ce type d'approche s'apparente à la métaphore des aimants de Heinz Von Foerster, célèbre chercheur dont l'expertise était située à la croisée de la physique et de la philosophie:

« On met dans une boîte des cubes dont certaines faces sont magnétisées positivement et négativement de façon *a priori* aléatoire. On l'agite de façon également désordonnée. En ouvrant la boîte, on voit qu'une structure étonnamment ordonnée a émergé. En injectant du bruit dans cette organisation initialement pauvre, on l'a apparemment enrichie. Des formes nouvelles ont émergées, que le système tient pour potentiellement significantes. » (1981, p.17)

Dans le contexte de l'utilisation de systèmes génératifs à des fins de conception architecturale, les formes émergentes pourront bien évidemment être considérées par l'utilisateur comme étant significantes ou non, dépendamment de l'interprétation qu'il en fera. Quoi qu'il en soit, de tels outils, basés sur des mécanismes impliquant l'aléatoire, pourraient potentiellement libérer le concepteur de ce que Janssen et ses collaborateurs (2002) appellent les *design fixations*. L'individu en viendrait ainsi à s'affranchir des limitations, imposées par le bon sens conventionnel, auxquelles il est trop souvent assujetti à son insu. Cette 'libération' lui permettrait d'explorer une vaste palette de concepts

alternatifs solutionnant de façons novatrices les problèmes de conception qu'il aborde (Janssen, Frazer et Ming-Xi, 2002)⁴⁰.

Cependant, comme le fait remarquer Kalay (2004), bien que les méthodes procédurales visant à générer des solutions architecturales fascinent les chercheurs, elles horrifient souvent les praticiens. La réticence de ces derniers s'explique peut-être par le fait que le concepteur est plutôt réfractaire à ce qu'il perçoit comme étant la propension à laisser un système informatique empiéter sur le champ de la créativité; il s'insurge contre l'idée de permettre en quelque sorte à l'ordinateur de dicter à l'humain la solution architecturale.

Il est pourtant notable qu'au cours de la dernière décennie, l'élaboration de systèmes génératifs a reposé essentiellement sur des approches basées sur une perception de l'utilisateur en tant que sujet actif⁴¹. Habituellement, ce type d'environnement n'a pas pour objet de limiter la sphère d'intervention du concepteur, mais au contraire d'enrichir le processus créatif par le biais de l'itération 'action de l'utilisateur / réaction du système'.

En effet, on peut considérer que l'action du concepteur se situe pour le moins à deux niveaux. D'une part, il effectue des choix que l'on peut présumer conscients et réfléchis. Par exemple, certains systèmes sont basés sur la génération progressive ou séquentielle de

⁴⁰ Étant donné la multiplicité des configurations visualisées, l'utilisateur n'aurait aucune réticence à renoncer à celles qui ne lui conviennent pas, et à chercher à en découvrir d'autres (Johnson et Mueller 2000; Gorczyca 2000). Conséquemment, la plus grande part de ce qui aurait été généré ne serait pas utilisée à proprement parler pour l'élaboration du projet d'architecture mais servirait à étayer le processus d'idéation. C'est dans un contexte similaire que Johnson et Mueller (2000) arrivent, avec beaucoup d'esprit, au constat suivant: « In a sense, the value of a design tool can be measured by the amount of garbage we produce with it. » (p.5).

⁴¹ Voir par exemple les travaux de Asojo (2000) ou de Krause (2003).

la solution architecturale⁴²; le concepteur se réfère à son expertise personnelle pour sélectionner, parmi des ensembles de solutions partielles, celles qui lui apparaissent comme étant les plus prometteuses. Les choix effectués par l'utilisateur ont ensuite un impact sur la génération des alternatives présentées aux étapes ultérieures⁴³.

D'autre part, dans la mesure où il a précédemment acquis des connaissances dans le domaine des langages de programmation, l'utilisateur a la possibilité de remanier le système génératif; en interagissant avec le code informatique, il est en mesure de modifier la logique de conception sur laquelle se fondent les mécanismes impliquant l'aléatoire.

« As the code begins to generate visual forms, one needs to study the output of multiple iterations. Through multiple iterations one begins to see patterns, potentials and unexpected conditions. These discoveries and learning are then used to modify the code iteratively to generate forms fitting within general (visual) expectations. » (Krause, 2003)

Ainsi, à mesure que l'utilisateur se familiarise avec le code informatique sur lequel le système génératif est basé, il peut entreprendre une recherche formelle, voire développer

⁴² Notamment lorsque le système est basé sur des algorithmes génétiques. Dans ces cas, le processus évolutif se déploie par le biais de la sélection, la transmission et la variation. Dans la nature, les populations d'organismes individuels se reproduisent afin de générer leur descendance. La sélection naturelle fait en sorte que les créatures les plus viables soient les plus aptes à se reproduire. Dans les systèmes génératifs, c'est ici qu'intervient l'utilisateur; il choisit les 'parents' qui seront utilisés par l'algorithme pour la génération des options présentées à l'étape suivante. La transmission permet à la progéniture d'hériter de certains traits de ses parents. La variation, quant à elle, fait en sorte que les descendants reçoivent également diverses caractéristiques entièrement nouvelles. Dans les systèmes génératifs, c'est ici qu'interviennent les procédures de sélections aléatoires. Il y a donc répartition des rôles entre l'humain et la machine puisqu'à chacune des étapes du processus de conception, différentes alternatives sont générées et proposées à l'utilisateur.

⁴³ En outre, dans les cas où le système permet le *backtracking*, l'utilisateur peut reprendre les étapes antérieures du processus et donner successivement diverses orientations au concept.

une forme d'esthétique⁴⁴. Il y a émergence d'un mode d'expression nouveau, puisque le concepteur façonne le code dans l'optique de peaufiner l'output visuel et d'enrichir les capacités du système; il peut, par exemple, remanier les procédures, modifier la nature des paramètres⁴⁵ et/ou réviser les fourchettes de valeurs admissibles.

Par le biais de ces deux types d'interaction, c'est-à-dire le choix entre les alternatives et le remaniement de la logique de composition, il y a possiblement stimulation de la pensée réflexive de l'utilisateur. En effet, c'est la réflexion critique de l'individu sur les répercussions des actions qu'il pose qui est ici au cœur du processus d'idéation. Loin de se laisser imposer un concept étranger à ses préférences, critères et références, le concepteur contribue de façon active et réfléchie à la diversification de son propre répertoire d'images. Il est mis en contact avec une multitude de formes, de configurations, de schèmes, dont certains resteront peut-être, à moyen terme, gravés dans son esprit.

2.2.3 La grammaire des formes

Une approche qui a été privilégiée par certains chercheurs à partir des tous débuts de la recherche en conception assistée par ordinateur est celle dite de la 'grammaire des formes'. Cette approche consiste à codifier la séquence des 'actions' qui transforment une étape du processus de conception en la suivante. Il s'agit d'abord de définir un langage formel et d'établir des règles formalisant une logique de composition propre à un contexte donné. On offre ensuite à l'utilisateur des moyens informatiques pour appliquer ces règles selon des séquences variables, en les combinant de multiples façons. L'application séquentielle et la combinaison des règles permettent de générer différentes configurations, ce qui rend possible l'exploration d'ensembles de solutions architecturales.

⁴⁴ Voir par exemple l'étude de cas menée par Krause (2003) sur l'esthétique des structures Minehead.

⁴⁵ Ou des 'gènes' lorsqu'il s'agit d'algorithmes génétiques.

Dans les années 1970 et 1980, ce type d'approche était surtout appliqué afin de circonscrire et explorer un 'espace de conception' qui traduise un style architectural donné. Par exemple, Stiny et Mitchell (1978) ont développé une grammaire des formes pour générer des plans de villas à la manière de Palladio⁴⁶. Koning et Eizenberg (1981) en ont fait autant pour les Maisons de la Prairie de Frank Lloyd Wright, et Flemming (1987) pour les maisons de style Queen Anne⁴⁷. Il s'agissait pour ces chercheurs de travailler à partir de corpus de bâtiments partageant tous les mêmes principes d'organisation, et de caractériser la base de leurs ressemblances pour en formaliser les principes. Ces équipes se sont employées à étudier en détail les liens entre les espaces ainsi que l'articulation entre les volumes, ce qui les a amenées à clarifier leur compréhension des styles à l'étude. Dès lors, on peut considérer qu'il y avait davantage enrichissement des habiletés cognitives du chercheur (et non de l'utilisateur) puisque ces systèmes, une fois implémentés, étaient basés sur la génération automatique.

Par la suite, nombre de chercheurs ont continué à s'inspirer d'architectures existantes pour délimiter des 'espaces de conception' (Chase et Ahmad, 2005; Müller et coll., 2006)⁴⁸. Cependant, on remarque actuellement l'émergence d'une nouvelle tendance

⁴⁶ Conformément aux descriptions et exemples de principes de composition tels qu'établis par Palladio dans « I Quattro Libri dell'Architettura ». À partir des plans présentés, il y avait extrapolation vers de nouvelles configurations basées sur la même logique de composition.

⁴⁷ La grammaire palladienne permettait la génération de plans de rez-de-chaussée. Pour les Maisons de la Prairie, il y avait développement de maquettes virtuelles constituant l'enveloppe et les divisions intérieures des bâtiments. Le projet des Maisons Queen Anne, quant à lui, reposait sur la génération de plans servant d'assise au développement de modèles 3D dont le niveau de détails allait jusqu'à l'appareillage des briques.

⁴⁸ Par exemple, Chase et Ahmad (2005) ont développé une grammaire des formes dont les règles de composition sont basées sur des principes organisationnels typiques de l'architecture islamique, tels que la symétrie, l'équilibre, la hiérarchie, le rythme, l'axialité. Leur étude de cas visait à permettre l'élaboration d'entités virtuelles selon les principes d'organisation des caravansérails de l'Iran aux XIe et XIIe siècles.

amenant les développeurs à porter une attention particulière aux actions pouvant être posées par l'utilisateur. On met davantage l'accent sur l'exploration de diverses options alternatives plutôt que sur la génération automatique de solutions achevées, ce qui entraîne le développement d'environnements numériques axés sur l'interactivité. Certaines équipes de chercheurs œuvrent à développer des systèmes de notation⁴⁹ visant à traduire de la façon la plus conviviale possible le vocabulaire et la syntaxe d'une grammaire des formes⁵⁰. Les actions ayant pour effet de transformer une phase du processus de conception en la suivante sont consignées d'une façon que les chercheurs qualifient de non ambiguë, afin que le concepteur soit apte à manipuler de façon intuitive des ensembles de symboles⁵¹. Il y a ainsi possibilité de réutiliser des séquences d'actions ayant déjà été posées dans le cadre de processus de conception antérieurs, afin d'explorer les nouvelles directions vers lesquelles le concept pourrait évoluer.

Dans le cadre d'approches basées sur les grammaires de formes, l'utilisateur a d'une part le loisir d'appliquer des règles selon des séquences variables afin d'explorer le champ du possible. Il peut d'autre part modifier la grammaire par le biais de l'insertion, l'élimination et/ou le remplacement d'opérateurs et de composantes du langage formel⁵². Il

L'étude de cas de Müller et coll. (2006), quant à elle, portait sur les principes organisationnels de l'architecture de la ville de Pompéi. En collaboration avec des archéologues, ces chercheurs ont déduit des règles 'grammaticales' pour la génération séquentielle de bâtiments virtuels appropriés au contexte à l'étude, ces bâtiments possédant chacun des caractéristiques propres au niveau de la volumétrie et de l'enveloppe.

⁴⁹ Ou *scripting language* en anglais.

⁵⁰ Voir à titre exemplatif les travaux de Akin et Moustapha (2004) et de Müller et ses collaborateurs (2006).

⁵¹ Les diverses actions sont traduites par le biais d'ensembles d'opérateurs représentant les contraintes (alignements, symétrie, frontières, etc.), les variations (rythmes, proportions, etc.), les opérations sur les volumes (union, différence, intersection) et les transformations (translation, rotation, dilatation, etc.).

⁵² Dans le système développé par Müller et ses collaborateurs (2006), l'interface graphique comprend une fenêtre de visualisation permettant à l'utilisateur d'évaluer la morphologie du modèle 3D et un éditeur de règles offrant la possibilité de modifier des règles existantes.

existe en outre la possibilité de combiner entre elles différentes grammaires pour le développement de nouveaux langages architecturaux (Chase et Ahmad, 2005)⁵³.

Ainsi, il appert que l'interaction avec une (ou des) grammaire(s) des formes est susceptible de contribuer au développement des habiletés cognitives de l'utilisateur. Ce type d'approche a pour effet d'amener le concepteur à entreprendre un processus cognitif basé sur l'action puisqu'il est en mesure d'affecter l'environnement numérique par le biais de divers scénarios, soit d'une part la définition / redéfinition d'un vocabulaire formel et, d'autre part, l'application, la combinaison et la modification de règles. Dans chacun des cas, il y a génération de configurations novatrices, découlant non pas du recours à l'aléatoire (comme dans l'approche décrite à la sous-section précédente), mais plutôt de la réinterprétation de corpus de bâtiments existants. Il en résulte une succession de représentations possiblement aptes à enrichir le répertoire d'images de l'utilisateur.

2.2.4 Les bibliothèques d'objets

La quatrième et dernière approche, commentée dans le cadre de cette section, consiste à étayer le processus d'idéation du concepteur architectural en lui offrant l'opportunité d'explorer des ensembles de solutions par le biais de l'utilisation de bibliothèques d'objets virtuels. Les bibliothèques de ce type regroupent des entités qui sont autant de composantes possibles pour l'élaboration d'une solution architecturale⁵⁴. Il s'agit d'objets que le concepteur assemblera de diverses façons, dans le but d'explorer des éventails de combinaisons alternatives.

⁵³ Selon ces chercheurs, il est possible de fusionner plusieurs grammaires ayant des similarités au niveau des formes, des relations spatiales ou de la structure. Ils préconisent la fusion de langages architecturaux contemporains par le biais de grammaires composites.

⁵⁴ Notons que les entités appartenant à la bibliothèque peuvent être constituées par le développeur de l'environnement numérique et/ou par l'utilisateur.

Il y a une décennie, Rau-Chaplin et MacKay-Lyons (1997) ont cherché à évaluer dans quelle mesure le recours à ce type d'approche pouvait mener à un point d'équilibre entre deux objectifs complémentaires mais opposés; d'une part, offrir au concepteur architectural toute la latitude possible pour explorer diverses solutions alternatives, et d'autre part, élaborer un environnement de travail suffisamment restrictif pour assurer l'intégrité du bâtiment aux niveaux architectural et structural⁵⁵.

Dans le cadre de l'environnement qu'ils ont développé, le processus exploratoire était basé sur le principe du remplacement et/ou de l'ajout de composantes, constituant en quelque sorte l'équivalent d'un 'jeu de construction'. Les modifications, effectuées de façon itérative, permettaient à l'utilisateur d'explorer un ensemble de variations possibles, puisqu'il sélectionnait tour à tour différentes entités 3D dans la librairie d'objets et visualisait le volume du bâtiment dans son ensemble, afin de vérifier les répercussions de ses décisions.

Il est indéniable qu'un tel environnement met à la disposition de l'utilisateur une variété de composantes allant au-delà de la capacité de la mémoire à court terme⁵⁶. On peut néanmoins se questionner quant à l'impact que ce type d'approche a sur les processus cognitifs de l'utilisateur, puisqu'il s'avère que la pertinence des images est contingente. En effet, au dire des chercheurs, l'environnement de travail s'est révélé insuffisamment

⁵⁵ Leur étude de cas portait sur le processus de conception d'une habitation. L'utilisateur sélectionnait d'abord un modèle de maison parmi un ensemble de configurations de base qui lui est proposé et avait ensuite recours à une librairie d'objets pour progressivement modifier ce modèle.

⁵⁶ La librairie regroupe quelques 1400 éléments.

restrictif pour assurer l'intégrité du bâtiment, la librairie permettant à certains moments l'élaboration de configurations qui constituaient en soi des aberrations⁵⁷.

Selon Chase (1999), une des principales limitations inhérentes à ce type d'approche (qu'il appelle *kit-of-parts*) provient du fait que l'on cherche à assembler des éléments pour former un tout, ce qui revient à aborder le processus de conception architecturale comme une séquence linéaire, comme s'il s'agissait d'un système analysable et démontable. Les aberrations générées résulteraient en fait d'une simplification abusive du processus de conception; on ne tiendrait réellement compte ni de la multiplicité des façons d'adapter le contexte à l'objet inséré, ni de celles d'adapter l'objet au contexte dans lequel il est implanté. Ainsi, les librairies de ce type regroupent des éléments que l'on pourrait qualifier de rigides, en ce sens que l'on néglige ici la gamme des variations potentielles pouvant émaner de l'objet de base.

Afin d'enrichir la plasticité de l'objet, certaines approches développées plus récemment proposent le recours à la *paramétrisation*. Les paramètres de l'objet peuvent se voir affecter diverses valeurs interchangeables, transformant ainsi la morphologie de l'entité. Il est possible d'avoir recours à l'objet dit paramétrique pour développer de nouvelles variantes à partir d'éléments architecturaux existants, comme c'est le cas par exemple dans les travaux de Barrios (2005)⁵⁸ ainsi que dans ceux de Strehlke et Loveridge (2005)⁵⁹.

⁵⁷ Elle permet, par exemple, la génération d'une configuration de plan de rez-de-chaussée dans laquelle la cuisine et la salle à manger sont situées à deux extrémités opposées.

⁵⁸ L'étude de cas menée par Barrios (2005) constitue une exploration des variations potentielles pouvant émaner des colonnes de la nef latérale de la Sagrada Familia (telles que conçues par Gaudi).

⁵⁹ Dans le domaine de l'ornementation. Strehlke et Loveridge (2005) ont procédé à des expérimentations à partir de motifs ornementaux propres à différentes cultures. Le recours à la *paramétrisation* leur a permis d'explorer des gammes de variations pour la production de surfaces texturées.

Lorsque plusieurs objets paramétriques sont interconnectés, on peut considérer qu'il s'agit d'objets dits 'intelligents'. L'environnement proposé à l'utilisateur ne constitue plus un ensemble disjonctif; on met alors l'accent sur l'aspect systémique de la librairie⁶⁰. Dans certains cas, les développeurs définissent un ensemble d'objets et établissent des contraintes entre ceux-ci. Il y a ensuite possibilité pour l'utilisateur d'assigner aux paramètres des valeurs choisies de façon intuitive et de vérifier les répercussions de ces actions sur les représentations générées⁶¹.

Notons que, pour que les entités de la librairie enrichissent de façon notable les habiletés cognitives de l'utilisateur, il est important que les objets ne soient pas 'captifs' de paramètres prédéfinis, mais au contraire évolutifs. Ibrahim et ses collaborateurs (2003) insistent sur l'intérêt, pour l'utilisateur, d'être apte à procéder à un élargissement ou à une modification de la connaissance incluse dans la description de l'objet. Face à cette préoccupation, on remarque l'émergence d'environnements numériques dans lesquels l'utilisateur a la possibilité de développer des scripts liant les paramètres entre eux. Ces scripts formalisent les relations entre les composantes de la solution architecturale et, par extension, la logique de composition de l'entité à concevoir. L'individu est ainsi amené à 'verbaliser' les relations intra et inter objet; l'objet englobe alors une connaissance non pas

⁶⁰ Le système étant ici entendu au sens d'un ensemble regroupant des éléments interconnectés de diverses façons. Nous reviendrons sur cette notion au chapitre 4, sous-section 4.7.1.

⁶¹ Les travaux de Colakoglu et Dionyan (2005) portent sur les interrelations entre les composantes d'un fauteuil. L'utilisateur du système détermine, par le biais d'une interface graphique, la valeur des divers paramètres de chacune des composantes. Il y a ensuite affichage de la morphologie du cas de figure correspondant à la combinaison des valeurs numériques déterminées par l'utilisateur. La modification itérative des valeurs permet la génération de tout un ensemble de variantes. Il est ainsi possible d'explorer les interrelations existant entre les modifications apportées aux valeurs de certains paramètres et les répercussions de ces variations sur les autres composantes (et, conséquemment, sur la morphologie de l'objet dans son ensemble).

seulement au niveau de la description géométrique et de l'aspect sémantique, mais portant également sur les relations qui doivent être entretenues avec les autres objets.

Dans des environnements basés sur ce type d'approche, un objet inséré par l'utilisateur peut entraîner des chaînes d'actions/réactions qui sont susceptibles d'enrichir le processus réflexif du concepteur⁶². Le mandat de la librairie d'objets dits 'intelligents' est de permettre à l'utilisateur de procéder à l'exploration de vastes ensembles de solutions alternatives, tout en lui évitant de commettre certaines erreurs et fautes d'inattention qui porteraient préjudice à l'intégrité de la solution architecturale. On mise donc ici non seulement sur la diversité des images générées, mais également sur la validité de celles-ci.

En somme, les librairies d'objets dits 'intelligents' constituent une autre façon de mettre à contribution des moyens informatiques pour diversifier le répertoire d'images du concepteur. On pourrait même arguer que, comparativement aux environnements basés sur la librairie d'objets 3D 'rigides' ou sur l'objet paramétrique, il s'agit là d'une approche plus féconde. En effet, il appert que le concepteur enrichirait son répertoire d'images d'une façon relativement plus active et réfléchie puisque l'exploration est basée non pas exclusivement sur l'ajout et le remplacement de modules, ni sur la modification de valeurs interchangeables pour des paramètres prédéfinis, mais sur l'évolution des modules eux-mêmes.

⁶² En effet, lorsqu'un élément donné est inséré au sein d'une composition, le système vérifie si le changement proposé est considéré comme étant acceptable. Dans le cas contraire, il initie des changements dans la structure de l'objet, ou dans d'autres composantes, pour l'adapter (ou les adapter) au changement proposé par l'utilisateur.

2.2.5 L'incidence des nouvelles technologies sur la diversification du répertoire d'images : commentaire récapitulatif

Tous les environnements numériques qui ont été commentés dans le cadre de la présente section – index de cas précédents, grammaires des formes, systèmes génératifs et librairies d'objets – ont pour mandat de stimuler la créativité de l'utilisateur. Les travaux de Guilford (1967) démontrent que cette facette de la cognition comporterait deux composantes complémentaires, soit un processus mental convergent et un processus mental latéral. Selon l'analogie imaginée par De Bono (1973), alors que la pensée convergente creuse le même trou mais toujours plus profondément, la pensée latérale, elle, creuse des trous à différents endroits.

Les équipes de chercheurs dont il a ici été question ont œuvré à démontrer qu'il était possible de stimuler la pensée latérale par des moyens informatiques. Ils ont développé des environnements numériques aptes à appuyer une démarche exploratoire dont la finalité est d'enrichir la créativité, éventuellement par le biais de comparaisons entre des solutions architecturales alternatives. Pour ce faire, ils ont eu recours à des outils conceptuels tels que des répertoires, des algorithmes, des règles 'grammaticales', etc. Ces outils leur ont permis d'élaborer des environnements offrant à l'utilisateur des possibilités de se préparer progressivement à l'élaboration du concept architectural en creusant, selon l'analogie de De Bono (1973), des 'trous' à différents endroits. Dans ce contexte, l'ordinateur contribue non seulement à repousser les frontières du champ de prospection au-delà des limites cognitives de l'individu, mais également à diversifier la gamme des actions possibles pour explorer ce 'territoire'.

2.3 Au confluent de la base de connaissances et du répertoire d'images

Au cours des deux sections précédentes, nous avons brièvement commenté les travaux de chercheurs ayant œuvré au développement d'environnements numériques axés respectivement sur l'enrichissement de la base de connaissances techniques et sur la diversification du répertoire d'images. Le fait de départager les environnements numériques en deux catégories (selon l'impact qu'ils peuvent avoir sur la compréhension ou sur la créativité) ne constitue qu'une façon de regrouper différentes approches afin de comparer le type de contribution que des moyens informatiques peuvent apporter au développement des habiletés cognitives de l'utilisateur.

Il est cependant indéniable que, dans le domaine de la conception architecturale, il n'existe pas de dichotomie entre ces deux facettes de la cognition, l'une nourrissant l'autre. En effet, il est clair que l'assimilation de connaissances nouvelles est susceptible d'enrichir le processus créatif (Hayes 1978). La créativité et la compréhension sont indéniablement interconnectées dans le domaine de la conception architecturale puisque, comme le font remarquer Schank et Cleary (1995), « Creativity may be hard work, but it is also knowledge based. » (p.230).

Ainsi, la frontière entre l'enrichissement de la base de connaissances et la diversification du répertoire d'images n'est pas nécessairement marquée, mais peut au contraire s'estomper. Il arrive en effet que l'acquisition d'une connaissance dépende en grande partie des liens pouvant être établis, par le sujet cogitant, entre diverses images. C'est le cas notamment lorsqu'il s'agit de procéder à l'enrichissement d'un bagage constitué non pas de connaissances purement techniques, mais également à caractère historique. Images et compréhension semblent devenir intimement liées dès que l'on cherche à comprendre – ou à faire comprendre – des notions rattachées à l'histoire de

l'architecture. De fait, le recours à l'image est pratiquement incontournable lorsque l'on aborde des thèmes relatifs à une réalité physique et bâtie, tels que les étapes de développement d'une agglomération urbaine, l'influence de l'évolution des techniques sur la production du bâti, ou encore les spécificités de l'œuvre d'un architecte de renom, pour ne donner que quelques exemples.

Dans le cadre de la présente section, nous commenterons brièvement diverses approches qui sous-tendent le développement d'environnements numériques axés sur la rétrospection, plutôt que sur l'enrichissement de la pensée prospective. Ces environnements ont pour mandat d'étoffer le bagage culturel⁶³ de l'utilisateur, c'est-à-dire de le renseigner sur différentes facettes de cadres bâtis existants, ou ayant existé. Les approches que nous passerons en revue constituent différentes formes de mise à contribution de moyens informatiques dans une optique de diffusion du patrimoine architectural⁶⁴. Nous aborderons les environnements que l'on peut visualiser, ceux que l'on peut parcourir et finalement ceux que l'on peut interroger.

2.3.1 Les environnements que l'on peut visualiser

Nombre de chercheurs œuvrent à explorer le potentiel des technologies de l'information pour contribuer à la diffusion du patrimoine bâti. Parmi ceux-ci, un certain nombre entreprend de développer des environnements numériques dans l'optique de documenter les biens patrimoniaux. Pour ce faire, ils ont fréquemment recours aux

⁶³ La culture étant ici entendue comme l'ensemble des connaissances acquises qui permettent à l'individu de développer un sens critique et d'aiguiser la perception qu'il a de sa position dans les continuums espace et temps.

⁶⁴ Il est à noter que, comparativement aux environnements dont il a été question dans les deux sections précédentes et qui sont destinés de façon spécifique aux concepteurs architecturaux, certains de ces environnements peuvent être d'intérêt aussi bien pour le grand public que pour le concepteur architectural.

techniques de modélisation 3D et de ‘lancer de rayons’ pour décrire la géométrie et représenter les matériaux de bâtiments ou d’ensembles patrimoniaux⁶⁵. Ces maquettes virtuelles illustrent soit l’aspect d’éléments qui nous sont parvenus, soit des hypothèses de restitution, dépendamment de l’état de conservation des lieux.

Les exemples foisonnent dans le domaine de la restitution, assistée par ordinateur, de bâtiments historiques. Par exemple, Martens et Stellingwerff (2005) ont travaillé à l’élaboration de la maquette numérique d’un bâtiment qui ne nous est pas parvenu, et ce, bien qu’il ait été important pour l’identité culturelle d’un peuple⁶⁶. Les travaux de restitution, qui avaient pour objectif de conserver la mémoire des lieux, étaient basés sur des plans et photographies d’époque ainsi que sur les commentaires de témoins. Beitia et ses collaborateurs (1995), quant à eux, ont exploré les possibilités de mettre à contribution des moyens informatiques pour faire comprendre l’évolution d’un bâtiment; il s’agissait pour cette équipe de présenter l’aspect original du monument à l’étude, ainsi que les transformations qu’il a subies au fil de son histoire⁶⁷. El-Hakim et ses collaborateurs (2007) ont procédé à la modélisation 3D de sites aménagés constitués de plusieurs dépendances interconnectées⁶⁸. Leur objectif était de représenter l’ensemble tout en capturant le détail fin des structures et artéfacts, afin d’enrichir le réalisme de l’expérience pouvant être vécue par

⁶⁵ Une pléthore de techniques d’acquisition des données 3D est actuellement disponible, les plus répandues étant les techniques de photogrammétrie et de numérisation 3D. Notons qu’il est souvent nécessaire de combiner plusieurs méthodes entre elles puisque le développeur d’environnements numériques doit soupeser et contrebalancer différents besoins et contraintes en matière de traitement, archivage, visualisation, diffusion et reproduction des données tridimensionnelles.

⁶⁶ L’étude de cas portait sur une synagogue viennoise qui a été détruite en 1938.

⁶⁷ L’étude de cas portait sur la Cathédrale Santa Maria, à Vitoria, qui est l’un des monuments gothiques les mieux préservés du Pays Basque. Il s’agissait de retracer l’évolution du bâtiment entre les XIV^e et XX^e siècles.

⁶⁸ Il s’agit de la modélisation des châteaux de Trentino, en Italie.

l'utilisateur effectuant un parcours à l'intérieur de ces environnements virtuels. Pavlidis et ses collaborateurs (2007), quant à eux, ont cherché à documenter des bâtiments dont la valeur patrimoniale se situe essentiellement au niveau de la décoration et des peintures murales; ils ont opté pour l'application, sur le modèle 3D, de textures numérisées, afin de véhiculer la richesse de l'imagerie⁶⁹.

Parallèlement à ces efforts centrés sur le monument, d'autres chercheurs ont travaillé à la restitution d'ensembles architecturaux. Par exemple, Sdegno (2003) a élaboré la maquette numérique de divers bâtiments de la Rome antique⁷⁰, tandis que Sidiropoulos (2006) s'est intéressé à la restitution de la configuration du terrain et de l'ensemble architectural de l'ancienne Agora d'Athènes. D'autres chercheurs, tels Payssé et ses collaborateurs (2003) ont entrepris l'élaboration de maquettes à plus grande échelle, représentant des villes entières et leur évolution⁷¹.

Les aspects positifs de la restitution tridimensionnelle et du photoréalisme sont multiples. D'une part, l'utilisateur peut en quelque sorte se déplacer dans l'espace puisque la maquette numérique lui permet d'avoir un accès virtuel à des sites situés à des milliers de kilomètres de l'endroit où il se trouve. D'autre part, il peut 'voyager dans le temps' puisqu'il a la possibilité de visualiser des représentations illustrant l'apparence que divers bâtiments et sites aménagés revêtaient dans le passé.

La maquette numérique, comparativement à l'image imprimée, à la photographie ou au croquis, offre l'avantage de la multiplicité des points de vue; l'observateur peut se

⁶⁹ L'étude de cas portait sur les églises byzantines Episkopi et Agios Nikolaos, en Grèce.

⁷⁰ À partir d'une interprétation des dessins de Palladio.

⁷¹ L'étude de cas porte sur la ville de Montevideo, en Uruguay. Il s'agissait de la restitution de l'état des lieux vers 1807, au moment des invasions anglaises. La maquette numérique inclut la topographie, le système défensif, les édifices importants ainsi que les voies d'accès.

déplacer autour du modèle 3D et même, dans certains cas, y pénétrer⁷². La diversité des images présentées peut contribuer à la constitution, dans l'esprit du concepteur architectural, d'une image mentale des biens patrimoniaux, élargissant ainsi ses horizons et son cadre de référence.

Le modèle 3D peut également offrir une plus-value pour le praticien. Celui-ci, lorsque appelé à intervenir sur un cadre bâti existant, est éventuellement en mesure de mieux comprendre l'état antérieur des lieux. L'outil informatique peut, dans certains cas, l'amener à prendre des décisions plus éclairées quant aux actions futures à poser en vue de conserver ou de transformer l'élément architectural⁷³. En outre, le recours à la maquette numérique présente des avantages pour le chercheur en patrimoine bâti. Ce dernier peut avoir recours à la modélisation 3D comme instrument d'analyse et de vérification; il pourra confronter diverses hypothèses de restitution et éventuellement les valider⁷⁴. Notons

⁷² L'utilisateur peut circuler à l'intérieur de la maquette numérique par le biais de la technique du *walkthrough*. Notons qu'il existe également la possibilité de 'toucher' les modèles 3D représentant les artefacts, par le biais d'interfaces haptiques, comme dans les travaux de Bergamasco et coll., (2002).

⁷³ Par exemple, les travaux de Beitia et ses collaborateurs (1995), portant sur l'évolution de la Cathédrale Santa Maria, mettent en relief les dommages causés par des interventions qui, par la suite, ont pu être qualifiées d'infortunées. Il en résulte une meilleure compréhension des actions à poser pour préserver le bâtiment.

⁷⁴ « Les logiciels de CAO, que l'on accuse souvent de figer le processus de conception, du fait du niveau de précision qu'ils requièrent de la part du dessinateur, s'avèrent en fait, pour les mêmes raisons, de précieux outils de restitution pour l'historien de l'architecture. À partir d'esquisses souvent lacunaires [...], la rigueur implacable requise par ces outils de modélisation permet d'éliminer des hypothèses que le seul dessin en deux dimensions pouvait laisser croire plausibles. Le chercheur peut ainsi parvenir à restituer avec exactitude la seule solution dans les trois dimensions – donc du point de vue de l'espace, donc finalement de l'architecture. Ce faisant, l'historien procède finalement de la même manière, mais chronologiquement à rebours, qu'un architecte qui affine son projet par la réalisation de maquettes de travail successives. » (Schlimme, 2002, p.109)

toutefois que l'utilisateur qui explore l'environnement virtuel ainsi constitué n'a pas nécessairement accès à ces diverses hypothèses. Dans bien des cas, il n'est en contact qu'avec la résultante du processus réflexif, soit la maquette numérique représentant l'hypothèse de restitution qui a été retenue par le chercheur.

2.3.2 Les environnements que l'on peut parcourir

Les environnements numériques dont il sera question dans cette sous-section sont basés sur le multimédia, c'est-à-dire sur l'utilisation simultanée de différents médias – textes, images fixes ou animées, trames sonores – à l'intérieur d'un même support. Ces documents, dont la consultation sollicite deux modalités sensorielles (visuelle et auditive), sont composés de nombreuses unités documentaires reliées entre elles selon une structure non linéaire. Dans un contexte de diffusion du patrimoine bâti, il y a possibilité d'homogénéiser des documents de types et de provenances variés, tels que documents d'archives numérisés, textes explicatifs, modèles 3D, images de synthèse, photographies d'époque, *panographies*, plans, séquences animées, bandes sonores, etc.

Il s'agit d'environnements que l'on peut parcourir, en ce sens que l'utilisateur peut se déplacer, de façon intuitive, d'une capsule d'information à l'autre. Entre celles-ci, des liens sont établis par le biais d'hypertextes, d'images sensibles ou de modèles interactifs⁷⁵, permettant à l'utilisateur d'explorer l'environnement par association d'idées.

Par exemple, Batie (1997) a développé un environnement numérique permettant à l'utilisateur d'appréhender l'incidence de l'évolution des méthodes et techniques de construction sur la production du bâti, au XIXe siècle. Le mandat de cet environnement est d'amener l'individu à comprendre les raisons et conséquences de cette évolution, par le

⁷⁵ Élaborés selon la norme du VRML (Virtual Reality Modelling Language) ou celle du WEB3D.

biais de l'accès à différents modules détaillant les spécificités propres à cette période⁷⁶. Les informations sont rendues accessibles en fonction des besoins et intérêts de l'utilisateur ou, si ce dernier le désire, présentées selon une séquence prédéterminée sous forme de diaporama.

Lee et ses collaborateurs (2000), pour leur part, ont développé un environnement multimédia dont le mandat est de faire apprécier la valeur architecturale et la signification historique d'un site aménagé⁷⁷. Il s'agissait pour eux de mettre en relation les documents d'archives et de présenter les informations sous une forme conviviale. Dans cette optique, l'approche a été basée sur la possibilité d'effectuer une visite virtuelle de l'endroit selon différents parcours permettant d'accéder à des photographies d'époque, à des animations et à des plans, et retraçant ainsi non seulement la configuration du site aménagé mais également l'évolution de celle-ci.

Il y a en outre possibilité pour l'observateur d'appréhender différentes facettes d'un cadre bâti patrimonial⁷⁸ en se déplaçant à l'intérieur d'environnements immersifs basés sur le principe de la réalité augmentée⁷⁹. Par exemple, Papagiannakis et ses collaborateurs

⁷⁶ L'étude de cas porte sur l'influence et l'évolution des modes de construction impliquant le fer et l'acier. L'environnement numérique présente les architectes s'étant illustrés dans le cadre de ce processus évolutif, ainsi que les caractéristiques structurelles et les innovations technologiques reliées à ce segment de l'histoire. Il comprend en outre un dictionnaire terminologique ainsi qu'un *quiz* permettant à l'utilisateur d'évaluer les connaissances acquises par le biais de la fréquentation de l'environnement numérique.

⁷⁷ L'étude de cas porte sur le village de New Lanark, en Écosse. Il s'agit d'un site classé par l'UNESCO et considéré comme un exemple particulièrement bien préservé de filature du coton, datant du début de la révolution industrielle en Grande-Bretagne.

⁷⁸ Par exemple, l'évolution de la configuration des lieux, les pratiques culturelles s'y rattachant, les savoir-faire impliqués, etc.

⁷⁹ La réalité dite 'augmentée' englobe toutes les approches basées sur un amalgame de la réalité physique et bâtie avec des représentations générées par des moyens informatiques.

(2007) ont eu recours à l'imagerie vidéo enrichie par la surimposition d'images de synthèse. Ils ont oeuvré à la restitution d'un site patrimonial par le biais du développement d'un environnement interactif⁸⁰. Ce dernier est peuplé d'humains virtuels dotés de la parole, d'expressions faciales et de mouvements. Dans ce contexte, l'utilisateur a accès à une superposition mobile de l'aspect des lieux (tels qu'ils nous sont parvenus) et de personnages virtuels reconstituant, en temps réel, des scènes d'époque aptes à enrichir la compréhension qu'aura le visiteur de la valeur culturelle du site et des pratiques sociales s'y rattachant. Dans le cadre d'approches de ce type, l'individu est non seulement immergé dans un environnement virtuel, il a en outre la possibilité de naviguer entre différents 'mondes' mis à sa disposition. Dans les travaux de White (2007) notamment, l'utilisateur peut, par son action, commuter à sa convenance entre l'hyper-document que constitue la page web, la réalité virtuelle du modèle 3D et la réalité augmentée obtenue par la superposition d'images; il s'agit alors de ce que l'on désigne dans la littérature sous l'expression *mixed reality*.

Les environnements virtuels dont il a été question ci-dessus ne constituent que quelques exemples parmi tant d'autres. Par le biais du recours au multimédia et à la réalité augmentée, il est certes possible de renseigner l'utilisateur sur les différentes facettes de cadres bâtis existants (ou ayant existé) et incidemment d' étoffer le bagage culturel de l'individu. Il faut cependant noter que l'impact sur les habiletés cognitives de l'utilisateur dépend pour une large part de l'aptitude de ce dernier à appréhender la structure de l'environnement numérique, et à s'orienter au sein de ce réseau.

⁸⁰ L'étude de cas porte sur le site de Pompéi.

2.3.3 Les environnements que l'on peut interroger

Le troisième et dernier type d'environnements numériques que nous commenterons dans le cadre de cette section est basé sur le principe de la banque de données⁸¹. Tout comme les environnements multimédia, les banques de données mettent à la disposition de l'utilisateur des collections de documents caractérisés par la diversité des contenus, des sources et des formats. Ces ensembles d'éléments d'information sont cependant structurés de façon à être accessibles par le biais de questions 'verbalisées' par l'utilisateur, en ce sens qu'il s'agit de données organisées selon une logique permettant d'extraire l'information pertinente dans le cadre d'un questionnaire spécifique. L'individu accède à l'information en formulant des requêtes qu'il soumet à un moteur de recherche. Ce dernier peut, dans le domaine du patrimoine, permettre l'établissement de liens entre des informations relatives à des bâtiments, des personnes, des lieux et des événements. L'utilisateur a également la possibilité de spécifier quels types de documents numériques il souhaite consulter; il peut accéder à des informations sous formes textuelles, sonores ou visuelles (photographies, images, maquettes numériques, etc.).

Déjà il y a une décennie, les chercheurs commençaient à explorer le potentiel de ce mode de structuration de l'information. Par exemple, Tsai (1997) s'est intéressé à la production d'un architecte de renom⁸², constituant une banque de données sur les bâtiments appartenant à son œuvre, ceux qui ne nous sont pas parvenus et ceux qui sont

⁸¹ Nous effectuons ici une distinction entre banque et base de données. Les banques de données sont des ensembles structurés d'éléments d'information, dans lesquels les données sont organisées de façon à ce que l'apprenant y accède aisément. Les bases de données, quant à elles, sont généralement agencées sous forme de tables dans une optique de gestion de l'information; elles sont conçues de façon à faciliter les opérations de tri et la modification des contenus, en vue de permettre leur exploitation par les chercheurs.

⁸² L'étude de cas portait sur Palladio.

demeurés à l'état de projet. Les requêtes présentées au moteur de recherche se faisaient par le biais de la spécification de mots-clés, qui étaient ultérieurement associés aux textes dans lesquels ils apparaissaient, ou aux objets auxquels ils étaient liés à titre d'attribut.

Dans certains cas, les banques de données regroupent des informations portant sur une production architecturale résultant d'une conjoncture clairement délimitée dans le temps et l'espace. Par exemple, Akgun (2003) s'est intéressé aux biens patrimoniaux datant du début du mouvement de l'architecture moderne, dans une région spécifique⁸³. Il a colligé des informations relatives aux hypothèses de restitution concernant les bâtiments qui ont été endommagés et ceux qui ne nous sont pas parvenus. En réponse aux requêtes soumises par l'utilisateur, le moteur de recherche met en relation des textes, des informations graphiques bidimensionnelles et des modèles VRML. Kabata et Koszewski (2005) ont eux aussi œuvré à mettre en relation des informations concernant le patrimoine architectural d'une zone spécifique à une époque déterminée⁸⁴. Ils offrent à l'utilisateur la possibilité d'effectuer des requêtes par le biais du croisement de mots-clés; ceux-ci caractérisent certains aspects des spécimens représentatifs de la production architecturale à l'étude, soit le lieu, la période, la catégorie stylistique, la fonction du bâtiment, la personne identifiée comme étant le concepteur, etc. Notons que des règles basées sur une logique floue permettent ici un traitement de l'information sur la base de critères approximatifs⁸⁵.

⁸³ L'étude de cas porte sur la région d'Izmir, le deuxième plus grand port de Turquie.

⁸⁴ L'étude de cas porte sur Saska Kępa, un quartier résidentiel de Varsovie, développé durant l'entre-deux-guerres. Selon les experts, quelques-uns des bâtiments les plus représentatifs du mouvement moderne en Pologne sont situés à l'intérieur de ce périmètre.

⁸⁵ Par exemple, si l'utilisateur spécifie une date, il peut indiquer que c'est à une décennie près, s'il effectue une recherche sur un concepteur, il peut spécifier à quel segment de sa carrière il s'intéresse, s'il soumet un nom de lieu, il peut indiquer qu'il souhaite englober dans la recherche les régions limitrophes, etc.

Les travaux de Kos (2007) constituent, pour leur part, un exemple intéressant du potentiel de la banque de données lorsque combinée aux techniques de modélisation tridimensionnelle. Ce chercheur s'est intéressé à la mise en contexte de l'information; l'environnement qu'il a développé est basé sur un ensemble de modèles 3D illustrant l'évolution d'une ville⁸⁶. L'utilisateur choisit d'abord la période historique sur laquelle porte son intérêt. Les requêtes s'effectuent ensuite en sélectionnant des items au sein d'une liste de bâtiments et d'espaces urbains, correspondant à cette époque. Chacun de ceux-ci est relié à une liste de mots-clés qui, à leur tour, donnent accès à différents documents ainsi qu'à des représentations visuelles de l'entité à l'étude, générées à partir de l'un ou l'autre des modèle 3D.

Afin de pouvoir accéder, au moment opportun, aux informations qui l'intéressent, l'utilisateur doit développer une image mentale claire du mode de structuration de la banque de données. Okamura (2007) et ses collaborateurs se sont penchés sur ce problème; ils ont cherché à contourner les limitations inhérentes à l'arrangement des mots-clés sous forme d'une arborescence prédéfinie, organisation qui semble augmenter la charge cognitive imposée à l'utilisateur et peut restreindre son accès aux documents. Dans l'environnement développé par ces chercheurs, les capsules d'informations sont cataloguées simultanément selon divers critères, de façon à enrichir la description des ressources documentaires⁸⁷. Bien que les premières rubriques proposées à l'utilisateur soient relativement génériques, les thématiques sont progressivement affinées par des sélections de mots-clés de plus en plus spécifiques. Un même élément patrimonial est classé sous diverses rubriques, faisant en

⁸⁶ L'étude de cas porte sur Rio de Janeiro.

⁸⁷ L'étude de cas porte sur l'architecture islamique. Une entité patrimoniale est décrite par le biais de 6 questions: Qui? (concepteurs et usagers), Quoi? (usages et / ou composantes du bâtiment), Où? (location), Quand? (période: construction, restauration, démolition), Comment? (matériaux et modes de construction), Pourquoi? (Mise en relation de l'entité avec les contextes historique, politique, économique, etc.).

sorte qu'un document numérique donné est accessible via une pluralité de séquences de requêtes.

La banque de données peut amener l'utilisateur à développer une meilleure compréhension du patrimoine architectural propre à une région ou à une époque, ou encore constituant l'œuvre d'un concepteur. Toutefois, comparativement à l'environnement multimédia dans lequel le parcours s'effectue de façon essentiellement intuitive, il appert que le processus exploratoire entrepris par l'utilisateur se déroule ici de façon plus systématique. En outre, l'individu doit fournir un effort supplémentaire pour structurer sa pensée, formaliser un questionnement et élaborer une séquence de requêtes qu'il soumettra au moteur de recherche.

2.3.4 L'incidence des technologies numériques sur l'élargissement du bagage culturel: commentaire récapitulatif

En somme, les trois approches dont il a été question dans le cadre de cette section – la modélisation 3D, le multimédia et la banque de données – sont essentiellement basées sur l'accès à des informations visuelles, textuelles et/ou sonores relatives au patrimoine architectural. On peut ici se questionner à savoir dans quelle mesure la structure de ces environnements numériques est en concordance avec les mécanismes mentaux dont dispose l'utilisateur. Les informations colligées sont-elles significatives dans le cadre de la démarche cognitive de l'individu? Ce dernier y accède-t-il au moment opportun et au prix d'un effort que l'on pourrait qualifier de raisonnable? La succession des images, les cheminements effectués d'un module à l'autre et les enchaînements questions / réponses s'avèrent-ils stimulants et profitables pour l'apprenant ou ont-ils, au contraire, pour effet de le déconcerter?

Ces questions demeurent bien évidemment ouvertes. Les réponses que l'on pourrait y apporter sont variées à l'infini en ne peuvent que reposer sur une analyse cas par cas;

elles dépendent des spécificités de l'environnement dont il est question, des caractéristiques idiosyncrasiques de l'utilisateur et du contexte dans lequel il entreprend la démarche exploratoire. En effet, il est loisible de présumer que de tels environnements peuvent, dans certains cas, contribuer de façon effective au développement du sens critique du concepteur et lui permettent d'aiguiser de façon notable la perception qu'il a de sa position au sein des continuums espace et temps. Inversement, il peut advenir que l'individu se limite à explorer ces environnements d'une façon superficielle, sans arriver à établir de liens significatifs entre les informations présentées.

* * *

Dans le cadre de la revue de littérature qui a été présentée ci-dessus, nous nous sommes intéressés spécifiquement à la recherche sur les applications numériques aptes à contribuer au développement d'habiletés cognitives servant d'assise à la démarche du concepteur architectural. Nous avons porté notre attention sur les diverses avenues qui lui sont proposées pour mettre l'outil informatique à contribution afin d'étayer – ou de renouveler – certains processus cognitifs qui se situent en amont (ou en parallèle) du processus de conception en tant que tel.

Nous avons passé en revue trois groupes d'environnements numériques dont les mandats étaient respectivement d'enrichir la base de connaissances techniques, de diversifier le répertoire d'images et de contribuer à l'élargissement du bagage culturel de l'utilisateur. Nous avons constaté que les environnements numériques du premier groupe tendent à enrichir la pensée de haut niveau et que ceux appartenant au deuxième groupe tendent à stimuler la pensée latérale. Les environnements appartenant au troisième groupe soulèvent, pour leur part, plus d'interrogations quant à la portée de l'impact qu'ils sont susceptibles d'avoir sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur. En notre qualité d'observateur, appelé à considérer le phénomène à l'étude, nous sommes confrontés à une certaine perplexité résultant de cette nébulosité. Les questions qui surgissent dans notre esprit, et dont les réponses ne semblent pas apparentes de prime abord, sont relatives

à la prégnance du résidu cognitif pouvant résulter de la fréquentation de tels environnements.

Au cours du prochain chapitre, nous serons amenés à confronter les trois groupes commentés dans le cadre de la revue de littérature. Nous comparerons leurs capacités respectives à contribuer à la démarche de l'utilisateur œuvrant à appréhender la matière présentée et à saisir les concepts proposés. Nous nous interrogerons sur leurs aptitudes à entériner, au sein de la communauté des concepteurs architecturaux, un renouvellement des modes de stimulation de l'intellect.

3. La problématique

3.1 Réflexion sur la fécondité des approches commentées

La revue de littérature présentée au chapitre précédent nous a permis de dégager certains grands courants de la recherche dans le domaine du développement d'environnements numériques susceptibles d'avoir un impact sur les habiletés cognitives du concepteur architectural en l'amenant éventuellement à réfléchir, créer et/ou apprendre différemment. Il s'agit d'une revue offrant un panorama global – bien que non exhaustif – de la diversité des pistes de recherche explorées dans cette optique au cours des dernières décennies.

Dans les sections 2.1 et 2.2, nous avons commenté les travaux de divers chercheurs partageant tous un objectif commun; par le biais de l'élaboration d'outils et d'environnements numériques expérimentaux, ils ont cherché à transcender les limitations inhérentes au type d'utilisation qui est actuellement fait de l'ordinateur dans le domaine de l'architecture. Ils ont développé un large éventail d'approches dans le but de renouveler deux des processus concomitant de l'élaboration de solutions architecturales; soit le processus d'enrichissement de la base de connaissances et le processus de diversification du répertoire d'images.

Les projets de recherche commentés dans le cadre de la section 2.3 ont, quant à eux, été développés dans une optique à la fois divergente et complémentaire de celles qui avaient orienté les projets précédemment passés en revue. Comme nous l'avons constaté, les chercheurs dont il a été question ont eu pour objectif d'explorer dans quelle mesure il était possible d'avoir recours à des moyens informatiques pour contribuer à la diffusion du patrimoine bâti, de façon à enrichir le bagage culturel du concepteur.

Au cours des prochaines sous-sections, nous tenterons de déterminer sur quels paradigmes l'élaboration de ces trois groupes d'environnements numériques repose; nous procéderons à une comparaison entre les potentiels et limitations inhérents à chacun de ces

regroupements, ce qui nous amènera à préciser l'axe de questionnement qui sera exploré dans le cadre du présent travail de recherche.

3.1.1 Potentiel des environnements axés sur l'enrichissement de la base de connaissances

Le premier groupe d'environnements numériques dont il a été question dans le cadre de la revue de littérature⁸⁸ était composé de systèmes experts, de logiciels de simulation et d'environnements d'apprentissage. Les logiciels de simulation sont, comme nous l'avons constaté, basés sur l'interactivité puisque la formulation de problèmes et l'exploration de solutions alternatives se fait sous forme d'un processus itératif d'action/réaction. Ils ne constituent plus des outils d'optimisation, comme l'étaient par le passé les systèmes experts, mais sont maintenant plutôt axés sur la transmission de connaissances⁸⁹. Ils ont pour mandat de mettre à la disposition du concepteur des moyens nouveaux lui permettant d'appréhender, par le biais d'expérimentations, un savoir donné, de façon à pouvoir ultérieurement le mettre à contribution durant un processus de conception architecturale. Ces environnements ne sont pas uniquement des outils d'aide à la décision mais également des outils d'aide à la compréhension, en ce sens qu'ils contribuent à l'intelligibilité de relations causales⁹⁰. L'utilisateur interagit de façon intuitive avec le modèle; par le biais de modifications opérées sur des paramètres ou des

⁸⁸ Section 2.1

⁸⁹ Il s'agit de connaissances techniques concernant principalement la physique du bâtiment, par exemple dans les domaines du transfert thermique, de l'acoustique, de la structure, etc.

⁹⁰ Comme nous l'avons vu, il s'agit par exemple d'amener l'utilisateur à saisir les corrélations existant entre la morphologie du bâtiment et son rendement énergétique (Pal et Pappicheal, 2000; Caldas et Norford, 2003) ou encore à saisir les corrélations existant entre la morphologie du bâtiment et la diffusion des ondes sonores (Kouzeleas, 2004), etc.

configurations, il est en mesure de procéder à des expérimentations pour évaluer le bien-fondé de ses conjectures et vérifier ses hypothèses.

En ce qui a trait aux environnements d'apprentissage, on peut considérer qu'ils incitent l'utilisateur à poser des séquences d'actions (par le biais de l'activation de fonctionnalités ou de l'écriture de scripts) et à vérifier les implications du geste posé. La génération d'un output de la part du système et/ou la rétroaction de ses pairs contribuent à stimuler la pensée réflexive de l'utilisateur. Nous avons vu, qu'à l'instar des logiciels de simulation, ils peuvent contribuer dans une certaine mesure à stimuler la pensée de haut niveau.

Dans les deux cas, les moyens informatiques mis à contribution permettent à l'apprenant de représenter sa pensée de façon concrète; il est ainsi en mesure de visualiser et de tester les conséquences de son raisonnement (Land et Hannafin, 2000). Un processus itératif est en jeu; c'est en agissant que l'individu enrichit sa compréhension, celle-ci affecte les actions subséquentes, lesquelles modifient sa compréhension et ainsi de suite (Jonassen et Land, 2000).

L'utilisateur de l'environnement numérique retire de cette interaction une connaissance empirique. Dans le cas des logiciels de simulation, c'est en 'jouant' avec le modèle, en étant actif, qu'il élabore progressivement une image mentale des corrélations existant entre les concepts, les règles et les faits. Dans le cas des environnements d'apprentissage, c'est en 'jouant' avec les fonctionnalités offertes, ou les règles et vocabulaire d'un langage, qu'il apprend de quelles façons mener à bien la (ou les) tâche(s) qu'il s'est assignée(s). Le processus d'enrichissement de la base de connaissances est basé sur cette possibilité d'action, ainsi que sur la génération d'un feed-back affectant la teneur des actions subséquentes. C'est sur ces facettes de l'interaction homme / machine que réside – selon nous – la richesse de ce type d'outil.

3.1.2 Potentiel des environnements axés sur la diversification du répertoire d'images

Les environnements numériques appartenant au deuxième groupe identifié dans la revue de littérature⁹¹ ont, pour leur part, une finalité différente; il ne s'agit plus d'enrichir la base de connaissances mais plutôt de contribuer à la diversification du répertoire d'images. Leur rôle est d'étayer le processus d'idéation, par exemple en permettant au concepteur de réfléchir à la formulation et à l'évolution de règles de composition, en lui offrant la possibilité de combiner de diverses façons les entités faisant partie de bibliothèques d'objets, ou encore en provoquant un effet *contre-intuitif* par le biais de la visualisation d'assemblages inédits générés aléatoirement.

Les approches que nous avons regroupées dans la section 2.2 – soit les index de cas précédents, les systèmes génératifs, les grammaires de formes et les bibliothèques d'objets – sont basées sur la relation qu'entretient l'utilisateur avec le feed-back généré par le système. Il est indéniable que, comparativement aux méthodes traditionnellement employées⁹², le processus d'idéation est ici abordé sous une perspective novatrice.

Comme le font remarquer Janssen et ses collaborateurs (2002):

«[...] the aim behind creating design tools is not to duplicate or mimic existing traditional design processes. Rather, the aim is to create innovative tools that challenge the design process, allowing designers to work in ways that were previously not possible. » (p. 120)

⁹¹ Section 2.2

⁹² Telles que l'élaboration d'esquisses, l'observation du cadre bâti existant, la consultation d'ouvrages illustrés, etc.

Il est essentiel de souligner ici le fait que la propension à chercher à aborder le processus d'idéation sous un autre angle n'est pas basée sur un rejet de la tradition, mais plutôt sur le désir de découvrir le potentiel de nouvelles façons de faire. C'est dans cette optique que les chercheurs impliqués dans cet axe de développement restent ouverts à la diversité des stratégies pouvant contribuer à stimuler de façon inédite l'intellect du concepteur.

Il est indéniable que le concepteur architectural ne raisonne pas, a priori, en termes d'index, de grammaires ou de librairies. Ces modes de structuration de la pensée viennent en fait se greffer aux schèmes de l'intelligence de l'individu pour éventuellement enrichir ses processus cognitifs. Les méthodes de diversification du répertoire d'images, basées sur l'observation du cadre bâti existant ou sur la consultation d'ouvrages, pour fécondes qu'elles soient, confinent en quelque sorte l'individu au rôle passif de récepteur d'une image 'achevée'.

Les travaux des chercheurs cités dans le cadre de la section 2.2 démontrent que le recours à des moyens informatiques, en l'occurrence à des approches basées sur l'interactivité, peut également permettre la manipulation d'images 'en développement'. Dans la mesure où le concepteur n'est pas réfractaire aux innovations technologiques⁹³ et pour peu qu'il soit réceptif à de nouveaux modes de stimulation des facultés cognitives, il pourra tirer profit du potentiel de l'ordinateur, il pourra recourir à des outils novateurs susceptibles de contribuer à la diversification active de son répertoire d'images.

Le sens que nous donnons ici à 'diversification active' réside dans le fait que le concepteur est continuellement appelé à agir ; sa pensée réflexive est constamment sollicitée. Il modifie les règles de composition, manipule les entités de la librairie, relance

⁹³ Ce qui peut être le cas, compte tenu de sa configuration psychologique, ses habiletés, ses antécédents, etc.

le système pour générer de nouveaux assemblages ou propositions, etc. La succession d'images venant bonifier le processus d'idéation découle d'une interaction entre le concepteur et l'environnement. Ces images ne sont ni pré-calculées, ni stockées dans une banque de données; dans bien des cas, elles sont générées en temps réel, en fonction des choix et préférences de l'utilisateur. La richesse de ce type d'outil réside – selon nous – non seulement dans l'action mais également dans la génération d'un feed-back qui procède des caractéristiques idiosyncrasiques de l'utilisateur.

3.1.3 Carences relatives des environnements axés sur l'élargissement du bagage culturel

Les environnements numériques qui ont été commentés en troisième section du chapitre précédent⁹⁴ ont pour mandat de contribuer à la diffusion du patrimoine bâti et, incidemment, à l'enrichissement du bagage culturel du concepteur. Suite à la revue de littérature à laquelle nous avons procédé, il nous est apparu que, dans ce domaine, les chercheurs ont majoritairement recours à la modélisation 3D, au multimédia et aux banques de données pour documenter les biens patrimoniaux et mettre ces documents à la disposition de l'utilisateur.

Comme nous le constaterons au cours des prochaines sections, il semblerait que ces approches soient relativement limitatives, et ce, nonobstant la plus-value qu'elles peuvent apporter au niveau de la diffusion de l'information. Ces limitations se situeraient à deux niveaux distincts. Il nous apparaît d'une part que ces types d'environnement favorisent une certaine passivité chez l'utilisateur, la gamme des actions proposées étant moins diversifiée que dans le cas des environnements dont il a été question au début de la revue de littérature. D'autre part, ces approches semblent mener à l'élaboration d'environnements relativement

⁹⁴ Section 2.3

sclérosés, favorisant ainsi une certaine cristallisation des savoirs relatifs au patrimoine bâti. Au cours des prochaines pages, nous nous proposons d'expliciter les causes et conséquences des limitations dont nous venons de faire état, ces carences constituant les fondements de la problématique qui sera développée dans le cadre du présent chapitre.

3.2 La relative passivité de l'utilisateur

Dans les environnements numériques axés sur l'enrichissement de la base de connaissances ou sur la diversification du répertoire d'images, l'action de l'utilisateur, sa faculté d'explorer activement diverses alternatives, solutions ou scénarios, apparaît comme étant la clef de voûte du fonctionnement de l'outil. La pensée réflexive de l'individu est constamment sollicitée; c'est en agissant qu'il enrichit sa compréhension ou stimule son sens créatif. L'apport au développement des habiletés cognitives de l'individu semble dès lors fondé sur l'action, comme le constatent, dans un contexte plus large, Jonassen et ses collaborateurs (1999) :

« A critical characteristic of meaningful learning is *mindful* activity. In order for learners to be active, they must manipulate something (construct a product, manipulate parameters, make decisions) and affect the environment in some way. » (p.222)

Dans les environnements axés sur l'enrichissement de la base de connaissances ou sur la diversification du répertoire d'images, l'utilisateur peut effectivement construire des entités virtuelles⁹⁵, manipuler des paramètres⁹⁶ ou prendre des décisions⁹⁷. Cette caractéristique se retrouve toutefois de façon moins marquée dans les environnements appartenant au troisième groupe et visant à contribuer à l'élargissement du bagage culturel

⁹⁵ Par exemple dans les travaux de Pal et Papamichael (2000).

⁹⁶ Par exemple dans les travaux de Caldas et Norford (2003).

⁹⁷ Par exemple dans les travaux Chase et Ahmad (2005).

du concepteur. Dans le cadre de l'exploration de ces derniers, le processus itératif d'action / réaction semble relativement moins effectif, la gamme d'actions proposées à l'utilisateur étant moins diversifiée.

En effet, on constate que, globalement, les types d'actions proposées sont les suivants : il y a possibilité de visualiser un modèle 3D, de naviguer dans un réseau multimédia ou d'interroger une banque de données. Dans une majorité des cas, l'action de l'utilisateur ne consiste pas à prendre des décisions, ni à manipuler des paramètres ou à construire des entités, et ne pourrait donc pas être assimilée à ce que Jonassen (1999) appelle le *mindful activity*⁹⁸.

Ces environnements numériques peuvent certes contribuer à étoffer le bagage culturel de l'utilisateur; en plus d'offrir l'accès à diverses informations⁹⁹, ils offrent en quelque sorte à l'individu la possibilité de se déplacer à travers le temps et l'espace. Cependant, en raison de la relative pauvreté du type d'interaction proposé à l'utilisateur, il semblerait que le potentiel de l'outil informatique ne soit pas mis à contribution dans la même mesure que pour le développement des environnements dont il a été question au début de la revue de littérature. Au cours des trois prochaines sous-sections, nous nous proposons d'examiner dans quelle mesure la pensée réflexive de l'utilisateur est relativement peu sollicitée lorsque l'approche adoptée est basée sur la modélisation 3D, le multimédia ou les banque de données.

⁹⁸ Il ne s'agit pas ici de porter un jugement sur l'ensemble des environnements développés à ce jour, ce qui serait pour le moins présomptueux, mais plutôt de mettre en relief une tendance observable qui semble représentative du contexte actuel.

⁹⁹ Notamment à des documents d'archives qui, autrement, ne pourraient pas être accessibles à une large communauté de concepteurs et/ou au grand public.

3.2.1 Une utilisation restrictive de la maquette numérique

Dans le cadre de l'élaboration d'environnements numériques axés sur la diffusion du patrimoine bâti, la modélisation tridimensionnelle est fréquemment utilisée comme outil de visualisation, en ce sens qu'on se limite à représenter l'aspect actuel ou passé d'un bâtiment ou d'un site aménagé; le modèle 3D est essentiellement employé pour représenter une réalité physique et en quelque sorte figée. Puisque l'objet architectural (ou son relevé) est tangible et mesurable, il n'est pas rare qu'on s'en tienne à la description géométrique dans le but de permettre la visualisation de l'apparence que revêtait une entité donnée à une (ou des) époque(s) spécifique(s).

Ainsi, nombre de projets sont basés sur une approche purement descriptive (Affleck et Kvan, 2005). L'accent est mis sur l'élaboration de représentations dites *photoréalistes* de sites, bâtiments ou artefacts. Puisque le développement de l'informatique graphique a été soutenu par l'industrie du jeu et du divertissement, il n'est dès lors pas surprenant que la qualité d'un projet de restitution numérique soit souvent évaluée à l'aune du 'réalisme' des images produites, plutôt qu'en fonction de l'impact qu'il est susceptible d'avoir sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur (Roussou et Drettakis, 2003).

De cette approche descriptive découle une certaine passivité de l'utilisateur. La plupart du temps, la seule action pouvant possiblement être posée par celui-ci consiste à modifier la position de l'observateur dans un espace virtuel. Ce déplacement a pour unique objet la visualisation de l'entité géométrique à partir de différents points de vue. De là, les préoccupations de Dave (2005) qui déplore l'aspect limitatif de ce type d'approche.

Au-delà du déplacement de l'observateur, il existe pourtant une multiplicité de méthodes permettant à l'utilisateur d'interagir avec un modèle 3D, de façon à affecter l'environnement numérique. En effet, il est possible d'avoir recours au modèle tridimensionnel non pas uniquement pour décrire la géométrie et l'aspect d'une entité

physique, mais également pour rendre compte de processus¹⁰⁰ et de pratiques¹⁰¹. Il devient alors possible d'aller au-delà de l'aspect descriptif et de contribuer à l'intelligibilité de différentes facettes du patrimoine bâti. Dans de tels cas, l'environnement peut permettre à l'utilisateur non seulement de se déplacer à l'intérieur de l'espace virtuel, mais également d'interagir avec le modèle par le biais de la simulation et de l'expérimentation¹⁰².

Or, il est notable que, comparativement à la masse de projets de restitution basés sur le photoréalisme, ces types d'utilisation de la maquette numérique demeurent sous-exploités. Actuellement, la modélisation 3D est relativement peu mise à contribution pour permettre le questionnement, la simulation, l'expérimentation. Cette propension à avoir presque exclusivement recours au modèle numérique 3D en tant qu'outil de visualisation, et à se restreindre à une approche descriptive, aurait apparemment tendance à diminuer la richesse et la variété des actions posées par l'utilisateur.

En limitant le type d'interaction utilisateur / environnement¹⁰³, il semblerait que l'on restreigne dans bien des cas la portée de l'impact que pourrait avoir le modèle 3D sur le processus d'intellection de l'apprenant. Le recours à cet outil, pour permettre la visualisation de représentations photoréalistes d'entités patrimoniales, enrichit certes le répertoire d'images de l'utilisateur. Or, peut-on se demander, ce dernier perçoit les images présentées

¹⁰⁰ Tels qu'un processus d'édification (comme les étapes de construction d'un monument) ou encore un processus évolutif (comme les phases de développement d'un tissu urbain). Notons cependant que, dans le cadre de travaux traitant d'une évolution, on a souvent recours à la juxtaposition de plusieurs maquettes numériques autonomes et non à un modèle procédural évolutif.

¹⁰¹ Telles qu'une mise en relation entre la codification du cadre bâti et les pratiques sociales (ou culturelles). Nous nous référons ici par exemple aux restrictions d'accès à certaines zones du bâtiment selon l'appartenance à une strate sociale (comme c'était le cas notamment dans les cathédrales gothiques, les demeures bourgeoises anglaises, etc.).

¹⁰² Nous reviendrons sur cette question au chapitre 5 et commenterons des exemples de projets de recherche.

¹⁰³ Comparativement aux environnements dont il a été question au début de la revue de littérature.

mais en saisit-il la (ou les) signification(s)? Force est d'admettre que, dans la mesure où il n'y a pas mise à contribution du modèle 3D dans l'optique de rendre compte de processus ou de pratiques, ou encore de générer des informations en réponse à un questionnement initié par l'utilisateur, il y a contingence du développement effectif des habiletés cognitives de l'individu.

3.2.2 Les limitations inhérentes au multimédia

Il est indéniable que le recours au multimédia comporte plusieurs avantages puisqu'il permet d'une part d'homogénéiser des documents de types et de provenances diverses. Il offre d'autre part une certaine flexibilité étant donné que les liens unissant les 'capsules d'informations' par le biais d'hyperliens peuvent être remaniés de façon itérative par le développeur.

En outre, les possibilités d'interaction offertes par le multimédia permettent de transcender – dans une certaine mesure – la linéarité propre aux documents imprimés. Il est effectivement possible d'organiser l'information non seulement sous d'autres formes que celles du texte discursif¹⁰⁴ mais également selon une autre logique. Dans un contexte de diffusion du patrimoine, il est loisible d'avoir recours à des moyens informatiques pour présenter les données sous forme d'un réseau interactif, rendant ainsi possible l'établissement de nouvelles connexions entre les informations et permettant d'accéder à celles-ci de façon plus dynamique¹⁰⁵.

L'utilisateur peut explorer cet environnement réticulaire par le biais de parcours effectués non seulement à un rythme lui convenant, mais également selon une logique lui

¹⁰⁴ Dans lequel sont insérés illustrations, tableaux, notes en bas de page, etc.

¹⁰⁵ Voir par exemple les travaux de White (2007), Papagiannakis et ses collaborateurs (2007), Lee et ses collaborateurs (2000), etc.

étant propre. Il peut avoir recours à des ‘courts-circuits’, ou à des raccourcis, pour emprunter les voies qu’il considère a priori comme étant les plus propices à le mener vers des informations aptes à susciter son intérêt et à contribuer à sa compréhension. Il est maître de ses trajectoires et – dans une certaine mesure – de ses apprentissages.

Au moment où le développement d’environnements multimédia a pris son essor, on considérait que, puisque l’information était accessible selon des séquences variables, l’hyper-document permettrait à l’apprenant de construire et d’organiser efficacement, et de façon personnalisée, les savoirs mis à sa disposition.

« Dans le contexte d’une tâche d’apprentissage, cette non-linéarité offre à l’utilisateur-apprenant une grande liberté de parcours parmi les unités documentaires, donc, a-t-on cru, une adaptation à ses besoins et une meilleure implication dans une activité d’apprentissage fondée sur des traitements profonds, la confrontation de points de vue et l’élaboration de connaissances personnelles et complexes. » (Amadiou et Tricot, 2006, p.6)

L’enthousiasme des développeurs laissait présager que le multimédia deviendrait un mode de diffusion des connaissances en parfaite concordance avec les stratégies cognitives dont dispose l’individu. Or, on assiste depuis quelques années à une remise en question de l’efficacité des environnements multimédia en tant qu’outils aptes à stimuler l’intellect de l’utilisateur.

« Even though the most common attitude in the education community is one of unrestricted enthusiasm for such stimulating environments, some researchers have started to question the benefits of such complex and ill-structured displays in terms of learning. » (Rouet, Levonen et Biarreau 2001, p.1)

Les expérimentations menées par les experts en ergonomie cognitive démontrent que le simple étalage d’informations sous formes diverses (textes, images, sons, animations) n’impliquerait pas nécessairement qu’il y aura compréhension et apprentissage de la part de l’utilisateur (Rouet et coll., 2001). En fait, dans bien des cas, il semblerait que

l'individu n'ait pas une image mentale claire du trajet qu'il effectue à travers le réseau reliant les capsules d'information. Dans ce contexte, force est d'admettre que la contingence d'un résidu cognitif jette un doute préoccupant sur la fécondité de ce type d'approche.

À peine quelques années après l'émergence des nouvelles technologies de l'information, les chercheurs en multimédia Érica de Vries et André Tricot (1998) s'interrogeaient déjà: « [...] des indicateurs comme la redondance (parcours non-économique) ou les *loopings* (passer plus de trois fois par un même nœud) s'interprètent-ils comme le fait que le sujet est perdu, n'atteint pas son but, ne comprend pas les informations qu'il traite? » (p.177). Cette question mérite réflexion puisqu'il semblerait que l'errance soit caractéristique du comportement de nombre d'utilisateurs d'environnements multimédia.

En outre, il arrive fréquemment que l'individu ne cherche pas à approfondir la démarche exploratoire; il se confine alors dans une modeste portion de l'environnement interactif, soit dans le but d'éviter la surcharge cognitive (Schnotz, 2001), soit qu'il ne perçoive pas le bénéfice que pourrait lui apporter l'obtention d'informations additionnelles (Barnard et Sandberg, 2001).

Dans le premier cas, lorsqu'il y a risque de surcharge cognitive, il peut s'agir d'une déficience de la structure de l'environnement numérique. À ce propos, écoutons Rouet, une autorité en matière de multimédia :

« One major danger with multimedia displays is that they overflow people's processing capacity. To fully understand why this is so much of a problem, it is useful to keep in mind the distinction between the *perception* and *processing* of complex information. [...] Making the structure simpler and more obvious greatly reduces the cognitive cost of processing a document. » (2001, p.170)

Ce chercheur estime que le développeur d'environnements multimédia ne réussit pas toujours à organiser les capsules d'information de façon à en faire une structure cohérente. Il en résulte que les liens proposés finissent en quelque sorte par dérouter l'individu cherchant à naviguer dans cet environnement.

Dans le deuxième cas, lorsque l'individu ne perçoit pas le bénéfice que pourrait lui apporter l'obtention d'informations additionnelles, la cause peut provenir du fait qu'il ne dispose pas de stratégies cognitives aptes à permettre l'incorporation des nouvelles informations au bagage constitué par les connaissances déjà acquises. Il n'est donc pas en mesure de développer une compréhension approfondie du phénomène qui lui est présenté (Barnard et Sandberg, 2001). Lorsque l'utilisateur ne dispose pas du type de stratégie cognitive lui permettant d'effectuer une synthèse des informations, l'environnement multimédia ne favorise pas nécessairement la compréhension et l'assimilation des notions devant être transmises. En somme, dans certains cas, le développeur et l'utilisateur peuvent, l'un et l'autre, éprouver des difficultés à gérer l'ensemble des informations qu'ils ont à traiter.

Les limitations auxquelles nous venons de faire allusion – soit la difficulté à élaborer une image mentale du parcours effectué et le manque de motivation à explorer l'environnement numérique dans son ensemble – témoignent d'une certaine précarité inhérente à la démarche cognitive impliquant ce type d'environnement. L'utilisateur n'arrive pas toujours à procéder à ce que Rouet (2001) appelle « the processing of complex information », c'est-à-dire à établir des connexions significatives entre les diverses capsules qui lui sont présentées.

À ces désavantages s'ajoute la relative passivité de l'utilisateur. En effet, l'ensemble des actions posées par l'individu peut être caractérisé par l'uniformité; dans plusieurs cas, ces actions se résument à des déplacements d'un nœud du réseau vers un autre. L'utilisateur n'affecte pas à proprement parler l'environnement numérique; il ne fait qu'y naviguer, en

effectuant des parcours qui, comme nous l'avons vu, peuvent être aléatoires et ne contribuent pas nécessairement à stimuler son intellect.

3.2.3 Les limitations inhérentes aux banques de données

Tout comme pour les environnements multimédia, le développeur de banques de données travaille à partir de 'capsules d'informations', telles que textes, photographies, images de synthèses, etc. Sa tâche consiste à mettre celles-ci en relation et à les rendre accessibles par le biais d'un moteur de recherche. Les procédures de tri automatiques devraient constituer le principal avantage des banques de données parce qu'elles permettraient théoriquement de mettre en relation les informations de façon plus efficace (comparativement au multimédia, par exemple).

Il est indéniable que, dans le domaine du patrimoine bâti, la banque de données est basée de façon extensive sur des collections d'images. L'implémentation de procédures aptes à trier automatiquement celles-ci constitue un problème épineux puisqu'il s'agit d'arriver à faire de l'image un objet sémantique. Bien que l'on remarque l'émergence d'axes de développement prometteurs dans le domaine¹⁰⁶, dans les faits, la réponse fournie par le moteur de recherche s'avère souvent insatisfaisante (Zhang et coll., 2004). Ainsi, le développeur en est fréquemment réduit à attribuer, de façon 'manuelle', une liste de mots-clés à une image pour en décrire le contenu. Conséquemment, dans nombre de cas, l'action de l'utilisateur ne consiste pas à verbaliser des questions, mais se résume plutôt à

¹⁰⁶ Par exemple Wang et ses collaborateurs (2004) ont développé un environnement numérique mettant à la disposition de l'utilisateur des outils de dessin. Il est possible pour l'individu de présenter une requête au moteur de recherche en esquissant l'entité sur laquelle porte son intérêt. Le processus de filtrage basé sur différents attributs peut être pondéré par l'utilisateur: la reconnaissance de formes, les relations spatiales, la similarité au niveau de la palette des couleurs, etc. L'utilisateur peut en outre sélectionner une des images candidate, la modifier et reprendre le processus de recherche de façon itérative.

sélectionner des mots-clés. Ceux-ci sont ultérieurement jumelés aux objets (textes et images) auxquels ils ont été apposés à titre d'attribut.

Lorsque le système ne repose pas (ou peu) sur des procédures de tri automatiques, la frontière entre le multimédia et la banque de données s'estompe, sans que les avantages du premier ne viennent bonifier le deuxième. En effet, on évacue ici la notion de parcours intuitif, en ce sens que le processus exploratoire est mené par l'utilisateur d'une façon que l'on pourrait qualifier de systématique. On peut supposer qu'il s'agit là d'un type d'interaction pouvant convenir essentiellement aux esprits cartésiens. Comme nous l'avons mentionné, par rapport à l'utilisateur d'environnements multimédia, il est clair que l'individu doit ici fournir un effort supplémentaire pour structurer sa pensée; il doit soumettre des 'requêtes' par le biais de la sélection de mots-clés. Mais, peut-on se demander, d'où surgissent les interrogations dans l'esprit de l'utilisateur? Et la réponse à une interrogation fait-elle nécessairement surgir une nouvelle question? Quels mécanismes régissent l'enchaînement de questions subséquentes? Toutes ces questions demeurent bien évidemment ouvertes.

Si l'on cherche à y répondre, il faut demeurer conscient du fait que la prégnance de la motivation préalable qui anime l'utilisateur potentiel est un facteur prépondérant. En d'autres termes, le succès du processus de traitement de l'information par le sujet cogitant dépendra en grande partie de l'intérêt initial manifesté par celui-ci. Or, la démarche de l'individu qui aborde ce type d'environnement n'est pas nécessairement caractérisée par un questionnement préexistant. Dans ce contexte, il est loisible de se demander si une approche basée sur la banque de données est susceptible de contribuer à l'enrichissement des habiletés cognitives uniquement dans le cas d'un individu possédant déjà des connaissances dans le domaine, c'est-à-dire déjà initié au sujet, ou si elle est également apte à stimuler le néophyte à acquérir des savoirs entièrement nouveaux.

Il semble que l'individu déjà initié au sujet possèderait un avantage probant puisque la qualité de l'apprentissage serait, selon Clergue (1997), intimement liée aux attentes

de l'apprenant et aux objectifs qu'il se fixe consciemment et délibérément. Amadiou et Tricot (2006) abondent dans le même sens, pour eux l'effet des connaissances antérieures est d'une importance cruciale; ils considèrent que, dans le cadre d'une démarche d'apprentissage, un environnement numérique structuré sous forme de banque de données serait plus compatible avec les caractéristiques d'un individu possédant déjà un niveau élevé de connaissances relatives au thème présenté, plutôt qu'un niveau faible¹⁰⁷.

La préexistence d'une base de connaissances dans un domaine donné est un élément fondamental qui incite l'utilisateur à initier un questionnement, dans le but d'étoffer un savoir lacunaire. C'est dire que les mécanismes mentaux qui régissent l'enchaînement de questions subséquentes sont basés sur une soif de savoir. Le comportement proactif de l'individu résulte nécessairement de cette appétence à enrichir un réseau de notions déjà partiellement structuré.

Pour intégrer un concept nouveau, l'utilisateur doit être en mesure de le lier à ceux qu'il a précédemment construits ou acquis. Il est donc possible que le processus exploratoire impliquant le recours à une banque de données ne porte pas fruit, faute d'une base de connaissances préexistante. Dans ce cas, l'utilisateur peut se trouver obnubilé face à un ensemble de données extrêmement variées et détaillées, et ne pas disposer des stratégies cognitives nécessaires pour les mettre en relation. Dans la mesure où de nouvelles interrogations ne lui viennent pas à l'esprit, la séquence de questions / réponses peut se trouver interrompue prématurément puisque le feed-back généré par le moteur de recherche ne réussit pas à alimenter un 'dialogue'.

¹⁰⁷ Des connaissances générales liées à l'expérience d'utilisation des ordinateurs (ou *computer literacy*) peuvent également influencer sur l'apprentissage. Notons en outre que des capacités *métacognitives* élevées peuvent avoir un effet positif sur l'utilisation de l'hypermédia puisqu'il s'agit là de dispositifs nécessitant une importante autorégulation de la part de l'apprenant. Nous reviendrons sur la notion de *métacognition* au chapitre 4, sous-section 4.2.5.

Il semble que la banque de données soit, de par sa nature, impuissante à inciter l'utilisateur à l'action. Tout comme s'il s'apprêtait à consulter une monographie, l'individu doit puiser en lui-même la motivation nécessaire pour mener à bien le processus cognitif. On peut dès lors présumer que l'attitude du néophyte sera caractérisée par une certaine passivité et qu'en l'absence d'une base de connaissances relatives au domaine dont il est question, l'individu sera parfois peu enclin à entreprendre une démarche exigeante dont il ne connaît pas a priori l'intérêt de la résultante.

3.2.4 L'importance de diversifier la gamme d'actions possibles

La revue de littérature nous a amenés à constater que, dans nombre d'environnements numériques expérimentaux, c'est l'alternance entre la formulation de l'input par l'utilisateur et la génération du feed-back par l'ordinateur qui stimule la pensée réflexive de l'individu. Or, dans les environnements basés sur la modélisation 3D, le multimédia ou les banques de données, il nous apparaît que l'utilisateur n'est pas réellement en situation de dialogue. Un environnement, basé sur l'une ou l'autre de ces approches, ne génère rien à proprement parler; il permet uniquement d'accéder à des capsules d'information¹⁰⁸.

Il en résulte que l'aspect positif de la méthode heuristique¹⁰⁹ est relativement peu exploité dans la majorité des environnements numériques dont le mandat est de contribuer à étoffer le bagage culturel de l'utilisateur. Contrairement aux environnements visant à l'enrichissement de la base de connaissances techniques, l'utilisateur n'est pas en mesure de procéder à des expérimentations. Par le biais des choix qu'il pose, il est la plupart du

¹⁰⁸ Nous regroupons ici sous l'expression 'capsule d'information', la maquette numérique, le nœud du réseau multimédia et l'item répertorié dans la banque de données.

¹⁰⁹ Nous reviendrons sur la notion d'heuristique au prochain chapitre, sous-section 4.2.4.

temps impuissant à affecter l'environnement numérique. Son action ne l'amène pas à vérifier les conséquences de ses décisions comme c'est le cas lorsqu'il y a possibilité de modifier des paramètres, de remanier des configurations, de rectifier des scripts, etc.

Contrairement aux environnements visant à la diversification du répertoire d'images, la génération du feed-back ne procède pas des caractéristiques idiosyncrasiques des utilisateurs puisque tous ont accès aux mêmes représentations. En outre, l'action de l'individu ne contribue pas activement à la génération de nouvelles configurations, images ou maquettes numériques comme c'est le cas lorsqu'il y a possibilité d'élaborer une logique de composition, de développer et de mettre à l'épreuve des règles, d'agir sur des entités de façon à initier des chaînes d'actions / réactions, etc. Il nous apparaît donc que, dans nombre de cas, l'utilisateur ne retire pas un savoir empirique basé sur l'expérimentation active.

Pourtant, rien ne contraint le développeur à confiner l'utilisateur à une gamme d'actions restreinte. Cette relative passivité imposée à l'individu découle peut-être de la vision parfois étriquée que l'on peut avoir de la potentialité des technologies informatiques et qui nous amène dans certains cas, à calquer le mode d'utilisation de l'outil numérique sur des façons de faire existantes¹¹⁰. Ainsi, le modèle 3D peut être assimilé à la version électronique de la maquette traditionnelle. Le réseau multimédia et la base de données, quant à eux, peuvent être consultés sans que l'action de l'apprenant n'affecte à proprement parler le médium, l'utilisateur se bornant à lire les textes et à visualiser les représentations, un peu comme s'il consultait la version électronique d'une monographie ou d'une encyclopédie¹¹¹.

Dans le domaine de la diffusion du patrimoine, peut-on présumer que le recours à des environnements numériques basés sur l'une de ces trois approches (modélisation 3D,

¹¹⁰ Comme nous l'avons constaté au chapitre 1.

¹¹¹ Nonobstant le fait qu'il y ait possibilité d'ajouter les aspects sonores et/ou animés.

multimédia, banques de données) soit garant d'une plus-value au niveau du développement des habiletés cognitives de l'individu? Ou doit-on, au contraire, admettre qu'il est probable qu'il y ait simplement transfert de l'information, selon des modalités nouvelles et sous une forme augmentée?

Durant les années soixante, Eaton (1967) écrivait: « The major problem in teaching history to an undergraduate in an American architectural school is to get him to read and to think about what he has read. » (p.186)¹¹². Peut-on supposer qu'aujourd'hui les étudiants¹¹³ réfléchissent davantage aux textes relatifs à l'histoire de l'architecture qui sont mis à leur disposition par des moyens informatiques? Et peut-on présumer que l'ordinateur leur offre des moyens plus efficaces d'établir des relations signifiantes entre les représentations qui leurs sont présentées?

Selon Champion, Dave et Bishop (2003), la réponse serait négative. Ces chercheurs considèrent que nombre d'environnements numériques ne réussissent pas à initier ce qu'ils appellent un *cultural engagement*; l'utilisateur consulte les informations, visualise les lieux et les objets virtuels sans s'imprégner réellement de leurs significations¹¹⁴. Or, il appert que cet état de fait serait inhérent à la relative passivité de l'utilisateur; il résulterait de l'étroitesse de la gamme d'actions qui est proposée au sujet cogitant. Dans la mesure où l'on est impuissant à stimuler la pensée réflexive de l'utilisateur, on peut supposer qu'il n'y aura pas nécessairement enrichissement de la faculté de l'individu à embrasser par la pensée les multiples facettes d'un cadre bâti ancien.

¹¹² Les propos de Eaton sont consignés dans un recueil de textes présenté par Moholy-Nagy (1967).

¹¹³ Et l'apprenant au sens large, tel que défini dans la section 4.2 portant sur la cognition.

¹¹⁴ Bien évidemment, il existe également des environnements numériques axés sur l'action de l'utilisateur, qui permettent à l'individu de s'imprégner – dans une certaine mesure – de la signification des lieux. Nous reviendrons sur cette question au chapitre 5.

3.3 Des environnements relativement sclérosés

3.3.1 La diffusion d'informations faisant consensus

Jusqu'à maintenant nous nous sommes attardés aux divers types de 'mise en forme' de l'information, relative aux biens patrimoniaux, que permet le recours à des moyens informatiques. Poursuivons notre réflexion sur la diffusion du patrimoine bâti et interrogeons-nous maintenant sur le contenu des environnements numériques mis à la disposition du concepteur architectural (ou de l'apprenant au sens large).

Il nous apparaît que, outre une relative passivité de l'utilisateur, une deuxième limitation inhérente aux approches précédemment passées en revue¹¹⁵ réside dans le fait qu'elles sont adéquates principalement lorsqu'il s'agit de représenter le résultat 'final' d'un processus de documentation, et donc de mettre en relation des capsules d'information que l'on pourrait qualifier de 'stables'. Celles-ci doivent essentiellement être basées sur des informations faisant consensus au sein des experts et n'étant pas appelées à être remises en question à court terme : par exemple, une maquette numérique illustrant l'état actuel d'un bâtiment patrimonial, une banque de données mettant en relation des architectes de renom avec leurs diverses œuvres, ou encore un environnement multimédia donnant un aperçu du cadre bâti d'une région.

Là où le bât blesse, c'est lorsqu'il est question non pas de présenter des informations, ni d'énoncer des faits, mais plutôt de diffuser une connaissance résultant de la réflexion et de l'interprétation de l'historien de l'architecture. On peut effectivement se questionner quant à la pertinence de ces approches lorsqu'il y a mutabilité potentielle non

¹¹⁵ Essentiellement basées sur la modélisation 3D, le multimédia et les bases de données.

seulement des éléments formant la connaissance, mais également des liens pouvant être établis entre ces éléments.

Dans le cadre des démarches exploratoires que nombre de chercheurs ont entreprises au cours des dernières décennies, dans le but de mettre le potentiel de l'informatique au service de la diffusion du patrimoine, il est relativement fréquent qu'on se tienne en retrait de la réflexion de l'historien, des questions qu'il soulève et des hypothèses qu'il pose. La finalité des modèles 3D et environnements numériques est souvent axée essentiellement sur la diffusion d'une réalité bâtie, ce qui fait en sorte que dans bien des cas, on ne présente qu'une 'image' des ensembles patrimoniaux, on ne propose qu'une vitrine.

Or, le patrimoine architectural n'est pas une réalité figée¹¹⁶. À partir des matériaux dont l'historien dispose – bâtiments et artefacts qui nous sont parvenus, documents d'archives, etc. – il façonne progressivement une connaissance en constante évolution. Ces savoirs sont appelés à se transformer selon la nature et la variété des matériaux mis à la disposition du chercheur, la façon dont il les interprète et la progression de son raisonnement. La connaissance historique¹¹⁷, en raison des aspects interprétatifs, contextuels et évolutifs qui la caractérise est en constante mouvance, d'où la difficulté à la formaliser et incidemment à la communiquer.

C'est probablement pour cette raison que le développeur d'environnements numériques a souvent tendance à présenter les documents à partir desquels l'historien travaille, plutôt que la connaissance progressivement façonnée par ce dernier. Or, on ne saurait trop insister sur la distinction existant entre les notions d'information et de

¹¹⁶ Nous reviendrons sur la notion de patrimoine au prochain chapitre, à la section 4.3.

¹¹⁷ Les notions de connaissance et d'histoire seront développées dans le chapitre «Cadre théorique», respectivement aux sections 1 et 4.

connaissance, la première étant une donnée qui comporte, dans un contexte donné, une signification pour un récepteur, tandis que la seconde fait référence à un groupe d'informations reliées entre elles et organisées selon un principe rassembleur (Basque et Lundgren-Cayrol, 2003). On remarque une tendance à mettre l'ordinateur à contribution pour la diffusion d'informations plutôt que pour la transmission de connaissances, le second mandat étant manifestement plus complexe que le premier.

Dans l'optique où l'on chercherait à mettre à la disposition de l'utilisateur, non pas exclusivement des faits et des images faisant consensus, mais également le fruit de la réflexion de l'historien, le bien-fondé de la prédominance du recours presque exclusif à la modélisation 3D, au multimédia et aux banques de données, devient alors discutable. Une diversification des approches adoptées pourrait-elle avoir pour effet d'élargir la portée des environnements numériques, dans la mesure où leur mandat serait de contribuer à diffuser non pas strictement une réalité bâtie, mais également l'interprétation qu'en fait l'historien, et ce, dans une perspective évolutive?

C'est dans le cadre d'un questionnement de ce type que Affleck et Kvan (2005) nous mettent en garde contre la propension à promouvoir un savoir en apparence 'finalisé'. Ils remettent en question les modes de diffusion basés sur la mise en relation de capsules d'informations 'stables' et faisant apparemment consensus au sein des experts en patrimoine :

« Reconstructing cultural heritage is an intellectual process, drawing from a variety of sources and data, which will not always be complete. It is important that the process of interpretation is discussed and highlighted and the results not presented as *absolute truth*. » (p.172)

Serait-il possible d'aller au-delà de la diffusion *stricto sensu* des informations relatives au patrimoine architectural et de communiquer le raisonnement du chercheur? Dans quelle mesure pourrait-on arriver à formaliser des connaissances caractérisées par la mouvance? Pourrait-on ainsi contribuer à l'intelligibilité des multiples interprétations qui

sont faites des différentes facettes d'une réalité bâtie? Nous croyons que l'outil informatique, bien que n'étant pas la panacée, peut nous offrir la possibilité d'explorer de nouvelles pistes de recherche dans ce sens.

3.3.2 La cristallisation des savoirs

Traditionnellement, la monographie et l'article scientifique sont deux des principaux vecteurs permettant à l'historien de l'architecture de communiquer le fruit de sa réflexion. Par le biais de ces types de documents, il présente le résultat de sa démarche sous formes variées : textes, photographies, illustrations, schémas, tableaux synoptiques etc. L'auteur y commente, sous forme discursive, l'analyse qu'il fait des diverses entités ou ensembles à l'étude et présente éventuellement des hypothèses et/ou des conclusions.

Comme on le sait, l'avènement de l'informatique a entraîné l'émergence d'un nouveau vecteur de diffusion, soit le document électronique. Bien que cette discipline puisse théoriquement fournir des outils permettant d'élaborer des environnements susceptibles d'avoir un niveau de plasticité supérieur à celui du document imprimé, il semble que dans les faits tel ne soit pas le cas. Même si, dans le domaine du patrimoine architectural, le développeur d'environnements numériques a affaire à un savoir qui se meut, il arrive fréquemment qu'il ne tienne pas compte de cette caractéristique inhérente à la connaissance qu'il est appelé à structurer dans le but de permettre sa diffusion. Nonobstant le fait qu'il soit interactif, l'environnement ainsi élaboré pourrait être qualifié de 'définitif', puisque les capsules d'information dont il est formé sont l'équivalent de ce que Dave (2005) appelle un *conclusive document*.

Lorsque l'historien de l'architecture étudie un bâtiment, un ensemble architectural ou une collection d'artefacts, il y a, durant les phases successives de sa démarche, évolution de son interprétation. Or, dans la mesure où le processus de diffusion est effectué avec rigueur, le développeur de l'environnement numérique (s'il a recours au modèle 3D, au multimédia ou aux banques données) se voit alors contraint de mettre à jour chacun des

aspects ou capsules d'information affectés par une éventuelle ré-interprétation. Lorsqu'il y a mutation de la connaissance, le développeur est dans l'obligation d'adapter l'environnement numérique en effectuant les modifications de façon unitaire, alors que des approches alternatives¹¹⁸ permettraient vraisemblablement de procéder au remaniement de la structure de l'environnement de façon plus globale.

Bien que des approches basées sur l'une ou l'autre des trois méthodes citées précédemment ne soient pas nécessairement optimales pour la formalisation d'une connaissance en constante mutation, on constate néanmoins leur prédominance dans le domaine des environnements numériques traitant de questions relatives au patrimoine bâti. Comme le fait remarquer Dave (2005), il y a ici un décalage patent entre le potentiel sans cesse grandissant de l'outil informatique et notre habileté à en faire un usage adéquat, à en tirer véritablement profit.

« We face a paradoxical situation in which the technologies to capture and generate data for use in virtual reconstructions are leaping forward [...] but modelling such data in an extensible and reusable way while also supporting different perspectives on them is not advancing at the same pace. » (p.57)

Cet état de fait serait, selon Foni et ses collaborateurs (2007), symptomatique de l'inexistence d'un cadre adéquat pour une synergie multidisciplinaire et une compréhension mutuelle entre historiens, architectes et professionnels de l'informatique. Il en résulte que l'on favorise en quelque sorte une cristallisation des savoirs, basée sur une interprétation donnée, à un moment ponctuel de la démarche de l'historien. En effet, celui-ci se voit, d'une certaine façon, contraint à présenter le résultat de ses travaux sous une forme apparemment achevée, et cela, malgré la poursuite éventuelle du processus réflexif susceptible d'entraîner un remaniement de la connaissance. L'apprenant, quant à lui, bien que l'on ne cherche pas sciemment à le duper, se voit placé dans le rôle de l'interlocuteur

¹¹⁸ Nous examinerons les quelles au chapitre 5 portant sur l'hypothèse.

crédule; il n'a d'autre recours que de chercher à assimiler ce savoir qui fait figure, comme l'écrivent Affleck et Kvan (2005), de 'vérité absolue'.

3.4 La concomitance des deux problèmes soulevés

Il nous apparaît que, dans le contexte du développement d'environnements numériques dont le contenu traite de questions relatives au patrimoine bâti, les limitations dont nous avons fait état dans les sous-sections précédentes entraînent des retombées négatives de deux types. Cette situation :

- implique une limitation de la richesse et de la variété des actions posées par l'utilisateur, compromettant ainsi partiellement l'établissement de connexions significatives entre les informations présentées,
- favorise une certaine cristallisation des savoirs qui s'effectue au détriment de l'actualisation des connaissances de l'apprenant.

Notons en outre que ces deux limitations, soit la relative passivité de l'utilisateur et la non-adaptabilité de l'environnement à la mouvance de la connaissance, sont intimement liées. En effet, il est évident que le dessein de l'historien de l'architecture n'est pas de communiquer un ensemble d'informations mais plutôt un raisonnement. Quant à l'ambition de l'apprenant, pour peu qu'il ait développé certaines habiletés *métacognitives*¹¹⁹, elle n'est pas d'assimiler un ensemble de données brutes, mais bien une connaissance.

Il est clair que les possibilités d'une part de proposer à l'utilisateur une multiplicité d'actions et, d'autre part, d'adapter les contenus à l'évolution de l'interprétation de l'historien, dépendent toutes deux de la plasticité potentielle des environnements numériques. Pourtant, actuellement, lorsque l'on a recours à des moyens informatiques pour aborder des questions relatives au patrimoine bâti, on mise relativement peu sur l'élaboration d'environnements plastiques. D'une part, on propose à l'historien peu d'outils

numériques lui permettant de formaliser son raisonnement de façon itérative. D'autre part, on propose à l'apprenant une gamme restreinte d'actions aptes à lui permettre d'appréhender, et éventuellement saisir, l'interprétation de l'historien. Bien que les processus de construction et de reconstruction de la connaissance¹²⁰ doivent, censément, s'opérer tous deux de façon dynamique et itérative, les moyens informatiques actuellement déployés dans cette optique sont relativement limités.

La modélisation 3D, le multimédia et les banques de données permettent d'offrir l'accès à de vastes collections d'images et d'informations. Pourtant, comme nous l'avons constaté précédemment, la surenchère d'informations n'est pas nécessairement propice à l'acquisition d'une connaissance en profondeur¹²¹. En ce sens, on peut supposer que le recours à des approches de ce type a des implications et des retombées essentiellement quantitatives, plutôt que qualitatives.

Cette problématique met en relief la nécessité d'explorer de nouvelles pistes de développement qui puissent amener historiens et apprenants à transcender les facteurs de rigidité et de passivité associés aux approches mentionnées plus haut. C'est dans ce contexte qu'il nous apparaît judicieux de travailler à une diversification des axes de réflexion qui sous-tendent le développement d'environnements numériques dont le contenu aborde des questions relatives au patrimoine bâti.

On remarque d'ailleurs, et ce depuis quelques années, qu'il y a une prise de conscience accrue face à cette nécessité, et incidemment émergence d'un questionnement

¹¹⁹ La notion de *métacognition* est développée dans le chapitre « Cadre théorique », à la sous-section 4.2.5.

¹²⁰ Les notions de construction et de reconstruction de la connaissance sont abordées dans le chapitre « Cadre théorique », à la section 1.

¹²¹ Ou *deep learning* selon l'expression de Sandberg et Barnard (1997).

nouveau. Certains chercheurs¹²² ont mis en lumière des pistes de réflexion jusqu'à maintenant inexplorées et ont procédé au développement d'environnements dont le mandat est de favoriser, dans le domaine du patrimoine bâti, l'équivalent de ce que Jonassen (1991) appelle le *meaning making*. Leur motivation première est axée sur l'idée d'alimenter le débat concernant les possibilités de non seulement représenter les caractéristiques des biens patrimoniaux, mais également de véhiculer les significations qui leur sont sous-jacentes. Dans le cadre de leurs travaux, ils se sont concentrés, à des niveaux variables, sur les aspects théoriques inhérents à la mise à contribution de moyens informatiques, sur la mise en œuvre d'environnements numériques et/ou sur la validation de ceux-ci auprès d'apprenants et d'historiens. L'accent est mis sur des processus – de recherche et/ou d'apprentissage – plutôt que sur un produit fini, tel que des représentations photoréalistes et/ou des environnements numériques achevés.

«It is becoming apparent that digitally depicting heritage, no matter how seductive the resulting graphics are, does not represent the only research challenge [...]. The users of Virtual Heritage and their needs have to be assessed and the projects focused beyond mere appraisal to a rigorous and complex critical review. » (Affleck et Kvan, 2005, p.170)

Ainsi, ce serait en fonction de la qualité de l'expérience vécue par l'utilisateur, et de la prégnance des bénéfices qu'il en retire, que l'on pourrait efficacement évaluer un environnement numérique. À la lumière des réflexions de Affleck et Kvan (2005), il nous apparaît que la mutation de l'impact quantitatif vers l'impact qualitatif est la condition *sine qua non* pour que les environnements numériques contribuent non pas uniquement à la diffusion mais également à l'intelligibilité du patrimoine bâti. Si l'on se borne à présenter les matériaux dont l'historien se sert pour raisonner, sans mettre l'accent sur le raisonnement de celui-ci, et sans proposer à l'utilisateur une gamme d'actions variées et

¹²² Par exemple Senyapili (2005), Affleck & Kvan (2005) et Blaise & Dudek (1999) comme nous le verrons au chapitre 5.

stimulantes, les environnements numériques ne contribueront que de façon mitigée au développement des habiletés cognitives de l'apprenant.

En introduction, nous nous sommes questionnés à savoir dans quelle mesure l'ordinateur pouvait amener le concepteur architectural à réfléchir, créer et /ou apprendre différemment. Cette piste de réflexion extrêmement vaste, ce sujet d'étude par trop diffus, avait pour unique objet de nous amener à situer notre propos. Suite à ces considérations liminaires, nous sommes maintenant aptes à préciser un axe de recherche au sein de ce questionnement.

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous centrerons notre attention sur l'aptitude de l'outil informatique à favoriser, chez l'utilisateur, l'appréhension de connaissances dans le domaine du patrimoine architectural. Notre intérêt portera sur l'aptitude de l'outil à contribuer à la formalisation et à la transmission de ce savoir. Nous chercherons à comprendre dans quels contextes et sous quelles réserves les technologies numériques pourraient amener le concepteur architectural à bénéficier des retombées positives de la connaissance du bâti ancien. Cette question nous apparaît rigoureusement pertinente dans le cadre du questionnement soulevé initialement puisque, comme nous le constaterons au cours du prochain chapitre¹²³, une connaissance approfondie du patrimoine, et de l'interprétation qui en est faite par les historiens, est essentielle au concepteur architectural.

Ces diverses considérations nous amènent à soulever la question suivante: Dans quelle mesure et de quelles façons l'informatique peut-elle contribuer à ce que le processus d'élaboration de la connaissance, entrepris par l'historien de l'architecture, et le processus

¹²³ La section 4.4.6 du cadre théorique nous amènera à définir dans quelle optique et à quelles fins l'enseignement de l'histoire de l'architecture pourrait être prodigué.

d'appréhension de ladite connaissance par l'apprenant, s'opèrent tout deux de façon dynamique et itérative?

TROISIÈME PARTIE : L'APPROCHE PROPOSÉE

4. Le cadre théorique

«Notre savoir consiste en grande partie à ‘croire savoir’ et à croire que d’autres savent.» (Valéry, 1975, p.890)¹²⁴

Le présent chapitre nous permettra d’identifier et de définir les ‘outils idéels’¹²⁵ qui nous serviront ultérieurement à articuler notre hypothèse. Il s’agira de sonder les champs théoriques pouvant éclairer la question soulevée en conclusion du chapitre précédent, à savoir : Dans quelle mesure et de quelles façons l’informatique peut-elle contribuer à ce que le processus d’élaboration de la connaissance, entrepris par l’historien de l’architecture, et le processus d’appréhension de ladite connaissance par l’apprenant, s’opèrent tous deux de façon dynamique et itérative?

Nous chercherons à enrichir notre démarche en nous basant sur les travaux de divers chercheurs et philosophes dont les écrits nous apparaissent pertinents dans le cadre de notre questionnement; il s’agira de bénéficier des enseignements qu’ils peuvent nous prodiguer, tout en prenant garde à ne devenir captif d’aucun d’eux¹²⁶. Dans un premier temps, notre réflexion portera sur les notions directement reliées à la question énoncée plus haut; nous nous appliquerons à appréhender et à mettre en relation les notions de connaissance, de cognition, de patrimoine et d’histoire. Cet exercice nous amènera à préciser notre axe de questionnement et à aborder les notions de typologie architecturale et de savoir-faire.

¹²⁴ Dans « L’homme et la coquille » 1937, Œuvres de Paul Valéry, Bibliothèque de la Pléiade.

¹²⁵ Selon l’expression de Beaud (2003).

¹²⁶ Tel que le recommandent judicieusement Strauss et Corbin (1990).

Nous poursuivrons notre démarche en nous interrogeant sur la signification des concepts de systèmes et de modèles, et en réfléchissant sur la notion de complexité. Finalement, puisque l'informatique constitue un élément fondamental de la problématique soulevée au chapitre précédent, nous terminerons la délimitation de ce cadre théorique en abordant la question des environnements numériques. Il s'agira de considérer les organisations structurantes pouvant leur être données, ainsi que les finalités pouvant leur être attribuées. Toutes les notions abordées serviront à baliser notre démarche lorsque nous proposerons des pistes de solutions au problème soulevé, et lorsque nous procéderons à des expérimentations dans le but de confronter notre hypothèse au réel.

4.1 La connaissance

« Le modèle le plus immédiat qui nourrit l'enquête épistémologique résulte de la prise de conscience accrue de nos ignorances. Tout se passe comme si l'étendue de notre savoir jetait une ombre grandissante sur les objets auxquels s'appliquent nos facultés de connaître. Plus nous savons et plus nous découvrons combien nous ignorons. »
(Besnier, 1996, p.8)

4.1.1 Positivisme et constructivisme

Auguste Comte, lorsqu'il a rédigé son célèbre «Cours de philosophie positive», considérait que la plus haute ambition de la philosophie était de découvrir, par l'usage bien combiné de l'observation et du raisonnement, les règles effectives des phénomènes, c'est-à-dire «leurs relations invariables de succession et de similarité» (Comte, 1982, p.22). Le paradigme positiviste repose effectivement sur une conviction selon laquelle il existerait une réalité ultime à laquelle le chercheur pourrait avoir accès.

« An apprehendable reality is assumed to exist, driven by immutable natural laws and mechanisms. Knowledge of the ‘way things are’ is conventionally summarized in the form of time- and context-free generalizations [...] » (Guba et Lincoln, 1994, p.109).

Ce paradigme présuppose que chercheurs et objets d'étude sont des entités indépendantes qui ne s'influencent pas mutuellement; il s'agit d'une approche reposant sur une réalité postulée indépendante des observateurs qui la décrivent. L'univers est ici considéré comme l'équivalent d'un automate programmé dont on pourrait tout connaître, avec une bonne méthode et de la patience (Douset, 1994). Ainsi, tout ce qui régit la nature et la vie serait potentiellement connaissable, ou descriptible, sous forme de connaissances généralement additives. Dans ce contexte, la connaissance est perçue comme se développant nécessairement selon des axes faisant consensus au sein d'équipes d'experts pouvant se targuer d'une neutralité toute scientifique.

Le paradigme positiviste établit une distinction entre, d'une part, le scientifique qui détient une connaissance déclarative et, d'autre part, le philosophe qui détient une connaissance interprétative. On considère que la science s'attache essentiellement à décrire et à comprendre le 'comment' par le biais de connaissances vérifiables. Conséquemment, elle n'aurait que faire du 'pourquoi' auquel la philosophie cherche, en revanche, à répondre par le biais de connaissances pouvant se développer selon différents axes, dépendamment des cultures et doctrines (Besnier, 1996).

À partir des années soixante, notre vision du monde change graduellement (Doucet, 1994)¹²⁷. Avec l'émergence des épistémologies constructivistes¹²⁸, ce découpage entre

¹²⁷ Il est à noter que la quasi-totalité des travaux concernant l'épistémologie (au sens le plus large) se situent dans la seconde partie du XXe siècle, le foisonnement des ouvrages publiés traduisant une préoccupation relativement plus marquée pour les questions relatives à ce domaine (Deschamps, 1994).

connaissances dites objectives ou scientifiques et celles dites subjectives ou philosophiques s'estompe graduellement. Le Moigne (1995) écrit : « Toute connaissance est construite projectivement et il ne saurait y avoir de différence définitive de statut entre connaissance scientifique et connaissance philosophique. » (p.114). Ainsi, le scientifique pourrait être enclin à aborder des questions relatives au 'pourquoi?' et le philosophe à s'intéresser au 'comment?', ouvrant ainsi la porte à l'interdisciplinarité¹²⁹. Dans la même foulée, on prend conscience des risques d'aveuglement et de stérilisation que peuvent induire les spécialisations trop extrêmes ou trop exclusives. Le clivage entre les disciplines apparaît progressivement comme étant préjudiciable à l'avancement des connaissances.

Dès lors, on assiste à un décloisonnement des disciplines favorisant ainsi, dans une certaine mesure, la circulation et la confrontation des idées émanant des différents champs de spécialisation. Il y a une mutation d'une vision conventionnelle de la science se séparant progressivement en des disciplines divergentes vers une vision non conventionnelle dans laquelle les disciplines sont considérées comme possédant des propriétés universelles,

¹²⁸ Le Moigne (1995) se réfère aux épistémologies constructivistes au pluriel afin de rendre compte du faisceau d'approches qui a contribué au paradigme constructiviste, épistémologies constructivistes que l'on rencontre sous des intitulés divers et qui privilégient différemment les caractéristiques par lesquelles science et société construisent et conçoivent la connaissance: l'épistémologie génétique (formulée par Piaget), l'épistémologie de la conception (formulée par Simon), le paradigme de la cybernétique de deuxième ordre (formulé par Foerster), etc.

¹²⁹ La chimère de la 'pureté' disciplinaire se heurte, dira Portella (1992), à la réalité du métissage interdisciplinaire. On en vient à rejeter l'idée de discipline qui présuppose un cadre, une structure spécialisée, espace d'où irradient des arguments d'autorité. On se détourne de la 'discipline de contrôle' destinée à 'surveiller et punir'. L'interdisciplinarité s'affirme alors comme critique de la spécialisation (surtout lorsque, sous l'impulsion d'une sorte de 'tentation suicidaire', la discipline tend à se dégrader sous l'effet d'un phénomène d'*hyper-spécialisation*).

celles d'un système complexe qui réunit entre eux les différents domaines de la connaissance.

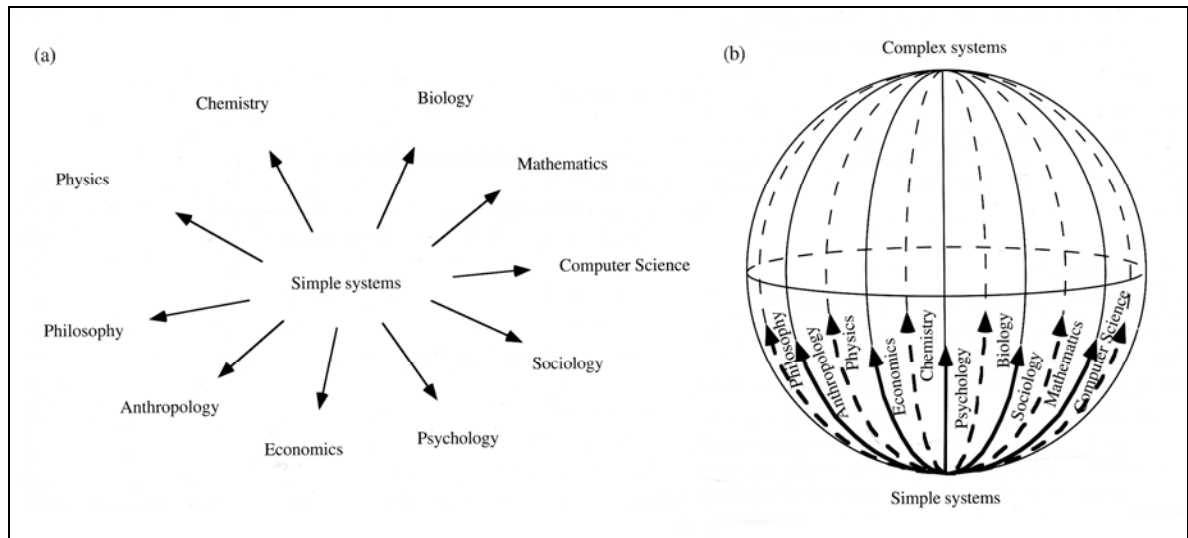


Figure 1. *La vision conventionnelle de la science versus la vision non conventionnelle.* (Source: Bar-Yam, 1997, p.3).

De ce changement de paradigme résulte l'émergence d'une science ouverte à l'aléatoire, moins astreinte aux déterminismes, somme toute plus préoccupée du jeu des possibles (Balandier, 1994). Alors qu'auparavant le scientifique intervenait comme expert, venant livrer ses certitudes, maintenant il nous fait partager ses doutes. Sa démarche inclut désormais trois nouveaux éléments fondamentaux : la complexité, la perplexité et l'humilité (Dousset, 1994).

4.1.2 La multiplicité des savoirs

Les approches qui ont contribué au paradigme constructiviste¹³⁰ sont caractérisées par une conviction commune selon laquelle il n'existerait pas une vérité unique et

¹³⁰ Soit le faisceau de contributions diverses auquel fait allusion Le Moigne (1995).

immuable; il n'y aurait donc pas de connaissance 'absolue' (Beaud, 2003), pas plus qu'il n'y aurait de connaissance 'parfaite'¹³¹. C'est dans cette optique que Le Moigne (1995) écrit :

« L'ordre par lequel chacun tente de se représenter intelligiblement la réalité qu'il perçoit n'est peut-être pas l'éventuel ordre réel ou vrai de la Nature, et nul ne pourra jamais s'en assurer. Un tel ordre n'existe peut-être pas, et s'il en existait un, il pourrait être très différent de la représentation cognitive que l'observateur-modélisateur-interprète s'en donne! » (p.45)

Ainsi, la réalité serait une construction humaine et dépendrait de l'individu ou du groupe auquel ce dernier appartient (Guba et Lincoln, 1994). Le paradigme constructiviste est basé sur le primat absolu du sujet cogitant capable d'attacher une valeur quelconque à la connaissance qu'il constitue. En ce sens, les constructivistes affirment non seulement que la connaissance implique un sujet connaissant, mais qu'elle n'aurait pas de sens ou de valeur en dehors de lui (Le Moigne, 1995).

Dans ce contexte, la nature des connaissances en développement serait directement déterminée par l'individu qui les élabore. Or, deux observateurs pourront avoir différentes perceptions d'un même phénomène; de la multiplicité des sujets cogitant résulte indubitablement une pluralité des savoirs.

Qui plus est, les connaissances étant construites par le sujet cogitant à partir de sa propre expérience du réel, la perception de l'individu sera éventuellement appelée à subir des mutations au fil du temps. Des interactions permanentes entre l'observateur et le sujet d'étude découlent ainsi des connaissances évolutives puisque constamment remises en

¹³¹ La connaissance serait toujours perfectible. Selon Andreewsky (1991), les imperfections attribuables aux connaissances seraient de trois types : d'une part, l'incertitude liée à un doute sur la validité, d'autre part l'imprécision associée à une absence de netteté dans la description et, finalement, le manque de renseignement sur un ou des aspect(s) de la dite connaissance.

question et restructurées ; il s'agit là d'un processus permettant une organisation active, itérative, régénératrice de la connaissance, un processus dans lequel les notions d'interprétation et de choix sont fondamentales. Dans le cadre du présent travail de recherche, nous adopterons une posture constructiviste c'est-à-dire que, lorsque nous aborderons la notion de connaissance (et incidemment de connaissance relative au patrimoine architectural), celle-ci sera perçue non pas comme étant universelle et statique, mais plutôt comme étant fragmentée et évolutive.

4.1.3 La modélisation de la connaissance

Pour que la connaissance se développe, qu'elle évolue et se 'perfectionne', il est indispensable qu'elle soit communicable à un interlocuteur. Bachelard (1936) considère d'ailleurs qu'on ne devrait pas s'accorder le droit de parler d'une connaissance qui ne serait pas communicable. Cette diffusion des savoirs, qui apparaît comme étant essentielle, peut être effectuée par la médiation artificielle de représentations construites par l'observateur à l'aide de systèmes de symboles, c'est-à-dire de modèles¹³².

Étant donné la multiplicité des savoirs dont nous avons fait état à la sous-section précédente, nous voilà confrontés à la diversité des modèles pouvant potentiellement résulter de l'interprétation qui est faite d'un objet d'étude donné par divers observateurs (individus ou groupes). Or, on ne saurait comparer ni la validité, ni la pertinence, de ces divers modèles (Walliser, 1977). Dans la mesure où un modèle provisoire apparaît intelligible à celui qui l'a construit, autrement dit, si le *modélisateur* arrive à relier par quelque raisonnement qui le satisfasse les entités conceptuelles qu'il manipule, il peut considérer qu'il a construit une connaissance plausible en soi, compréhensible, *enseignable* (ou à tout le moins communicable) à son interlocuteur (Le Moigne, 1995). Selon le

¹³² Nous reviendrons sur la notion de modèle à la section 4.7.

paradigme constructiviste, il n'existerait aucune raison pour que le *modélisateur* cherche à convaincre son interlocuteur de tenir cette connaissance pour certainement vraie, voire pour seule vraie.

Dès lors, la valeur d'une connaissance n'est plus évaluée en fonction d'une soi-disant objectivité, qui a en quelque sorte perdu ses lettres de noblesse, mais dans la mesure où elle est intelligible et plausible et donc communicable. Est-ce à dire que le paradigme constructiviste ouvre la porte à des savoirs multiples et éphémères qui seraient essentiellement basés sur la subjectivité? L'important, soulignera Simon (1979), est que le *modélisateur* veille scrupuleusement à expliciter les finalités auxquelles il prétend se référer lorsqu'il construit les connaissances *enseignables* qu'il communiquera. La pertinence de la connaissance repose ainsi sur la cohérence entre la finalité explicitée et le modèle proposé. En somme, on pourrait affirmer avec Besnier (1996) que «connaître, ce n'est jamais plus qu'affirmer des raisons de croire dans la vérité d'un énoncé.» (p.66), ou comme le formulent plus succinctement Maturana et Varela (1987) : «Everything said is said by someone» (p.26).

4.1.4 Modélisation et réflexivité

Selon le paradigme constructiviste, non seulement la connaissance doit-elle être communicable (et donc accessible) par le biais d'un système de symboles, mais le modèle serait lui-même producteur de connaissances. Il ne constituerait pas uniquement un mode de formalisation de la connaissance; il contribuerait en fait à la constituer (Le Moigne, 1995). En d'autres termes, l'individu façonnerait les connaissances en développement, qui elles, à leur tour, lui permettraient d'évoluer.

Selon Morin (1994), il est important de prendre conscience de ce double statut de la connaissance puisque l'intellectuel se nourrit d'idées, mais il nourrit également les idées. Cette perception rejoint la doctrine de l'*énaction* de Maturana et Varela (1987) selon

laquelle la connaissance ne serait pas le miroir de la nature, mais bien l'action qui fait co-émerger – ou co-naître – celui qui sait et ce qui est su.

En somme, il y a inclusion de l'être humain, du sujet cogitant, dans le modèle. Il s'avère par le fait même qu'il n'y aurait plus lieu de séparer la connaissance de l'intelligence qui la produit. En effet, la notion de connaissance engloberait le processus qui la forme autant que le résultat de ce processus de formation. « Elle n'est pas 'résultat', statique, elle est processus actif produisant ce résultat, opérateur autant qu'opérande. Elle exprime l'intelligence de l'expérience du sujet connaissant, et c'est cette interaction du sujet et de l'objet qu'elle représente » (Le Moigne, 1995, p.71).

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous porterons notre attention sur cette *inséparabilité* de l'émergence de la connaissance et de l'élaboration de sa représentation sous forme de modèle, *inséparabilité* qui est à la base même des épistémologies constructivistes. Nous nous intéresserons à l'expérience intentionnelle du sujet cogitant qui construit par tâtonnements un savoir nouveau et considère le modèle qu'il développe, en vue de le 'perfectionner' de façon itérative. Nous porterons d'autre part notre regard sur l'ensemble des mécanismes et processus internes permettant à son interlocuteur d'appréhender le modèle proposé, ce qui nous amène à réfléchir sur la notion de cognition.

4.2 La cognition

4.2.1 Sensation et réflexion

Le fait d'adopter une posture constructiviste nous amène à considérer la connaissance comme étant construite par celui que Le Moigne (1995) appelle l'*observateur-modélisateur-interprète*. À partir de quoi la construit-il et comment procède-t-il? Si l'on se penche de façon spécifique sur les savoirs relatifs au patrimoine bâti, l'une des réponses que l'on peut apporter à cette question est que le *modélisateur* élabore la connaissance à partir de sa propre expérience du réel, en l'occurrence au contact d'éléments

tels que bâtiments, vestiges, artefacts, documents d'archives, etc.; il appréhende par tâtonnements la réalité qui l'entoure pour arriver progressivement à en faire émerger un sens.

Le *modélisateur* dégage une signification à partir de son interprétation d'une portion du réel qu'il a préalablement délimitée comme étant son sujet d'étude. Il est notable qu'au cours des dernières décennies, « l'idéal d'un savoir *scientifique* – au sens d'un discours portant sur le général – a été relativement délaissé au profit de l'idéal d'un savoir *empirique*, au sens d'un discours portant sur le singulier. » (Le Moigne, 1990). Il y a ici mutation d'un objectif portant sur la généralisation vers une vision ouverte sur l'interprétation de cas ou d'ensembles de cas particuliers. En ce sens, il ne s'agit pas d'énoncer des généralités censées expliquer – de façon vérifiable – le phénomène à l'étude, mais bien de découvrir et d'observer, d'expérimenter et de commenter les spécificités d'une facette particulière de ce phénomène¹³³.

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons spécifiquement aux savoirs empiriques résultant de l'étude du bâti ancien, c'est-à-dire d'une part aux diverses impressions laissées sur l'esprit de l'observateur au contact de la réalité physique et bâtie à laquelle il a accès et, d'autre part, à la façon dont il articule ces multiples 'empreintes' durant le processus d'intellection qu'il entreprend éventuellement dans l'optique de construire un savoir nouveau.

Il appert que l'historien qui porte son attention sur un ensemble de biens patrimoniaux se base de façon extensive sur ses sens pour appréhender les éléments à sa disposition. Le flux d'informations transmis par les sens – ici principalement la vue – aurait

¹³³ La notion de phénomène est ici entendue au sens (restrictif) de ce qui se manifeste à la conscience par l'intermédiaire des sens.

pour effet de provoquer des associations d'idées conduisant à l'élaboration de structures mentales et, par extension, de connaissances (Lestage, 1994).

Selon Locke (2004)¹³⁴, l'un des piliers de la doctrine de l'empirisme, l'ensemble de nos connaissances serait basée sur l'expérience. Les seuls principes d'où toutes nos idées tireraient leur origine seraient les choses extérieures et matérielles qui sont les objets de la sensation, et les opérations de notre esprit qui sont les objets de la réflexion.

«L'entendement ne me paraît avoir absolument aucune idée qui ne lui vienne de l'une de ces deux sources. Les objets extérieurs fournissent à l'esprit les idées des qualités sensibles, c'est-à-dire toutes ces différentes perceptions que ces qualités produisent en nous, et l'esprit fournit à l'entendement les idées de ses propres opérations. » (Locke, 2004, p.62)

Du point de vue de Locke, le savoir empirique a le statut de savoir objectif, c'est-à-dire que nos sens nous mèneraient infailliblement sur la voie de la connaissance ultime. Indéniablement, la perception a un rôle fondamental à jouer durant le processus d'élaboration des savoirs. En ce sens, Merleau-Ponty (2004) adhère à la doctrine de l'empirisme mais en rejetant toutefois l'accent qui est mis sur l'observation dite scientifique, qui est caractéristique de la posture positiviste. Il considère que nous devons apprendre à vivre avec des théories contestables et des principes qui sont implicitement provisoires. De même que nous devons nous contenter, voire nous réjouir, d'être à même de considérer consciemment des œuvres d'art¹³⁵ laissant la porte ouverte à de multiples interprétations.

Alors que les positivistes considèrent la perception comme n'étant rien de plus que des balbutiements confus conduisant ultérieurement à l'élaboration définitive d'un savoir

¹³⁴ L'édition originale est de 1742.

¹³⁵ Il appert qu'en raison de l'unicité qui caractérise l'artéfact urbain, il est possible d'assimiler ce dernier à la notion d'objet d'art. « There is something in the nature of urban artefacts that renders them very similar – and not only metaphorically – to a work of art. » (Rossi, 1982, p.32)

vérifiable, Merleau-Ponty considère pour sa part qu'une observation est toujours inexorablement liée à la location de l'observateur et qu'elle ne saurait être abstraite de cette position particulière. Qui plus est, il n'y aurait pas de limite intrinsèque au processus analytique; nous pouvons toujours envisager de rendre nos observations plus 'exhaustives' ou plus 'exactes' qu'elles ne le sont à un moment donné. Ainsi, l'œuvre d'art, et incidemment d'architecture, peut être sujette à une interminable analyse puisque sa signification n'est pas univoque.

En contrepartie de la perception, il y aurait la réflexion, c'est-à-dire que, de la sensation résultant de l'appréhension des choses matérielles formant une portion du réel, découlerait la réflexion. Besnier (1996) nous met cependant en garde; à l'évidence, il ne suffit pas de regarder ou d'entendre pour savoir. Il est essentiel qu'il y ait non seulement une bonne réception des informations transmises par le biais des sens, mais également que le sujet cogitant soit apte à relier celles-ci, à les traiter et en quelque sorte à les digérer. Par exemple, en ce qui a trait au domaine du patrimoine bâti, l'observateur perçoit les objets architecturaux, mais quelle est l'idée qu'il s'en fait? Il perçoit la multitude de leurs formes, mais quel est le sens qu'il en dégage?

Comme le font remarquer Basque et Lundgren-Cayrol (2003), le simple accès aux informations que nous transmettent nos sens ne conduit pas nécessairement à la connaissance. Ainsi, l'élaboration de la connaissance résulte-t-elle de l'établissement de connexions significantes entre les informations.

« Les sciences cognitives nous invitent [...] à ne pas confondre *information* et *connaissance* : pour devenir connaissance, un effort mental et actif de construction de connexions significantes entre l'information et un ensemble d'autres informations doit nécessairement être fourni par un sujet humain. »
(Basque et Lundgren-Cayrol, 2003, p.5)

En somme, nous posons ici le postulat selon lequel ce serait la répétition du processus de perception / réflexion qui permettrait à l'observateur de développer des

connaissances¹³⁶. Nous considérons que ce dernier s'emploie à évaluer les savoirs ainsi élaborés, et ce, à mesure qu'il articule les raisons le portant à croire en la véracité d'un énoncé; il perçoit et réfléchit itérativement. Dans le cadre de cette démarche, il procède par essais et erreurs, le recours à la méthode heuristique étant à la base d'un processus sans cesse réitéré de modélisation / autocritique. Dans l'accomplissement de la tâche ardue que représente la construction de connaissances, comme dans tous les domaines de l'expérience humaine, l'individu «ne réussit vraiment qu'à force de patientes défaites»¹³⁷. Le fait de considérer le fruit de sa réflexion l'amène éventuellement à jeter un regard neuf sur les artefacts¹³⁸ à sa disposition, engendrant ainsi un flux de nouvelles informations à 'traiter' et refermant la boucle du processus cyclique de modélisation / autocritique.

4.2.2 Des processus cognitifs fondés sur l'action

Comme nous l'avons établi précédemment, dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons à la connaissance que le *modélisateur* – ici l'historien de l'architecture – construit à partir de sa propre expérience du réel. D'autre part, notre intérêt porte sur le processus conduisant l'apprenant¹³⁹ à reconstruire ladite connaissance à partir de son interaction avec le modèle proposé. Nous réfléchissons à la possibilité pour l'individu d'avoir une emprise sur ledit modèle, de façon à expérimenter et à appréhender progressivement la connaissance 'plausible' élaborée par le *modélisateur*.

¹³⁶ À l'instar de Locke, mais sans toutefois adhérer au positivisme.

¹³⁷ Selon l'expression d'Alexandre Arnoux, romancier et dramaturge français.

¹³⁸ Ici entendu au sens large, allant du bâtiment au document.

¹³⁹ Le vocable 'apprenant' désigne ici tout individu désireux d'entreprendre un processus de développement de ses habiletés cognitives. Notons cependant que, dans le cadre de nos études de cas, il désignera essentiellement le concepteur architectural, et à un niveau plus large, le sujet cogitant qui s'intéresse au domaine de la conception architecturale.

La sous-section précédente nous amenés à constater que, durant la phase réflexive du processus itératif perception / réflexion, le *modélisateur* fournit un effort mental et actif de construction de connexions signifiantes entre les informations que lui transmettent ses sens et avec le bagage de connaissances acquis antérieurement. Il est indéniable que l'apprenant doit lui aussi fournir cet effort mental et actif en vue d'appréhender le modèle proposé par l'historien et d'avoir ainsi accès à la connaissance qui a été développée¹⁴⁰.

Il semble en effet utopique de s'imaginer que l'individu pourrait être apte à saisir d'emblée la structure d'un modèle. Il nous apparaît que l'apprenant ne devrait en aucun cas être perçu comme étant un sujet atone qui assimile passivement la connaissance construite par une tierce personne. Cette posture reviendrait à considérer l'esprit humain comme l'équivalent d'un seau que l'on pourrait emplir à volonté (Besnier, 1996)¹⁴¹. Bien que l'apprentissage ait longtemps été conçu comme une accumulation d'informations additives, résultant d'un transfert de celui qui sait vers celui qui ne sait pas, il semblerait qu'il n'en soit rien (Clergue, 1997).

En fait, l'apprenant, s'il souhaite accéder à la connaissance, se doit de re-construire lui-même celle-ci, de façon active (Jonassen, 1999). Ce ne serait que par le biais d'actions que l'individu arriverait à établir des connexions signifiantes d'une part entre les symboles constituant la connaissance modélisée et, d'autre part, entre les concepts nouveaux et les éléments faisant déjà partie de sa base de connaissances. Ainsi, l'apprenant ne pourrait s'identifier à la connaissance modélisée que dans la mesure où il aurait une emprise sur celle-ci. Il ne pourrait arriver à comprendre que dans la mesure où on lui donne la possibilité de manipuler les symboles constituant le modèle, d'interagir avec le phénomène

¹⁴⁰ Lorsque le modèle est symbolique, il s'agit pour l'apprenant non seulement de saisir la nature des symboles, mais également de rétablir les relations proposées par le modélisateur entre les concepts.

¹⁴¹ Voir la théorie de l'esprit-seau de Besnier (1996).

de façon significative par le biais d'une gamme de 'gestes' posés de façon réfléchie (Jonassen, 1999).

Linard (2001) abonde dans le sens de Jonassen; ses propos rejoignent la thèse soutenue par ce dernier. Elle considère que les apprenants sont avant tout des 'acteurs', c'est-à-dire des agents intentionnels qui jouent un rôle actif essentiel au sein des activités d'apprentissage dans lesquelles ils sont impliqués. Ainsi, seuls des processus comportant une action, une réaction ainsi que le retour de la pensée sur elle-même seraient aptes à contribuer de façon effective au développement des habiletés cognitives de l'individu, tel est le principe sur lequel est fondé l'*activity theory*.

« One of the most fundamental assumptions of activity theory is the integration of consciousness and activity. [...] Activity theory [...] claims that the human mind emerges and exists as a special component of interactions with the environment, so activity (sensory, mental, and physical) and conscious processing (learning) cannot be separated. Individual cannot understand something without acting on it. Conscious meaning making is engaged by activity. What individuals know is based on the interaction of conscious meaning making and activity, which are dynamically evolving. » (Jonassen et Land, 2000, p.105)

À la lumière des écrits de Jonassen et Land, il apparaît qu'il n'y aurait pas véritablement de compréhension sans action, l'action étant ici entendue au sens large et pouvant englober les sphères sensorielles, mentales et motrices¹⁴². De façon générale, la psychologie constructiviste nous invite d'ailleurs à considérer l'action, quelle qu'elle soit, comme étant un moment important dans la reconstruction des connaissances par l'apprenant (Clergue, 1997). Ainsi, les savoirs déclaratifs ou 'savoir-que' et les savoirs procéduraux ou 'savoir-faire' iraient de pair, une dichotomie entre ces deux facettes de la cognition allant à l'encontre de l'expérience humaine.

4.2.3 La difficulté d'apprendre

Qu'est-ce, peut-on se demander, qui incite l'apprenant à appréhender un modèle qui lui est proposé? Qu'est-ce qui le motive à s'efforcer d'acquérir une connaissance nouvelle? Et, inversement, qu'est-ce qui le pousse à abandonner un processus cognitif et à se retrancher dans son 'ignorance'? Il semblerait que l'effort mental et actif de construction de connexions significantes que l'apprenant doit fournir peut, dans certains cas, s'avérer épuisant. L'individu en arrive ainsi à devenir moins enclin à poursuivre un processus ardu dont la finalité n'est pas nécessairement apparente au premier abord. On peut en effet supposer que l'esprit, parfois, se rebelle à l'idée de cette violence faite à l'ordre établi, de cette restructuration d'un réseau de notions conceptuelles qui, jusqu'alors, était jugé adéquat.

« À travers les associations d'idées, on atteint des mouvements profonds de réorganisation de notre système cognitif. Un nouveau lien apparu dans le réseau de notre univers mental peut bouleverser un équilibre qui n'était que très provisoire, comme si le réseau de nos idées devait recalculer toutes ses connexions en fonction du nouveau concept pour se réorganiser jusqu'à ce qu'un ordre réapparaisse, éphémère lui aussi [...] C'est une opération pénible devant laquelle nous résistons le plus souvent inconsciemment [...] » (Clergue, 1997, p.63).

Dans un article intitulé « Deep learning is difficult », Sandberg et Barnard (1997) nous rappellent qu'il est parfois laborieux pour l'apprenant de saisir les principes et raisonnements qui sont sous-jacents à la connaissance élaborée par le *modélisateur*. L'acquisition de ce qu'ils appellent une 'connaissance en profondeur' ne va pas de soi, elle requiert au contraire un effort soutenu de la part de l'apprenant.

¹⁴² Notons que dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons de façon spécifique aux actions pouvant être posées dans un environnement numérique. Nous reviendrons sur cette question à la section 9.

Nonobstant les stratégies déployées par l'individu en vue de reconstruire la connaissance, il est indéniable qu'il y a contingence du résidu cognitif. En effet, les efforts fournis pour appréhender le modèle peuvent lui permettre d'arriver à reconstruire la connaissance modélisée mais, inversement, peuvent le mener à la surcharge cognitive. L'apprenant est alors déconcerté face à des informations ou des symboles entre lesquels il n'arrive pas (ou n'arrive plus) à établir des connexions significatives; il en vient éventuellement à abandonner le processus cognitif et à renoncer à l'acquisition d'un savoir nouveau.

Tant de facteurs interviennent dans le succès ou dans l'échec d'un parcours cognitif qu'il est impossible de prévoir l'issue de la démarche de l'apprenant. Comme le constate Clergue (1997), « La construction des apprentissages est un processus complexe en soi. Les mécanismes mentaux que chaque individu mobilise dans les démarches qu'il fait pour s'approprier des savoirs [...] sont de nature complexe. Nous apprenons comme nous vivons, dans la complexité. » (p.13)¹⁴³.

4.2.4 La simulation

Dans le contexte exposé à la sous-section précédente, il est concevable que l'humain œuvre à développer des outils contribuant à atténuer cette difficulté qu'il a à s'approprier de nouveaux savoirs. Comme nous l'avons constaté, les mécanismes mentaux mobilisés par l'apprenant pour reconstruire la connaissance ne lui permettent pas d'appréhender d'emblée les modèles qui lui sont proposés; pour reconstruire efficacement les savoirs, il lui faut être en mesure d'interagir de façon active avec ces modèles.

¹⁴³ Nous reviendrons sur la notion de complexité dans la section 8.

Pour ce faire, l'apprenant, depuis l'avènement de l'ère informatique, dispose de nouveaux outils et de techniques novatrices; il peut maintenant acquérir un savoir empirique par le biais de la simulation. L'ordinateur agit alors à titre de prolongement de l'intelligence de l'individu, en ce sens que la machine est apte à accomplir des tâches qui dépassent les capacités cognitives de l'humain, un peu comme lorsque nous utilisons du papier et un crayon pour résoudre une opération mathématique que nous n'arrivons pas à solutionner mentalement (Popper, 1972).

Dans un processus de reconstruction de la connaissance, une tâche que l'apprenant peut être partiellement incapable de mener à bien est la formation d'une image mentale claire des relations établies entre les éléments du modèle qui lui est proposé. Par exemple, dans le cas d'un savoir relatif au patrimoine architectural, l'individu peut avoir du mal à imaginer¹⁴⁴ les implications du raisonnement du *modélisateur*. Le fait d'associer des symboles¹⁴⁵ à des représentations d'un cadre bâti reconstitué peut éventuellement contribuer à son entendement. Or, c'est précisément à ce niveau que la simulation pourrait avoir la faculté de faire office d'outil d'aide à la compréhension et d'impartir à l'apprenant des pouvoirs accrus de l'imagination et de l'intuition (Lévy, 1990).

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons aux processus d'apprentissage impliquant le recours à la simulation assistée par ordinateur. Nous avons déjà abordé le thème des outils de simulation dans la sous-section 2.1.2 de la revue de littérature. Il s'agissait de logiciels dont le mandat était de contribuer à l'enrichissement de la base de connaissances techniques de l'utilisateur; l'outil était basé sur l'évaluation quantitative de solutions architecturales dans le but de favoriser la compréhension de relations causales. Dans le cadre de la présente section, nous utilisons le mot 'simulation'

¹⁴⁴ Entendu dans le sens de se représenter par le biais d'images mentales.

¹⁴⁵ Le symbole étant ici entendu au sens d'une composante du modèle explicatif.

en tant que terme générique, pour désigner les outils aptes à favoriser un processus interactif ayant pour finalité d'amener l'utilisateur à appréhender les relations entre les concepts manipulés par le *modélisateur*.

Il appert que la simulation peut constituer un outil précieux qui permette à l'individu de bâtir, gérer et manipuler, sur des bases entièrement nouvelles, les représentations qu'il se fait du monde. Comme le fait remarquer Lévy (1990):

« [elle] permet à un sujet d'explorer des modèles plus complexes et en plus grand nombre que s'il en était réduit aux ressources de son imagerie mentale et de sa mémoire à court terme, même secondée par cet auxiliaire trop statique qu'est le papier. » (p. 142)

La simulation, puisqu'elle rend possible la génération de représentations¹⁴⁶, permet d'établir un pont entre les symboles proposés par le *modélisateur* et des images ou maquettes virtuelles qui, elles, permettent la stimulation des sens. Dans un contexte de processus d'apprentissage, ces représentations ont une force expressive considérable puisqu'elles sont aptes à frapper instantanément le conscient de l'observateur, en lui transmettant un message global et immédiat (Golvin, 1998). Le contact itératif avec ces objets de la sensation débouchera sur une réflexion et éventuellement sur la réorganisation partielle du schème de l'individu. En ce sens, la simulation est un outil expérimental permettant une exploration active des modèles que l'on se forme du réel (Quéau, 1986).

Le recours à la simulation constitue l'un des moyens de favoriser des processus cognitifs basés sur l'action et de permettre à l'apprenant de demeurer (ou de devenir) maître de ses apprentissages. En effet, les outils de simulation valorisent l'auto-apprentissage en accordant une grande place à l'expérimentation active, à la découverte, à la liberté

¹⁴⁶ Images fixes ou animées.

intellectuelle et au plaisir qui en résulte. Celui-ci naît et se développe à partir de l'adaptation exacte des formes perceptives au questionnement de l'individu, et ce, aux moments voulus par lui (Clergue, 1997).

L'expérimentation active à laquelle procède l'individu est basée sur une heuristique¹⁴⁷. La méthode heuristique repose sur des procédures et des structures formant une paire d'entités distinctes mais complémentaires et correspondant à la différence entre 'savoir-faire' et 'savoir-que' (à laquelle nous faisons allusion à la section 4.2.2). La procédure se déroule dans le temps et utilise divers mécanismes dans le but de glaner des informations; elle constitue un processus temporel. La structure, quant à elle, relie les informations les unes aux autres pour former un système atemporel, la nouvelle structure ne conduisant à un progrès effectif que dans la mesure où elle peut être reliée à d'autres structures au sein d'un système intégrateur. Ainsi, procédures et structures sont des composantes interconnectées dans tout processus cognitif; chaque structure est la résultante d'un processus d'auto-construction procédural et chaque procédure utilise certains aspects des structures, puisque l'apprenant se base nécessairement sur ses acquis pour étayer le processus de reconstruction de savoirs nouveaux (Groner et coll., 1983).

Alors que la valeur des structures dépend de leur cohérence, le pouvoir des procédures, lui, dépend essentiellement de leur variété et de leur nombre. C'est dans ce contexte qu'il semble possible de mettre à contribution le potentiel de l'outil de simulation. Celui-ci pourra entériner la multiplicité et la permutabilité des procédures permettant potentiellement à l'apprenant de reconstruire la structure du modèle proposé par le chercheur. Si l'individu n'arrive pas à appréhender le savoir nouveau en empruntant un chemin donné (au sens métaphorique), il peut emprunter d'autres parcours de façon

¹⁴⁷ L'heuristique étant définie ici non pas au sens restrictif de l'application de techniques de résolution de problèmes, mais au sens large d'une habileté à formuler de nouveaux problèmes et à penser de façon créative (Michalewicz et Fogel, 2004).

itérative. Dans le cadre du présent travail de recherche, nous réfléchissons à la possibilité de recourir à des moyens informatiques pour multiplier les ‘chemins d'accès’ à la connaissance.

Ainsi, la méthode heuristique, inhérente au recours à la simulation, est en parfaite concordance avec la complexité du processus cognitif entrepris par l'apprenant. On peut considérer que l'outil de simulation serait apte, dans une certaine mesure, à aider l'individu à appréhender par tâtonnements la connaissance. En effet, la simulation permet à l'individu de tester, d'expérimenter et d'éprouver par lui-même les savoirs nouveaux (Quéau, 1986); elle lui permet d'acquérir une connaissance non additive, par le biais d'un processus non linéaire.

Le recours à la simulation n'est cependant pas la panacée et la méthode heuristique n'est pas exempte d'écueils. La reconstruction tâtonnante de la connaissance par l'apprenant implique nécessairement des erreurs, voire des errances, d'où la crainte – peut-être légitime – de s'égarer dans les méandres de la connaissance. Cette incertitude, cette précarité du processus cognitif, nous ramène aux constatations dont nous avons fait état plus haut quant à la difficulté d'apprendre.

La culture de l'instantané nous enseigne à être impérieux, intransigeants: il nous faut saisir tout, tout de suite. L'apprenant qui ne comprend pas l'entièreté des concepts, immédiatement, considère parfois le savoir qu'il cherchait à appréhender comme étant hors de sa portée. Une telle attitude va cependant à l'encontre du processus de constitution d'un bagage cognitif qui, assurément, ne peut résulter d'une action ponctuelle. Force est d'admettre, qu'inévitablement, dans les efforts que nous déployons en vue de reconstruire la connaissance, certaines de nos tentatives seront des ‘pas perdus’.

Selon Papert (1981), nous aurions sûrement intérêt, dans notre façon d'envisager le savoir et son acquisition, à être moins inhibés par la hantise de se tromper et nous devrions probablement chercher à «transcender notre vision manichéenne de la réussite et de l'échec,

opposés l'un à l'autre comme le blanc et le noir» (p. 36). Et ceci s'applique aussi bien à l'*observateur-modélisateur-interprète* qu'à celui que nous appelons l'apprenant. On pourrait en somme considérer que c'est dans l'erreur potentielle que résiderait la possibilité d'apprendre quelque chose sur le monde.

4.2.5 La notion de métacognition

Les processus cognitifs qui amènent l'apprenant à appréhender un modèle lui permettent d'apprendre quelque chose non seulement sur le monde mais également sur lui-même. Comme le constatent Maturana et Varela (1987): « [...] as we know how we know, we bring forth ourselves. » (p.244).

Le terme *métacognition* fait référence à la connaissance de l'apprenant portant sur ses propres mécanismes d'apprentissage. Les notions de cognition et de *métacognition* sont intimement liées puisque toutes deux réfèrent à la faculté qu'a le sujet humain d'acquérir, stocker, récupérer et mettre en relation des informations; dans le premier cas, il s'agit d'informations sur l'environnement avec lequel il est en interaction, dans le deuxième cas d'informations le concernant spécifiquement en tant qu'individu (Tricot et Rouet, 1998).

Certaines personnes, dans la mesure où elles sont aptes à se positionner en quelque sorte à l'extérieur d'elles-mêmes pour analyser leurs processus cognitifs, sont à même d'articuler les raisons qui ont motivé leurs actions, et d'expliquer les stratégies qu'elles ont appliquées dans le cadre de la démarche les amenant à reconstruire la connaissance. Ces individus ont une vision holistique de la façon dont ils gèrent leurs propres ressources mentales, au moment de résoudre un problème ou d'exécuter une tâche cognitive. Ils ont la faculté de planifier, de superviser et d'évaluer leur démarche (Basque, 2003). Étant donné que la pensée elle-même devient alors le sujet de la réflexion et de l'action consciente, on considère alors qu'il s'agit d'opérations cognitives sur des mécanismes intellectuels (Minier, 1998). Les facultés *métacognitives* constituent donc des habiletés cognitives de haut niveau, ce que Jonassen (1999) appelle une *méta-compétence*.

Lorsqu'un processus cognitif implique un individu possédant la *méta-compétence* dont il a été question plus haut, l'apprenant est apte à appréhender ce qui lui a permis de comprendre. Dans certains cas, il aura en outre la faculté de communiquer le fruit de ses pensées, d'explicitier ce qu'il a pu observer pour le partager avec autrui, de verbaliser la résultante de son analyse de façon 'réfléchie' c'est-à-dire d'une manière complète et explicative. Il s'agit alors d'un processus d'introspection menant à l'émergence de savoirs *métacognitifs* partagés.

Il est cependant clair que cette *méta-compétence* repose sur la capacité d'autonomie de l'apprenant. Ceux qui la détiennent ont la faculté de:

« [...] savoir se débrouiller seul en situation complexe mais aussi collaborer, s'orienter dans les contraintes et les nécessités multiples, distinguer l'essentiel de l'accessoire, ne pas se noyer dans la profusion des informations, faire les bons choix selon de bonnes stratégies, gérer correctement son temps [...] » (Linard, 2001, p.41)

Or, il est indéniable que cette habileté ne constitue pas l'apanage de tous et chacun. Il existe des différences individuelles notables dans la propension des personnes à exercer un contrôle actif sur l'utilisation de leurs ressources cognitives (Bouffard, 1998). Il faut demeurer conscient que la carence de capacités mentales à prendre du recul face à soi-même peut empêcher certains individus de se distancier par rapport à leurs propres actions. Cette lacune peut entraver partiellement la prise de conscience quant aux mécanismes de leurs propres pensées, venant ainsi amoindrir la qualité de l'analyse qu'ils font de leurs processus cognitifs.

Dans le cadre du présent travail de recherche, notre intérêt porte, comme nous l'avons établi précédemment, sur la nature des actions rendues possibles par le recours à la simulation assistée par ordinateur, et sur l'apport de ces actions dans le cadre d'un processus cognitif. Nous chercherons à vérifier dans quelle mesure celles-ci permettent à

l'apprenant d'enrichir sa compréhension par l'établissement de liens significatifs entre les concepts manipulés par un chercheur.

Nous présumons qu'il serait possible de progresser dans notre compréhension du phénomène à l'étude en interrogeant certains individus ayant entrepris un processus de reconstruction de la connaissance par la médiation d'outils de simulation. Dans cette optique, il nous apparaît qu'il serait possible de mesurer la qualité d'un tel processus, et de son résidu cognitif, à l'aune de l'évaluation que fait l'individu de ses propres apprentissages. Les personnes possédant dans une certaine mesure¹⁴⁸ la méta-compétence dont il a ici été question seront aptes à nous renseigner sur la nature des connexions qu'elles sont arrivées à établir entre les informations présentées et sur les stratégies qu'elles ont élaborées pour y parvenir. Elles expliciteront les séquences d'actions qui leur sont apparues stimulantes, et les particularités de leur démarche exploratoire (court-circuits, errance, dérapages, etc.), de façon à nous faire en quelque sorte partager leur expérience. En somme, pour évaluer dans quelle mesure des outils de simulation peuvent contribuer à ce que le processus de reconstruction de la connaissance s'opère de façon efficace, dynamique et itérative, la collaboration d'individus dotés de cette *méta-compétence* sera d'une importance prépondérante.

4.3 Le patrimoine architectural

«Il n'y a que deux grands conquérants de l'oubli des hommes, la Poésie et l'Architecture. Cette dernière implique en quelque sorte la première et elle est dans sa réalité plus puissante. Il est précieux de posséder non seulement ce que les hommes ont pensé et senti,

¹⁴⁸ Tout être humain normalement constitué est doué, dans une certaine mesure, de cette aptitude. Nous devons néanmoins anticiper qu'il y aura des disparités importantes au sein de l'ensemble des personnes qui seront interrogées dans le cadre de nos expérimentations (présentées en quatrième partie).

mais ce que leurs mains ont manié, ce que leur force a exécuté, ce que leurs yeux ont contemplé, tous les jours de leur vie.» (Ruskin, 1980, p.187)

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons de façon spécifique aux connaissances qu'arrive à construire l'*observateur-modélisateur-interprète*¹⁴⁹, à partir de l'étude du patrimoine bâti. Dans cette section, nous nous pencherons d'abord sur la notion de patrimoine et sur l'évolution de celle-ci. Par la suite, nous examinerons les motifs qui incitent les populations à préserver le patrimoine bâti, ainsi que les motivations qui poussent les individus à l'étudier.

4.3.1 La notion de patrimoine

Selon certains, la conservation, la mise en valeur et la diffusion du patrimoine seraient des phénomènes relativement récents. Jusqu'à la fin du Moyen-âge, les Européens¹⁵⁰ vivaient dans des environnements qui avaient été progressivement façonnés par les générations antérieures. Bien que l'on puisse présumer qu'ils éprouvaient un attachement émotif pour ce cadre bâti, une conscience de l'historicité des sites aménagés était nécessaire au développement de la notion de 'patrimoine' dans le sens moderne du terme. Cette prise de conscience ne serait survenue qu'à la Renaissance, au moment où les populations dans leur ensemble ont commencé à appréhender la dimension historique du temps (Boulting, 1976).

¹⁴⁹ Selon l'expression de LeMoigne (1995).

¹⁵⁰ Choay (1999) considère que la notion de patrimoine serait une invention européenne.

Depuis lors, la conservation des sites patrimoniaux fait partie intégrante des préoccupations de la société européenne. À partir de la première moitié du XVe siècle, l'intérêt pour les vestiges du passé se focalise essentiellement sur les sites et œuvres d'art de la seule Antiquité ; le regard qui se pose sur les édifices antiques les métamorphose en « objets de réflexion et de contemplation » (Choay, 1999, p.36). Débute alors un processus de diffusion du patrimoine bâti, faisant en sorte que les premières images illustrant des ruines archéologiques apparaissent au début du XVIe siècle (Kecpzyńska-Walczak, 2005).

Au cours des siècles qui suivent, la notion de patrimoine s'élargit graduellement; elle englobe progressivement des types de bâtiments et d'ensembles aménagés de plus en plus variés, et appartenant à des époques de moins en moins lointaines. Simultanément à cet élargissement, l'utilisation de l'expression 'site patrimonial', telle que nous l'entendons aujourd'hui, se répand peu à peu à travers le globe. La mondialisation des valeurs et des références occidentales contribue en quelque sorte à « l'expansion œcuménique des pratiques patrimoniales » (Choay, 1999, p.154).

Ainsi, l'ère moderne voit la notion de patrimoine prendre progressivement une importance accrue, jusqu'à devenir un gage essentiel de l'identité culturelle. Face à des transformations dont elles ne maîtrisent ni la profondeur ni l'accélération – et qui parfois remettent en cause leur identité même – les sociétés contemporaines semblent éprouver un besoin éperdu d'une image de soi, forte et consistante. Dans ce contexte, le patrimoine en vient en quelque sorte à perdre sa fonction constructive au profit d'une fonction défensive qui assurerait la préservation d'une identité menacée (Choay, 1999). Le bâti qui témoigne des racines d'un peuple devient ainsi l'un des fondements de la spécificité de celui-ci, pouvant éventuellement constituer une assise pour une reconnaissance mutuelle entre les nations (Kecpzyńska-Walczak, 2005).

C'est la Convention de l'UNESCO, signée en 1972, qui donne à la notion de 'patrimoine culturel' un statut international¹⁵¹. Un processus d'évaluation des biens patrimoniaux passe par l'élaboration d'une liste regroupant les « monuments, ensembles bâtis, sites archéologiques ou aménagés présentant une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de l'histoire de l'art ou de la science »¹⁵². Depuis lors, l'action de l'UNESCO consiste d'une part à offrir une aide préliminaire pour la désignation de nouveaux sites et, d'autre part, à appuyer les projets ayant pour objet d'assurer la sauvegarde des sites déjà inscrits sur la liste. Ces sites, lorsque situés sur le territoire d'états ne disposant pas de ressources techniques et financières suffisantes pour en assurer eux-mêmes la préservation, subissent parfois des dégradations pouvant devenir irréversibles ou sont même directement menacés de destruction¹⁵³. Le rôle de l'UNESCO, qui agit à la demande des gouvernements concernés, consiste essentiellement à mobiliser à travers le monde les concours financiers et les savoir-faire techniques, que la communauté internationale dans son ensemble est disposée à fournir dans un esprit de solidarité, pour que soient effectués en temps opportun des travaux de sauvegarde (Mayor, 1994).

¹⁵¹ Depuis ce jour, 167 nations, qui forment une communauté travaillant à la sauvegarde du patrimoine de l'humanité, ont ratifié la Convention (Cattaneo et Trifoni, 2002).

¹⁵² Convention et recommandations de l'UNESCO relatives à la protection du patrimoine culturel, UNESCO, Paris, 1990.

¹⁵³ Trente et un sites inscrits sur la liste ont été déclarés 'en péril' parce qu'exposés à des risques qui menacent leur intégrité et leur survie à long terme, soit les effets de l'urbanisation, du tourisme, des dégradations et du vandalisme (Cattaneo et Trifoni, 2002).

4.3.2 L'intérêt de préserver le patrimoine

Cette solidarité entre les nations et ce consensus autour de l'importance de la préservation du patrimoine sont basés, comme nous l'avons vu, sur un désir de sauvegarde et d'affirmation de l'identité culturelle. Mais pourquoi, peut-on se demander, tous ces efforts non seulement de conservation, mais également de 'mise en valeur' et de diffusion? Au-delà de la question identitaire, il y a indubitablement des considérations d'ordre économique. Le développement de la société des loisirs et son corrélatif, le tourisme culturel dit de masse, sont à l'origine de ce que Choay (1999) appelle « l'industrie patrimoniale ». Depuis quelques décennies, celle-ci a mis au point des 'procédés d'emballage' permettant pour ainsi dire de livrer les sites et monuments à la consommation culturelle.

On peut dès lors se demander si l'industrie patrimoniale n'exercerait pas des effets secondaires néfastes, voire pervers, sur la relation qu'entretient l'individu avec l'héritage bâti. Il est clair que les efforts de mise en valeur et de diffusion permettent à une masse d'individus sans cesse accrue d'avoir accès aux biens patrimoniaux, que ce soit dans leur matérialité ou par le biais d'environnements virtuels. Mais, se demande Choay (1999), qu'en est-il de l'accès aux valeurs intellectuelles¹⁵⁴ et esthétiques portées par le patrimoine historique?

¹⁵⁴ Notons ici que, en ce qui a trait aux biens patrimoniaux, plusieurs valeurs coexistent: la valeur artistique, la valeur contextuelle, la valeur fonctionnelle (d'usage), la valeur économique, etc. Dans le cadre de nos travaux, et notamment de nos études de cas, notre réflexion porte essentiellement sur les valeurs intellectuelles. Avoir accès aux valeurs intellectuelles inhérentes à un élément patrimonial, c'est avoir la faculté de le situer dans l'histoire d'un peuple et de le rattacher à des pratiques culturelles, c'est être apte à saisir la place qu'il occupe dans l'évolution des mentalités et des façons de concevoir (en termes d'apport ou d'influence), c'est comprendre de quel jalon de l'évolution des techniques et savoir-faire il témoigne, etc.

Comme nous l'avons vu à la section précédente¹⁵⁵, le simple fait d'accéder à l'information ne veut pas dire qu'on ait nécessairement accès à sa signification. Puisque le patrimoine mondial est constitué de bâtiments, d'ensembles et de sites aménagés présentant une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de l'histoire de l'art ou de la science¹⁵⁶, ne peut-on présumer que l'observateur, pour avoir accès aux valeurs intellectuelles et esthétiques inhérentes à ces éléments, a tout intérêt à avoir préalablement établi un réseau de notions variées¹⁵⁷? Effectivement, on ne peut que constater l'importance d'une base de connaissances et d'un cadre de références qui, malheureusement, font parfois défaut à l'observateur.

Dans la mesure où il n'a pas acquis de lui-même le langage et les références appropriés, l'observateur peut parfois se laisser « abuser par la promesse d'une sémantisation facile » (Choay, 1999, p.174), que ce soit dans le cadre d'une visite guidée¹⁵⁸ ou par le biais de la navigation dans des environnements virtuels¹⁵⁹. Il est essentiel que l'observateur ait (ou acquière) un bagage de connaissances lui permettant d'aller au-delà de l'observation passive et l'amenant à mettre en relation les informations pertinentes, de façon à situer la place de l'élément patrimonial dans la continuité du temps et des événements; il s'agirait là de la condition *sine qua non* pour qu'il soit en mesure d'appréhender la signification des biens patrimoniaux.

¹⁵⁵ Portant sur la cognition.

¹⁵⁶ Conformément à la définition de l'UNESCO.

¹⁵⁷ Dans les domaines de l'histoire, de l'architecture, de l'art, de la science, etc.

¹⁵⁸ Selon Choay (1999), « [...] il devient de plus en plus malaisé pour le visiteur [...] de pouvoir dialoguer avec les monuments sans interprètes. Le commentaire et l'illustration anecdotique, ou plus exactement le bavardage sur les œuvres cultive la passivité du public, le dissuadent de regarder ou de déchiffrer avec ses propres yeux, laissant fuir le sens dans la passoire des mots creux. » (p.161).

¹⁵⁹ Ceux-ci revêtent parfois une fonction essentiellement illustrative; il s'agit de 'vitrines' présentant des collections d'images.

Notons en outre que, dépendamment du rôle que l'observateur joue au sein de la société à laquelle il appartient, l'accès aux valeurs intellectuelles portées par le patrimoine peut avoir une incidence directe sur le développement d'habiletés cognitives devant être mobilisées dans le cadre de l'exercice de sa profession. Par exemple, dans le cas où l'observateur agit à titre de concepteur architectural dans son propre milieu culturel, il pourra éventuellement tirer un enseignement du cadre bâti produit par les générations antérieures. Dans la mesure où il est apte à saisir les significations du bâti ancien, cette compréhension lui permettra non seulement d'étoffer sa base de connaissances mais éventuellement d'enrichir la production architecturale contemporaine¹⁶⁰. En effet, comme le constate Mayor (1994), c'est dans la prise en compte de la continuité existant entre le passé et le présent que résident les meilleures chances de façonner l'avenir, la mémoire étant un facteur essentiel de la créativité de l'homme.

4.3.3 L'intérêt d'étudier les patrimoines

Le fait d'utiliser le terme 'patrimoine' au pluriel réfère à la distinction couramment effectuée au niveau de sa matérialité. Le patrimoine matériel englobe non seulement les monuments et ensembles architecturaux ainsi que les sites archéologiques, mais également les collections d'artéfacts : objets, œuvres d'art, manuscrits, archives, etc. Le patrimoine immatériel, quant à lui, inclut les signes et symboles qui reflètent les expressions artistiques, artisanales ou littéraires transmises par la tradition orale : les langues, les modes de vie, les systèmes de valeurs, les savoir-faire, les mythes, les croyances et les rites (Mayor, 1994).

¹⁶⁰ Nous reviendrons sur cette question à la section 4.4.6 portant sur l'enseignement de l'histoire de l'architecture et au chapitre 12 décrivant des pistes de recherche pouvant ultérieurement faire suite au présent travail.

4.3.3.1 Les collections d'artéfacts patrimoniaux

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons spécifiquement au patrimoine architectural. Il est toutefois essentiel de préciser que nous ne porterons pas notre regard sur des éléments patrimoniaux monolithiques, sites et monuments emblématiques auxquels est rattachée une notion de prestige¹⁶¹. Notre intérêt portera plutôt sur des éléments d'une architecture dite 'vernaculaire', qui ne sont pas nécessairement prestigieux et que nous pourrions à la limite qualifier de prosaïques.

Comme le fait remarquer Poulot (1998), le terme 'patrimoine' renvoie à l'origine à ce bien d'héritage qui était transmis par les parents aux enfants; « il n'évoque donc pas a priori le trésor ou le chef-d'œuvre » (p.9). Vus sous cette optique, tous les bâtiments et artéfacts qui survivent à l'épreuve du temps font partie du legs architectural qu'une génération transmet à la suivante. Ainsi, les éléments qui nous sont parvenus constituent tous, à divers degrés, des repères dans l'histoire de l'humanité.

Dans ce contexte, nous choisissons de porter notre regard sur des collections d'artéfacts¹⁶², vestiges en quelque sorte anonymes, qui sont représentatifs de segments donnés de l'évolution de l'art de bâtir. À l'instar des monuments, les artéfacts ont un message à livrer aux sociétés contemporaines; alors que le monument historique nous renseigne sur la vie ou sur l'œuvre des grands de ce monde, l'artéfact, lui, nous renseigne sur le travail de l'artisan, il témoigne des façons de faire propres à quelques générations, ou en usage dans certaines régions.

¹⁶¹ Prestige découlant de la fonction du bâtiment, du renom du (ou des) concepteur(s), etc.

¹⁶² Par le vocable 'artéfact', du latin *artis factum* 'fait de l'art', nous entendons tout élément constitutif du bâtiment, fruit du travail de l'artisan.

Il nous apparaît que la connaissance découlant de l'étude de collections d'artéfacts est tout aussi valable que celle émanant de l'étude de bâtiments prestigieux. Dans les deux cas, par le biais de l'observation, de la comparaison, de l'investigation, un sujet cogitant¹⁶³ peut arriver à faire émerger un sens en proposant des liens entre diverses entités. Dans la mesure où les connaissances ainsi développées sont articulées et intelligibles, elles peuvent être communiquées à un interlocuteur afin de contribuer à l'établissement du cadre de référence auquel nous faisons allusion à la sous-section précédente. Au même titre que le savoir dérivé de l'étude des monuments de prestige, la connaissance relative aux artéfacts est susceptible de contribuer à l'enrichissement de la compréhension de l'individu en lui fournissant des moyens de replacer divers éléments architecturaux dans leurs contextes respectifs (spatial, chronologique, formel, etc.).

4.3.3.2 L'artéfact en tant que facette des patrimoines matériel et immatériel

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons aux collections d'artéfacts en tant que composantes à la fois des patrimoines matériel et immatériel. En ce sens, notre intérêt englobe d'une part les collections d'artéfacts dans leur matérialité, ces objets constituant une facette du patrimoine matériel. Nous porterons notre intérêt sur la démarche analytique pouvant être entreprise par l'historien en vue de comparer les morphologies respectives de divers spécimens appartenant à une même 'famille'. Nous nous interrogerons éventuellement à savoir si les technologies numériques sont à même de faire apprécier à un interlocuteur toute la richesse et la diversité d'une production artisanale.

Notre intérêt englobera également la contrepartie immatérielle de ces collections d'artéfacts, c'est-à-dire le savoir-faire à la base des pratiques artisanales impliquées dans

¹⁶³ En l'occurrence l'historien de l'architecture.

leur conception¹⁶⁴. Nous nous questionnerons sur l'aptitude des technologies numériques à contribuer à la diffusion de certaines facettes de ces savoir-faire; nous chercherons à explorer dans quelle mesure des moyens informatiques sont susceptibles de nous permettre de garder en mémoire une part des façons de faire ancestrales.

Il est éminemment regrettable de constater que, lorsque des efforts ne sont pas consentis en vue d'assurer la survivance des savoir-faire, ceux-ci sont souvent, comme le dit si bien Mayor (1994), «voués à subir le même sort qu'une musique sans partition.» (p.89). Si le patrimoine intangible a tôt fait de tomber dans l'oubli, faute d'avoir été traduit, transcrit ou consigné, cela tient au fait même de son immatérialité. Ces considérations nous ramènent à la célèbre analogie imaginée par Amadou Hampâté Ba¹⁶⁵ : «En Afrique, quand un vieillard meurt, c'est une bibliothèque qui brûle.»¹⁶⁶. N'en est-il pas de même, peut-on se demander, lorsque c'est une génération d'artisans qui s'éteint?

Les façons de faire des artisans qui ont oeuvré à l'élaboration des cadres bâtis anciens sont certes riches d'enseignements qu'il faudrait – selon nous – chercher à préserver. Or, les générations se succèdent au fil des siècles, faisant en sorte que les savoir-faire ne constituent pas des entités figées dans le temps, et en quelque sorte fossilisées; ils évoluent et se transforment progressivement. Nous voici face à toute la richesse de l'aventure humaine! Retracer la filiation des façons de faire peut effectivement s'avérer passionnant; un fil conducteur – ou plutôt un foisonnement de fils conducteurs – existe, nous amenant à replacer l'entité patrimoniale, fruit du travail de l'artisan, dans son contexte évolutif, nous permettant de dépeindre à grands traits la progression des façons de concevoir et de construire.

¹⁶⁴ Nous élaborerons sur la notion de savoir-faire dans la section 4.6.

¹⁶⁵ Amadou Hampâté Bâ est un écrivain et ethnologue malien (1900-1991).

¹⁶⁶ Cette phrase faisait partie d'un discours qui a été prononcé devant le conseil exécutif de l'UNESCO.

Dans la mesure où la provenance des différents éléments d'une collection d'artéfacts est échelonnée dans le temps, on peut considérer que ceux-ci forment les maillons d'une chaîne qui, pour utiliser une expression éculée, remonte à la nuit des temps.

« [...] everything that once was forms an irreplaceable and inextricable link in a chain of development. Or, in other words: everything that succeeds was conditioned by what came before and would not have occurred in the manner in which it did if not for those precedents. » (Riegl, 1996, p.70)

En effet, bien qu'il y ait à certaines époques des phases d'impulsion créatrice particulièrement fécondes et, à d'autres époques, des moments de ralentissement de l'activité créative, l'histoire de l'évolution des formes ne s'arrête jamais (Wölfflin, 1996). La répétition continuelle de tout élément, dans le cadre d'une pratique artisanale, finit par se refléter dans l'altération graduelle de sa configuration. À partir de l'étude de collections d'artéfacts, on peut ainsi retracer l'évolution des techniques, des préférences et des façons de faire.

Au-delà de notre attachement pour les vestiges du passé que sont les artéfacts anciens – et dans certains cas de notre sensibilité face à leur valeur esthétique – il y a indéniablement beaucoup à apprendre de ces objets qui sont le fruit du travail de générations d'artisans anonymes; les collections d'éléments architecturaux qui ont résisté à l'épreuve du temps portent en elles des récits qui nous éclairent sur le pourquoi et le comment de l'évolution des formes.

Ces récits ne coulent toutefois pas de source, il faut pouvoir les lire, savoir les déchiffrer, être en mesure de les comprendre. Ces diverses habiletés, qui ne sont pas nécessairement à la portée du néophyte, constituent parfois l'apanage de l'historien. Comment ce dernier arrive-t-il à construire la connaissance relative au patrimoine

architectural, et ce, à partir de l'étude des collections d'artéfacts qui nous sont parvenus?¹⁶⁷
 En quoi cette connaissance pourrait-elle être utile et pourquoi serait-ce important de la transmettre? Ce questionnement nous amène maintenant à réfléchir sur la notion d'histoire.

4.4 L'histoire de l'architecture

4.4.1 La subjectivité de la connaissance historique

Jusqu'à la moitié du XXe siècle, on peut considérer qu'une vision positiviste prévalait dans le domaine de l'histoire; on considérait cette discipline comme étant une science et l'on présupposait une complète séparation entre l'observateur et le sujet d'étude. La conviction selon laquelle l'historien pouvait avoir accès à une réalité ultime prédominait.

« The Positivists, anxious to stake out their claim for history as a science, contributed the weight of their influence to [the] cult of facts. First ascertain the facts, said the Positivists, then draw your conclusions from them. [...] Facts, like sense-impressions, impinge on the observer from outside and are independent of his consciousness. The process of reception is passive: having received the data, he acts on them. » (Carr, 2002, p.15)

Cette posture épistémologique légitimait une relative passivité de la part de l'historien puisque les notions de choix et d'interprétation étaient entièrement évacuées. La connaissance historique était considérée comme étant additive; elle devait se développer selon des axes faisant consensus au sein des experts. Dans ce contexte, le domaine de l'histoire était, pour ainsi dire, considérée comme étant similaire aux sciences dites 'dures';

¹⁶⁷ Par l'expression 'collection d'artéfacts' nous entendons des ensembles d'éléments architecturaux appartenant à une même famille. Notre réflexion portera, comme nous le verrons à la section 4.5, sur la démarche de l'historien cherchant à organiser ces ensembles de façon à mettre en lumière les valeurs intellectuelles qui y sont rattachées.

tel est le propos de Walsh (1984) lorsqu'il met en relief le parallèle, propre à cette époque, entre connaissances historiques et connaissances scientifiques.

« The main presuppositions of the thinking of physics, for example, are shared by all physicists, and to think scientifically about physical questions is to think in accordance with them. And this is at any rate one of the things which gives general validity to the conclusions of physicists: they do not depend in any important sense on the personal idiosyncrasies or private feelings of those who reach them, but are reached by a process in which complete abstraction is made from these. » (Walsh, 1984, p.95)

À partir de la moitié du XXe siècle, on remarque qu'il y a mutation de la posture épistémologique prévalant dans le domaine de l'histoire. La connaissance historique est de plus en plus perçue comme étant développée de façon active par l'historien et dépendante des caractéristiques idiosyncrasiques de celui-ci. L'évolution des mentalités, qui a conduit à adopter une approche plutôt axée vers le constructivisme, s'est opérée de façon graduelle, voire conflictuelle. Comme le constate Carr (2002), bien que la croyance en un noyau de faits historiques existant objectivement et indépendamment de l'interprétation de l'historien soit maintenant largement considérée comme un sophisme, l'éradication de cette idéologie n'est survenue qu'au terme d'un processus laborieux.

Suite à ce changement de paradigme, on constate, depuis quelques décennies, que l'historien n'a plus le dessein de produire des connaissances qui seraient légitimées par leur valeur objective; la finalité de ses travaux n'est plus nécessairement d'arriver aux mêmes conclusions que n'importe quel autre observateur placé face aux mêmes faits. Déjà, au début des années 1980, Walsh écrivait:

« Whatever their predecessors fifty years ago may have thought, there seems no doubt that many historians today would feel uncomfortable if asked to free themselves from all particular preconceptions and approach their facts in a wholly impersonal way. [...] To aim at the impersonality of physics in history, they would say, is to produce something which is not history at all. » (1984, p.96-97)

Aujourd'hui, on considère de plus en plus que la tâche de l'historien consisterait non pas à analyser de façon objective les faits dits historiques, mais plutôt à articuler une interprétation, à déployer un raisonnement. Cette interprétation est essentiellement subjective, en ce sens qu'elle appartient au sujet; il devient ainsi légitime pour l'historien de considérer les faits en donnant la primauté à l'exercice de son jugement.

Il en résulte le développement de connaissances que l'on pourrait qualifier de fluctuantes et de changeantes, qui se déploient et progressent selon différents axes, en fonction des caractéristiques idiosyncrasiques de l'individu et de la 'matière première' se trouvant à sa disposition (Arnold, 2002). En effet, comme nous le verrons au cours de la prochaine sous-section, l'interprétation de l'historien serait principalement basée sur la survivance des sources, sur la sélection qu'il effectue au sein de celles-ci ainsi que sur les intérêts et convictions qui l'animent.

4.4.2 La survivance et la sélection des sources

L'image que l'historien peut se faire d'une période ou d'un fait historique est dérivée de diverses sources ayant survécu à l'épreuve du temps¹⁶⁸. Le problème de la survivance est fondamental dans le domaine de l'histoire puisque les documents et artefacts qui nous parviennent ne sont pas nécessairement plus significatifs que ceux qui ont disparu, faisant en sorte qu'il est impossible de poser un jugement objectif (Conway et Roenisch, 2005). On peut dès lors considérer que tout ce que l'historien tient pour vrai dépend entièrement des 'preuves' qui sont à sa disposition au moment de sa réflexion.

En outre, parmi les documents et artefacts qui ont survécu à l'épreuve du temps, l'historien doit indubitablement être sélectif. Dans le domaine de l'histoire de l'architecture

¹⁶⁸ Dans le domaine de l'histoire de l'architecture, il peut s'agir de sources telles que les bâtiments, les ruines, les artefacts, les archives, etc.

par exemple, on peut considérer les bâtiments qui nous sont parvenus en tant que faits historiques (Conway et Roenisch, 2005). Or, les bâtiments sont des entités qui existent indépendamment de l'attention que l'on y porte, ou de la conscience que l'on en a; leur promotion au statut de faits historiques constitue le résultat d'un processus réflexif (Walsh, 1984).

Sur quels bâtiments ou ensembles aménagés l'historien de l'architecture, désireux d'étudier une époque donnée, portera-t-il son attention? La notion de choix est ici incontournable. En ce sens, il ne s'agit pas simplement d'appréhender des faits, mais bien d'établir ceux sur lesquels se fondera la démarche réflexive. Tout écrit, réflexion, modélisation est nécessairement fragmentaire puisque chaque historien ne peut porter son attention que sur un aspect (ou un ensemble limité d'aspects) de la réalité bâtie, et ceci demeure vrai quelle que soit l'ampleur de sa culture et la diversité de ses champs d'intérêt.

Ainsi, sa principale tâche n'en est-elle pas une de consignation, mais plutôt d'évaluation, puisqu'il doit départager ce qui lui apparaît comme étant significatif ou valide de ce qui ne semble pas l'être (Carr, 2002). Indubitablement, les intérêts, convictions et système de valeurs propres à l'individu auront une influence sur ce qui sera considéré comme étant significatif. Ainsi, les interprétations développées et les hypothèses émises seront appelées à différer sensiblement d'un historien à l'autre; ce qui est considéré comme étant un postulat légitime par l'un, ne le sera pas nécessairement par son collègue.

En somme, étant donné la contingence de la survie des sources, les sélections effectuées au sein de celles-ci et le 'biais' apporté par le système de valeurs et les convictions qui animent l'historien, on peut affirmer, à l'instar de Carr (2002), que la connaissance historique ne devrait jamais être considérée comme étant purement objective.

4.4.3 La mouvance de la connaissance relative au patrimoine bâti

Si la dernière sous-section nous a amenés à statuer sur la nature subjective de la connaissance historique, il nous apparaît maintenant indiqué de mettre en relief son caractère mouvant. Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons de façon spécifique à la tâche de l'historien de l'architecture, celle-ci consistant à faire émerger un sens à partir de l'étude d'un cadre bâti donné. Or, il apparaît que cette 'signification' que l'historien propose n'est pas statique, mais serait au contraire caractérisée par le dynamisme. Au cours des prochaines pages, nous nous emploierons à examiner les forces qui semblent causer ce mouvement perpétuel. Nous considérerons ici les affirmations énoncées par l'historien comme reposant essentiellement sur trois fondements que l'on pourrait qualifier de fluctuants: i) l'interprétation de documents dont la validité peut être sujette à caution¹⁶⁹, ii) la prise en considération d'un contexte pouvant éventuellement être redéfini et iii) l'évolution d'un raisonnement.

Comme nous l'avons vu précédemment, les connaissances développées par l'historien de l'architecture sont essentiellement basées sur l'observation et l'analyse des bâtiments et artefacts qui ont survécu à l'épreuve du temps. Cependant, lorsque la réflexion porte sur des éléments qui ne nous sont pas parvenus, l'élaboration de savoirs nouveaux repose sur la consultation de textes¹⁷⁰ et de relevés architecturaux. Or, il est indéniable que chacun de ces deux types de documents (textes et relevés) résultent de l'interprétation de leurs auteurs respectifs.

¹⁶⁹ Lorsque les sources bâties ne nous sont pas parvenues.

¹⁷⁰ Ces textes peuvent avoir été écrits par des architectes (tels que Serlio, Alberti ou Palladio) ou encore par des historiens.

Les écrits véhiculent, par le biais de la forme discursive, la vision et les réflexions du concepteur ou d'un observateur¹⁷¹. En effet, l'architecte ou l'historiographe cherche à traduire sa pensée, à décrire le sentiment qu'il éprouve face à l'œuvre architecturale, à diffuser l'analyse qu'il en fait et éventuellement l'enseignement qu'il en tire. Le relevé architectural, quant à lui, véhicule la perception de l'individu qui a cherché à documenter l'élément. La nature interprétative dudit document tient au fait que c'est l'auteur qui détermine ce qu'il entend représenter et à quelles fins il compte le faire (Booth et Boulerice, 2004). Conséquemment, les choix qu'il effectue se font en fonction de sa compréhension préalable de l'élément architectural¹⁷² et des possibilités techniques s'offrant à lui¹⁷³. La représentation architecturale présuppose donc une sélection (consciente ou non) de certains aspects illustrant une réalité physique et bâtie, au détriment d'autres aspects.

On peut dès lors considérer qu'il y a interprétation de l'élément architectural pour la production des textes et relevés, et interprétation de ces documents pour produire la connaissance. En ce sens, il est permis de dire que, dans certains cas, le développement de nouveaux savoirs dépend en grande partie des « prismes par lesquels la réalité est passée »¹⁷⁴ avant de devenir, pour l'historien, un objet d'étude. Lorsque les sources documentaires sont hétérogènes, ces prismes sont interchangeable, ce qui implique pour la construction de la connaissance une multiplicité d'axes de développement potentiels.

D'autre part, les savoirs relatifs au patrimoine bâti sont caractérisés par un aspect contextuel qui tient à l'obligation de situer, dans les continuums espace et temps, chacun

¹⁷¹ Notons en outre le texte à l'étude peut parfois résulter d'une traduction de l'original, ce qui a parfois pour effet d'altérer la signification des propos de l'auteur (Day, 1992).

¹⁷² Du monument, de l'ensemble architectural, de l'artefact, etc.

¹⁷³ En fait, le relevé est tributaire non seulement des intentions de l'auteur et du contexte de ses travaux de consignation, mais également des outils utilisés pour son élaboration.

¹⁷⁴ Selon l'expression de Besnier (1996).

des concepts ou théories proposés. Ces connaissances sont tributaires des contextes historiques et géographiques puisque toute question relative à l'art de bâtir et de concevoir, ou aux modes d'occupation du cadre bâti, est intimement liée à une époque et à une région données.

Prenons par exemple le cas où la réflexion de l'historien porterait sur les méthodes et techniques utilisées pour la conception de charpentes de toitures. Il est indéniable que les principes sur lesquels repose l'élaboration de telles structures ne consistent pas en un ensemble de lois immuables et universelles¹⁷⁵; ces principes dépendent des lieux et de l'époque à l'étude et sont déterminés par l'évolution des savoir-faire, ainsi que par les matériaux et technologies disponibles. Toute allégation doit donc être mise en contexte; dès que la délimitation de la période et /ou région à l'étude est modifiée, il y a mutation des postulats, transformation de la connaissance.

En outre, les savoirs relatifs au patrimoine bâti comportent un aspect évolutif. Pour émettre des hypothèses¹⁷⁶, chaque historien met en relation sa perception du cadre bâti et/ou des documents à l'étude avec les éléments constituant déjà sa propre base de connaissances. Indubitablement, au cours de sa démarche réflexive, il y aura modification itérative des liens établis entre les concepts et entités. On peut présumer que les hypothèses qu'il élaborera évolueront au fil de sa démarche; il sera amené à remanier la connaissance de façon itérative. De plus, la 'découverte' de sources supplémentaires pourra éventuellement remettre en question les paradigmes sur lesquels se fondait initialement son raisonnement (Conway et Roenisch, 2005). Dès lors, tout jugement, considéré comme plausible en soi

¹⁷⁵ Exception faite des lois physiques relatives à la résistance des matériaux.

¹⁷⁶ Qu'il s'agisse de l'identification des paramètres ayant déterminé l'évolution d'une forme architecturale donnée ou de la caractérisation des savoir-faire impliqués dans sa conception ou encore de la datation des diverses composantes, etc.

est, en principe, sujet à révision à mesure que la connaissance historique se développe (Walsh, 1984).

Nous pouvons en somme constater que les aspects interprétatif, contextuel et évolutif de la ‘signification’ proposée par l’historien de l’architecture impliquent une certaine mouvance des savoirs relatifs au patrimoine bâti. À l’instar du scientifique, l’historien n’intervient plus comme expert venant dire ses certitudes mais plutôt comme chercheur, nous livrant ses doutes, nous faisant partager son odyssee¹⁷⁷. Les connaissances qu’il élabore se meuvent au fil du temps, se développant selon des axes pluriels et à travers une diversité de prismes¹⁷⁸.

4.4.4 Les théories de la perspective et de la cohérence

Vue sous l’optique décrite dans les trois sous-sections précédentes, la connaissance historique est inévitablement sujette à caution, pourrions-nous objecter. Dans la mesure où elle est à la fois subjective et mouvante, comment alors l’aborder? Comment la formaliser et la justifier? Qu’est-ce qui empêcherait l’historien de verser dans le solipsisme, voire de sombrer dans la divagation? Ce questionnement nous amène à présenter brièvement les théories de la perspective et de la cohérence¹⁷⁹.

Comme nous l’avons vu précédemment, lorsqu’il s’agit de faire émerger le sens à partir de l’étude d’un cadre bâti, les bâtiments, artefacts et/ou documents doivent être sélectionnés, replacés dans leurs contextes respectifs et interprétés. Il en résulte que

¹⁷⁷ Notons ici que l’historien accomplit son travail d’interprétation en collaboration avec divers spécialistes: le géographe, le démographe, l’ethnologue, etc.

¹⁷⁸ Puisque l’historien n’est pas perçu ici comme étant un expert dans le domaine de l’histoire, mais plutôt en tant que sujet cogitant cherchant à construire la connaissance historique, nous emploierons indifféremment dans le texte les expressions ‘historien de l’architecture’ et ‘chercheur en patrimoine bâti’.

¹⁷⁹ *Perspective theory* et *coherence theory* telles qu’exposées par Walsh (1984).

différents historiens aborderont de façons dissemblables les mêmes éléments. Arnold (2002) considère que ce sont les questions que l'historien choisit de se poser face aux vestiges du passé qui façonnent en grande partie l'interprétation qu'il fait de ces derniers. Or, ces questions sont intimement liées aux convictions et préoccupations intellectuelles qui l'animent au départ¹⁸⁰.

La théorie de la perspective soutient que l'interprétation pouvant être faite d'une réalité donnée dépendrait entièrement du point de vue sous lequel on aborde l'élément à l'étude. Dans ce contexte, la connaissance historique n'aurait de sens que dans la mesure où l'on prendrait en considération les convictions et préoccupations de celui qui l'a produite¹⁸¹.

« [...] every history is written from a certain point of view and makes sense only from that point of view. Take away all points of view, and you will have nothing intelligible left, any more than you will have anything visible if you are asked to look at a physical object, but not from any particular point of view. » (Walsh, 1984, p.97)

Selon cette théorie, il serait vain de chercher à comparer deux interprétations faites selon deux points de vue distincts, dans l'objectif de déterminer où se situe la vérité¹⁸². Ainsi, l'histoire écrite sous deux points de vue différents ne se contredirait pas plus que deux portraits du même homme, réalisés par deux artistes différents, plusieurs interprétations d'un même objet pouvant même, éventuellement, se compléter.

¹⁸⁰ On pourrait même aller jusqu'à dire que l'historien, qu'il en soit conscient ou non, aborde toujours le passé avec des idées préconçues, avec de rudimentaires théories qu'il cherche à valider (Gombrich, 2002).

¹⁸¹ Ce qui rejoint l'épistémologie constructiviste selon laquelle non seulement la connaissance implique un sujet connaissant, mais elle n'aurait pas de sens ou de valeur en dehors de lui.

¹⁸² Cette conception de la vérité rejoint la vision de Walliser (1977) qui soutient qu'il existe potentiellement une infinité de modèles d'un même système (section 4.1.3).

Évidemment, les convictions, théories et idées préconçues de l'historien peuvent être remises en question. Il est clair que toute assertion n'est pas forcément valable en soi, que toute interprétation n'est pas nécessairement fondée. Selon la théorie de la cohérence, quelle que soit la position à partir de laquelle l'historien aborde le sujet à l'étude, la valeur de la connaissance qu'il développe dépend de l'intelligibilité du modèle qu'il propose. Cette théorie s'applique à définir la vérité non pas en tant que relations entre affirmations et faits, mais plutôt en tant que relations entre différentes assertions. En principe, une allégation ne pourra être considérée comme étant vraie que dans la mesure où l'on peut démontrer qu'elle est en concordance avec toutes les autres affirmations que l'on est prêt à accepter¹⁸³.

La cohérence serait ici fondée sur la prise en compte de l'aspect systémique¹⁸⁴ de la connaissance puisque les diverses composantes de celle-ci sont reliées entre elles. Une assertion ne peut en aucun cas être faite isolément; chacune d'entre elles renvoie à certaines présuppositions et repose implicitement sur l'ensemble du système (Walsh, 1984). Ainsi, le travail de l'historien de l'architecture ne consisterait pas à découvrir et diffuser 'la vérité' sur le patrimoine bâti, mais plutôt à élaborer un modèle cohérent de l'interprétation qu'il fait des matériaux à sa disposition. Lorsqu'il abordera la phase de diffusion du résultat de ses travaux de recherche, il devra être apte à démontrer le bien-fondé de toutes les allégations sous-jacentes à la thèse qu'il soutient.

En définitive, le processus de construction de la connaissance historique constitue une démarche extrêmement riche et complexe. L'historien procède à la sélection des

¹⁸³ Ce principe est en parfaite concordance avec les propos de Simon (1979) qui souligne que le modélisateur doit veiller scrupuleusement à expliciter les finalités auxquelles il prétend se référer lorsqu'il construit les connaissances enseignables qu'il communiquera.

¹⁸⁴ Nous reviendrons sur la notion de système à la section 4.7.

sources qu'il prendra en considération et met en relation des concepts dans le but de proposer un modèle qui soit cohérent, compte tenu de la perspective sous laquelle il aborde le sujet. Le raisonnement ainsi déployé est ultérieurement sujet à une remise en question, à mesure que progresse le processus réflexif de l'historien et que de nouvelles sources sont mises à sa disposition. Dans ce contexte, le rôle qui lui est imparti n'est pas simplement de divulguer les conclusions auxquelles il arrive. Il apparaît essentiel que :

« [...] l'historien, par un effort de prise de conscience, définisse l'orientation de sa pensée, explicite ses postulats (dans la mesure où la chose est possible); qu'il se montre en action et nous fasse assister à la genèse de son œuvre : pourquoi et comment il a délimité son sujet : ce qu'il cherchait, ce qu'il y a trouvé; qu'il décrive son itinéraire intérieur [...]» (Marrou, 1973, p.240)

Cette *inséparabilité* entre le processus réflexif de l'historien et la résultante de cette démarche nous ramène au postulat selon lequel les notions de connaissance et de cognition se confondent en une seule entité¹⁸⁵. Dans le cadre du présent travail de recherche, nous ne nous intéressons pas uniquement aux conclusions auxquelles arrive l'historien au terme d'un processus réflexif; nous porterons également notre attention sur sa démarche, sur ce que Marrou (1973) appelle la genèse de son œuvre.

4.4.5 Les stratégies de l'historien de l'architecture

Il est indéniable que pour 'générer son œuvre', l'historien de l'architecture peut procéder de multiples façons et déployer diverses stratégies. L'historiographie, en tant qu'étude des façons dont évolue l'interprétation qui est faite du matériel à la disposition de l'historien, ne constitue pas simplement le reflet de changements de goûts et de modes (Conway et Roenisch, 2005). En effet, de nouveaux défis et des idées innovantes amènent

¹⁸⁵ Voir section 4.1.4.

périodiquement l'historien à soulever des questions inédites, à appliquer de nouvelles méthodes, à aborder des axes de réflexion qui n'avaient pas encore été explorés, ou très peu.

De fait, la tâche de l'historien n'est jamais terminée. La connaissance historique sur un sujet donné ne peut en aucun cas, et à aucun moment, être considérée comme étant complète; il y a toujours possibilité d'aborder l'objet à l'étude sous une autre perspective, de consulter de nouvelles sources, de proposer un autre modèle explicatif, etc. (Arnold, 2002). Comme le font remarquer Conway et Roenisch (2005):

«History is not a jigsaw puzzle that can be completed and put away. We continually come to the subject with new questions, historical interpretations are always open to reinterpretation and there will never be a time when we can claim we know all there is to know about, say, medieval architecture. »
(p.33)

Dans le cadre d'un processus d'élaboration d'une connaissance historique relative à l'architecture, l'angle abordé et les questions soulevées par l'historien sont souvent intimement liés à la méthode utilisée pour faire émerger le sens à partir de l'étude d'un cadre bâti donné. Selon les époques, les historiens de l'architecture ont tour à tour privilégié certaines stratégies, plutôt que d'autres, en vue de développer de nouveaux savoirs. Afin d'illustrer la diversité des possibles méthodes, nous allons, au cours des prochaines pages, commenter brièvement quelques-unes de celles-ci, soit l'analyse stylistique, l'établissement de relations entre cadre bâti et pratiques culturelles, le récit biographique de l'architecte ou de l'édifice, et finalement l'élaboration de typologies.

L'analyse stylistique est une méthode qui consiste pour l'historien de l'architecture à départager le bâti en regroupant les édifices sous diverses étiquettes stylistiques. Cette stratégie, lorsqu'elle est appliquée avec circonspection, peut, selon Arnold (2002), fournir «des repères utiles pour ponctuer la longue et complexe évolution du bâti en Occident» (p.106). Bien que ce mode d'analyse ait sans aucun doute été l'épine dorsale de la

discipline de l'histoire de l'architecture durant plusieurs décennies¹⁸⁶, on remarque que les historiens sont actuellement de moins en moins enclins à étiqueter les bâtiments. Un nombre croissant d'entre eux considèrent que le fait d'étudier les édifices de façon isolée, et de se concentrer sur leurs formes et sur leur apparence – comme c'est parfois le cas dans l'analyse stylistique – revient à les dénuder d'une grande part de leur signification (Arnold, 2002).

Une autre méthode à laquelle l'historien de l'architecture peut avoir recours pour déployer son raisonnement est le récit biographique. Il y a d'une part le récit biographique des architectes de renom¹⁸⁷. Dans le contexte de cette approche, le domaine de l'architecture peut être perçu comme émergeant d'une époque obscure caractérisée par le relatif anonymat du concepteur architectural, un domaine évoluant depuis quelques siècles vers une époque caractérisée par une perception plus éclairée, permettant enfin au concepteur d'être identifié et nommé, voire acclamé. La notion de génie est alors explorée à travers l'identité de l'individu, en l'occurrence le concepteur. En Occident, le culte de la personnalité de l'architecte a été un élément fondamental de la construction des savoirs en architecture, et ce, à partir de la fin du Moyen-âge jusqu'à maintenant.

Dans la même veine, il y a également le récit biographique du bâtiment. Il s'agit là de procéder à l'enrichissement de la culture matérielle par le biais de l'interrogation d'un objet bâti spécifique¹⁸⁸. Dans le cadre de cette méthode, la forme narrative est utilisée pour rendre compte de la séquence des événements ayant marqué l'existence de cet objet. L'édifice est présenté en tant qu'entité 'organique' et évolutive; on est ainsi appelés à

¹⁸⁶ En témoignent les innombrables publications sur l'Art Déco, le baroque, le rococo, etc.

¹⁸⁷ Les nombreux ouvrages sur la vie et l'œuvre d'architectes tels que Christopher Wren ou Frank Lloyd Wright sont des exemples de ce type d'approche.

¹⁸⁸ Nous nous référons ici aux ouvrages portant sur des bâtiments célèbres tels que, à titre exemplatif, la cathédrale de Chartres sur laquelle de nombreuses monographies ont été écrites.

décrire les différentes phases de son évolution, depuis l'édification jusqu'à l'époque actuelle, ou jusqu'à la démolition.

Ces deux approches, soit l'analyse stylistique et le récit biographique, sont axées sur le monument de prestige et sur le concepteur de renom, plutôt que sur la trame qui constitue le legs architectural dans son ensemble. On peut considérer que ces types d'approche excluent une large part de l'environnement bâti, restreignant ainsi notre compréhension de l'histoire de l'architecture (Arnold, 2002).

D'autres approches sont caractérisées par une vision plus holistique de l'architecture et de son évolution. Par exemple, une stratégie adoptée par l'historien peut consister à établir des relations entre pratiques culturelles et cadre bâti¹⁸⁹. En effet, il est indéniable que la forme architecturale perdure et transmet un message sur la continuité des modes de vie, et ce, au-delà de l'existence des individus (Moholy-Nagy, 1967). En ce sens, il est possible de segmenter le processus évolutif d'un cadre bâti donné en divers fragments conceptuels. Il s'agit ensuite de décrire la production architecturale, ainsi que les usages qui sont faits de ce 'produit' à différentes époques. Cette méthode, en plus de favoriser la mise en contexte des éléments architecturaux dans un continuum temporel, met l'accent sur la correspondance entre les agissements de l'humain et les spécificités de l'objet construit.

L'élaboration de typologies constitue une autre stratégie pouvant potentiellement être adoptée par l'historien. La démarche typologique consiste à dégager un sens à partir de l'analyse de corpus d'éléments patrimoniaux. La recherche et l'identification de 'types' est une démarche inhérente à la construction des savoirs en architecture, dans la mesure où il est ainsi possible de « constituer des connaissances raisonnées à partir d'images de la

¹⁸⁹ Un exemple représentatif de ce type d'approche est l'ouvrage de Adams (1996) qui explore les relations existant entre l'architecture domestique, les réformes en matière d'hygiène publique et le féminisme à la fin du XIX^{ème} siècle en Angleterre.

production réelle » (Croizé et coll., 1991, p.4). Dans le cadre du présent travail de recherche, c'est spécifiquement sur cette stratégie que portera notre réflexion¹⁹⁰. Nous réfléchirons aux modalités permettant à l'historien de construire des connaissances basées sur cette approche et nous considèrerons les processus permettant éventuellement à l'apprenant de reconstruire les connaissances organisées selon ce principe¹⁹¹.

Il existe bien évidemment d'autres méthodes de construction des savoirs relatifs au cadre bâti. Ce bref survol ne prétend pas à l'exhaustivité; il a uniquement pour objet d'offrir un panorama de la diversité existante. Comme le constate Walsh (1984), ces diverses stratégies débouchent sur différentes histoires qui, loin de se contredire, peuvent se compléter réciproquement. La façon dont les méthodes de construction de la connaissance sont sélectionnées, voire amalgamées, dépend entièrement des caractéristiques idiosyncrasiques du chercheur en patrimoine bâti, de ses intérêts et de ses convictions. Selon Marrou (1973), la valeur du travail de l'historien serait proportionnelle à la richesse humaine de celui-ci; plus il est cultivé, riche d'expériences vécues et ouvert à toutes les stratégies et méthodes envisageables, plus large sera l'envergure de la connaissance élaborée.

En somme, l'historien de l'architecture élabore un raisonnement qu'il déploie en combinant l'analyse, le récit, la catégorisation (etc.). On peut conjecturer sur le but ultime de cette démarche et supposer qu'il s'agit là de développer une connaissance contribuant uniquement à l'entendement de l'*observateur-modélisateur-interprète*¹⁹², un savoir qui serait à toutes fins pratiques inaccessible à un éventuel interlocuteur. Non pas. Il s'agit ultérieurement de faire partager ce sens, de diffuser l'interprétation proposée, ce qui nous

¹⁹⁰ Ce choix que nous effectuons en vue de préciser notre axe de questionnement est justifié dans la prochaine section, traitant des typologies architecturales.

¹⁹¹ En ayant recours à des moyens informatiques.

¹⁹² Selon l'expression de Le Moigne (1995).

amène à réfléchir sur les modalités de l'enseignement de l'histoire (ou des histoires) de l'architecture : qu'est-il pertinent d'enseigner et à quelles fins le faire?

4.4.6 L'enseignement de l'histoire de l'architecture : optiques et finalités

«As far as architecture is concerned, history is the reversal of design: where design is synthesis, history is analysis; where design is prospective, history is retrospective and the one cannot do without the other.» (Anstis, 1967, p.183)¹⁹³

4.4.6.1 Les époques passées

La finalité de l'enseignement de l'histoire de l'architecture a évolué au cours des âges. Si l'on remonte à la période dite néo-classique¹⁹⁴, on peut considérer qu'il avait pour objectif de fournir du 'matériel brut' pour la (re)production de formes architecturales prédéfinies (Stern, 1981). L'enseignement dispensé consistait à présenter des collections de monuments célèbres, en tant que modèles dont l'étudiant pouvait s'inspirer directement. Il s'agissait de permettre à celui-ci d'émuler les architectes du passé avec érudition et autorité (Kostof, 1967)¹⁹⁵.

Par exemple, au XVIIIe siècle, Jean-François Blondel, dans son célèbre discours sur la nécessité de l'étude de l'histoire de l'architecture, déclarait avoir pour ultime objectif d'amener les futurs praticiens à tirer de l'architecture ancienne les éléments premiers de

¹⁹³ Les propos de Anstis sont consignés dans un recueil de textes présenté par Moholy-Nagy (1967).

¹⁹⁴ Monnier (1994) situe la période néo-classique entre 1750 et 1820 environ. Ce mouvement en architecture procéderait d'une volonté de moderniser les références du passé et d'une réaction contre les 'excès' d'une architecture sans principe.

¹⁹⁵ Les propos de Kostof sont consignés dans un recueil de textes présenté par Moholy-Nagy (1967).

l'art de concevoir. Il considérait que pour s'élever au-dessus du vulgaire, il fallait que « ceux qui étudient aient de l'émulation, de la docilité, d'excellents Maîtres, des livres choisis [...] » (Blondel, 1973, p.66-67)¹⁹⁶. Ce paradigme a perduré jusqu'au début du XXe siècle. En effet, pour Blomfield (1908), qui s'inspirait directement des écrits de Blondel, l'intérêt porté à l'étude des monuments célèbres résidait dans la possibilité d'arriver à déduire les 'principes éternels' de la composition architecturale.

Ce type d'approche, axé sur l'imitation des formes du passé, constitue une vision relativement étroite de la finalité de l'enseignement de l'histoire de l'architecture.

« For Blomfield and the French academic tradition, the study of history played a central role in the training of the architect. But we must note that it was 'history' in a particular sense, studied for a particular end. For a start, it was the history not of all buildings or all architecture but of the great masterpieces – an immediate and drastic reduction. These masterpieces, furthermore, were studied not in terms of how or why they were built, or of their historical importance (a matter left to the historians), but solely in order to learn from them the principles of composition in design. » (Swenarton, 1987, p. 204)

À partir de la première moitié du XXe siècle, on remarque qu'il s'opère une rupture dans l'idée que l'on se fait de l'histoire de l'architecture et de son rôle potentiel dans la formation du futur praticien. Avec l'émergence du Style international¹⁹⁷, on constate qu'il commence à y avoir ce que Swenarton (1987) appelle une phobie de l'histoire de

¹⁹⁶ L'édition originale est de 1754.

¹⁹⁷ Le Style international est un courant qui s'est épanoui, entre les années 1920 et la fin des années 1980, dans le monde entier. Ce style résulterait du mariage des idées de l'école du Bauhaus et des techniques de construction en acier et en verre des États-Unis. Les architectes de ce mouvement optent pour la mise en valeur des volumes par des surfaces extérieures lisses et sans ornementation; ils recherchent le dépouillement dans la décoration. Ils souhaitent appliquer le principe de régularité et utilisent pour cela toutes les possibilités offertes par le béton, l'acier et le verre (Monnier, 1994).

l'architecture. Cette aversion est basée sur la prémisse selon laquelle l'imitation des styles historiques serait récusable, voire condamnable. En conséquence, l'étude de l'histoire devait être écartée de l'éducation de l'architecte moderne, si l'on espérait pouvoir résister efficacement aux tentations du mimétisme (Kostof, 1967)¹⁹⁸.

Il y a dans le mouvement moderne¹⁹⁹ une méfiance fondamentale à l'égard de l'histoire et une conviction selon laquelle la connaissance historique constituerait en fait un obstacle à la création, plutôt qu'un concours à celle-ci. Dans cette optique, l'histoire serait quelque chose devant être traité avec suspicion, et devant pour ainsi dire être 'désinfecté' afin d'empêcher que les 'mauvaises' leçons en soit tirées (Swenarton, 1987).

Cette phobie de l'influence pernicieuse que pourrait exercer le savoir historique est partagée par nombre de théoriciens. Certains d'entre eux considèrent que l'enseignement de l'histoire de l'architecture, bien qu'elle soit une ancienne et respectée composante du curriculum architectural, s'avère dans les faits inutile, et aurait donc intérêt à être remise en question :

« Is it really necessary to the education of an architect to learn about the past? If we think in terms of the ancient buildings themselves, I think we must admit that there is a real difficulty in drawing lessons from them for the present. Their beauty may move us deeply, we may get keen pleasure from them – but do they connect closely enough to give us real help when we sit down to design a building ourselves? » (Davies, 1961, p.11)

D'autres encore, veulent l'écartier systématiquement du curriculum en vigueur dans les écoles d'architecture. Banham (1960), notamment, était bien connu pour sa conviction

¹⁹⁸ Les propos de Kostof sont consignés dans un recueil de textes présenté par Moholy-Nagy (1967).

¹⁹⁹ Reportons-nous ici à la définition de la modernité proposée par Bernhardt (2002) : «L'espoir de la modernité se base sur l'idée de quitter la fausse idéologie du passé» et d'opérer une «rupture avec un monde ancien pour amener l'homme à une nouvelle conception de la vie» (p.12).

selon laquelle l'architecte devait renoncer irrévocablement au savoir historique s'il ne voulait pas rester en marge des progrès technologiques. La philosophie prônée par Gropius en matière d'éducation constitue un autre exemple représentatif de la mentalité et des dispositions propres à la première moitié du XXe siècle ; elle impliquait que l'histoire était un obstacle à la créativité. La méthode du Bauhaus reposait en effet sur la prémisse selon laquelle le potentiel créatif résidait déjà dans l'individu, la tâche de l'éducateur se résumant à révéler ce potentiel.

« When the innocent beginner is introduced to the great achievements of the past, he may be too easily discouraged from trying creative work of his own. For the awe of the masters of the past is so great that frustration may develop from timidity, making him inactive and prejudiced against his own creative potentialities. » (Gropius, 1951, p.51)

Cependant, malgré le fait que, durant cette période, l'histoire de l'architecture soit pour ainsi dire tombée en disgrâce, elle a toujours 'refusé' de mourir complètement, dans le cadre de l'enseignement dispensé aux futurs praticiens²⁰⁰. D'ailleurs, on assiste bientôt – signe précurseur de la période dite postmoderne – à une remise en question de la 'mise au ban' de l'histoire. L'architecte prend progressivement conscience des effets pervers inhérents à une rupture avec le passé, comme le constate Watkin (2005) en rétrospective.

« The attempt of the modern movement to change man through architectural revolution and the destruction of the memory threatened to do violence to his dignity and identity. » (p.660)

Il y a en quelque sorte retour du balancier et, conséquemment, ré-émergence de l'intérêt porté à l'histoire de l'architecture; on se lance ainsi à la recherche d'une

²⁰⁰ Gropius lui-même permettait l'étude de l'histoire de l'architecture aux étudiants des grades supérieurs, considérés comme ayant déjà développé une certaine forme d'expression personnelle (Swenarton, 1987).

‘authenticité’ perdue²⁰¹. Le mouvement dit postmoderne s’inscrit en réaction au modernisme; il n’est plus question de «confronter l’homme ‘nu’ au monde pour atteindre un nouveau bonheur et une nouvelle liberté. » (Bernhardt, 2002, p.13). Chercher à se libérer de l’héritage historique devient progressivement une attitude perçue comme étant absurde et équivalant à se priver d’une source inépuisable d’expériences et de connaissances accumulées au cours des siècles (Krier, 1975). Déjà au milieu des années 1960, Venturi (1966) préconise une résurgence de la ‘présence du passé’ au sein de la pratique architecturale.

Malgré les avatars de la finalité de l’enseignement de l’histoire de l’architecture, cette discipline a perduré au fil des époques et à travers les changements de mentalité. C’est peut-être signe que, malgré l’évolution séquentielle des paradigmes, l’être humain a toujours instinctivement gardé conscience de la valeur et de l’utilité de la connaissance historique (Anstis, 1967)²⁰².

4.4.6.2 L’époque actuelle

Comparativement aux époques passées, il semble que l’on favorise actuellement une vision plus holistique de l’histoire de l’architecture. En effet, il est notable qu’une appréhension partielle des notions inhérentes à cette discipline caractérisait invariablement aussi bien les périodes dites néo-classique, que moderne et postmoderne (Swenarton, 1987). On pourrait aller jusqu’à dire qu’il s’agissait là d’enseignements propagandistes en faveur de la doctrine en vigueur à l’époque, puisque l’on cherchait à promouvoir les visées d’un courant particulier; ainsi, à l’époque néo-classique on ne fait pas mention de l’architecture contemporaine, à l’époque moderne on exclut l’architecture du passé, tandis qu’à l’époque

²⁰¹ Nous reviendrons sur cet aspect à la section 4.5.3.

²⁰² Les écrits de Anstis font partie du recueil de textes présenté par dans Moholy-Nagy (1967).

postmoderne, on passe délibérément sous silence l'apport que l'architecture moderne pourrait avoir eu.

Il est notable que, maintenant, on ne considère plus l'enseignement de l'histoire en tant qu'outil de promotion d'une doctrine spécifique; on le perçoit plutôt dans une optique d'enrichissement de la compréhension en soi. En ce sens, l'accent est mis sur l'acquisition d'une connaissance portant sur la substance de l'environnement bâti, plutôt que sur son apparence; on cherche à comprendre d'où le cadre bâti a tiré sa forme, comment il a été produit, pourquoi et dans quelle mesure il a évolué (Barelkowsky, 2006). On s'intéresse à la genèse de l'environnement construit en se plaçant du point de vue des concepteurs plutôt que de celui de l'observateur, afin de saisir de quelles façons l'impulsion créative des individus et les contraintes extérieures s'amalgament dans l'élaboration de tout élément architectural (Sekler, 1967)²⁰³. Cette compréhension rejoint ce à quoi Choay (1999) fait allusion lorsqu'elle souligne l'importance de l'acquisition d'un cadre de référence adéquat pour être en mesure d'apprécier le patrimoine et d'avoir accès aux valeurs esthétiques et intellectuelles qu'il véhicule.

L'intérêt que l'on porte à l'enseignement de l'histoire apparaît maintenant comme recelant de multiples facettes : la diffusion des savoirs élaborés par l'historien de l'architecture peut non seulement constituer un mode d'enrichissement de la culture générale du praticien, mais également contribuer à le responsabiliser face au rôle qui lui est imparti. En ce sens, la connaissance historique est considérée comme contribuant à aiguïser la perception qu'a le concepteur architectural de la position qu'il occupe dans le processus global de production et d'évolution du cadre bâti. En outre, cet enseignement est prodigué de façon à amener l'individu à percevoir l'époque actuelle en tant que segment de l'histoire

²⁰³ Les écrits de Sekler sont consignés dans un recueil de textes présenté par dans Moholy-Nagy (1967).

et à considérer le bâti d'aujourd'hui comme étant susceptible de devenir le patrimoine de demain.

Le (futur) praticien est ainsi davantage en mesure de transcender une conception étriquée de la conception architecturale, centrée sur le moment présent. Il est invité à accomplir l'un de ses devoirs les plus essentiels qui est, comme le préconisait Ruskin (1980)²⁰⁴ dans «La lampe du souvenir», de rendre historique l'architecture de son époque.

« L'idée d'un désintéressement pour la postérité elle-même, l'idée de pratiquer à l'heure actuelle l'économie en faveur des débiteurs encore à naître, de planter des forêts à l'ombre desquelles pourraient vivre nos descendants ou d'édifier des cités qu'habiteraient de futures nations, n'a jamais, je suppose, vraiment compté parmi les mobiles publiquement reconnus de nos efforts. Ce n'en sont pas moins là pour nous des devoirs. Nous n'aurons pas joué convenablement notre rôle sur cette terre si notre utilité voulue et réfléchie s'adresse seulement aux compagnons immédiats et non aux successeurs de notre pèlerinage. » (p.195)

Dans le cadre d'une vision holistique comme celle décrite ci-dessus, il s'agit d'amener le futur praticien à tirer un enseignement du passé tout en restant résolument tourné vers l'avenir, l'œuvre architecturale étant perçue en termes de contribution au patrimoine qui sera légué aux générations subséquentes. La société actuelle a assurément dépassé le stade de l'émulation des concepteurs ancestraux, de l'application de règles dites éternelles et de l'emprunt des formes du passé dans un désir d'authenticité; on met maintenant l'accent sur l'établissement d'un lien entre l'acquisition de connaissances historiques et l'enrichissement de la créativité du concepteur architectural.

²⁰⁴ L'édition originale est de 1849, révisée en 1880.

Ainsi, l'exposition du (futur) concepteur architectural à la richesse et à la diversité de l'héritage transmis par les générations antérieures²⁰⁵ serait susceptible d'élargir son expérience visuelle et incidemment d'enrichir son vocabulaire architectural²⁰⁶ (Irwin, 2003). Or, le vocabulaire ainsi constitué ne constitue pas un glossaire dans lequel le concepteur peut grappiller, mais plutôt un répertoire qu'il doit perpétuellement étoffer, adapter, transformer. Dans la mesure où l'on admet que l'étude de l'histoire doit avoir une incidence directe et significative sur la pratique elle-même, il appert que l'objectif qui devrait être visé serait d'arriver à ce que la contribution apportée par cette discipline soit en quelque sorte 'transparente'. En ce sens, il s'agit d'un enseignement prodigué afin qu'apparaisse, en filigrane, dans le travail et les réalisations du concepteur, une préoccupation pour l'établissement d'une connexion entre le cadre existant et l'apport projeté. Comme le fait remarquer si judicieusement Barelkowsky (2006):

« The role of the education in history of architecture can be probably defined a bit contradictorily by saying that it is so important that it has to become invisible in architect's work. » (p.22).

Malgré le changement de mentalité dont nous venons de faire état, on peut néanmoins se questionner à savoir si une telle évolution se reflète concrètement sur les méthodes d'enseignement de l'histoire.

L'histoire de l'architecture, aussi bien dans le domaine de la recherche que de l'enseignement, offre d'intéressantes opportunités d'exploiter les nouvelles technologies

²⁰⁵ C'est-à-dire à une diversité de contextes et de solutions architecturales, à un éventail varié de formes, d'agencements et de textures.

²⁰⁶ De plus en plus, on considère que l'enseignement de l'histoire de l'architecture pourrait contribuer à l'élargissement du contexte dans lequel le concepteur architectural prend des décisions. Cet enseignement aiderait l'individu à transcender les limitations d'ordre cognitif qui l'amène, durant un processus de conception, à ne considérer qu'un nombre restreint d'alternatives (Woodburry et Burrow, 2003).

informatiques. Cependant, historiens et enseignants semblent relativement peu enclins à s'appropriier les nouveaux outils numériques pour les mettre à contribution dans la démarche de diffusion de la connaissance historique. Sans chercher à porter un jugement péremptoire sur leurs prédispositions, il semblerait que les uns et les autres se sentent relativement exclus du domaine des sciences informatiques, faisant en sorte qu'ils sont assez peu disposés à manier les outils numériques. Cet état de fait, déplorable en soi, résulterait de la dichotomie entre arts et sciences opérée jusqu'à récemment dans nos sociétés.

« Architectural history, both in research and teaching, provides numerous opportunities for utilising new technology [...]. However [...] historians find themselves alienated from the world of science and, being untrained and ill at ease with its tools, tend to rely on traditional techniques to pursue their profession. » (Day, 1992, p.68)

Bien évidemment, il ne s'agit pas ici de faire le procès des méthodes 'traditionnelles', mais plutôt d'ouvrir notre esprit à diverses alternatives et compléments. Le fait de promouvoir un élargissement de la perspective sous laquelle nous abordons l'enseignement de l'histoire de l'architecture nous ramène au clivage dont faisait état Dave (2005)²⁰⁷ entre l'évolution des technologies numériques et l'usage relativement limitatif que nous en faisons dans le domaine de la diffusion des savoirs relatifs au patrimoine architectural. Ainsi, il apparaît pertinent de réfléchir à un possible enrichissement des méthodes de diffusion mettant à contribution des moyens informatiques pour amener l'utilisateur à saisir la genèse de l'environnement construit.

Dans le domaine de l'enseignement, l'un des plus illustres représentants des méthodes dites 'traditionnelles' est, sans conteste, le cours magistral. Bien que ce dernier ait fait ses preuves au cours des âges, et occupe incontestablement une place privilégiée en

²⁰⁷ Voir section 3.3.2, du chapitre traitant de la problématique.

pédagogie, il semble néanmoins judicieux de rester ouvert aux avantages potentiels inhérents aux méthodes alternatives que l'avènement de l'ère du numérique a rendues disponibles. Nombre d'exemples d'utilisation fructueuse des technologies plaident en faveur d'un renversement du scénario pédagogique classique puisque, au-delà du discours de l'enseignant, ce serait l'activité de l'apprenant qui déterminerait la qualité du résidu cognitif (Pouts-Lajus et Riché-Magnier, 1998)²⁰⁸.

Day (1992) considère qu'en dépit de sa position privilégiée au cœur du curriculum architectural, l'histoire de l'architecture est encore parfois enseignée de façon relativement peu imaginative²⁰⁹. Il arrive encore que cette discipline soit perçue comme un continuum peuplé de bâtiments devant être datés, localisés dans une catégorie prédéfinie ou identifiés comme faisant partie d'un courant particulier et, dans la mesure du possible, attribués à un architecte. Dans ces cas, il s'agit d'une approche discursive et séquentielle mettant essentiellement l'accent sur le bâtiment en tant qu'objet. Cette conception de l'histoire, que Larochelle (2000)²¹⁰ qualifie de réductrice, est liée à une perception linéaire du temps; elle procède par la mise à distance d'époques considérées comme étant révolues, de sorte que le présent est perçu comme une réalité dissociée du passé.

Ce type d'approche, recourant à la forme discursive, promulgue une vision de l'histoire basée sur des collections de faits vérifiables, des séquences d'événements et des

²⁰⁸ À ce propos, il est intéressant de noter que l'étude menée par Bales (1999) conclue que la transmission de connaissances par le biais de cours magistraux serait caractérisée par un taux de rétention de seulement 5%.

²⁰⁹ Bien que l'article d'où est tirée cette réflexion date de 15 ans, on peut s'interroger sur la pertinence actuelle de cette opinion. Apparemment, il ne s'agissait pas pour Day de critiquer un enseignement dans son ensemble, et encore moins les individus qui le prodiguent, mais plutôt de souligner une certaine lenteur dans le renouvellement des méthodes proposées. Lenteur qui se reflète, dirons-nous, par la relative rareté des écrits relatifs à ce thème (exclusion faite de l'enseignement – ou de la diffusion – assisté par ordinateur pour lequel la littérature est de plus en plus abondante).

²¹⁰ Les propos de Larochelle sont rapportés en introduction de l'ouvrage de Caniggia et Maffei (2000).

ensembles disjonctifs d'objets concrets auxquels on vient ajouter des éléments. C'est dans ce contexte que se perpétuent des modes d'enseignement qui se restreignent parfois à la diffusion d'informations. Ces dernières n'enrichissent pas nécessairement la compréhension de l'apprenant puisque, comme nous l'avons vu précédemment, l'acquisition d'un savoir ne peut en aucun cas être considérée comme un processus additif²¹¹.

Le processus cognitif de l'apprenant est basé sur l'établissement d'un réseau de relations entre des notions variées. On peut considérer qu'un 'atome informationnel' n'a de sens qu'en tant que partie intégrante de cette structure réticulaire, ce qui expliquerait la difficulté à appréhender, assimiler et mémoriser des données éparses (monuments, architectes, catégories stylistiques, types, etc.). Celles-ci demeurent dépourvues de signification dans la mesure où elles ne sont pas connectées à d'autres éléments, et flottent en quelque sorte dans l'espace cognitif de l'apprenant.

« It is only when the study of history is turned into a narrative-like web of connected themes that the single event or date becomes meaningful. The denser the web of connections, the richer the meaningfulness of the single item. Coming to comprehend something means networking - creating a network or web. » (Salomon, 1997, p.380)

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéresserons à l'apport potentiel de l'informatique au sein de ce processus de *réseautage*. Nous nous interrogeons sur la mesure dans laquelle l'ordinateur pourrait constituer un outil susceptible d'amener le concepteur à aborder l'histoire de l'architecture de façon à acquérir une connaissance en profondeur²¹² du patrimoine architectural. Pour ce faire, il s'agirait de procéder non pas par addition mais plutôt en favorisant l'établissement de connections entre diverses entités conceptuelles,

²¹¹ Voir section 4.2.

²¹² Selon l'expression de Barnard et Sandberg (2001).

comme par exemple entre un contexte et la diversité des stratégies pour s’y adapter, ou encore entre l’évolution d’une conjoncture et les mutations subies par le cadre bâti. Ces types de liens peuvent, progressivement, contribuer à tisser la trame du savoir historique de l’individu et lui permettre – dans certains cas – d’établir un pont entre passé, présent et avenir.

4.5 Les typologies architecturales

«The beginning of all understanding is classification.»
(White, 1985, p. 22)

4.5.1 La propension à lier les choses éparses du monde

Comme nous l’avons vu à la section précédente, l’élaboration de typologies est l’une des stratégies que l’historien de l’architecture peut adopter pour structurer sa pensée et déployer son raisonnement lorsqu’il est appelé à dégager un sens à partir de l’étude d’une collection d’artefacts ou de bâtiments²¹³. Il s’agit de l’une des démarches inhérentes à la création de savoirs en architecture; selon certains chercheurs, elle représenterait même « une des voies de la connaissance des patrimoines bâtis les plus fructueuses » (Pinon, 1991, p. 54).

La propension à lier les choses éparses du monde n’est évidemment pas spécifique au domaine du patrimoine architectural. La tendance à structurer le monde et à le percevoir au moyen de types est une orientation de base des êtres humains. Ce serait en opposant un objet à divers spécimens de la même espèce qu’on pourrait arriver à le distinguer des autres. La comparaison est donc un instrument nécessaire à nombre de disciplines, puisque

²¹³ Dans le cadre du présent travail de recherche, nous porterons notre attention exclusivement sur les collections d’artefacts, tel qu’établi à la sous-section 4.3.3.1.

c'est par le biais de celle-ci qu'un objet quelconque tirerait son identité propre (Caniggia et Maffei, 2000).

«Obviously some specialized practical tasks depend on classification systems; it is difficult to imagine how any library, museum, social security or educational system could operate without using them. But the need is far more profound than that. Because our experience of the world is infinitely varied, and each part of it is unique, the only way we can cope with this flood of rich material is to locate each unique part within a stable, general structure; to pigeonhole, or group it, with others that it resembles in its essentials. » (Markus, 1994, p.154)

Ainsi, le type en tant que 'contenant' procure à celui qui le considère une impression de cohérence (Schneekloth et Franck, 1994). C'est dans cette optique que la démarche typologique consiste à effectuer un classement des objets multiformes constituant un corpus donné. Le *typologue*²¹⁴ identifie des catégories lui permettant de segmenter ce corpus; il s'agit pour lui de regrouper les spécimens en fonction de similitudes, tout en faisant abstraction de ce qui diffère, et ce, dans le but exprès « d'ordonner la masse confuse du réel par le repérage de régularités » (Pinon, 1991, p. 54).

Si l'on accepte l'idée que comprendre c'est faire du sens en reliant des objets entre eux, alors tout ce qui fragmente le réel en éléments épars empêcherait d'en saisir la signification globale (Clergue, 1997). Sur la base de cette prémisse, on peut alors apprécier la richesse de la portée épistémologique de la thèse de la 'non-séparabilité' de Espagnat (1990) selon laquelle les objets ne seraient jamais vraiment 'séparés', même s'ils occupent à un instant donné des régions de l'espace éloignées l'une de l'autre; ils constitueraient toujours en quelque sorte les composantes d'une même entité unificatrice, ici la typologie en devenir.

²¹⁴ Lorsque nous référerons à l'historien de l'architecture qui élabore une typologie, nous aurons recours au vocable *typologue*, terme introduit par Deloche (1991).

La typologie est donc un outil de classification que le chercheur construit en identifiant des caractères communs à une série de spécimens et en organisant ceux-ci d'une façon rationnelle. Il ne s'agit pourtant pas d'effectuer un travail purement descriptif des éléments d'un corpus dans le but de les répertorier. Il est clair que les démarches taxinomique et typologique ne s'équivalent pas. Les classes établies par le taxinomiste mettent en relief des distinctions au niveau de la nature des spécimens étudiés. Les types, quant à eux, constituent un outil privilégié de connaissance dans la mesure où l'on fait l'effort de les replacer dans un système d'ensemble.

Le propre de ce genre d'organisation c'est de mettre l'accent sur les liens entre les éléments du corpus, de relier les types les uns aux autres et d'explicitier le champ des variations possibles, au sein de chaque type et sous-type. En ce sens, on peut soutenir que la typologie ne s'apparente pas au catalogue, mais constitue plutôt un système²¹⁵.

Cet exercice visant à proposer une organisation des spécimens peut s'avérer relativement laborieux. En effet, il ne suffit pas de rassembler côte à côte un certain nombre d'objets à fort indice de similarité pour établir des types (Deloche, 1983). La plupart du temps, l'exercice exige une démarche réflexive approfondie puisque les cas où l'organisation se proposerait au *typologue* de façon spontanée sont tout à fait exceptionnels et, selon Deloche (1991), peu significatifs.

« Lier les choses éparses du monde nécessite une sélection, une réduction, une traduction et une réécriture. Relier, c'est relire et donc réécrire. C'est une violence faite aux choses, une forme que nous leur imposons. Mais après tout, le monde est notre représentation, le réel est façonné par le rationnel. Nous ne lisons dans le monde que ce que nous pouvons déchiffrer [...] » (Quéau 1986, p.176).

²¹⁵ La notion de système typologique est explicitée à la section 4.5.4.2.

Ce travail de réécriture, l'historien l'entreprend sachant pertinemment qu'il n'arrivera jamais à un modèle définitif, à une représentation universelle ; l'ordonnance de la masse confuse du réel sera nécessairement sujette à de perpétuelles mutations. Comme le font remarquer Schneekloth et Franck (1994), «All of this is hard intellectual work: we struggle with how and what to order while we also do the ordering; and simultaneously we live in a world that is itself ordered in multiple, complex ways. »

4.5.2 La pertinence de la démarche typologique dans le cadre de notre questionnement

Dans le cadre du présent travail de recherche, notre intérêt porte sur la démarche typologique ainsi que sur la (ou les) typologie(s) en résultant. Nous nous intéresserons de façon spécifique au raisonnement que le chercheur en patrimoine déploie dans le but d'élaborer une typologie d'artefacts. Deux raisons nous ont motivés à porter notre choix sur cette stratégie qu'adoptent certains historiens de l'architecture, lorsque appelés à dégager un sens à partir de l'analyse d'un corpus d'éléments architecturaux. D'une part, il s'agit d'un processus itératif qui illustre bien les aspects interprétatif, évolutif et contextuel de la connaissance relative au patrimoine bâti. En effet, le *typologue* est libre arbitre dans le choix de la perspective à partir de laquelle il élabore la typologie, son mandat se résumant à développer un modèle cohérent compte tenu du point de vue qu'il choisit de privilégier. Le domaine des typologies – en tant que démarche et modèle conceptuel – constituent donc un terrain d'expérimentations propice à l'étude du processus itératif de construction de la connaissance.

D'autre part, la recherche et l'identification de types se prêtent à des études de cas visant à explorer le potentiel des moyens informatiques pour contribuer à formaliser le

raisonnement de l'historien²¹⁶. Comme nous le savons, un système informatique n'est capable que d'accomplir de simples actions de base : enregistrer, stocker, copier, déplacer, effacer et comparer des symboles (Simon, 1969). Or, dans nombre de cas, les entités conceptuelles que le *typologue* manipule – soit les facteurs de similitude ou de différenciation – sont aptes à être interprétées et traitées par l'ordinateur. En effet, l'utilisation de symboles dans le système informatique englobe le recours à :

- des vocables (comme la disposition 'axiale', 'cruciforme' 'circulaire'; la configuration 'ronde', 'ovale' 'carrée'; la nature du matériau, etc.),
- des prédicats (par exemple, la présence ou l'absence d'une composante, l'appartenance ou non à une aire géographique, à une période historique, qui constituent des informations représentables par 'vrai' ou 'faux'),
- des entités quantifiables (par exemple la datation ou la récurrence d'une composante, représentables par un nombre)
- des entités que l'on peut comparer les unes aux autres (par exemple des éléments considérés comme étant de 'petite taille', 'moyenne taille' ou 'grande taille', représentables par une liste ordonnée).

Comme le démontrent les travaux de Barelkowski (2004), il est possible d'avoir recours à l'ordinateur pour effectuer des opérations logiques de façon à vérifier, pour un cas de figure donné, la concordance avec les prémisses préalablement établies par le *typologue*. Dans l'environnement numérique développé par ce chercheur, il y a, de façon automatique, assignation d'un type à un objet donné, en fonction du raisonnement déployé par le *typologue*²¹⁷. L'ordinateur peut effectuer un tri parmi un ensemble de spécimens pour en extraire tous les éléments possédant une série de caractéristiques données et regrouper ces

²¹⁶ Cette adéquation entre le travail sur les types et le potentiel que recèlent les outils numériques est apparente surtout si l'on compare la démarche typologique avec des stratégies adoptées par l'historien de l'architecture qui mettent à contribution de façon extensive la forme narrative (telles que l'analyse stylistique ou biographique par exemple).

²¹⁷ Il s'agit ici exclusivement d'opérations logiques. Par exemple: si l'attribut 1 est égal à A et l'attribut 2 est égal à B, alors l'élément appartient au groupe G1.

spécimens sous un dénominatif quelconque. Il est en somme possible de traiter méthodiquement les attributs qualifiant l'élément.

Il n'est pas question ici de faire l'éloge d'un traitement automatisé des données, mais bien de démontrer que les entités conceptuelles que le *typologue* manipule peuvent être traitées par l'ordinateur. Ceci étant dit, il est clair que les prémisses sur lesquels se fondent les opérations logiques effectuées par le système informatique sont nécessairement déterminées par l'humain.

Dans le cadre du présent travail de recherche, notre intérêt porte sur le processus réflexif entrepris par le *typologue* dans le but d'établir ces prémisses de façon itérative. Nous nous intéressons, comme nous l'avons établi précédemment, à la démarche qu'il entreprend dans le but d'élaborer le modèle qui rendra compte de l'interprétation qu'il fait du corpus à l'étude. Puisque l'ordinateur est apte à traiter efficacement les symboles manipulés par le *typologue*, nous explorerons les possibilités d'avoir recours à des moyens informatiques pour véhiculer le raisonnement du chercheur; nous nous interrogerons sur la pertinence d'environnements numériques pour assister le processus d'apprentissage, dans le domaine des typologies architecturales. En somme, il nous apparaît que la diffusion de modèles élaborés par le *typologue* constitue un terrain d'expérimentations propice à l'étude des processus itératifs de reconstruction de la connaissance par l'apprenant.

Mais avant d'approfondir le comment, interrogeons-nous d'abord sur le pourquoi de cette démarche de classification, et examinons dans quels buts et dans quels contextes elle est – ou a été – entreprise. En effet, au cours des siècles, nombre de motivations ont incité les individus à avoir recours aux types pour tenter d'ordonner ce que Pinon (1991) appelle « la masse confuse du réel » (p.54). Dans le cadre de la prochaine sous-section, nous verrons qu'il y a eu tour à tour, au cours de l'histoire, interprétation et ré-interprétation, rejet et ré-introduction de la notion de typologie.

4.5.3 L'évolution de la notion de typologie

L'apparition du mot 'type' date de la fin du XVe siècle. Issu du grec, *tupos*, il désigne d'abord le caractère d'imprimerie, la pièce portant une empreinte destinée à reproduire des estampilles semblables. Il n'est donc pas l'objet ou la figure à imiter mais le moyen concret de la reproduction (Panerai, 1979).

Le recours au concept de type en architecture remonte, quant à lui, au début du XIXe siècle. Quatremère de Quincy, dans son « Dictionnaire historique de l'architecture », en propose la définition suivante :

« Type : En tout pays, l'art de bâtir régulier est né d'un germe préexistant. Il faut un antécédent à tout; rien, en aucun genre, ne vient de rien; et cela ne peut pas ne point s'appliquer à toutes les inventions des hommes. Aussi voyons-nous que toutes, en dépit des changements postérieurs, ont conservé toujours visible, toujours sensible aux sentiments et à la raison, leur principe élémentaire. C'est comme une sorte de noyau autour duquel se sont agrégés, et autour duquel se sont coordonnés par la suite les développements et les variations de formes dont l'objet était susceptible. Ainsi nous sont parvenues mille choses en tout genre [...]. Voilà ce qu'il faut appeler *type* en architecture, comme dans toute autre partie des inventions et des institutions humaines. » (Quatremère de Quincy, 1999)²¹⁸.

Il s'agirait ainsi d'un conglomérat réunissant les divers développements et variations de formes dont l'objet était susceptible. Dans cette optique, les types ne sont jamais formulés a priori; leur émergence résulte toujours de l'existence de séries d'instances apportant une variété de réponses aux divers problèmes de conception propres à un contexte historique, dans une culture donnée (Argan, 1965). On pourrait à la limite dire que le type est perçu comme une entité organique ayant son existence propre; il naît de ce

²¹⁸ L'édition originale du Dictionnaire date de 1832.

que Quatremère de Quincy (1999) appelle un germe préexistant et évolue en s'adaptant au contexte, puis il meurt après avoir donné naissance à un ou à d'autres types²¹⁹.

Quatremère de Quincy établit une distinction fondamentale entre les concepts de modèle et de type. Le 'modèle', entendu dans l'exécution pratique de l'art, est un objet que l'on se doit de répéter tel qu'il est; le 'type', au contraire, est un objet d'après lequel chacun peut concevoir des ouvrages qui ne se ressemblent pas nécessairement entre eux. Ainsi, selon cet auteur, tout serait précis et donné dans le modèle; tout serait plus ou moins vague dans le type.

La notion de type n'est pas univoque; en cette première moitié du XIXe siècle, on note l'émergence, dans l'héritage des encyclopédistes, d'une conception qui diverge diamétralement de la notion de type architectural, telle que comprise par Quatremère de Quincy. Ici le type n'est pas perçu comme résultant de l'existence de séries d'instances; il est au contraire identifié et nommé a priori (Panerai, 1979). Par exemple, Jean-Nicolas-Louis Durand entreprend un travail de classification basé sur la fonction des bâtiments²²⁰; il y a ainsi élaboration de catalogues regroupant et organisant des configurations-types pour les hôpitaux, les banques, les écoles, etc. Durand est architecte et professeur; il entreprend cette démarche dans le but ultime d'élaborer une théorie opératoire sur laquelle fonder son enseignement. Sa classification n'est pas seulement descriptive; elle est subrepticement astreignante. Elle constitue un guide quant à la façon dont les bâtiments *devraient* être conçus, puisque la production architecturale est ici légitimée par la concordance avec les modèles prescrits (Schneekloth et Franck, 1994).

Les typologies élaborées dans cet esprit constituent des collections de modèles devant être recopiés, faisant en sorte qu'il y a élaboration d'ouvrages qui ne sont parfois que

²¹⁹ Nous reviendrons sur la notion de processus typologique à la section 4.5.7.

²²⁰ «Recueil et parallèles des édifices de tout genre, anciens et modernes» (1801).

la transcription tridimensionnelle des types identifiés (Argan, 1965). Les notions de type et de modèle tendent ici à se confondre, en ce sens que les types constituent des modèles censés réguler la production architecturale (Pinon, 1991). On pourrait à la limite dire que la typologie constitue un outil coercitif; elle est élaborée avec l'intention de cataloguer le bâti existant et de réglementer le bâti à venir, comme le constate Joly (1991) lorsqu'il fait allusion au moment où connaître a pour objet de prescrire.

C'est peut-être l'aspect contraignant dont nous venons de faire état qui explique les réactions, parfois viscérales, qui ont été opposées par la suite à la notion de typologie. On peut supposer que c'est cette vision manichéenne de la typologie, véhiculée par les adeptes de l'académisme²²¹, qui a entraîné, au moment de l'émergence du modernisme, le rejet brutal des typologies basées sur le précédent architectural. Durant les années 1960, Argan écrit: « [...] it is inconceivable that an architectural 'type' could be proposed as a standard by which the individual work of art could be valued. » (1965, p.564). Cet antagonisme est, pourrions-nous dire, basé sur le principe de la *tabula rasa*; en condamnant l'idée de modèles auxquels il faut se conformer et devant être imités, on en vient à rejeter d'emblée la notion de type²²². Ainsi, le concepteur architectural proclame son refus d'être conditionné par des formes prédéfinies; on cherche à se distancier du passé et, en quelque sorte à le neutraliser.

« The modern movement in architecture was an attempt to modify the representational systems which had been inherited from the pre-industrial past, and which no longer seemed operable within the context of rapidly changing technology. [...] It has left a vacuum where previously there was a body of traditional values. The whole field of aesthetics, with its ideological

²²¹ Reportons-nous ici aux propos de Le Corbusier qui définit l'académisme comme étant ce qui «admet des formes, des méthodes, des concepts parce qu'ils existent et qui ne demande pas pourquoi. » (1960, p.33).

²²² Ce rejet coïncide avec la période dont il a été question à la section 4.4.6, durant laquelle l'enseignement de l'histoire de l'architecture est tombé en disgrâce.

foundations and its belief in ideal beauty, has been swept aside.» (Colquhoun, 1967, p.72-73).

L'architecture 'traditionnelle', basée sur le précédent historique, est considérée comme se trouvant sous l'emprise stérile des Académies, conservatrices des formules du passé. Or, on veut rompre avec l'idée même de la répétition standardisée et du modèle censé réguler la production architecturale, avec, en somme, tout ce que représente à ce moment-là la notion de typologie. Le rejet de la tradition est ainsi une révolte contre la conservation et la reproduction de formes préconçues et considérées comme intrinsèquement figées (Bernhardt, 2002).

Malgré ce changement de paradigme, certains théoriciens continuent à porter intérêt à la notion de typologie. En Italie, à partir des années 1940, des études *typomorphologiques*²²³ sont entreprises à l'instigation de Muratori, un architecte profondément troublé par l'effet 'dévastateur' de l'architecture moderne sur l'habitat contemporain et le développement urbain. Muratori ne s'intéresse pas aux typologies de bâtiments publics prestigieux, mais plutôt à la « production courante, ordinaire, à la banalité qui exclut les effets remarquables » (Castex, 2002, p. 60). En ce sens, il s'agit d'une vision de la typologie aussi éloignée que faire se peut de l'académisme. Les travaux de ce chercheur constituent une tentative de capturer l'essence même de l'architecture vernaculaire; les typologies qu'il élabore ont pour objet d'enrichir la compréhension qu'a l'interlocuteur des aspects sur lesquels est fondée la cohérence d'un cadre bâti.

Ainsi, à contre-courant du modernisme, on note un retour vers des valeurs associées à la continuité et, incidemment, à la tradition. Krier (1980)²²⁴, dans son ouvrage « L'espace

²²³ Ces études portent sur l'organisation de quatre niveaux et des correspondances qui en font l'unité: le bâti, le tissu, la ville et le territoire.

²²⁴ L'édition originale est de 1975.

de la ville », propose une typologie d'espaces urbains dans l'optique de mettre en relief la valeur et le potentiel de cet outil de connaissances; il considère que les architectes auraient intérêt à cesser de se laisser prendre au jeu des modes passagères et superficielles, et devraient se concentrer sur les caractères typiques de l'architecture qui survivent, quant à eux, à toutes les modes. Rossi (1982) abonde dans le sens de Krier:

«Ultimately, we can say that type is the very idea of architecture, that which is closest to its essence. In spite of changes, it has always imposed itself on the 'feelings and reason' as the principle of architecture and of the city. »
(p.41)

Rossi et Krier, qui sont décrits par Goode (1992) comme les stars du mouvement typologique, ne sont pas les seuls à renouer avec cette thématique. Il y a bel et bien résurgence de la notion de typologie appliquée au domaine de l'architecture.

«La typologie, que l'on avait pu croire un moment rejetée dans quelques laboratoires ennuyeux où des individus attardés s'épuisaient sur des problèmes de classement sans intérêt, retrouve un regain de jeunesse. Elle suscite des passions. » (Panerai, 1979, p.3).

Le mouvement postmoderne amène une réintroduction de la notion de typologie basée sur le précédent architectural. Il y a alors *instrumentalisation* de la typologie pour appuyer le concepteur dans la quête (ou la reconquête) d'une authenticité dont on croit – à tort ou à raison – s'être départi durant la période moderne. Dans ce contexte, la typologie, basée sur le précédent historique, apparaît comme garante de l'emploi d'une syntaxe de la forme architecturale et urbaine qui soit culturellement significative.

On en vient ainsi à promouvoir, dans le cadre du processus de conception architecturale, le recours à des typologies de formes architecturales appartenant au passé. Cette réintroduction constitue en fait une stratégie de marketing qui a pour objectif

d'arriver à vendre au public américain²²⁵ un produit qui soit baigné de l'aura de la tradition et de la permanence, une aura culturellement attachée aux architectures des sociétés traditionnelles européennes. Goode (1992) déplore le rôle qui est alors imparti aux typologies architecturales:

« Its agenda may broadly be characterized as recuperative; its goal is the recovery of a cultural authentic language of built form and space or access to its memory. This is accomplished through recourse to the characteristic forms with which such authenticity has been associated. » (p.2)

Des élément-types sont insérés dans la production architecturale, mais détachés de leurs références historiques, de leur contexte et de la culture dont ils sont issus. Cette récupération du précédent architectural se fait sans qu'il n'y ait adaptation que ce soit aux mœurs, aux usages ou aux matériaux (Goode, 1992). Panerai (1979) déclare : « Hier passéiste et pour cela honni, le pastiche est prôné aujourd'hui par l'avant-garde [...] » (p.3).

Cette mise à contribution de typologies basées sur les formes du passé aura tôt fait d'être décriée. L'œuvre architecturale, que l'on pourrait à la limite qualifier de fallacieuse, puisque n'émanant pas de l'auteur auquel on pourrait théoriquement l'attribuer, est honnie. Face à cet antagonisme, on abandonne la contrefaçon. Le concepteur ne cherche plus à emprunter le langage architectural des sociétés dites traditionnelles dans l'optique de renouer avec un passé idéalisé; on finit ainsi par se détourner progressivement de cette vision étriquée de la notion de typologie architecturale.

On peut considérer que l'époque actuelle est caractérisée par une renonciation consciente à la valeur objective de la typologie. À ce propos, Goode (1992) écrit: « Typological theory is not a singular construct, but a discursive body composed of multiple interpretations, several of which are mutually exclusive. » (p.2). Maintenant, la typologie

²²⁵ Les théories en matière de typologie auraient été importées de l'Europe vers les États-Unis.

apparaît comme étant une théorie, non pas normative, mais descriptive puisqu'on admet la multiplicité des façons d'interpréter un corpus, ce qui fait dire à Mitchell (1990): «typologies should properly be regarded as situational rather than universal » (p.91).

Au cours de l'histoire, la notion de typologie a pu être assimilée à celle de connaissance positiviste, c'est-à-dire qu'on a périodiquement cherché à contraindre l'interlocuteur à tenir une typologie donnée pour certainement vraie ou pour seule vraie. Il nous apparaît que c'est le fait que les typologies aient été basées sur le paradigme positiviste qui a conduit à l'imposition de celles-ci en tant qu'outils coercitifs (par les partisans de l'académisme) et en tant qu'outil de marketing (par ceux du postmodernisme). En outre, le fait que les caractéristiques inhérentes à cette posture épistémologique aient pour ainsi dire 'entaché' la notion de typologie a conduit au rejet de celle-ci durant le mouvement moderne.

Ces considérations nous ramènent au changement de paradigme dont il a été question à la sous-section 4.1.1, évolution des mentalités allant de la vision positiviste vers les épistémologies constructivistes. Dans la mesure où la typologie en vient à être considérée en tant que connaissance construite, en tant que représentation cognitive qui satisfasse provisoirement l'*observateur-modélisateur-interprète*²²⁶, il ne s'agit plus dès lors de proposer – ou d'imposer – un modèle universel au concepteur architectural, qui serait en quête de références immuables ou d'une authenticité factice. On peut considérer que ce serait le fait que les épistémologies positivistes soient de plus en plus décriées qui expliquerait une baisse d'animosité envers les typologies architecturales. Celles-ci, perçues en tant que savoirs construits, ne constituent plus un carcan pour le concepteur, ni une menace à son intégrité.

²²⁶ Selon l'expression de Le Moigne (1995).

Une théorie peut certes constituer un système d'idées agrégées de façon stable et permanente autour d'un noyau dur. Il est cependant intéressant de constater qu'il existe également «des systèmes relativement ouverts sur le monde extérieur qui subissent les démentis, les arguments contraires et qui, à la limite, acceptent le principe de leur biodégradabilité» (Morin, 1994, p.199). Telle semble être la vision qui prévaut actuellement, c'est-à-dire la façon d'aborder la notion de typologie et d'utiliser l'outil conceptuel qu'elle peut constituer.

Le type, et incidemment la typologie, serait maintenant perçu comme un instrument opérationnel, mis à contribution essentiellement durant le processus d'intellection visant à élaborer un savoir nouveau à partir de l'étude du bâti existant. On peut supposer qu'il s'agit là de la raison pour laquelle le praticien s'y intéresse relativement moins que l'historien. Il s'agirait pour ce dernier d'un outil d'aide à la réflexion, le *typologue* étant mu par l'ambition de faire émerger un sens à partir de l'étude d'un corpus, et de communiquer à un interlocuteur cette signification mise en relief.

Dans le cadre du présent travail de recherche, c'est sur ce dernier aspect que notre réflexion porte. Nous nous intéresserons aux typologies en tant qu'instrument contribuant à l'interprétation, en tant qu'outil d'aide à la compréhension. Nous nous interrogerons sur leur apport dans le cadre de processus de construction et de reconstruction de la connaissance relative au patrimoine architectural.

Panerai (1979) prétendait que l'observation systématique et le classement ne sont jamais entrepris par pur désir de connaissance; il soutenait que, explicitement ou non, les types constituent toujours des propositions pour la production. Or, maintenant que la typologie est essentiellement perçue comme appartenant au domaine de l'interprétation, du savoir construit, elle apparaît comme étant affranchie de sa condition d'outil opératoire. Rien n'interdit au concepteur d'établir des comparaisons, et de chercher à adapter des types de formes architecturales appartenant au bâti ancien (en faisant toutefois des choix

conscients compte tenu d'un contexte contemporain)²²⁷. Rien n'empêche le praticien de créer en s'appuyant sur cette construction intellectuelle élaborée par le *typologue*, mais telle n'est pas la finalité première de la typologie actuellement.

4.5.4 Méthodologie de la démarche typologique

Comme nous l'avons vu à la sous-section précédente, la démarche typologique est le processus réflexif qui amène l'historien de l'architecture à faire émerger un sens à partir de l'étude d'un corpus formé d'éléments patrimoniaux. Dans le but de décrire intelligiblement cette démarche, nous proposons de la sectionner en trois phases distinctes : d'abord la délimitation du corpus, ensuite l'identification des facteurs de classification et, finalement, la formation des regroupements et la résolution des cas atypiques. Il est essentiel de préciser que ces trois phases ne sont clairement délimitées ni dans le temps, ni dans le raisonnement déployé par l'historien; dans les faits, elles peuvent se chevaucher et s'enchaîner de façon itérative, selon des séquences variables.

4.5.4.1 Délimitation du corpus

La première phase de la démarche typologique consiste à circonscrire le corpus d'éléments qui sera pris en considération dans le cadre de l'étude menée par l'historien. Dans le domaine de l'environnement bâti, il peut s'agir de corpus constitués soit d'artéfacts, de bâtiments, d'ensembles aménagés ou de développements urbains²²⁸. Croizé (1991) recommande au *typologue* de se pencher sur des corpus comptant entre quelques dizaines et quelques centaines d'individus, ces ensembles étant trop grands pour qu'on puisse en

²²⁷ Et pourvu que l'apport du passé apparaisse en 'transparence' dans son œuvre, comme nous l'avons constaté dans la section traitant de l'enseignement de l'histoire de l'architecture.

²²⁸ Dans le cadre du présent travail de recherche, nous porterons notre attention sur les collections d'artéfacts, fruits du savoir-faire d'artisans appartenant à des sociétés dites traditionnelles.

donner une ‘lecture’ à travers la description des individus pris un à un, et cependant suffisamment restreint pour en autoriser une représentation exhaustive. Or, comment le *typologue* devrait-il procéder pour sélectionner les spécimens qui feront partie de cet ensemble? Cette question est cruciale puisque les conclusions auxquelles il arrivera ne seront ‘valables’ que dans la mesure où il pourra efficacement argumenter les décisions prises pour délimiter la portion du réel sur laquelle portera son étude. On ne saurait trop insister sur l’importance des choix effectués par le *typologue* pour constituer, de façon active et réfléchie, un corpus dont l’organisation potentielle serait susceptible de contribuer au développement de connaissances.

Les éléments d’un corpus pourraient ici être considérés comme étant des faits historiques, qui s’imposent au chercheur de par leur existence même. Dans ce contexte, les types constitueraient, quant à eux, des théories élaborées par le *typologue*. Cependant, comme nous l’avons constaté précédemment, les faits historiques doivent être établis, tout comme les spécimens du corpus doivent être sélectionnés. L’élément architectural est établi en tant que fait par le *typologue* pour ensuite être incorporé au corpus. Ainsi, le spécimen, dans la mesure où il est pris en considération par l’historien de façon délibérée, en vient lui-même à être ‘promu’ au rang de théorie (Walsh, 1984)²²⁹.

Il est clair que tout inventaire d’objets architecturaux ne constitue pas en soi un corpus adéquat pour l’élaboration d’une typologie. Les objets doivent d’abord appartenir à une même ‘famille’²³⁰, la pertinence du corpus reposant en partie sur un certain caractère d’homogénéité dans la diversité. Borie (1991) soulève judicieusement la délicate question de la délimitation du corpus en matière de démarche typologique :

²²⁹ Ces considérations nous ramènent à la théorie de la cohérence dont il a été question à la section 4.4.4. En histoire, la frontière entre fait et théorie n’est pas marquée, mais au contraire nébuleuse.

« [...] on serait tenté de dire qu'elle est par principe impossible, ou du moins forcément arbitraire, étant nécessairement opérée avant d'effectuer l'analyse proprement dite. Toute délimitation a priori risque en effet d'entraîner involontairement le rejet de types ayant des affinités avec ceux du corpus ou, au contraire, d'inclure de prétendues exceptions qui trouveraient mieux leur place dans un corpus voisin ou élargi!» (p.177)

Effectivement, dans toute démarche typologique, il y a délimitation et re-définition itérative du corpus. D'une part, il peut y avoir rejet involontaire²³¹, ou alors inconscient, d'éléments qui auraient pu être valides dans le contexte de l'étude. D'autre part, il peut y avoir inclusion d'exceptions qui n'ont pas leur place au sein du corpus. Dans un cas comme dans l'autre, le *typologue*, au cours de sa démarche, apportera périodiquement les correctifs qu'il jugera appropriés. Tant qu'il poursuivra son raisonnement, il fera nécessairement subir des mutations à l'ensemble regroupant les éléments pris en considération. Ainsi, dans le cadre de la présente recherche, nous porterons notre attention sur le caractère mouvant de la délimitation du corpus.

4.5.4.2 Identification et systématisation des facteurs de classification

La deuxième phase de la démarche typologique consiste à identifier les facteurs de classification; c'est-à-dire d'une part les aspects qui seront privilégiés pour justifier le regroupement des entités qui formeront les différents types et, d'autre part, ceux dont on fera abstraction²³². L'examen des spécimens du corpus permet d'identifier les

²³⁰ Ce que l'on définit comme étant une famille est un ensemble d'éléments entre lesquels il existe une certaine filiation et dont les membres entretiennent des relations entre eux (ici le partage de caractéristiques).

²³¹ Selon la quantité et la qualité des données disponibles au moment de l'étude.

²³² En effet, il faut nécessairement faire abstraction de divers critères, faute de quoi chacun des types serait un ensemble unitaire. On peut considérer que la démarche typologique présente un biais important, soit la tendance à souligner les traits que des individus ont en commun et à négliger ce qui les sépare. Or, cet écueil

caractéristiques sur lesquelles se fonde l'identité plastique de chacun des spécimens étudiés, tout en révélant les discontinuités morphologiques au sein de l'ensemble. Il est clair que le travail d'identification des codes descriptifs constitue l'une des conditions nécessaires aux opérations logiques de la classification puisque ces critères serviront à traiter méthodiquement, et de façon homogène, l'ensemble des spécimens du corpus (Duprat, 1991).

Le *typologue* est appelé à soulever une série de questions: « Quels sont les facteurs d'unification au sein du corpus et les facteurs de diversification? Quels sont les caractères les plus répandus et les plus permanents, et au contraire, quels en sont les aspects les plus circonstanciels? » (Borie, 1991, p.170). Par le biais de ce questionnement, il doit arriver à élaborer une double articulation entre une syntaxe de base (la permanence), et les déclinaisons possibles (la différenciation). En somme, bien qu'il ait la possibilité de caractériser les spécimens d'une multitude de façons, le *typologue* doit déterminer quels sont les facteurs de classification sur lesquels la mise en évidence de types s'effectuera.

Globalement, on peut distinguer deux types de facteurs de classification; il y a d'une part l'attribut intrinsèque et, d'autre part, l'attribut extrinsèque. L'attribut intrinsèque est relatif à la nature de l'entité, à sa morphologie propre. Lorsque le corpus est formé d'artéfacts, il est possible de caractériser les spécimens sur la base d'attributs intrinsèques relatifs à la configuration, à la présence ou à l'absence de certaines composantes, etc.

Les attributs extrinsèques, quant à eux, sont relatifs à l'environnement de l'entité. Ils sont basés sur la reconnaissance de strates:

- historiques (le temps),
- géographiques (l'espace),

est incontournable; il est inhérent à la classification, car c'est à l'aide de la valorisation du commun et de l'effacement des différences qu'il est possible de créer des types (Darin, 1991).

- sociales (relatives aux pratiques inhérentes au bâti étudié),
- techniques (relatives aux processus de construction) (Croizé, 1991).

Puisqu'il est improbable de parvenir à une typologie satisfaisante par le seul jeu de données intrinsèques purement descriptives, le *typologue* introduit habituellement dans le système des facteurs chronologiques et de différenciation géographique. Une typologie peut alors être considérée comme opératoire dans la mesure où elle confronte l'un à l'autre un ensemble d'attributs intrinsèques et un ensemble d'attributs extrinsèques, tels que par exemple les facteurs morphologiques et la répartition géographique (Deloche, 1983)²³³.

La question des facteurs de classification à privilégier pose des dilemmes qu'il appartiendra au *typologue* de résoudre. La typologie résulte d'une série de choix posés par ce dernier; il se voit contraint d'accentuer délibérément les discontinuités qui apparaissent au sein du corpus (Deloche, 1991). Les choix qu'il pose ne sont pas dictés par le contexte de l'étude, mais découlent plutôt d'une démarche empirique et d'un processus réflexif. Il choisit des traits que son expérience et / ou son raisonnement imposent comme étant plus importants et décisifs dans le travail de constitution des types.

Ainsi, le *typologue* se doit d'opérer un contrôle rigoureux sur les facteurs qu'il introduit dans le système, de façon à déterminer de façon précise ce qu'il considère comme étant l'organisation la plus satisfaisante pour l'esprit. Après avoir identifié les facteurs de classification, il doit procéder à une systématisation de ceux-ci. Il élabore une organisation des critères qui présideront à la répartition des divers spécimens au sein des différents groupes identifiés comme type. Dans la même foulée, il en vient à proposer une pondération des attributs. Là encore, les décisions sont le fruit d'un questionnement. Par exemple, les éléments seront-ils classés d'abord en fonction de leur appartenance à un

²³³ Il existe aussi d'autres méthodes de classification exclusivement basées sur des attributs intrinsèques, nous y reviendrons à la section 4.6.5.

domaine géographique donné et ensuite en fonction de leur morphologie ou alors d'abord en fonction de strates historiques et ensuite en fonction de la présence ou l'absence de certaines composantes?

Pour assurer la cohérence de sa démarche, le *typologue* se doit d'explicitier la logique organisationnelle sur laquelle reposent les relations entre les facteurs de classification qu'il choisit de privilégier. Bien que, dans les ouvrages rendant compte de la résultante de démarches typologiques, le modèle soit souvent implicite, le *typologue* est tenu de proposer des liens précis entre les facteurs de classification. Ces relations incluent ce que nous appellerons l'alternative, l'implication et l'exclusion²³⁴.

- L'alternative : Deux attributs donnés ne peuvent caractériser simultanément un même spécimen²³⁵.
- L'implication : Une valeur assignée à un attribut intrinsèque peut impliquer une modification de l'éventail des options valides pour un autre attribut²³⁶.
- L'exclusion : La pertinence d'un attribut peut dépendre des valeurs assignées aux autres attributs²³⁷.

²³⁴ Pour illustrer notre propos, nous exemplifierons les relations pouvant potentiellement exister entre attributs intrinsèques en nous référant au «Système de l'escalier» proposé par Guillaume (1985), dont un extrait est présenté à l'annexe A.

²³⁵ Par exemple, dans le système de l'escalier, lorsque l'attribut 'disposition des volées' revêt la valeur 'escalier double', la configuration peut être 'à double révolution' (comporte deux montées superposées) ou 'symétrique' (les deux départs occupent des positions symétriques par rapport à un axe central). Selon la logique du système ces deux attributs sont inconciliables et ne peuvent caractériser simultanément le même escalier.

²³⁶ Par exemple, dans le système de l'escalier, si l'attribut 'disposition des volées' d'un escalier tournant revêt la valeur 'à retours', il y a un choix entre les valeurs 'carrée' ou 'rectangulaire' pour l'attribut 'forme de la cage d'escalier'. Si, par contre, l'attribut 'disposition des volées' revêt la valeur 'en vis', l'attribution de la 'forme de la cage d'escalier' présentera alors une plus vaste gamme de possibilités, telles que 'carrée', 'polygonale', 'circulaire' et 'ovale'. Ce type de distinction est susceptible d'amener le *typologue* à déterminer les regroupements qui formeront les sous-types.

Durant la démarche typologique, le chercheur commence par poser des hypothèses quant aux facteurs de classification et à leur possible organisation. Par la suite, facteurs et organisation seront indubitablement modifiés ou altérés, leur pertinence respective étant appelée à être périodiquement remise en question au cours des phases successives de sa démarche (Borie, 1991).

Comme nous l'avons constaté précédemment²³⁸, l'élaboration d'un savoir relatif aux typologies architecturales constitue une démarche pouvant être potentiellement infinie. Selon le nombre de niveaux de lecture, il peut ainsi y avoir un classement de plus en plus fin en procédant par regroupement de critères et de traits descriptifs communs et discriminants. Pour Caniggia et Maffei (2000), l'analyse typologique peut être approfondie de manière asymptotique jusqu'à la limite théorique d'une classification catégorielle unitaire de tous les spécimens. Bien évidemment, pousser le raisonnement jusqu'à l'excès de rigueur se révélerait inutile; seul un niveau de typicité intermédiaire sera utile aux fins de lecture. Le corpus sera toujours analysable par niveaux successifs plus restrictifs, du moment que le *typologue* en perçoit une utilité plus grande.

Ainsi, lorsque le chercheur arrive à identifier le 'niveau de typicité intermédiaire' qui convient dans le cadre de sa démarche, lorsqu'il arrive à stabiliser les effets contraires produits par la propension à détailler son analyse et son désir d'intelligibilité, il y a émergence d'un modèle formalisant temporairement le système typologique. Ce modèle – que l'on pourrait qualifier de provisoire – le 'satisfait' à un moment donné de sa démarche

²³⁷ Par exemple, dans le système de l'escalier, lorsque l'escalier dit de 'forme simple' est de type 'tournant', une valeur sera nécessairement assignée à l'attribut 'support intérieur' (possibilité de 'central', 'mur-noyau entourant un vide', 'supports espacés', ou 'aucun'), alors que s'il est de type dit 'droit' ou 'en équerre', l'attribut 'support intérieur' n'est plus pertinent.

²³⁸ Dans les sections portant sur la connaissance et sur l'histoire.

réflexive. Il sera néanmoins appelé à être remanié lorsque de nouvelles interrogations surgiront dans son esprit.

4.5.4.3 La constitution des regroupements et la résolution des cas atypiques

La troisième phase de la démarche typologique consiste à répartir les divers spécimens entre les différents groupes, sur la base des critères préalablement identifiés. Lorsque l'un de ceux-ci réfère à un continuum²³⁹, le *typologue* devra déterminer les seuils de rupture qui impliqueront une disjonction entre deux types ou deux sous-types. Par exemple, dans le cas où des strates historiques sont prises en considération, il faudra statuer sur la délimitation des époques, si la taille d'un élément est prise en considération, il faudra déterminer les fourchettes de valeurs admissibles, etc.

Durant le processus de répartition des éléments du corpus entre les différents groupes identifiés comme types, le *typologue* sera éventuellement appelé à résoudre des cas litigieux concernant des spécimens qui seront considérés comme atypiques au sein du corpus. Il sera amené à constater que la détermination de seuils de rupture peut éventuellement impliquer des problèmes méthodologiques. En effet, si nous reprenons les critères de classification cités au paragraphe précédent (et donc impliquant les continuums temporel et dimensionnel), il peut arriver qu'un spécimen *semblant* appartenir au corpus soit antérieur aux périodes historiques établies par le *typologue*, ou encore que sa taille ne se situe pas à l'intérieur de la fourchette des valeurs admissibles (etc.).

« [...] Aucune organisation ne parvient jamais à classer tous les individus et pose le délicat problème du statut logique des résidus. Car toute typologie tend à produire ses atypiques, véritable croix des classificateurs et mise en cause expérimentale des limites de la démarche. » (Deloche, 1991, p.121)

²³⁹ Comme par exemple le temps et l'espace.

Bien que les cas atypiques menacent de remettre en question une ordonnance satisfaisante pour l'esprit, on aurait tort, selon Deloche (1991), de considérer les spécimens inter-typiques ou extra-typiques, comme étrangers à la logique du corpus, et de les rejeter comme s'ils échappaient par principe à toute organisation systématique. L'élimination d'individus perturbants a pour effet de soulever un problème méthodologique puisque la construction de la typologie se trouve alors contrainte de s'appuyer sur l'amputation du corpus dont elle entendait rendre compte. Il existe une autre raison fondamentale pour laquelle les cas atypiques ne devraient pas être négligés : ils peuvent s'avérer les indicateurs lacunaires de types actuellement non représentés en tant que tels, mais susceptibles de se constituer à la suite de divers accroissements du corpus²⁴⁰.

Par contre, il est clair que l'assimilation des cas atypiques ne va pas sans difficultés car elle implique, pour paraphraser Quéau (1986), «une violence faite aux choses». L'établissement d'une continuité là où le souci de classer tendrait à définir des ruptures peut porter préjudice à une organisation qui se doit d'être satisfaisante pour l'esprit. Comment définir un statut logique pour ces éléments sans affaiblir la valeur de la classification? Et inversement, comment éviter de tomber dans « la diversité pulvérulente et indéterminée où chaque individu s'identifierait à une classe»? (Deloche, 1991, p.121).

Pourvu que le nombre des éléments inclassables soit restreint par rapport à celui des éléments auxquels on a assigné un type, il semblerait qu'il demeure possible, et même légitime, de chercher à solutionner les cas atypiques de façon équitable. Pour résoudre le dilemme délicat et difficilement évitable des cas hybrides ou extra-typiques, il peut être approprié d'avoir recours à ce que Moles (1990) appelle «l'artifice des inclassables»; plutôt que de trancher la question en les classant dans l'un des types déjà identifiés, on épuise d'abord la partie la plus grande du corpus, celle qui se laisse classer facilement, en

²⁴⁰ En fait, cette éventualité sera d'autant plus plausible que le corpus sera lui-même plus restreint.

laissant les objets litigieux dans une «classe des inclassables» pour ne les considérer que plus tard. Dans ce processus, les cas pouvant aisément être classifiés le sont sur la base d'hypothèses heuristiques qui amènent le *typologue* à déterminer de nouveaux types et sous-types. «On peut *espérer* que cette première classification une fois terminée, d'autres critères apparaîtront pour reprendre les 'inclassables' et en réduire le nombre par épuisement progressif. » (Moles, 1990, p.167)²⁴¹.

Bien que cette stratégie permette de réduire la quantité de cas atypiques, certains spécimens seront inévitablement éliminés du corpus, faute d'un statut logique adéquat. Dès lors, on peut considérer que la résolution des cas atypiques ramène le *typologue* à la première et à la deuxième phase de la démarche puisqu'il y a re-délimitation du corpus et re-définition des critères de classification. Comme nous l'avons établi d'entrée de jeu, ces trois phases ne sont clairement délimitées ni dans le temps, ni dans le raisonnement déployé par l'historien; elles se chevauchent et s'enchaînent de façon itérative selon des séquences variables.

Lorsque des spécimens atypiques sont éliminés du corpus et/ou que le *typologue* décide de prendre en considération de nouveaux facteurs de classification, il introduit et/ou retire des éléments au sein du système. Plus il progresse dans la démarche typologique, plus il est amené à reconsidérer différents a priori et à remettre en question ses hypothèses de départ, ce qui nous amène à considérer le caractère nécessairement inachevé de la démarche du *typologue*. En effet, la démarche typologique n'est pas seulement un mode de

²⁴¹ Une autre stratégie consiste à définir de façon moins rigoureuse les critères d'appartenance à un type et à développer une approche basée sur la ressemblance des éléments de même famille. Ainsi, certains individus seront considérés comme très typiques parce que partageant beaucoup de traits communs avec le reste des membres de la famille, alors que d'autres spécimens seront considérés comme très atypiques parce que partageant peu de caractéristiques avec leurs congénères. Dans ce contexte, les frontières entre les types en viennent à être définies de façon floue (Mitchell, 1990).

classification, elle est aussi un mode d'interrogation; elle résout certains problèmes mais soulève périodiquement de nouvelles questions (Pinon, 1991).

Ce bref survol de la méthodologie du processus conduisant à l'élaboration de typologies nous a permis d'esquisser à grands traits les dilemmes que comporte une telle démarche, ainsi que les écueils qu'elle recèle. Au cours de la prochaine section, nous verrons dans quelle optique et à quelles fins l'historien de l'architecture entreprend ce processus réflexif.

4.5.5 La contribution du *typologue* à l'avancement des connaissances

La finalité du processus consistant à élaborer une typologie est d'arriver à proposer une organisation systématique pour rendre compte d'un corpus. Lorsque l'on parle «d'ordonner la masse confuse du réel» (Croizet et coll., 1991), ou encore d'établir une «ordonnance satisfaisante pour l'esprit» (Deloche, 1991), cette démarche revient à modéliser un système. Dans le cadre de ce processus, le *typologue* s'applique à établir des liens entre les composantes dudit système, soit les spécimens, les facteurs de classification et les regroupements. Il cherche par exemple à comprendre de quelles façons un attribut extrinsèque (tel que la région ou l'époque) exerce une influence sur un attribut intrinsèque (tel que la morphologie) et à formaliser ce lien.

L'analyse typologique d'un corpus d'objets, et le modèle qui en résulte, ont un intérêt dans la mesure où ils produisent un savoir différent de celui initialement attaché à ces objets (Paulin, 1991). Si le système typologique proposé par l'historien est intelligible sans être simplificateur, il pourra éventuellement contribuer à l'avancement des connaissances. Ce savoir nouveau que le *typologue* élabore est inédit dans la mesure où il découle des choix effectués par le chercheur et de l'interprétation qu'il propose.

Choix et interprétation sont tous deux révélateurs des caractéristiques idiosyncrasiques du *modélisateur*. Ainsi, toute typologie est une construction artificielle et

relative. Face à une même famille d'éléments architecturaux, deux historiens élaboreront sans doute deux typologies sensiblement différentes. Ce qui distinguera une typologie élaborée par un historien donné de celle proposée par son collègue, ce sont les justifications sur lesquelles se fonde la délimitation du corpus, les facteurs de classification servant à définir les types et la façon de résoudre les cas atypiques. Il est clair qu'une nouvelle organisation est toujours possible à partir d'un même corpus.

« Tant de paramètres interviennent, tant de nécessités se contredisent, tant de modèles circulent que la logique des types architecturaux échappe à tout préalable, à toute prévisibilité, donc à tout déterminisme univoque. » (Borie, 1991, p.178)

Il y a donc potentiellement pluralité des savoirs. Puisqu'il existe de multiples modèles d'un même système (Walliser, 1977), il n'y a pas de raison pour qu'une typologie ait prédominance sur une autre. La diversité des critères d'évaluation interdit ainsi le jugement définitif quant à la valeur relative des modèles proposés. Ainsi la résultante de la démarche typologique repose sur une 'logique floue' telle que définie par Besnier (1996). Le *typologue* prétend 'analyser' une portion du réel dans toute sa complexité, sachant pertinemment que le modèle qu'il proposera sera représentatif de la perspective qu'il a choisi d'adopter. Le fruit de sa réflexion ne sera pas soumis à un jugement réduit aux valeurs binaires (vrai / faux) en vigueur dans la logique classique; la valeur de sa contribution à l'avancement des connaissances reposera sur la cohérence du raisonnement qu'il aura su déployer.

4.5.6 La typologie en tant qu'instrument didactique

Le choix des facteurs de classification, la cohérence de leur organisation et l'établissement d'un 'niveau de typicité intermédiaire' adéquat se révèlent extrêmement importants pour l'efficacité opérationnelle d'une typologie, en tant qu'instrument

didactique²⁴². À partir du moment où l'historien considère la structure de la typologie proposée comme étant satisfaisante, il est enclin à la diffuser au sein d'une communauté d'interlocuteurs potentiellement formée de chercheurs et d'apprenants.

Dans cette optique, la finalité pratique de la typologie ne se limiterait pas à stimuler et enrichir le processus réflexif du *typologue*; elle englobe également une certaine contribution au développement des habiletés cognitives de l'interlocuteur. Or, selon Deloche (1991), il existerait des limitations inhérentes au modèle qui viendraient appauvrir les vertus potentielles de la typologie en tant qu'instrument didactique. Ce chercheur considère que, bien qu'une typologie soit une structure logique et dans une certaine mesure éclairante, elle n'en demeure pas moins à la fois réductrice et figée, car difficilement révisable.

Il nous apparaît que la typologie est, certes, réductrice puisqu'il est indéniable que la construction de la connaissance est ici obtenue par altération simplificatrice. Elle n'est toutefois pas nécessairement figée puisque le modèle, en tant qu'entité conceptuelle, est nécessairement révisable²⁴³. On peut ainsi supposer que c'est le mode de diffusion qui contribue à en faire une structure figée. Dans un tel contexte, il apparaît souhaitable d'adopter une stratégie qui offre des moyens d'altérer la structure du modèle, au fil de la démarche typologique²⁴⁴.

²⁴² Ou au niveau de son *enseignabilité*, selon l'expression de Le Moigne (1995).

²⁴³ Le *typologue* esquisse progressivement un modèle du système typologique et remanie celui-ci de façon itérative à mesure qu'il affine sa perception du phénomène étudié. Comme nous l'avons vu précédemment, au cours des différentes phases de la démarche, il est inévitablement amené à remettre en question la pertinence des relations, regroupements et délimitations qu'il avait identifiés initialement.

²⁴⁴ C'est dans ce contexte que vient s'insérer notre axe de questionnement. Des moyens informatiques, croyons-nous, pourraient être mis à contribution et offrir une plus-value au niveau de l'implémentation

Nonobstant les réserves émises par Deloche, nous considérons, à l'instar de Croizé (1991), que l'élaboration et la diffusion de modèles formalisant des systèmes typologiques ont un rôle important à jouer dans la construction et le transfert de savoirs relatifs au patrimoine architectural. Comme Croizé (1991) le fait si judicieusement remarquer,

« Il se trouverait sans doute peu de gens – et peu de motifs – pour nier le rôle structurant du classement des espèces dans tout processus didactique consacré à une réalité aussi polymorphe que l'architecture. À lui seul, ce constat suffirait à justifier qu'une part importante de l'effort de recherche soit consacrée à ce perpétuel chantier qu'est la construction typologique, sous l'angle, à la fois, de l'élaboration et de la critique des types. » (p.46)

Retenons cette analogie entre la démarche typologique et un « perpétuel chantier » puisqu'elle nous inspire la métaphore suivante : Imaginons que la typologie présentée par le biais du document imprimé²⁴⁵ corresponde en quelque sorte au 'monument achevé'. Dans ce contexte, le recours à des modes de formalisation alternatifs – éventuellement basés sur des moyens informatiques – pourrait possiblement offrir au néophyte un accès au 'chantier', c'est-à-dire au processus de construction de la typologie, plutôt que de ne lui proposer qu'une simple visite guidée de 'l'édifice' achevé.

Le présent travail de recherche nous amènera à nous intéresser au potentiel de la typologie architecturale en tant qu'instrument didactique. Nous nous questionnerons quant au rôle que pourrait jouer l'outil informatique pour contribuer à la diffusion des connaissances élaborées par le *typologue*, tout en tenant compte du caractère nécessairement inachevé des modèles que ce dernier nous propose.

d'outils didactiques évolutifs aptes à véhiculer l'interprétation qui est faite du système typologique. Nous reviendrons sur cette idée dans le prochain chapitre, traitant de l'hypothèse.

²⁴⁵ Au moyen de textes, représentations synoptiques, tableaux numériques, cartes géographiques, graphiques, etc. Voir les exemples présentés à l'annexe B.

4.5.7 Les processus typologiques

Non seulement l'interprétation du *typologue* face à une production architecturale donnée évolue-t-elle, mais on peut également considérer que la substance du type elle-même serait en constante mouvance au fil des âges²⁴⁶. Comme nous l'avons constaté dans la section portant sur l'évolution de la notion de typologie, dans les sociétés dites 'modernes', la production architecturale est codifiée, faisant en sorte que le type est souvent nommé a priori. Les types font l'objet d'une élaboration explicite et constituent des théories au 'noyau dur' que l'on pourrait qualifier de stables; non seulement font-ils consensus (dans une certaine mesure) mais ils en viennent, à certains moments, à orienter la production du bâti.

Par contre, dans les sociétés dites 'traditionnelles', les typologies d'éléments architecturaux seraient implicites, le type résultant de l'existence d'une multiplicité d'instances dérivées de l'entité de base (Croizé et coll., 1991; Quatremère de Quincy, 1999). Dans ce cas, le bâti n'aurait pas été planifié en fonction de l'appartenance à un type, mais plutôt « *pensé* comme un système de notions intégrées qu'a à l'esprit celui qui s'apprête à construire. » (Caniggia et Maffei, 2000, p.80). Il s'agit alors de typologies que nous pourrions qualifier d'implicites; c'est le chercheur qui, ultérieurement, tentera d'identifier les types et de les reconstituer.

Lorsque le *typologue* porte son attention sur des corpus composés d'éléments patrimoniaux produits par des sociétés dites traditionnelles, il peut chercher, à partir des spécimens disponibles, à élaborer a posteriori un système typologique qui par nature était

²⁴⁶ Comme nous l'avons vu à la section 4.4.3, la connaissance développée par l'historien est essentiellement contextuelle. Lorsqu'il élabore des savoirs nouveaux, et notamment lorsqu'il élabore une typologie, il se doit de préciser sur quel segment du continuum temporel porte sa réflexion.

implicite. Dans ce cas, un regroupement d'éléments doit, pour paraphraser Croizé et ses collaborateurs (1991), être 'consacrés' par le *typologue*. Ce type, qu'il identifie et qu'il nomme, il doit en outre le situer dans son contexte. En effet, dans le cadre de l'étude menée par l'historien, c'est habituellement non seulement une forme architecturale qui est ciblée mais également un lieu ou une aire, une période ou un laps de temps.

Il est indéniable que, détaché de son contexte, le type perdrait sa signification. Le *typologue* doit donc considérer la place qu'occupe ledit type dans un ensemble plus large où il est immergé. Il doit prendre en considération le processus d'évolution de la forme architecturale puisqu'un type ne se distingue pas uniquement des autres types qui lui sont contemporains mais également de ceux qui l'ont précédé et de ceux qui seront appelés à lui succéder. Comme nous l'avons vu dans la section traitant des patrimoines matériel et immatériel, l'histoire de l'évolution des formes ne s'arrête jamais (Wölfflin, 1996); la répétition continuelle de tout élément, dans le cadre d'une pratique artisanale, finit par se refléter dans l'altération graduelle de sa configuration.

Il est clair que le type ne constitue pas une entité figée. Il est lié à un 'moment'; il y a naissance, transformation et mort du type. Les modifications successives qui s'opèrent au sein de celui-ci constitue ce que Caniggia et Maffei (2000)²⁴⁷ appellent le «processus typologique». Pour restituer une typologie implicite, l'historien doit arriver à lire le processus typologique comme une succession de mutations temporelles, de distinctions et d'influences. Il lui faut comprendre autant comment les objets ont été conçus, que de quoi ils sont dérivés et comment ils se sont transformés au fil du temps.

²⁴⁷ Les travaux de recherche de Caniggia sont dans la continuité de ceux de Muratori dont il a été question précédemment (sous-section 4.5.3).

Ainsi, chaque type serait explicable comme conséquence du précédent et matrice du suivant. Dans ce contexte, le *typologue* s'interroge et élabore des hypothèses; ce type qu'il a identifié et nommé d'où provient-il et qu'a-t-il engendré?

« La ré-acquisition des processus typologiques est indispensable à la compréhension des types, puisque ceux-ci sont liés les uns aux autres par un rapport de dérivation dans lequel chaque type s'explique par le précédent et par le suivant. Le processus typologique mène, dans le temps, à une ramification progressive de structures de plus grande complexité, obtenues par la spécialisation progressive des précédentes. » (Caniggia et Maffei, 2000, p.24-25)

Dans les sociétés dites traditionnelles, ce qui fait que le type est en constante mutation, qu'il se ramifie, qu'il se spécialise, c'est l'évolution des savoir-faire. En effet, au fil du temps, les artisans sont périodiquement confrontés à de nouveaux défis, mis en contact avec de nouvelles variantes (dérivées d'archétypes donnés) et stimulés par l'évolution des techniques de construction et/ou de fabrication. Il en résulte une série de modifications progressives, induites petit à petit, en des moments successifs. On peut dès lors considérer que le type, et incidemment l'évolution de celui-ci, découle des mutations qui s'opèrent au sein de l'univers cognitif de l'artisan. Il y a évolution des systèmes de notions sur lesquelles repose la pratique artisanale en raison de la diversification de l'expérience individuelle du concepteur et des transformations culturelles de la société dans laquelle il évolue.

Pour être en mesure d'élaborer une typologie a posteriori, l'historien se doit de replacer dans leur contexte temporel les types qu'il a identifiés et donc de retracer les processus typologiques. Ce faisant, le *typologue* en arrive à reconstituer (partiellement) le système de notions sur lesquelles se fondait la production artisanale, ce qui nous amène maintenant à réfléchir sur la notion de savoir-faire.

4.6 Le savoir-faire

4.6.1 La tradition orale et l'observation en tant que sources d'expertise

Dans le cadre du présent travail de recherche, parallèlement aux typologies architecturales, notre intérêt porte de façon subsidiaire sur les savoir-faire détenus par les artisans des sociétés dites traditionnelles. La valeur intrinsèque de ces savoir-faire, en tant que facette essentielle des patrimoines immatériels, est reconnue d'une façon que nous pourrions qualifier d'unanime. En effet, nombre d'historiens de l'architecture font l'éloge de l'érudition et de la polyvalence des artisans et maîtres d'œuvre des ces sociétés:

« [...] les maîtres d'œuvres, avec leur compétences de tailleurs de pierre, possédaient en même temps la connaissance du métier de charpentier, de la sculpture, de la peinture, de la mécanique, sans parler des talents d'organiseurs et de managers dont ils devaient faire preuve pour diriger de grands chantiers. » (Kimpel, 1996, p.43)

Puisque l'artisan qui agissait à titre de maître d'œuvre²⁴⁸ était chargé de tâches concernant la conception et la coordination de l'exécution des travaux, on peut considérer qu'il existe une similitude entre son travail et celui de l'architecte au sens moderne du terme (Briggs, 1974). Cependant, selon Shelby (1964), si l'on cherche à établir une corrélation entre les notions d'artisan et d'architecte, il faut le faire avec prudence, voire avec circonspection. Il faut en effet prendre garde à ne pas transposer au maître d'œuvre des notions qui ne sont en réalité applicables qu'à l'architecte des temps modernes²⁴⁹.

²⁴⁸ Il s'agissait le plus souvent du maître maçon (Shelby 1964; Briggs 1974).

²⁴⁹ Selon Monnier (1994), dans le domaine de l'histoire de l'architecture, le début des temps modernes serait situé vers 1450.

Une des plus importantes différences entre l'architecte et l'artisan se situe au niveau des apprentissages menant à l'acquisition des habiletés nécessaires à l'exercice de la fonction. En effet, la formation de l'artisan était empirique, utilitaire et non théorique (Shelby, 1964). Comme Carpo (2001) le fait remarquer, le constructeur médiéval ne lisait pas de traités, les savoirs n'étant pas formalisés par le biais de livres, de tables mathématiques, de plans architecturaux ou d'images. Les connaissances que l'artisan possédait dans l'art de bâtir, il les avait pour une grande part acquises directement de son maître ou par le biais d'un enseignement dispensé par des artisans dont l'expertise était reconnue. La formation de l'artisan était donc principalement basée sur la tradition orale, le savoir étant transmis d'homme à homme, d'une génération à la suivante.

Ce système de diffusion des connaissances était basé sur la mémorisation, par l'individu, de procédures à appliquer pour résoudre les divers 'problèmes de conception' qui pouvaient se présenter. C'était notamment le cas du savoir relié à la résolution de problèmes de géométrie et de mécanique en matière de maçonnerie; l'artisan acquérait ces connaissances (et par extension son expertise) par le biais de démonstrations réalisées par ses pairs ainsi que par la médiation du compte rendu que ces derniers faisaient d'expérimentations menées antérieurement (Briggs, 1974).

Il y avait verbalisation de la stratégie à adopter. Tel un discours, la construction géométrique était un processus qui se déployait dans le temps. Il s'agissait d'une séquence pouvant être relatée, explicitée, et que l'artisan pouvait réciter à voix haute, le temps nécessaire à l'accomplissement de l'opération. Dans ce contexte, on peut s'imaginer qu'il s'avérait relativement aisé pour l'individu de mémoriser de telles procédures et de les

intégrer progressivement au bagage déjà constitué des connaissances pratiques acquises antérieurement (Carpo, 2001)²⁵⁰.

Ainsi, les enseignements prodigués par les maîtres étaient axés sur une connaissance procédurale plutôt que théorique. Il s'agissait d'un savoir acquis dans l'exercice d'une activité et dans un contexte précis (Clergue, 1997). C'est pour cette raison, semble-t-il, que très peu de manuels portant sur la conception et/ou sur les techniques de construction ne nous sont parvenus des sociétés 'traditionnelles' européennes; ils apparaissent comme étant superfétatoires tant et aussi longtemps que la tradition orale demeurait vivante au sein de la pratique artisanale (Shelby, 1964)²⁵¹.

Une deuxième source d'enseignement pour l'artisan provenait de l'observation. En observant les artefacts et bâtiments existants, l'individu se constituait un répertoire d'exemples concrets. Lorsqu'il avait à concevoir un artefact ou un ensemble d'artefacts²⁵², il s'agissait pour lui de résoudre les 'problèmes de conception' auxquels il faisait face, et ce, en fonction des matériaux disponibles et de la culture propre au milieu dans lequel il évoluait²⁵³. Dans cette optique, il observait d'abord les résultats des efforts de ses contemporains et des maîtres des époques antérieures, ce qui lui permettait de travailler à

²⁵⁰ Cette intégration pouvait éventuellement être faite par la médiation de schémas ou de diagrammes géométriques. Cependant, Carpo (2001) considère qu'il est plus facile de verbaliser une règle que de la visualiser. Une image, lui semble-t-il, peut illustrer un exemple concret généré à partir d'une règle abstraite mais le dessin ne peut jamais énoncer la règle elle-même, sauf sous des conditions très limitatives.

²⁵¹ Shelby se réfère ici de façon spécifique au moyen-âge anglais.

²⁵² Par exemple, dans le cas du maître maçon, l'élaboration de remplacements de pierres pour structurer et subdiviser les ouvertures d'un bâtiment donné, dans le cas du maître charpentier, l'élaboration de charpentes pour couvrir un espace donné, etc.

²⁵³ Notons ici que, occasionnellement, l'artisan incorporait également des sources d'inspiration provenant de l'étranger (Briggs, 1974).

partir de modèles qu'il imitait en quelque sorte, mais sans toutefois verser dans le mimétisme.

«The process of imitation involves first of all making a selection among all of the possible traits of the model; once separated from the original, these components can be manipulated and incorporated in different ways into their new creative context. What medieval builders borrowed from a model was, mostly, abstract and invisible element. » (Carpo, 2001, p.37)

Par ces brefs commentaires sur la tradition orale et l'observation, ce que nous cherchons à souligner, c'est la prépondérance de la tradition au sein de la pratique artisanale; on se référait d'abord à ce qui était existant, à l'héritage légué par les générations antérieures. La production architecturale était alors perçue comme résultant d'un consensus culturel fondé sur la mémoire collective. Le savoir, qui était transmis par la parole et par l'exemple, était ensuite progressivement adapté dans le but de développer des formes nouvelles, sans qu'il n'y ait à proprement parler de rupture dans l'évolution des façons de faire.

« [...] The master masons [...] worked within the framework of an organic tradition, that of the mason's craft. It is probably for this reason that mediaeval designers seldom indulged in radical innovations, nor did they seek artificial renaissances of the architectural standards of by-gone ages. There were changes in design, but they were continuous and evolutionary, rather than radical or reactionary. » (Shelby, 1964, p.389)

Ainsi, dans le contexte des sociétés dites traditionnelles, l'artisan cherchait à adapter, transformer, enrichir les diverses configurations d'artefacts élaborées par ses prédécesseurs, et non à s'en distancier. Comme nous l'avons vu à la section précédente²⁵⁴, chaque type était explicable comme conséquence du précédent et matrice du suivant; il y

²⁵⁴ Portant sur les typologies architecturales.

avait une continuité formelle dans ce que Caniggia et Maffei (2000) appellent le processus typologique.

« Dans un moment de [...] grande continuité sociale, l'acteur, guidé par la conscience spontanée, se trouve à pouvoir faire un objet 'sans y réfléchir', conditionné seulement par l'effet inconscient de la culture héritée, celle transmise et développée au moment qui correspond à sa pratique; cet objet sera déterminé à travers les expériences précédentes réalisées dans son milieu social [...] » (p.38).

Par 'conscience spontanée', Caniggia et Maffei (2000) entendent la disposition d'un sujet agissant à se conformer, dans sa pratique, à la culture civile héritée, sans nécessité ou obligation de réflexion consciente ou de choix effectués dans une optique d'originalité. Dans le milieu bâti, la conscience spontanée est la compréhension immédiate et synthétique de ce qu'il convient d'accomplir pour élaborer un produit qui réponde adéquatement à la demande. L'artisan était ainsi guidé par un patrimoine de notions intégrées, fruit de la tradition orale et de l'observation, qui caractérisait chacune des aires culturelles, à chaque moment de l'histoire des sociétés 'traditionnelles'. En somme, il contribuait spontanément à transmettre et à développer une 'culture du bâti' spécifique au milieu dans lequel il évoluait²⁵⁵.

Au cours des prochaines pages, lorsqu'il sera question de savoir-faire, nous nous référerons à cette conscience spontanée ayant permis à l'artisan de développer divers filons typologiques qui se sont progressivement ramifiés et spécialisés à l'intérieur d'une aire culturelle donnée, donnant naissance à toute la richesse et la variété d'une production artisanale.

²⁵⁵ À l'opposé de la conscience spontanée, se trouve la conscience critique sur laquelle se fonde la production du bâti dans les sociétés dites modernes. L'individu dont l'action est basée sur la conscience critique choisit ce qu'il fait, non pas, selon Caniggia et Maffei (2000), parce qu'il a acquis une plus grande maturité, mais par incertitude parce qu'il n'existerait pas une façon enracinée dans le faire.

4.6.2 Le recours à la méthode heuristique

Outre le type de formation, les modalités de formalisation du concept sont une autre distinction fondamentale pouvant être établie entre l'artisan des sociétés 'traditionnelles' et l'architecte 'moderne'. En effet, ce dernier transcrit habituellement sur papier la résultante du processus de conception avant le début des travaux, la condition *sine qua non* de la construction d'un bâtiment étant, pour les maîtres d'œuvre et ouvriers, la possibilité de consulter des plans, élévations, sections et détails comportant des dimensions précises.

L'artisan appartenant à une société dite traditionnelle, quant à lui, développait habituellement le concept dans son esprit et poursuivait le processus de conception sur le chantier, une large part des décisions étant prises durant le processus d'édification. Il ne traçait pas de plans fixant a priori la configuration du bâtiment²⁵⁶ (Shelby, 1964). Bien qu'il ait occasionnellement eut recours à des épures²⁵⁷, ces tracés avaient uniquement pour mandat de l'aider à clarifier ses idées et n'étaient pas (ou peu) utilisés dans un but de communication. Il s'agissait uniquement d'esquisser les linéaments du concept, l'artisan ne ressentant pas le besoin d'apposer des dimensions exactes puisque celles-ci pouvaient, en tout temps, être déduites proportionnellement par le biais de méthodes géométriques²⁵⁸ (Carpo, 2001). Il s'agissait donc pour l'artisan d'un outil d'aide à la réflexion élaboré *in situ*.

²⁵⁶ Ce qui ne veut pas dire, selon Briggs (1974), qu'il n'y avait jamais de plans. En effet, non seulement l'existence de dessins est-elle occasionnellement mentionnée dans les archives documentaires, mais un certain nombre d'entre eux, ayant survécu à l'épreuve du temps, ont pu être préservés.

²⁵⁷ L'épure est un dessin, généralement à l'échelle 1:1, pouvant être tracé sur un plancher, un mur ou directement sur l'aire de taille des éléments. Voir l'exemple présenté à l'annexe C.

²⁵⁸ Telles que la quadrature et la triangulation.

En effet, sur le chantier, l'artisan était confronté à la multiplicité des aspects devant être envisagés et des problèmes devant être solutionnés. Ces questions et dilemmes étaient interconnectés puisque chacune des réponses que l'artisan apportait, chacune des décisions qu'il prenait, avait des répercussions sur la suite du processus de conception / élaboration. Les questions étaient donc liées de façon séquentielle.

En ce sens, on peut dire que, outre la tradition orale et l'observation, l'artisan acquérait son savoir de façon empirique, par le biais de ses propres succès et échecs (Shelby, 1964). Nonobstant l'importance de l'enseignement de ses maîtres, il est clair que, dans le cadre de l'élaboration d'un artefact, l'artisan n'appliquait pas simplement une recette. L'acquisition d'un savoir-faire était aussi – voire surtout – la résultante d'un processus réflexif.

L'artisan avait recours à la méthode heuristique pour prendre successivement des séquences de décisions et éprouver des stratégies. La maîtrise d'une pratique artisanale amenait ainsi progressivement l'individu à savoir, par expérience, que s'il posait tel geste, s'il prenait telle décision, il serait confronté à tel(s) dilemme(s). Il en résultait ainsi, dans l'esprit de l'artisan, un système de notions corrélées existant avant même que l'objet ne soit élaboré dans sa matérialité. Dans le cadre du présent travail de recherche, notre intérêt portera sur cette facette du savoir-faire, soit l'heuristique en tant que mode d'élaboration d'un système de principes interconnectés.

4.6.3 L'apport de l'outil informatique

Depuis l'avènement de l'informatique, on a entrepris de développer des outils numériques permettant l'enseignement de savoir-faire contemporains²⁵⁹. Parallèlement, un

²⁵⁹ Par exemple, les simulateurs de vols aériens ou de projections économiques, les logiciels de simulation dans les domaines de la structure ou de l'acoustique etc.

nouvel axe de questionnement s'est développé concernant les possibilités d'avoir recours aux technologies numériques pour contribuer à assurer la survivance du patrimoine immatériel que constituent les savoir-faire ancestraux; on tente de formaliser ceux-ci et de leur donner, en quelque sorte, une «incarnation informatique réutilisable dans différents contextes» (Clerget, 1997).

Comme le faisaient remarquer Barcet et ses collaborateurs (1985) il y a déjà deux décennies, il ne s'agit pas de conserver dans quelques bâtiments *muséifiés* des exemplaires de techniques dépassées vouées tôt ou tard à l'oubli, mais plutôt de ne pas gaspiller un patrimoine qu'on aurait tort de croire obsolète. Ainsi, il est primordial non seulement de conserver des occurrences résultant d'une pratique artisanale, mais également de mettre l'accent sur l'importance des processus ayant mené à leur conception. De là l'idée de chercher à archiver des savoir-faire ancestraux, le geste technique constituant, au même titre que l'objet, un patrimoine à protéger (Chevallier, 1991). Cette volonté de préserver l'un et l'autre repose à la fois sur le besoin de garder en mémoire des pratiques artisanales, et sur le désir d'être en mesure de diffuser les méthodes et procédés impliqués. Contrairement à l'élément tangible que l'on peut préserver sans nécessairement le documenter, il est clair qu'une pratique artisanale est destinée à tomber dans l'oubli lorsque des moyens de consignation et de diffusion ne sont pas mis en place²⁶⁰.

Idéalement, selon Chevallier (1989), il s'agirait de veiller à «l'enregistrement des savoirs et techniques dans l'optique d'une restitution au public, voire d'une réutilisation». Or, si l'on aborde la question sous l'angle des nouvelles technologies, il faut être conscient de l'ampleur du défi que représenterait la transcription informatique d'un savoir-faire puisque celui-ci est, par définition, informel.

²⁶⁰ Tel que nous l'avons constaté à la section 4.3.3.

« Le savoir-faire, part informelle (non-codifiée) d'un processus technique, acquis dans l'exercice d'une activité (empirique), lié aux dispositions particulières de l'individu (capacité d'adaptation) constitue le lien entre des compétences individuelles, une réalité sociale et des contraintes techniques et environnementales qui fondent l'efficacité du geste technique. » (Chevallier, 1989, p.139)

Non seulement le savoir-faire est-il informel par définition, il sollicite en outre les cinq sens; pour savoir faire, il faut savoir voir, savoir toucher, savoir entendre, etc. C'est pourquoi il serait, selon ce chercheur, impossible de formaliser les savoir-faire et tours de main constituant l'expertise de l'artisan, et de les incorporer dans des dispositifs d'enseignement assisté par ordinateur.

Bien que les réserves émises par Chevallier datent de plusieurs années, on peut effectivement douter de l'aptitude des langages informatiques à formaliser l'informel. Un environnement numérique ne traduit pas nécessairement toutes les facettes de l'expérience humaine et ne permet pas forcément à l'utilisateur d'acquérir les connaissances pratiques sur lesquelles se fonde la conception d'un artefact dans sa matérialité.

Par exemple, si l'on se reporte dans le cadre de nos préoccupations concernant les savoir-faire ancestraux, il est indéniable que ceux des maîtres charpentiers et maçons incluent des tâches telles que choisir les matériaux, les tailler, les assembler (etc.), faisant appel de façon extensive au *savoir-toucher*. En conséquence, il est clair que l'absence de tout un pan de l'expérience sensorielle de l'individu jette un doute sérieux sur la prégnance du recours à des moyens informatiques pour l'enseignement de techniques artisanales à des fins de réutilisation.

Cette réflexion sur l'aptitude, ou l'inaptitude, des outils numériques à recréer le contexte et les paramètres d'une expérience sensorielle dépasse le cadre du présent travail de recherche. Nous ne chercherons pas à apporter des réponses à la question soulevée par

Clergue (1997) à savoir, dans quelle mesure les connaissances acquises à travers la fréquentation d'un environnement virtuel sont *réinvestissables* dans le monde concret.

Puisque notre intérêt porte sur des savoir-faire appartenant à des époques révolues, il serait illusoire – voire absurde – de chercher à les transmettre dans l'optique de permettre leur application. Nous ne nous pencherons donc pas ici sur le recours à des moyens informatiques pour la transmission de savoir-faire à des fins de réutilisation ultérieure; en somme, de l'archivage du savoir-faire à sa réutilisation, il y a un pas que nous ne chercherons pas à franchir.

4.6.4 La restitution d'une facette du savoir-faire

Alors, pouvons-nous nous demander, dans la mesure où il ne peut être question de réutiliser un savoir-faire ancestral, dans quelle optique chercher à le restituer? Rappelons ici que notre intérêt porte essentiellement sur un apport potentiel des outils numériques au développement des habiletés cognitives du concepteur architectural, et non à celles du travailleur manuel. Au-delà de la sphère des expériences sensorielles, le savoir-faire englobe également une capacité à juger et à choisir, ce qui inclut incidemment l'habileté à anticiper les implications d'une décision ou d'une stratégie (Chevallier, 1991). C'est sur cet aspect du savoir-faire que portera notre réflexion; nous chercherons à restituer – dans la mesure du possible – différentes facettes du processus réflexif de l'artisan, afin que l'apprenant en vienne à développer une compréhension (partielle) du système de notions corrélées qui existaient dans l'esprit du concepteur avant la réalisation de l'artefact.

Nous réfléchissons à la possibilité d'élaborer des environnements numériques²⁶¹ permettant à l'utilisateur de naviguer dans le réseau de décisions interconnectées dont il était question à la section 4.6.2 (traitant du recours à la méthode heuristique). Nous

²⁶¹ La notion d'environnement numérique sera explicitée à la section 4.9.

chercherons à vérifier dans quelle mesure de tels environnements pourraient permettre à l'individu d'acquérir une certaine part du savoir-faire de l'artisan, soit sa capacité à juger et à choisir, son habileté à anticiper, dans le sens où Chevallier (1991) l'entend.

L'ordinateur n'est pas perçu ici comme étant la panacée, en ce sens qu'il est clair que cet outil ne sera pas apte à régler une fois pour toutes le problème de la survivance du patrimoine immatériel que sont les savoir-faire. Il est plutôt proposé à titre d'instrument possiblement adaptable, potentiellement utile, que l'on mettra à contribution, faute de mieux. Il pourra éventuellement permettre à un utilisateur d'avoir recours à la méthode heuristique pour élaborer, dans un espace virtuel, des entités comparables aux artefacts patrimoniaux. Cet individu pourra donc en quelque sorte 'revivre' l'expérience du processus d'élaboration de l'entité architecturale et explorer les variations de formes dont l'objet est susceptible, un peu dans le même esprit que celui qui animait les artisans des sociétés traditionnelles.

Dans ce contexte, l'ordinateur fera office de réceptacle dans lequel l'historien pourra déposer la résultante d'un processus d'interprétation²⁶². Il pourra y stocker ce qu'il *imagine* de la pratique artisanale, ce qui – hypothétiquement – aurait pu caractériser un savoir-faire donné. Or, selon Jorion (1991) :

« L'homme ne transmet du savoir à une machine que dans une intention précise : que la machine régurgite ensuite ce savoir à d'autres hommes sous la même forme ou sous forme traitée, la médiation par la machine n'ayant de sens que s'il en résulte une *plus-value* par rapport à la transmission immédiate d'homme à homme. » (p.169)

Dans le cadre de la formalisation de certaines facettes d'un savoir-faire ancestral par des moyens informatiques, quelle pourrait être la plus-value escomptée? Lorsque la

²⁶² Après qu'elle ait été traduite dans un langage interprétable par la machine.

tradition orale a été interrompue, lorsqu'il n'existe plus d'individu apte à procéder à ce que Jorion (1991) appelle la transmission immédiate d'homme à homme, le recours à l'ordinateur peut éventuellement constituer une alternative nous permettant de restituer une certaine part d'un savoir-faire. Il est cependant clair que l'implication de moyens informatiques ne nous permet pas d'espérer une valeur ajoutée par rapport à la transmission d'homme à homme; au contraire, une large part de la connaissance empirique impliquant le recours aux sens sera nécessairement négligée. En somme, la médiation par la machine permet uniquement d'espérer une plus-value par rapport à la non-diffusion et à l'oubli.

4.6.5 L'étude des savoir-faire par le biais de la démarche typologique

Pour être en mesure de restituer un savoir-faire (éventuellement par des moyens informatiques), il faut d'abord arriver à l'appréhender. Tel est l'un des défis que l'historien peut s'employer à relever; à partir de l'étude d'un corpus d'artefacts, ce dernier peut choisir de chercher à comprendre comment l'artisan procédait. Il peut œuvrer à identifier les ensembles de décisions sur lesquels était fondée la pratique artisanale et donc s'employer à retracer la genèse des artefacts. Il s'agit là d'un projet qui tient de la gageure puisque, face à une collection d'entités concrètes, il est évidemment impossible d'avoir accès à ce qui s'est produit dans l'esprit des artisans, au moment de la conception. En effet, comment identifier, décrire pour le reproduire, un phénomène qui par sa nature même se dérobe à l'investigation?

Face aux vestiges d'une production artisanale, l'historien se trouve à considérer un phénomène complexe²⁶³. Par l'étude de ce dernier, il espère développer une certaine compréhension. En vue de mieux saisir les possibilités qui s'offrent à lui, référons-nous à Bar-Yam (1997) qui compare trois alternatives dans cette optique :

²⁶³ Nous reviendrons sur la notion de complexité à la section 4.8.

« Any model developed by the individual must remove some features of the more complex system. One possibility is to ignore all but a limited part of the environment. In this case an individual's model of reality denies the existence of many aspects. A second possibility simplifies the complexity to a random process. Events are considered to be random, uncorrelated and thus unpredictable. [...] Finally, a model may presume associations or relationships that are overly simplified and therefore inconsistent with reality under all but a limited set of circumstances. » (p. 818)

La démarche de l'historien est assimilable à la première alternative puisqu'il y a négation provisoire de l'existence de tout ce qui n'appartient pas au corpus. En effet, son interprétation fait abstraction de l'infinitude pour se concentrer sur une portion du réel – le corpus à l'étude – afin d'en dégager un sens; il cherche à mettre en relation les composantes de cette réalité pour construire la connaissance.

À un moment historique correspondant à la pratique d'une ou de quelques générations d'artisans, on peut statuer sur la finitude de l'ensemble des décisions auxquelles l'individu devait faire face dans l'application de son savoir-faire, ainsi que sur la finitude des options qui se présentaient à lui. Ce principe, posé a priori, serait justifié par le fait que la portion du réel sur laquelle le chercheur travaille constitue un ensemble fini de solutions²⁶⁴.

Il est clair que dans les faits, l'artisan pouvait prendre une infinité de décisions puisque la conception d'un artefact constitue un processus créatif²⁶⁵. Sur cette base, on pourrait réfuter le postulat proposé plus haut. Cependant, cette réfutation constituerait un

²⁶⁴ Nous nous référons ici à la définition de 'postulat' proposée par Maykut (1994): « A postulate [...] is something that is stipulated, that is, something given the status of acceptance in order to get on with the task at hand. The value of a postulate to restate is that it provides the bedrock on which to conduct research. » (p.10)

²⁶⁵ Il faut néanmoins garder en mémoire que l'individu, comme nous l'avons constaté plus haut, ne recherchait pas délibérément la nouveauté, la pratique artisanale étant essentiellement ancrée dans la tradition.

refus (ou un constat d'impossibilité) d'identifier et de systématiser des paramètres caractérisant la production artisanale; elle reviendrait à considérer celle-ci comme étant une masse informe et dépourvue de cohérence²⁶⁶. Ce renoncement, qui va à l'encontre du développement de savoirs nouveaux, demeure somme toute une posture défendable. Pour notre part, nous choisissons de miser sur l'espoir de voir émerger, de l'amas des spécimens constituant un corpus, une signification, si imparfaite soit-elle. Comme le dit Quéau (1986), avec le lyrisme qu'on lui connaît:

« L'esprit errant parmi les choses succombe vite à leur profusion, à leur accumulation disparate. Il cherche des raccourcis, des synthèses, des formules, des symboles pour emporter sans fatigue la richesse du monde. »
(p. 176)

Par le biais de ces raccourcis, synthèses, formules et symboles, il ne s'agit pas pour autant de simplifier, de ramener à sa plus simple expression le phénomène observé, mais plutôt d'enrichir la compréhension que nous pouvons en avoir. L'historien, qui porte sa réflexion sur une pratique artisanale, peut élaborer des hypothèses concernant un corpus de spécimens résultant de cette dernière²⁶⁷. Il peut chercher à proposer un modèle, ou des modèles, dans le but de rendre compte du (ou des) savoir-faire impliqué(s). Pour ce faire, il peut opter pour une démarche typologique. Dans ce cas, il devra aller au-delà d'un travail portant sur une mise en relation d'attributs intrinsèques et d'attributs extrinsèques, il sera amené à mettre en relation des décisions et des alternatives. C'est dans ce contexte que nous considérons ici que les décisions prises par l'artisan sont susceptibles de constituer des facteurs de classification pour le *typologue*.

²⁶⁶ Nous reviendrons sur ce postulat et approfondirons cet aspect de notre raisonnement dans la section 4.8.1, intitulée « La non complexité du système typologique provisoire ».

²⁶⁷ Les hypothèses dont il est ici question sont comprises dans le sens d'une reconstitution élaborée par le biais de l'observation d'objets concrets – artefacts, fragments subsistants, documents d'archives, épures – et des déductions que l'historien est amené à en tirer.

Dans le cadre du présent travail de recherche, lorsqu'il sera question de restitution de savoir-faire, il s'agira d'une modélisation des multiples séquences de décisions formant – hypothétiquement – la trame du processus réflexif de l'artisan. Ces décisions et alternatives sont interconnectées de multiples façons; elles forment un système de notions qui sont corrélées, ce qui nous amène à porter notre réflexion sur les thématiques abordées à la section suivante, soit la systémique et la modélisation.

4.7 Systèmes et modèles

«Les modèles permettent à la pensée de s'actualiser. C'est ce qui fait leur vertu et c'est aussi ce qui trace la ligne de démarcation principale avec les langages classiques, quant à eux condamnés à rester de simples supports de la pensée déjà réalisée.»
(Quéau, 1986, p.132).

4.7.1 Les notions de systèmes et de modèles

On pourrait définir le système comme étant un ensemble d'éléments en interaction dans lequel la totalité organisée est plus riche que la somme des éléments (Clergue, 1997). Il s'agit là d'une vision mettant l'accent sur les liens pouvant potentiellement exister entre les diverses entités appartenant à cet ensemble.

Face à un phénomène²⁶⁸, un observateur peut être amené à tenter de rendre compte des liens qu'il perçoit, de façon à éventuellement contribuer à l'avancement des connaissances. Comme nous l'avons vu précédemment²⁶⁹, pour que le savoir ainsi constitué se développe, pour qu'il se 'perfectionne', il est essentiel qu'il soit communicable à un

²⁶⁸ Ce phénomène pouvant être naturel ou artificiel, tangible ou intangible, observable ou concevable.

²⁶⁹ À la section 4.1, traitant de la connaissance.

interlocuteur. Cette diffusion peut être effectuée par la médiation artificielle de représentations construites par le sujet cogitant à l'aide de systèmes de symboles, c'est-à-dire de modèles. Dans ce contexte, le concept de système est inséparable de la notion de modèle, conçue, elle, comme représentation 'explicative' d'un système concret.

« Dans sa définition la plus large, la notion de modèle recouvre toute représentation d'un système réel, qu'elle soit mentale ou physique, exprimée sous forme verbale, graphique ou mathématique. » (Walliser, 1977, p.116). Il s'agit en fait d'une mise en relation d'entités symboliques, effectuée dans le but d'enrichir la compréhension aussi bien du *modélisateur* que de son interlocuteur.

Le modèle est par définition plastique puisque, pour paraphraser Lévy, nous pourrions dire qu'il ne constitue qu'une étape, qu'un « moment dans un processus ininterrompu de bricolage et de réorganisation intellectuelle » (1990, p.141). Au sein de ce processus de 'bricolage', il appert qu'il y a dualité entre deux tendances antinomiques, soit la stabilité versus la plasticité ; il existe en effet un mouvement oscillatoire entre l'état stable provisoirement satisfaisant et l'effervescence d'une restructuration dynamique.

Ainsi, non seulement le chercheur élabore-t-il le modèle, mais il interagit avec lui. Il en résulte un enrichissement de la réflexion du *modélisateur* ; ce qui n'existait pas auparavant émerge à un niveau supérieur. Le système passe alors d'un état stable à un autre état stable en transitant par un désordre organisateur, révélateur d'un ordre caché. «Ordre et Désordre sont liés dans un mouvement constant de déconstruction / construction, de reproduction / renouvellement.» (Balandier, 1994, p.23). Nous l'avons dit: le modèle ne sera jamais achevé mais, au contraire, toujours perfectible. En ce sens, le *modélisateur* cherchera indéfiniment à réduire l'écart entre le simulacre et le réel observé, dans un processus d'autocritique convergeant vers un modèle de plus en plus perfectionné (Moles, 1990).

Telle la courbe s'approchant de l'asymptote sans jamais la rencontrer, le *modélisateur* n'arrivera jamais à expliciter de façon rigoureuse le phénomène observé²⁷⁰. Bien que le modèle soit sensé constituer une représentation 'explicative', il faut demeurer conscient du fait qu'il existe une différence fondamentale entre modélisation et simplification :

« On dit parfois qu'un modèle est une représentation simplifiée d'un système. Ceci suppose que l'on possède une représentation parfaite et complète du système. Or, un tel modèle 'universel', qui fixerait définitivement toutes les propriétés d'un système réel est inaccessible.»
(Walliser, 1977, p.123)

La représentation parfaite et universelle du système est effectivement utopique, à tout le moins selon le paradigme constructiviste. En conséquence, le *modélisateur* ne cherche pas à procéder à une énumération exhaustive des éléments du système et des liens les unissant, ce qui aurait pour effet de 'fermer' le modèle. Il cherche, au contraire, à maintenir le modèle 'ouvert' par le biais de questions génératrices d'intelligibilité, qui n'exclut pas les sens possibles qu'il pourra ultérieurement reconnaître au phénomène observé. En ce sens, le *modélisateur* ne prétend ni à l'*exhaustivité*, ni à l'*universalité*²⁷¹.

4.7.2 La modélisation dans le domaine de l'architecture

Dans le domaine de l'architecture, le vocable 'modèle' peut revêtir diverses significations. Nous n'aborderons pas ici le modèle en tant que référence pour le concepteur

²⁷⁰ Surtout si ledit système est complexe.

²⁷¹ Si l'on se reporte au sujet topique du présent travail de recherche, il est possible d'établir ici un parallèle avec l'impossibilité de fixer définitivement la structure d'un modèle rendant compte d'un système typologique et l'utopie de prétendre à son acceptation 'universelle'.

architectural²⁷². Nous réfléchissons plutôt sur les finalités propres à deux types distincts de modélisation, soit d'une part le modèle géométrique et, d'autre part, le modèle au sens générique du terme, en tant que mise en relation d'éléments symboliques.

4.7.2.1 Le modèle géométrique : de la description à la génération

La notion de modèle géométrique repose sur un élargissement de la signification du vocable 'modèle' puisque, contrairement à la définition proposée par Walliser (1977), il y a simplification et complétude, à tout le moins lorsqu'il s'agit de modèles géométriques descriptifs. Nous nous permettons ici une digression dans le but de souligner la distinction existant entre modèle descriptif et modèle génératif.

Le modèle descriptif consiste, comme son nom l'indique, en une description de la morphologie de l'objet architectural. Il s'agit d'un modèle mettant en relation des informations géométriques (sommets, arrêtes, faces, volumes, etc.) et ayant pour mandat de permettre l'élaboration, et éventuellement la manipulation, de représentations d'entités tridimensionnelles. Outil ubiquiste au sein de l'enseignement et de la pratique²⁷³, le modèle numérique est souvent employé pour représenter l'objet architectural sous forme d'une maquette numérique. Celle-ci peut être utilisée à des fins de visualisation puisqu'elle contient les informations permettant de générer de multiples images, à partir d'un même assemblage de primitives géométriques²⁷⁴.

Le modèle génératif, quant à lui, permet la génération de diverses entités que l'on pourrait qualifier d'inédites. La revue de littérature effectuée au chapitre 2 nous a amenés à

²⁷² La notion de modèle en tant que référence, entérinant l'appétence du concepteur architectural à émuler ses prédécesseurs, a déjà été abordée dans la section traitant des typologies architecturales.

²⁷³ Depuis une vingtaine d'années.

²⁷⁴ La multiplicité des images découle de la possibilité de faire varier le point de vu de l'observateur ainsi que l'ouverture du cône de vision.

constater que nombre de chercheurs en CAO tentent de transcender les limitations inhérentes au mandat des logiciels commerciaux, et incidemment au modèle géométrique descriptif. En développant des programmes informatiques qui permettent d'aller au-delà de la description des caractéristiques géométriques d'une entité spécifique, ils élaborent des modèles dont le mandat n'est pas de contenir la description d'une solution architecturale unique et achevée, mais plutôt la logique de composition pouvant potentiellement générer un ensemble d'alternatives possibles. Ces modèles génératifs sont aptes à produire diverses variantes basées sur un même raisonnement algorithmique²⁷⁵. Puisqu'ils produisent les représentations de multiples cas de figure, ils peuvent généralement être utilisés à des fins d'exploration²⁷⁶.

Le modèle géométrique, qu'il soit limité à être descriptif ou qu'il soit génératif, permet à l'utilisateur d'avoir recours à la simulation. Dans le cas du modèle descriptif, on déplace la position de l'observateur, de façon à générer des représentations de l'entité tridimensionnelle perçue à partir de différents points de vue. Dans le cas du modèle génératif, l'action de l'utilisateur a pour effet de générer diverses solutions architecturales alternatives.

Dans un cas comme dans l'autre, la simulation donne accès à des collections d'images ayant entre elles une certaine filiation, ce qui peut potentiellement constituer une plus-value dans le processus de développement des habiletés cognitives de l'utilisateur. En effet, le modèle descriptif est susceptible de contribuer à enrichir la compréhension qu'a l'individu de la morphologie de l'entité géométrique représentée, tandis que le modèle génératif peut éventuellement stimuler l'imagination de l'utilisateur.

²⁷⁵ Ces variantes peuvent soit être le fruit de l'assignation aléatoire des diverses caractéristiques de l'entité, soit résulter du feed-back produit en réponse aux actions posées par l'utilisateur.

On ignore cependant jusqu'à quel point il y a effectivement impact sur les habiletés cognitives de l'individu puisque les représentations peuvent constituer des collections d'images dépourvues de lien rationnel. Dans la mesure où elles sont générées par le système et affichées à l'écran sans qu'il n'y ait formalisation des relations existant entre elles, on peut difficilement évaluer l'aptitude de l'individu à établir des connexions significatives entre les images qui lui sont présentées. Face à une consécution d'images, il arrive que l'utilisateur ne parvienne pas à aller au-delà de la forme perceptive, le processus d'abstraction s'arrêtant ainsi à mi-chemin entre empirique et conceptuel (Linard, 2001).

Or, pour qu'il y ait enrichissement des habiletés cognitives de l'individu, il est essentiel que le processus d'abstraction soit mené à bien. Dans le cas du modèle descriptif, l'observateur, pour être en mesure d'appréhender la morphologie de l'entité géométrique dans son entièreté, doit arriver à se figurer les positions relatives à partir desquelles les points de vue sont captés. Dans le cas du modèle génératif, l'utilisateur doit comprendre quels paramètres varient (et de quelles façons) afin d'être ultérieurement en mesure d'amalgamer plusieurs solutions, et ainsi d'en développer une qui lui convienne.

Comme le constate Lakroum (1998), une image n'a de sens que par rapport à d'autres images du même type. Au plan de la cognition, aussi bien l'accès à des collections d'informations que la consécution d'images peut s'avérer superfétatoire dans la mesure où les liens existant entre elles ne sont pas formalisés et où l'individu n'arrive pas à appréhender la structure du système qu'elles forment. En somme, pour que la simulation impliquant un modèle géométrique contribue à l'enrichissement de l'univers cognitif de l'utilisateur, l'individu doit arriver à élaborer une représentation mentale claire de la filiation existant entre les diverses images qui lui sont présentées.

²⁷⁶ Par exemple, pour le développement itératif de solutions architecturales basées sur une logique de conception. Voir, à titre exemplatif, les travaux des chercheurs cités à la section 2.2.2.

4.7.2.2 Le modèle symbolique

Les modèles symboliques, quant à eux, sont essentiellement élaborés par les théoriciens; ils mettent en relation des symboles, dans le but de contribuer à la compréhension de systèmes, de processus ou de phénomènes. Les modèles théoriques ne sont bien évidemment pas donnés, mais plutôt construits. Comme nous l'avons vu précédemment, leur mandat va au-delà de la formalisation; ils constituent un apport à la construction et à la diffusion des connaissances. Leur rôle dans le processus de construction des savoirs découle du fait qu'ils sont élaborés progressivement, de façon itérative, à mesure que le *modélisateur* déploie son raisonnement. Leur mandat dans le cadre d'un processus de diffusion de la connaissance est de constituer une schématisation de la pensée du chercheur. Ainsi, leur fonction est d'amener l'apprenant à appréhender les liens proposés par le modélisateur entre les divers concepts.

Dans le domaine de l'architecture, les théoriciens ont parfois recours à la forme graphique pour véhiculer leurs idées. Par exemple²⁷⁷, Friedman (1971) présente une esquisse pour représenter le circuit des informations échangées entre le planificateur du bâtiment et l'utilisateur, tandis que Farel (1991) propose un modèle du processus de conception architecturale. Boudon (1992), quant à lui, développe un modèle schématisant l'organisation de la représentation architecturale. L'historien peut, lui aussi, avoir recours à des représentations schématiques pour formaliser son raisonnement. Par exemple, Tanase (1991) présente une esquisse pour figurer l'évolution de la division parcellaire dans une région donnée.

Il est clair que les modèles développés par les théoriciens et historiens doivent être intelligibles par l'esprit humain non seulement pour celui qui les élabore, mais également

²⁷⁷ Tous les modèles cités dans ce paragraphe sont reproduits à l'annexe D.

pour celui qui les considère. Or, il est difficile d'évaluer dans quelle mesure ces modèles contribuent de façon effective à la compréhension de l'interlocuteur. Lorsque l'appellation des concepts – ou composantes du modèle – ne fait pas référence à des notions déjà acquises par l'interlocuteur, et lorsque le mode de formalisation²⁷⁸ ne cadre pas avec les stratégies cognitives dont dispose l'apprenant, il peut parfois arriver que le modèle apparaisse comme étant relativement obscur, voire hermétique²⁷⁹. L'accent est mis essentiellement sur les liens proposés entre les entités conceptuelles, alors que l'on ignore dans quelle mesure l'individu est apte à saisir la nature même de ces symboles. En ce sens, la contingence du développement des habiletés cognitives de l'interlocuteur est fortement liée à la nature et à l'ampleur de son bagage de connaissances.

Il est dès lors impératif de prendre en considération le clivage pouvant exister entre la base de connaissances du théoricien (ou de l'historien) et celle de l'apprenant, ce décalage pouvant atteindre des proportions non négligeables lorsque l'apprenant est un néophyte dans le domaine concerné. Comme nous l'avons constaté dans la section portant sur la difficulté d'apprendre²⁸⁰, l'apprenant ne peut appréhender d'emblée le modèle qui lui est proposé; dès lors, il peut advenir qu'il soit nécessaire de lui fournir des outils lui permettant d'en faire une lecture adéquate.

Au cours de la prochaine sous-section, nous mettrons en relation les carences latentes du modèle géométrique et celles du modèle symbolique. Nous serons amenés à réfléchir sur les liens de réciprocité pouvant unir, l'un à l'autre, ces deux types de modèles, dans l'optique de potentialiser le processus de diffusion de la connaissance.

²⁷⁸ Il peut s'agir de représentations graphiques, mathématiques, verbales, etc.

²⁷⁹ À titre exemplatif, voir les modèles reproduits à l'annexe E.

²⁸⁰ Sous-section 4.2.3.

4.7.3 Une éventuelle complémentarité entre modèles symboliques et modèles géométriques

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous intéressons à l'utilité que pourrait revêtir le modèle symbolique pour la construction, la formalisation et la diffusion de connaissances développées par le *typologue*. Comme nous l'avons vu, celui-ci élabore un (ou des) modèle(s) pour rendre compte du sens qu'il fait émerger à partir de l'étude d'un corpus formé d'éléments architecturaux appartenant à une même famille.

Dans les ouvrages rendant compte de la résultante de démarches typologiques, il s'agit la plupart du temps de modèles implicites. Or, il nous apparaît qu'il pourrait s'avérer intéressant de chercher à formaliser ces modèles, c'est-à-dire à mettre en relation les symboles représentant les concepts ayant permis au *typologue* de structurer sa pensée.

La finalité d'un modèle symbolique formalisant la signification proposée par un *typologue* ne serait pas de contribuer uniquement à la construction d'une image mentale des liens existant entre des concepts ou des symboles que l'on pourrait qualifier d'abscons. Dans le cadre d'un processus de diffusion des résultats provisoires découlant d'une démarche typologique, il s'agit principalement d'amener l'interlocuteur à établir des liens entre des éléments dont la spatialité est fondamentale, en l'occurrence les spécimens appartenant au corpus.

En effet, lorsque le sujet d'étude est lié au domaine du patrimoine bâti, la prise en compte de la morphologie des entités dont il est question apparaît comme étant essentielle. Dans la mesure où l'on cherche à enrichir la compréhension qu'aura l'interlocuteur de l'interprétation qui a été faite d'un corpus, une mise en relation entre symboles et représentations apparaît comme étant indispensable. En ce sens, nous porterons notre

intérêt sur la possibilité de documenter un modèle symbolique à l'aide de modèles géométriques génératifs²⁸¹.

Notre réflexion s'orientera donc d'une part vers le recours au modèle symbolique pour amener l'apprenant à appréhender les liens proposés entre les entités conceptuelles manipulées par le *typologue*, soit les facteurs de classification et les regroupements. Elle portera d'autre part sur le recours au modèle génératif en tant qu'outil de simulation pour amener l'apprenant à établir des liens significatifs entre de multiples représentations illustrant les cas de figure appartenant au corpus. La génération de formes perceptives peut s'avérer utile dans la mesure où l'interlocuteur n'est pas familier avec la morphologie des spécimens appartenant au corpus.

En somme, nous réfléchissons à la complémentarité pouvant exister entre modèle symbolique et système génératif durant un processus de reconstruction de la connaissance élaborée par le *typologue*. Comme nous le verrons au cours du chapitre 5, cette éventuelle réciprocité ferait hypothétiquement en sorte que le modèle symbolique contribue à l'établissement de connections significatives entre les images et que, inversement, le système génératif contribue à l'établissement de connections significatives entre les entités symboliques.

4.7.4 Systèmes typologiques

De prime abord, un corpus d'artéfacts constitue le reflet d'une réalité polymorphe. Au moment d'initier la démarche typologique, il apparaît au chercheur comme étant un ensemble d'éléments disjonctifs. Face à la masse confuse du réel, le *typologue* cherche à proposer des liens entre les spécimens, afin d'arriver à une organisation qui le satisfasse. Comme nous l'avons constaté à la section 4.5.4.2 (portant sur la systématisation des

²⁸¹ Nous y reviendrons au cinquième chapitre, dans lequel nous énonçons notre hypothèse.

facteurs de classification), l'ensemble se transforme progressivement pour devenir un système, c'est-à-dire un groupe d'éléments en interaction dans lequel la totalité organisée est plus riche que la somme de ses composantes. Le *typologue* œuvre à définir des liens entre les éléments du corpus et à établir, de façon non équivoque, les bases sur lesquelles il entend regrouper ces derniers. Pour explorer des pistes de réponse aux questions qu'il soulève, le chercheur doit d'une part identifier les facteurs de classification qu'il privilégiera et, d'autre part, les relier entre eux.

L'appartenance à un type est ainsi définie par des propriétés communes à tous les individus, des propriétés toujours exclues et des propriétés distribuées de façon plus ou moins aléatoire. Le type se définit alors comme un micro-système doté de ses lois propres au sein du corpus (Deloche, 1991). Cette modélisation des pré-requis conditionnant l'appartenance à un type – telle que conceptualisée par le chercheur – constitue un premier niveau relationnel entre divers spécimens. En considérant ici que chaque type constitue un micro-système, il faut garder en mémoire que ce sont les interconnexions entre ces micro-systèmes qui constituent la typologie dans son ensemble.

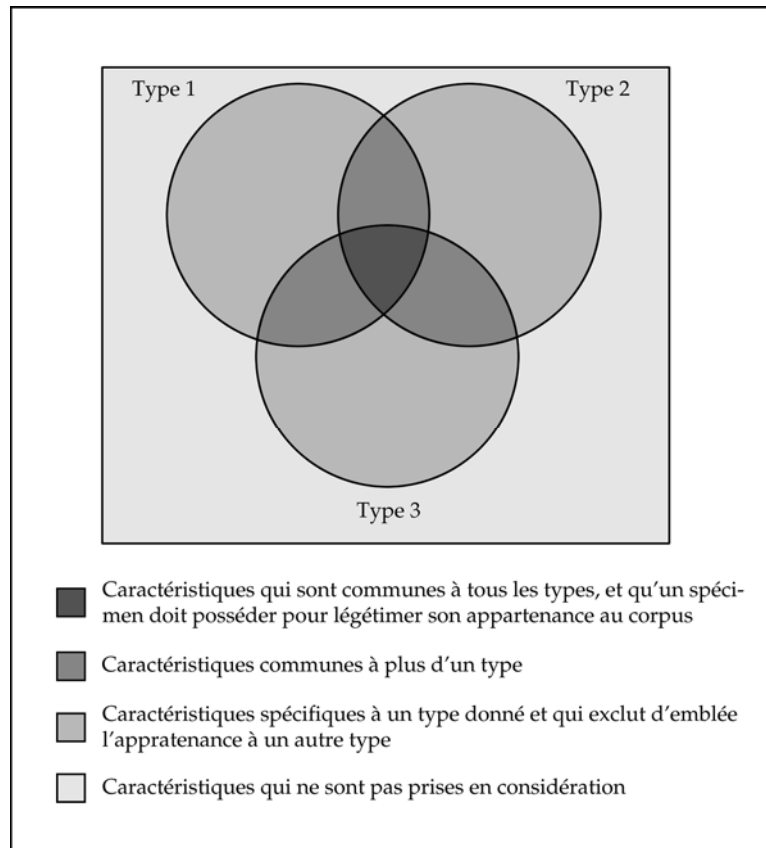


Figure 2. *Diagramme schématisant les interrelations entre les facteurs de classification.*

Les divers facteurs qui sont pris en considération pour effectuer des regroupements ne sont pas indépendants les uns des autres, mais bien interconnectés. On se trouve ici en présence de sous-ensembles de facteurs reliés entre eux de diverses façons. Il nous apparaît qu'un modèle symbolique peut être à même de formaliser, sous forme schématique, ces relations entre les facteurs pris en considération pour effectuer les regroupements. Le corpus est ici considéré comme un système 'réel', tandis que la typologie élaborée par le chercheur en constitue le modèle 'explicatif'. Dans ce contexte, la modélisation du système consisterait à élaborer un modèle formalisant les liens proposés entre les facteurs de classification, ce qui pourrait éventuellement avoir pour effet à la fois de stimuler l'intellect du chercheur, et d'enrichir la compréhension de l'apprenant.

De quelles façons est-il possible de modéliser un tel système? Notre réflexion portera ici sur deux types de stratégie – ou de raisonnement – auxquels le *typologue* peut recourir dans l’optique d’identifier des facteurs de classification et de les mettre en relation; il s’agit soit d’organiser entre elles des entités (telles que les attributs intrinsèques et extrinsèques)²⁸², soit d’articuler entre elles des actions²⁸³.

4.7.4.1 Modélisation impliquant des entités

Dans nombre de cas, le *typologue* cherche à effectuer des regroupements au sein du corpus en fonctions d’attributs intrinsèques (relatifs à la morphologie des spécimens) et d’attributs extrinsèques (indicatifs spatiaux-temporels) caractérisant les divers objets architecturaux à l’étude. Dans ce contexte, la typologie qu’il élabore peut être basée sur un système mettant en relation les entités conceptuelles que sont les attributs.

Par exemple, les attributs extrinsèques peuvent servir à la discrimination des attributs intrinsèques. L’attribut extrinsèque (par exemple, attribut de lieu ou de temps) peut fournir le critère de pertinence des catégories d’information; dans ce cas, le *typologue* cherchera à déterminer si, par exemple, si un aspect donné constitue un indice différenciateur entre différentes périodes. Il est ainsi possible de représenter schématiquement la mise en relation d’attributs intrinsèques (la présence de composantes) avec un attribut extrinsèque (la période historique).

²⁸² Comme nous l’avons établi dans la sous-section 4.5.4 portant sur la méthodologie de la démarche typologique.

²⁸³ L’action se résumant essentiellement à une décision, tel qu’établi dans la sous-section 4.6.5 portant sur l’étude d’un savoir-faire par le biais de la démarche typologique.

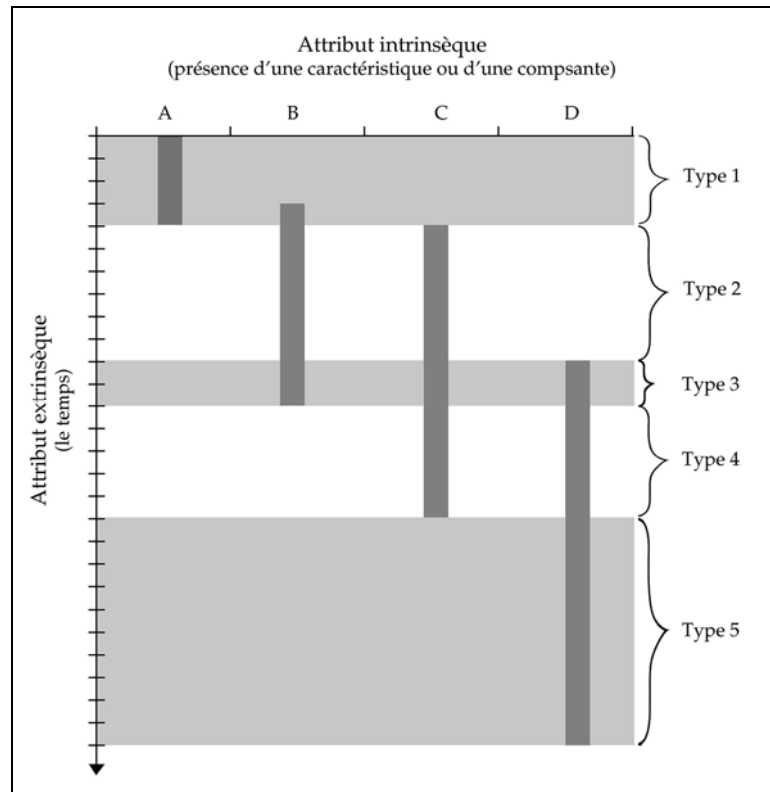


Figure 3. *Modèle symbolique illustrant de possibles relations entre attributs intrinsèques et attributs extrinsèques.*

Puisque les attributs dont il est ici question ne constituent jamais un ensemble disjonctif, le chercheur doit nécessairement déterminer quelles relations il propose entre ces entités, afin d'assurer la cohérence de la typologie qu'il élabore. Dans bien des cas, le *typologue* ne cherchera pas à formaliser graphiquement ces interrelations; il décrira plutôt le système en ponctuant le texte d'illustrations exemplifiant les liens proposés, de sorte qu'il s'agira souvent d'un modèle implicite. On peut cependant présumer qu'il serait possible, voir bénéfique, de l'explicitier. En effet, une représentation de ces relations sous

forme schématique pourrait constituer un outil contribuant, dans certains cas, à l'enrichissement de la compréhension de l'interlocuteur²⁸⁴.

4.7.4.2 Modélisation impliquant des actions

Comme nous l'avons vu à la section traitant de l'étude des savoir-faire par le biais de la démarche typologique, une autre stratégie à laquelle peut recourir le *typologue* est la mise en relation d'actions. Nous nous permettons ici une digression afin de spécifier dans quelle mesure, et dans quels contextes, le *typologue* peut avoir recours à ce type d'approche pour rendre compte de l'interprétation qu'il fait du corpus. Nous établirons deux distinctions : d'une part celle existant entre problèmes dits 'mal définis' et ceux dits 'bien définis', et d'autre part celle existant entre modélisation a priori et modélisation a posteriori.

Un problème est dit 'mal défini' lorsque les objectifs et les contraintes ne sont pas clairement – ni entièrement – définis dès le départ; une large part de l'activité impliquée par le processus de résolution consiste alors à définir et redéfinir le problème (Rowe, 1987). Dans ce cas, puisqu'il s'agit d'un problème dont la formulation n'est pas définitive, le sujet cogitant qui cherche à le résoudre soulèvera périodiquement des questions additionnelles qui conduiront à une *re-formulation* continue du problème et incidemment à une re-délimitation de ce que Chien et Flemming (1997) appellent le *problem space*. Tel est le cas par exemple pour un processus de conception architecturale menant à l'élaboration d'un bâtiment. Il s'agit là d'un processus cyclique dans lequel la recherche de solutions conduit périodiquement à une redéfinition des spécifications du problème (Janssen et coll., 2002).

Les problèmes dits 'bien définis', quant à eux, sont décrits par Newell et ses collaborateurs (1967) de la façon suivante: « Well defined problems are those for which the

²⁸⁴ Nous reviendrons, au chapitre 5, sur les possibilités de rendre interactif ce modèle symbolique.

ends, or goals, are already prescribed and apparent. » (p.70). Il s'agit de problèmes formulés de façon exhaustive, qui ont été en quelque sorte 'domptés' ou 'apprivoisés' (Rittel, 1972). Dans une société traditionnelle, en fonction des techniques et matériaux disponibles, nous considérerons que l'élaboration d'un artefact, constituant une des composantes d'un bâtiment, peut être assimilée à un problème bien défini²⁸⁵. En effet, le problème est considéré comme étant circonscrit et ne sera pas appelé à être reformulé de façon itérative, dans la mesure où l'on prend pour acquis l'existence d'un nombre fini de techniques et de matériaux disponibles et le fait que les autres composantes du bâtiment ne subiront pas de modifications.

Dans le cas d'une démarche typologique impliquant des artefacts qui sont le fruit d'un savoir-faire artisanal, le chercheur peut considérer que le corpus est constitué d'un éventail d'alternatives solutionnant de diverses façons un problème bien défini. Cet ensemble, qui rassemble un nombre fini de solutions, ne regroupe assurément pas toutes les solutions pouvant être élaborées par l'esprit humain, mais le *typologue* choisit, de façon délibérée, de travailler sur cette sélection qui constitue une portion du réel.

En ce qui a trait à la distinction entre modélisation de processus de conception *a priori* versus *a posteriori*, reportons-nous aux définitions proposées par Boudon (2002). Dans le premier cas, il s'agirait de modéliser la démarche conduisant à concevoir des entités qui n'existent pas encore et qui, par conséquent, ne peuvent pas être analysées. En ce sens, la modélisation *a priori* revient à tenter de modéliser la résolution d'un problème mal défini²⁸⁶. Dans le deuxième cas, la modélisation *a posteriori* repose sur l'analyse de

²⁸⁵ Par exemple, couvrir un espace donné (le problème de la toiture), relier deux niveaux du bâtiment (le problème de l'escalier), combler partiellement une ouverture pour assurer une protection contre les intempéries tout en laissant filtrer le jour (le problème de la baie).

²⁸⁶ Schön nous met d'ailleurs en garde contre la difficulté – voire la quasi impossibilité – à modéliser *a priori* un processus de conception en raison de sa complexité. « There are more variables – kinds of possible moves,

quelque chose qui nous est d'abord donné pour en déduire le processus d'élaboration. Étant donné que, dans le cadre du présent travail de recherche, la réflexion du *typologue* porte sur des éléments patrimoniaux existants, il lui est loisible de procéder à une modélisation *a posteriori* de la logique de conception, puisque la résultante du processus d'élaboration est disponible et analysable.

Lorsque le *typologue* s'intéresse à des collections d'artefacts clairement délimitées, et dans la mesure où les spécimens appartenant au corpus sont des éléments architecturaux répondant de diverses façons à un problème de conception bien défini²⁸⁷, il est possible pour le chercheur de recourir à la modélisation d'actions pour formaliser un système typologique. Dans ce cas, le chercheur tente de se substituer à l'artisan, pour expliciter la logique de conception des éléments du corpus, ce qui peut, d'après Panerai (1979), être légitime lorsque l'on est en face d'une production bien caractérisée, circonscrite historiquement ou géographiquement.

Pour définir les types, le chercheur peut ainsi choisir d'identifier les similitudes et différences au niveau de la logique de composition des divers artefacts constituant le corpus. Dans ce cas, sa tâche consiste à émettre des hypothèses quant à la nature des différentes décisions impliquées, et quant à la façon dont elles sont interconnectées. Ce

norms and interrelationships of these – than can be represented in a finite model. » (1983, p. 79). C'est pour cette raison que nous ne nous intéresserons pas à la modélisation *a priori*. Le recours à des moyens informatiques pour la résolution de problèmes dits 'mal définis' et la modélisation *a priori* du processus de conception sont des questions que nous n'aborderons pas ici. Bien qu'elles soient extrêmement riches de potentiel sur le plan de l'avancement des connaissances, elles dépassent néanmoins le cadre du présent travail de recherche.

²⁸⁷ Ce qui, notons-le, exclut d'emblée toute typologie impliquant des bâtiments ou des aménagements urbains.

processus réflexif conduit à la modélisation des séquences de décisions à la base de la logique de conception des éléments du corpus²⁸⁸.

Ce type d'approche est susceptible d'amener le chercheur à ne pas se restreindre à l'observation de la résultante d'un processus de conception, mais à entamer une réflexion portant sur les actions posées dans le cadre de celui-ci. Comme le fait remarquer Tidafi (1996), un des principaux avantages de la modélisation d'actions est de disposer d'une description hypothétique de la façon dont le résultat du processus de conception a été obtenu. Ainsi, une solution architecturale (ou un ensemble de solutions) peut être appréciée d'un point de vue tant méthodologique que visuel.

Dans cette reconstitution conjecturale du processus de conception ayant conduit à l'élaboration des divers artefacts, chaque action (ou décision) identifiée a des répercussions sur les actions subséquentes et sur les alternatives ultérieurement envisageables. Ainsi, le modèle peut être schématisé sous forme d'une arborescence. Pour identifier les types, le chercheur procède alors par regroupement de séquences de décisions à l'intérieur de la structure arborescente.

²⁸⁸ L'établissement de cette logique revient, comme nous l'avons dit plus haut, à procéder à la modélisation *a posteriori* de processus de conception visant à apporter des solutions architecturales à un problème de conception bien défini.

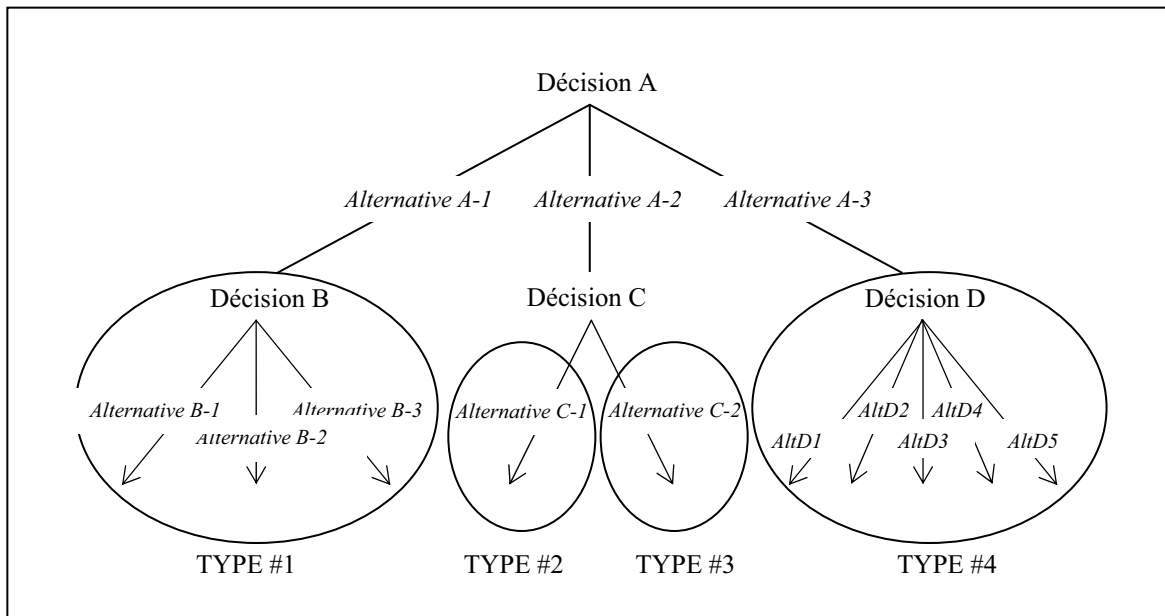


Figure 4. *Modèle symbolique illustrant le regroupement de séquences de décisions au sein d'une structure arborescente.*

En somme, dans les deux cas, soit le modèle mettant en relation des entités et le modèle mettant en relation des actions, le *typologue* a recours à la modélisation en tant qu'outil l'aidant à structurer sa pensée et contribuant à l'enrichissement de la compréhension de l'interlocuteur. Il s'agit pour lui de communiquer son raisonnement en formalisant les prémisses sur lesquels il se base pour départager le corpus en différents types. Le modèle permet ainsi au *typologue* de définir l'orientation de sa pensée et d'explicitier ses postulats.

Ce processus de modélisation est basé sur une heuristique. Comme nous l'avons vu précédemment, le modèle élaboré sera périodiquement remis en question de façon itérative puisque les postulats établis par le chercheur seront appelés à évoluer au fil de sa démarche réflexive. Le modèle émergera graduellement dans un mouvement oscillatoire de

construction / déconstruction, l'itinéraire intérieur de l'historien²⁸⁹ étant caractérisé par la complexité.

4.8 La complexité

4.8.1 La notion de complexité

L'existence d'un grand nombre d'entités qui interagissent ensemble caractérise ce que l'on appelle une situation complexe. Au-delà de la quantité d'éléments, cette situation résulte des actions réciproques des uns sur les autres (Clergue, 1997). C'est pourquoi, d'après Bar-Yam (1997), si l'on espère arriver à comprendre un système complexe, il faut résister à la tentation de procéder à son démantèlement.

« Don't take it apart. Since interactions between parts of a complex system are essential to understanding its behaviour, looking at parts by themselves is not sufficient. It is necessary to look at parts in the context of the whole. Similarly, a complex system interacts with its environment, and this environmental influence is important in describing the behaviour of the system. » (p.8)

Pour appréhender le comportement d'un système complexe, il est non seulement essentiel de saisir le fonctionnement de chacune de ses composantes, mais également la façon dont elles interagissent pour constituer le comportement du système dans son ensemble. En conséquence, on peut considérer que l'étude de systèmes complexes est une tâche extrêmement malaisée puisque d'une part nous ne pouvons décrire le tout sans décrire

²⁸⁹ Selon l'expression de Marrou (1973).

chacune de ses composantes et, d'autre part, chaque composante ne doit être décrite qu'en relation avec les autres²⁹⁰.

Il est en outre important d'insister sur le fait que ces multiples rétroactions sont caractérisées par l'imprévisibilité; un système complexe est, par définition, un système manifestant quelque forme d'autonomie. Si ses comportements devaient être complètement dépendants d'interventions extérieures ou exogènes, c'est-à-dire sur lesquels il n'exerce aucun contrôle, il ne serait pas complexe, mais au contraire entièrement prévisible (Le Moigne, 1990).

4.8.2 La complexité des processus de construction et de reconstruction de la connaissance

Portons maintenant notre regard sur les processus qui consistent pour le chercheur en patrimoine à modéliser des systèmes typologiques et, pour l'apprenant, à appréhender ces modèles. Comme nous l'avons établi précédemment, dans le cadre d'un processus de modélisation d'un système typologique par un chercheur, nous considérons que la connaissance est évolutive, qu'elle est construite de façon itérative. D'autre part, nous considérons que l'apprenant, cherchant à appréhender cette structure, établit progressivement des connexions signifiantes entre les composantes du modèle qui est proposé par le chercheur.

Le processus de construction de la connaissance implique de multiples actions de la part du chercheur, telles qu'effectuer des comparaisons, des sélections, des regroupements, etc. Le processus de reconstruction de la connaissance implique, lui aussi, de multiples

²⁹⁰ Par exemple, lorsque l'on cherche à comprendre des systèmes complexes, tels que les interactions au sein d'un gouvernement, le comportement d'un être humain, le climat, etc.

actions, cette fois de la part de l'apprenant, telles qu'accéder à des informations, les trier, les mettre en relation entre elles et avec le bagage déjà acquis, etc.

Il appert que, dans les deux cas, nous avons affaire à des processus complexes. Pour appuyer cette assertion, reportons-nous à la caractérisation de la complexité telle que proposée par LeMoigne (1990)²⁹¹ et statuant sur le fait que le système complexe manifeste, par définition, une certaine forme d'autonomie engendrant un facteur d'imprévisibilité. Lorsque le système n'est ni autonome, ni imprévisible, il est considéré comme n'étant pas complexe, mais compliqué; tel serait le cas pour un automate programmé, son programme définissant exhaustivement tous ses comportements.

Or, ni le chercheur ni l'apprenant ne sont des automates. Nous nous trouvons donc ici en présence de deux processus complexes complémentaires; il y a d'une part l'autonomie du processus de construction de la connaissance par le chercheur et, d'autre part, l'autonomie du processus de reconstruction de la connaissance par l'apprenant. Il est permis de statuer sur la complexité de ces processus puisque, dans chacun des deux cas, on tient pour certain l'imprévisibilité potentielle de leurs comportements. En effet, on ne peut prévoir ni les agissements du chercheur, ni les réactions de l'apprenant, l'itinéraire intérieur du *typologue*, de même que la résultante du processus cognitif entrepris par son interlocuteur, étant l'un et l'autre impossible à anticiper.

C'est par le biais d'un processus réflexif que l'historien élabore et remanie de façon itérative la structure du modèle qu'il propose. Dans les interactions entre le chercheur et le phénomène qu'il perçoit, on ne peut savoir a priori quelles orientations prendra la réflexion

²⁹¹ Voir sous-section précédente.

du sujet cogitant²⁹². Ce processus, en l'occurrence l'élaboration d'un système typologique, est indéniablement caractérisé par l'incertitude, par l'imprévisibilité, les dynamismes sur lesquels se fonde cette démarche étant instables et les postulats qui structurent le modèle souvent fugitifs (Clergue, 1997).

Le processus de reconstruction de la connaissance par l'apprenant est, lui aussi, caractérisé par l'imprévisibilité. En effet, il est impossible d'identifier a priori les mécanismes cognitifs qui seront mobilisés par l'individu, chacun assimilant l'information selon un rythme et une séquence lui étant propre, et en fonction de la nature et de l'ampleur du bagage déjà acquis. En outre, comme nous l'avons constaté dans la section traitant de la difficulté d'apprendre, il existe un élément d'incertitude puisqu'il y a contingence de l'acquisition effective de la connaissance par l'apprenant.

La complexité, en tant que phénomène ou processus imprédictible, naît d'une vaste accumulation de causes variées et interconnectées qui rendrait vain, ou à tout le moins extrêmement ténu, tout espoir de retracer leurs enchaînements et rétroactions, dans le but d'expliquer les effets produits. C'est la raison pour laquelle nous n'aborderons pas ici la modélisation des processus de construction et de reconstruction de la connaissance.

La modélisation de ces deux systèmes complexes, bien que d'un intérêt évident, dépasse le cadre de notre étude. En outre, si nous prenions le parti d'amorcer une démarche visant à modéliser ces deux systèmes complexes, il est probable que l'ampleur de la tâche à accomplir nous contraindrait à porter notre attention prioritairement sur l'un, au détriment de l'autre. Or, notre objectif est de conserver une vision holistique du phénomène

²⁹² Et ce, qu'il s'agisse de l'itération définition / redéfinition du corpus, du choix des facteurs de classification, de l'itération interprétation / ré-interprétation des possibles regroupements au sein du corpus, ou encore de la résolution des cas atypiques.

d'élaboration / diffusion des systèmes typologiques, tout en précisant notre axe de questionnement dans le but de mieux l'approfondir.

Ainsi, plutôt que de porter notre attention sur la modélisation des deux systèmes complexes dont il a été question plus haut, nous nous intéresserons aux possibilités de mettre à contribution des technologies numériques pour élaborer un point d'arrimage entre ceux-ci. Nous examinerons la faisabilité d'un tel projet, en l'occurrence la constitution d'environnements numériques, agissant à titre d'outil de simulation, qui servent d'articulation entre les processus de construction et de reconstruction de la connaissance relative aux typologies architecturales.

En somme, nous examinerons les possibilités de transposer, par des moyens informatiques, un modèle formalisant le système typologique proposé par le chercheur à différents instants de sa démarche réflexive. Ce modèle évolutif aura pour mandat de figurer l'interprétation que le chercheur fait du corpus à l'étude et de la communiquer à l'apprenant. Notre intérêt portera prioritairement sur la plasticité potentielle de tels modèles, ainsi que sur celle des environnements numériques qui en seront le réceptacle.

4.8.3 La modélisation provisoirement fermée d'un système non-complexe

Dans le cadre de la présente sous-section, nous chercherons à caractériser le modèle servant de point d'arrimage entre les processus complexes de construction et de reconstruction de la connaissance. Bien que sa fonction se situe à la jonction de deux systèmes d'actions complexes, nous assumons que ce modèle n'est pas lui-même caractérisé par la complexité.

Comme nous l'avons vu précédemment²⁹³, les relations qu'entretiennent les facteurs de classification constituent par définition un système dynamique; elles évoluent dans le temps. Le chercheur maintient le modèle 'ouvert' par le biais de questions génératrices de sens. Or, il est indéniable que le système cesse périodiquement d'être dynamique en différents moments de la démarche typologique, ne serait-ce que durant les temps d'arrêt que prend l'individu pour considérer les résultats provisoires auxquels il est arrivé. Ainsi, nous assumons, qu'en un temps T de la démarche du *typologue*, la structure du système peut temporairement être traduite par un modèle 'fermé'.

Puisque le corpus est constitué d'un ensemble fini d'éléments, dans le cas où le *typologue* opte pour la modélisation impliquant des entités, nous prenons pour acquis qu'il considère un nombre déterminé d'attributs. Bien qu'il existe potentiellement une infinité de facteurs de classification possibles, ceux qui contribuent à structurer la pensée du chercheur en un moment donné de sa démarche réflexive constituent nécessairement un ensemble fermé. Entre ces attributs, des relations sont établies par le *modélisateur* de façon non équivoque. Par ailleurs, dans le cas où ce dernier opte pour une modélisation impliquant des actions, nous considérons, comme nous l'avons établi précédemment²⁹⁴, que la logique de conception repose sur un nombre fini d'options. Bien que l'artisan ait potentiellement eu le loisir de prendre une infinité de décisions, celles qui sont à la base de l'élaboration des membres d'un corpus donné constituent temporairement un ensemble fermé.

Dans les deux cas, il y a un nombre déterminé de relations à l'intérieur d'un ensemble fini d'éléments, et ce, qu'il s'agisse d'entités ou d'actions. La typologie proposée par le chercheur, à un moment déterminé de sa démarche, constitue donc un système qui est

²⁹³ À la section 4.5, portant sur les typologies architecturales.

²⁹⁴ À la sous-section 4.6.5, portant sur l'étude des savoir-faire par le biais de la démarche typologique.

non complexe. La prévisibilité de ce système implique que l'on puisse le représenter par un modèle fermé qui pourra ultérieurement être démantelé en vue de l'expliquer.

Lorsque le *typologue* interrompt provisoirement son processus réflexif et ne formule plus de nouvelles questions génératrices de sens, il en résulte une fermeture temporaire du modèle. Cette pause nous offre l'occasion de capter son interprétation, comme si nous arrivions à suspendre le temps, l'espace d'un moment, afin de prendre un instantané de ce modèle temporairement fermé. Il s'agit en quelque sorte de 'fixer sur pellicule' le résultat provisoire du processus réflexif du *typologue*, le temps d'en assurer la diffusion. Le fait qu'il s'agisse d'un système non-complexe entièrement prévisible (étant donné qu'il ne procède à aucun échange avec l'extérieur) implique la possibilité d'avoir recours à l'algorithme pour le formaliser.

4.8.4 Le raisonnement heuristique et le raisonnement algorithmique

L'articulation, par des moyens informatiques, entre les processus de construction et de reconstruction de la connaissance permet la combinaison de deux types de raisonnements, soit les raisonnements heuristique et algorithmique. Lorsque le chercheur tente d'élaborer la connaissance, et lorsque l'apprenant cherche à avoir accès à ce savoir, il s'agit dans les deux cas de systèmes complexes basés sur l'heuristique. Comme nous l'avons vu précédemment²⁹⁵, l'heuristique réside dans le geste tâtonnant de celui qui cherche à façonner ou à appréhender la connaissance. Elle est constituée, d'une part, par la boucle des actions / réactions affectant réciproquement le modèle et le chercheur et, d'autre part, par la multiplicité des procédures permettant potentiellement à l'apprenant de reconstituer la structure du modèle proposé par le chercheur.

²⁹⁵ À la section 4.2, portant sur la cognition.

Entre ces deux processus basés sur des raisonnements heuristiques, nous réfléchissons à la possibilité d'avoir recours à des environnements numériques pour implémenter une articulation qui, elle, pourrait être basée sur un raisonnement algorithmique. C'est, comme nous l'avons établi à la sous-section précédente, la non-complexité du système typologique – en un temps T de la démarche du chercheur – qui rend envisageable le recours à l'algorithme.

Dans un langage informatique (et incidemment dans un algorithme), la complexité est nulle par définition puisque aucune ambiguïté n'est tolérée dans les instructions. Tel que défini par Le Moigne (1990),

« un algorithme est un raisonnement formalisé de résolution de problème (représentable par une computation connue) dont on a au préalable démontré formellement la convergence, donc dont on tient pour certain qu'il conduira à la détermination de la solution du problème. » (p.133)

Le recours à l'algorithme rend possible l'implémentation d'outils de simulation; il permet de 'computer' et de générer la représentation des divers cas de figure à l'étude. Pour chacun de ceux-ci, l'algorithme de résolution permet de figurer la morphologie de l'entité tridimensionnelle et de mettre à la disposition de l'apprenant la représentation (virtuelle ou matérielle) des divers spécimens appartenant au corpus.

Le recours au raisonnement algorithmique peut impliquer un certain déterminisme, pourrait-on arguer. Pour que l'application d'une séquence d'opérations prédéfinie soit effective, tous les cheminements possibles doivent avoir été préétablis par le programmeur. Celui-ci doit avoir envisagé a priori toutes les situations possibles dans l'univers du problème qui lui est posé et la manière d'y faire face (Clerget, 1991).

Or, dans le cas qui nous occupe, le déterminisme impliqué par le recours à l'algorithme ne repose pas sur une assise immuable. En raison de la posture constructiviste que nous avons adoptée, nous assumons que l'interprétation du chercheur est en constante

évolution. Il y a donc remise en question du raisonnement, de façon itérative. Bien que le modèle soit provisoirement fermé, le chercheur aura le loisir de poursuivre – indéfiniment – le processus réflexif et de procéder au remaniement de la structure du modèle. Il apparaît essentiel d'insister sur la flexibilité de ce dernier, sur sa capacité régénératrice. Comme le constate Lévy (1990), c'est sur sa plasticité que la pertinence du modèle repose puisqu'il ne s'agit que d'un modèle, entre cent autres possibles, que le chercheur peut monter et démonter relativement aisément.

L'environnement numérique, servant potentiellement de charnière entre les processus de construction et de reconstruction de la connaissance, doit être adaptable à cette évolution régénératrice. Que le chercheur décide de travailler sur un corpus élargi, ou qu'il choisisse de modifier la nature des facteurs de classification et les liens proposés entre ceux-ci, l'articulation précédemment implémentée devient temporairement obsolète.

Dans le même schème de pensées, si l'outil de simulation, faisant office de charnière, est inapte à inciter l'apprenant à amorcer (ou à mener à bien) un processus de reconstruction de la connaissance, s'il ne lui permet pas d'établir des connexions significatives entre symboles et images, si les représentations générées n'ont pas la force expressive nécessaire pour frapper le conscient de l'observateur et lui transmettre un message cohérent et immédiat, là encore l'articulation devient superfétatoire. Ces considérations sur la précarité du rôle de l'outil de simulation dans une démarche d'enrichissement de la compréhension de l'apprenant et de diversification de son expérience nous amène à réfléchir sur la notion d'environnement numérique. Au cours de la prochaine section, nous considérerons les organisations structurantes pouvant être données à un tel environnement, ainsi que les finalités pouvant lui être attribuées, dans le contexte à l'étude.

4.9 Les environnements numériques

« How can a machine made of plastic and silicon be transformed into a 'thinking' partner with whom we can converse? How can we be fooled into believing that we are participating in a meaningful exchange when in fact we are only communicating with numerical values? » (Schubiger, 2005, p.345)

4.9.1 L'environnement numérique en tant que 'mindtool'

L'appellation 'environnement numérique' réfère à un ensemble de fonctionnalités mises à la disposition de l'utilisateur, et structuré de façon à lui permettre de se mouvoir au sein d'un univers de lieux virtuels et d'actions potentielles. Alors que le logiciel a pour finalité de contribuer à l'accomplissement d'une tâche, l'environnement numérique a, quant à lui, pour mandat d'habiliter l'utilisateur à procéder à l'exploration d'un champ de possibilités.

Comme nous l'avons établi précédemment, les environnements numériques dont il est question dans le cadre de nos travaux ont une finalité particulière; ils font office de charnière entre les processus de construction et de reconstruction de la connaissance dans le domaine des typologies architecturales. Ils seront élaborés dans l'optique de permettre l'exploration d'*espaces de simulation*. Cette expression, introduite par Quéau (1986), fait référence à un 'univers' constitué de l'ensemble des simulacres atteignables ou envisageables par la médiation d'un outil de simulation.

Dans un contexte de diffusion de la résultante d'une démarche typologique, l'outil de simulation peut avoir pour mandat d'exemplifier les multiples cas de figure appartenant au corpus. La finalité du processus visant à l'exploration de l'*espace de simulation* sera alors d'enrichir la compréhension d'un éventuel interlocuteur, notre principal objectif étant de

proposer à l'apprenant une façon dynamique et interactive d'appréhender un système typologique.

Comme nous l'avons constaté dans la section portant sur la cognition²⁹⁶, il appert qu'on ne pourrait véritablement comprendre sans agir, l'action étant ici entendue au sens large du terme et impliquant une gamme relativement variée de gestes et de décisions possiblement posées par l'individu: la visualisation, la navigation, l'interrogation, l'expérimentation, la manipulation, la vérification, etc. Ce serait la multiplicité et la complémentarité de ces mécanismes cognitifs qui favoriserait la compréhension de l'apprenant.

Or, l'outil de simulation permet justement d'explorer un environnement numérique par le biais de processus itératifs d'action / réaction dans lequel il y a multiplicité, et éventuellement complémentarité, des 'chemins d'accès' à la connaissance. Il incite l'apprenant à reconstruire activement le savoir nouveau, le processus d'apprentissage étant perçu comme un échange spontané avec l'environnement, comme « un dialogue réglé par le sujet connaissant, maître d'œuvre de ses propres progrès. » (Tabary, 1991, p.99).

Dans la mesure où l'outil numérique requiert de la part de l'utilisateur un processus actif de recherche, de sélection et de mise en relation de l'information, il peut constituer ce que Jonassen (1995; 2000) appelle un *mindtool*. Les *mindtools* (ou outils cognitifs²⁹⁷) ont la capacité non seulement d'amplifier mais également de réorganiser la pensée; ils amènent l'apprenant à interpréter les informations et à établir des connexions entre elles.

« Mindtools are not intended necessarily to make learning easier. Learners do not use mindtools naturally and effortlessly. Rather, mindtools often requires learners to think harder about the subject matter domain being

²⁹⁶ Lorsqu'il a été question de l'*activity theory*.

²⁹⁷ Traduction de *mindtool* proposé par Basque et Lundgren-Cayrol (2003).

studied while generating thoughts that would be impossible without the tool.» (Jonassen et coll. 1998, p.30)

Ainsi, l'outil cognitif n'est pas élaboré dans une optique de transfert de l'information, de façon à ce que celle-ci puisse ensuite être assimilée par un sujet passif. Il a plutôt pour mandat d'amener l'utilisateur à prendre conscience de ce qu'il lui est possible d'apprendre, de l'inciter à identifier ses intérêts et de lui permettre de comprendre comment il devrait procéder pour arriver à acquérir les connaissances perçues comme étant désirables sur le plan cognitif. Il s'agit en somme d'amener l'individu à clarifier ses objectifs et stratégies d'apprentissage. Les *mindtools* sont donc des environnements développés de façon à contribuer à l'enrichissement de la pensée de haut niveau²⁹⁸ et, en quelque sorte, à faire office de partenaire intellectuel pour l'apprenant.

Pour qu'il y ait effectivement développement des habiletés cognitives de l'utilisateur, ce dernier doit se sentir interpellé par le partenaire intellectuel qui lui est proposé. Or, il est impossible de savoir a priori dans quelle mesure il y aura adéquation entre les mécanismes cognitifs dont dispose un individu et les structures, fonctionnalités et représentations mises à sa disposition par le biais de l'environnement numérique. Cet état de fait implique que l'outil ne saurait être adéquat que pour une portion de l'ensemble des utilisateurs potentiels auxquels il est destiné, et non pour son entièreté. Comme le constate Waterworth (2002), la validité de l'interface permettant la mise en contact de l'humain avec le système informatique dépend en grande partie de réactions inconscientes de la part de l'utilisateur.

« Si la sensation donnée par l'interface correspond à son objectif, elle atteint son but. Aucun concepteur ne peut saisir le système dans sa totalité. Le système est ce qu'il signifie pour l'utilisateur individuel et, comme pour la

²⁹⁸ La pensée de haut niveau a été définie à la section 2.1.4.

vie ou la poésie, sa signification se trouve dans l'expérience de chacun.»
(p.128-129)

C'est pourquoi il importe de tester la structure d'un environnement en implémentant des prototypes qui seront validés par le biais de séances d'utilisation impliquant des utilisateurs potentiels (Dumas, 1999). Ces tests doivent être réalisés tout au long du processus de développement d'un environnement numérique, de façon à alimenter un questionnement quant aux méthodes à mettre en œuvre pour bonifier le résidu cognitif des individus les plus 'réceptifs', et quant aux stratégies à adopter pour en venir à rejoindre les individus qui ne se sont pas sentis interpellés par une formule donnée. Il est donc primordial que l'environnement soit développé non seulement en fonction des utilisateurs à qui il est destiné, mais également en collaboration avec ceux-ci.

De perpétuelles mises à l'épreuve et remises en question font en sorte que l'environnement numérique ne constitue pas une structure figée, mais plutôt un instrument en devenir s'adaptant aux spécificités des utilisateurs et pouvant facilement être reconfiguré suivant les contextes. En ce sens, l'outil cognitif n'est pas un objet, mais une infinité d'objets; c'est un potentiel – de structures, de procédures – dont la réalisation accomplie dépend inéluctablement de l'adéquation entre les actions proposées et les mécanismes cognitifs de l'apprenant. La valeur de l'outil repose en somme sur le jugement porté par l'utilisateur; sans l'implication engagée de ce dernier, l'environnement numérique ne saurait devenir ce que Papert (1981) appelle un 'objet-pour-penser-avec'.

4.9.2 L'exploration de réseaux de cas de figure

Dans le cadre de cette sous-section, nous établirons un parallèle entre ce que Quéau (1986) désigne sous le nom d'*espace de simulation* et ce que Woodburry et Burrow (2003) appellent un *espace de conception*. Dans les deux cas, il s'agit de réseaux reliant entre eux de multiples objets virtuels. Dans le premier cas, il s'agit d'un ensemble de cas de figure ayant entre eux une certaine filiation au niveau des algorithmes aptes à computer le

simulacre²⁹⁹. Dans le deuxième cas, il s'agit d'un ensemble de solutions architecturales interconnectées au niveau de la logique de composition.

Dans un cas comme dans l'autre, il s'agit de groupes d'éléments entre lesquels il existe des liens patents, les prédisposant ainsi à être disposés sous forme de réseaux. Ceux-ci offrent à l'utilisateur la possibilité d'effectuer des parcours afin d'explorer un champ de possibilités constitué d'actions et de représentations potentielles. Le fait d'établir des connexions signifiantes entre les nœuds d'un tel réseau peut éventuellement contribuer à stimuler l'intellect de l'individu. Dans le cas des *espaces de simulation*, l'individu peut être amené à appréhender des relations causales. Dans le cas des *espaces de conception*, les réseaux constitués peuvent être explorés par le concepteur architectural dans le but de stimuler son sens créatif³⁰⁰.

Les environnements numériques permettant potentiellement d'explorer des réseaux d'objets virtuels constituent en soi des *mindtools* puisque l'utilisateur œuvre activement à reconnaître et à organiser des patterns d'informations. Le processus exploratoire sollicite la pensée de haut niveau et incite l'individu à soulever des questions génératrices de sens: Qu'est-ce qui distingue un élément de l'autre? Quel parcours – au sens métaphorique du terme – emprunter pour aller d'un objet à l'autre?

Dans le cadre du présent travail de recherche, la disposition d'objets architecturaux sous forme réticulaire sera mise à contribution dans le but d'enrichir la compréhension de l'utilisateur; nous chercherons à étoffer sa capacité à embrasser par l'esprit la résultante

²⁹⁹ Le simulacre est ici une représentation (apte à frapper les sens) qui se donne pour le reflet d'une réalité donnée. Celle-ci a été préalablement circonscrite, au moment de définir l'espace de simulation; elle découle d'un ensemble de règles, d'une catégorisation ou d'une modélisation tels que conçus par le sujet cogitant qui est à la base de l'élaboration de l'outil de simulation.

³⁰⁰ Voir les travaux de Woodburry et Burrow (2003).

d'une démarche typologique. Nous considérons ici que l'appréhension d'un corpus regroupant des spécimens appartenant à une même 'famille' peut être assimilée à l'exploration d'un réseau de solutions architecturales, telle que comprise par Woodburry et Burrow (2003); en d'autres termes, il y a pour nous comparabilité entre *espace de conception* et *espace de simulation*.

L'intérêt de cette mise en parallèle réside dans le fait de pouvoir structurer notre démarche en nous basant sur les considérations, réflexions et conclusions de chercheurs ayant réfléchi sur la notion d'*espace de conception*. Nous aurons ainsi la possibilité de nous référer aux aspects théoriques développés par ces chercheurs, notamment en ce qui a trait aux critères permettant d'évaluer de tels environnements numériques.

4.9.3 Les critères d'évaluation

Nous identifierons maintenant des critères pouvant potentiellement servir à évaluer la validité et la portée d'environnements numériques habilitant l'utilisateur à entreprendre un processus exploratoire au sein d'une structure réticulaire. Nous retiendrons essentiellement quatre critères, tels que définis par les chercheurs ayant réfléchi sur la notion d'*espace informationnel* (au sens large) et par ceux ayant œuvré à l'implémentation et à la validation d'*espaces de conception*.

Le premier critère sur lequel baser une évaluation peut être l'*utilisabilité* de l'environnement numérique. Bien que parfois utilisé avec le sens de 'convivialité', ce terme possède une signification plus large qui correspond à la «capacité d'un système à permettre à ses utilisateurs de faire efficacement ce pourquoi ils l'utilisent»³⁰¹. Afin d'accomplir son mandat, le système 'utilisable' doit être fiable et efficace. Étant donné que l'approche développée dans le cadre du présent travail de recherche est basée sur l'action, le geste posé

³⁰¹ Définition du Grand Dictionnaire Terminologique de l'Office québécois de la langue française.

par l'utilisateur doit déclencher une réaction adéquate de la part du système, faute de quoi la disparité du couple action / réaction porterait préjudice au processus d'apprentissage. Il est donc impératif que le système soit opérationnel en termes d'interaction.

Le deuxième critère est ce que Johnson (2000) appelle le *cognitive load*. Dans bien des cas, l'interaction avec un environnement numérique requiert un considérable effort de concentration de la part de l'utilisateur; il lui faut apprendre à utiliser une interface, suivre des procédures, invoquer des commandes, interpréter des messages et/ou des pictogrammes, répondre à des boîtes de dialogues, etc. Dans une certaine mesure, l'effet combiné de ces sollicitations d'ordre cognitif peut détourner l'attention de l'utilisateur des objectifs qu'il s'était fixés, ce qui entre en contradiction avec le mandat de l'environnement.

Il est donc essentiel d'évaluer la charge cognitive³⁰² qui est imposée à l'utilisateur durant la démarche exploratoire. Idéalement, l'individu doit pouvoir centrer son attention sur le processus cognitif, c'est-à-dire sur l'établissement de connexions signifiantes entre les informations et représentations qui sont mises à sa disposition, sans avoir à se soucier continuellement des modalités de fonctionnement de l'interface (Johnson, 2000). Cette facette de l'efficacité de l'environnement numérique peut être évaluée de façon qualitative en fonction du temps que l'individu doit investir, avant d'en arriver à acquérir une certaine aisance d'utilisation.

Le troisième critère est la navigabilité de l'environnement. Étant donné que les déplacements dans l'espace virtuel ne se font pas par le biais de l'activation d'*hyperliens*, la navigabilité n'est pas entendue ici au sens d'une habileté à se mouvoir dans un *espace informationnel* standard (tel qu'un site internet ou un document multimédia). Il ne s'agit pas de vérifier si l'espace est structuré de façon à ce que l'utilisateur puisse atteindre une

³⁰² En termes de types d'efforts à fournir et de niveaux de concentration requis.

donnée informationnelle spécifique dans un délai raisonnable. Il s'agit plutôt d'évaluer dans quelle mesure il peut s'y déplacer aisément dans l'optique de relier entre eux une multiplicité 'd'atomes informationnels'.

Ainsi, il est impératif que l'explorateur, situé à une position donnée dans le réseau, soit en mesure d'atteindre aisément une diversité de cas de figures. Dans cette optique, le développeur doit élaborer un réseau dont la structure est exempte d'impasses de façon à éviter que l'utilisateur ne s'enlise dans la stagnation; ce type de 'dérapage' constitue un état fâcheux d'inactivité pouvant assurément porter préjudice à la qualité des apprentissages susceptibles de découler d'un processus exploratoire (Kayama et Okamoto, 2001).

L'environnement doit en outre permettre le *backtracking*, c'est-à-dire qu'il doit inclure des mécanismes de déplacement entérinant le retour aux étapes antérieures de la démarche exploratoire. La possibilité de procéder à des séquences d'actions non-linéaires constitue une liberté d'action pouvant être bénéfique à l'individu; celui-ci a le loisir de donner successivement, aux parcours effectués, des orientations sensiblement différentes, dans un mouvement oscillatoire de va-et-vient.

À l'instar de l'*espace de conception*, l'*espace de simulation* peut être perçu comme étant divisé en deux zones, la première englobant la seconde: il y a d'abord un espace implicite, qui est celui de l'ensemble du réseau³⁰³, et il y a un espace explicite, c'est-à-dire un sous-ensemble regroupant les nœuds 'visités' par l'utilisateur (Woodburry et Burrow, 2003). L'ampleur de l'espace explicite dépend de l'expérience individuelle qui, elle, est directement reliée à la capacité de l'individu à s'orienter et à assumer la charge cognitive qui lui est imposée (tous les critères d'évaluation étant bien évidemment reliés entre eux).

³⁰³ Dans le cas d'un espace de conception, il s'agit de l'ensemble des solutions pouvant être générées sur la base d'une logique de conception donnée. Dans le cas d'un espace de simulation permettant l'exploration d'un système typologique, il s'agit de l'ensemble des spécimens appartenant au corpus.

Dans la mesure où l'utilisateur pourra se déplacer aisément dans toutes les directions, éviter les impasses et revenir à des étapes antérieures du cheminement, il lui sera loisible d'explorer à sa convenance la (ou les) portion(s) de l'environnement numérique qui l'interpelle(nt). On peut ainsi considérer qu'il est possible d'évaluer qualitativement la navigabilité d'un environnement numérique en appréciant l'ampleur de l'espace explicite, c'est-à-dire en estimant l'importance relative de l'aire visitée par l'apprenant.

Le quatrième et dernier critère que nous prendrons en considération est, de loin, le plus significatif; il s'agit de l'intelligibilité de l'environnement numérique. Cette facette de l'évaluation consiste à vérifier dans quelle mesure l'individu est apte à saisir la structure du réseau dans son ensemble et dans ses particularités.

D'une part, pour que l'espace implicite d'un environnement numérique constitue une entité intelligible, il est essentiel qu'il ait une étendue relativement limitée. On pourrait présumer que la qualité du résidu cognitif résultant de la démarche exploratoire est reliée à l'ampleur de l'espace susceptible d'être exploré par l'utilisateur; on en déduirait ainsi que le potentiel de l'environnement numérique est directement proportionnel à la taille de l'espace implicite. Or, il appert que ce dernier peut, dans la mesure où il serait trop vaste, exercer des effets néfastes sur la démarche de l'apprenant, l'individu pouvant se trouver obnubilé par la multiplicité des parcours possibles. En ce sens, il s'avère primordial d'éviter la surenchère d'informations et donc la prolifération de nœuds dans la structure réticulaire, faute de quoi l'environnement serait susceptible de dérouter l'individu, ce qui pourrait entraîner, dans certains cas, un désengagement prématuré du processus cognitif³⁰⁴.

³⁰⁴ On se souvient que Croizé (1991) exhorte le chercheur à ne pas prendre en considération plus de quelques centaines de spécimens lorsqu'il élabore une typologie. Si le corpus en venait à dépasser cette taille, non seulement la proposition d'une organisation satisfaisante pour l'esprit représenterait-elle alors un plus grand défi pour le *typologue*, mais l'apprenant lui aussi devrait fournir un effort supplémentaire en vue

D'autre part, l'environnement doit permettre à 'l'explorateur' d'avoir une vision globale de sa position dans le réseau³⁰⁵. En ce sens, il doit offrir des repères qui contribueront à faire comprendre à l'individu sa trajectoire et l'aideront à élaborer une image mentale claire du réseau. La consistance des objets et symboles présentés est ici d'une importance prépondérante, puisque ce n'est que dans la mesure où un symbole donné revêt une signification invariable et non équivoque³⁰⁶, qu'il pourra agir à titre de repère et constituer un outil adéquat pour l'utilisateur cherchant à baliser son parcours (Ahmed et Blustein, 2005).

Finalement, l'environnement doit être implémenté de façon à ce que l'utilisateur saisisse ce qu'implique sa position au sein de l'environnement, c'est-à-dire qu'il comprenne la résultante des actions qu'il pose. Il est essentiel que l'individu soit en mesure de rationaliser ce qui l'a mené d'un nœud du réseau à l'autre, cette compréhension étant la condition expresse pour qu'il y ait établissement, par le sujet cogitant, de connexions signifiantes entre les informations³⁰⁷. Sa compréhension des parcours effectués pourra éventuellement être enrichie par la consultation de la séquence des décisions prises

d'appréhender cette organisation puisque le réseau atteindrait une taille démesurée et deviendrait par le fait même moins intelligible.

³⁰⁵ Nous présumons ici que le réseau est représentable sous forme de graphe. Notons ici que certains chercheurs ont développé des environnements numériques dans lesquels l'action de l'utilisateur sollicite des algorithmes aptes à modifier l'échelle de la représentation pour permettre soit une vision globale, soit l'appréhension du détail, par l'élargissement d'une zone spécifique (Ahmed et Blustein, 2005 ; Kayama et Okamoto, 2001).

³⁰⁶ Nous nous référons ici à la valeur représentative des pictogrammes.

³⁰⁷ Dans la mesure où le type serait une zone englobant un secteur donné du réseau, l'utilisateur doit comprendre ce qui fait qu'il se déplace d'une zone à l'autre, accédant ainsi à des représentations appartenant à divers types. C'est la compréhension des spécificités du parcours qu'il effectue qui lui permettra de tirer un enseignement du processus exploratoire.

antérieurement (lorsque le *backtracking* inclut des modalités de conservation de l'historique du processus d'exploration). Selon Ahmed et Blustein (2005), la possibilité pour l'utilisateur de visualiser l'enchaînement des gestes posés constitue une composante extrêmement importante d'un environnement permettant l'exploration; elle offre à l'utilisateur le loisir de poser itérativement une même séquence d'actions (en faisant intervenir des variations mineures), pour arriver à bien comprendre les relations causales qui sont en jeu.

Qu'a saisi l'apprenant concernant le système typologique présenté? Que retire-t-il de la démarche cognitive qu'il a entreprise? Les réponses à de telles questions sont bien évidemment inextricablement liées au niveau d'intelligibilité de l'environnement. On peut considérer qu'il serait possible de procéder à une évaluation des environnements numériques, basée sur ce quatrième critère, en se référant aux habiletés *métacognitives* de l'individu³⁰⁸, c'est-à-dire en fondant nos observations sur sa capacité à verbaliser ses stratégies et sur son aptitude à nous faire partager son expérience.

En somme, il nous apparaît que l'évaluation qualitative des quatre critères présentés ci-dessus, par le biais de tests d'utilisation, est à même d'éclairer le développeur quant à la pertinence de l'environnement et de le renseigner au niveau des aspects à bonifier. Au-delà des préconceptions que le développeur entretient relativement aux besoins et réactions de l'utilisateur, c'est indéniablement le résultat de ces évaluations qui permettra de faire évoluer la structure de l'outil. Celui-ci, comme nous l'avons vu, ne pourra constituer un *mindtool* que dans la mesure où il est perpétuellement confronté à la réalité de l'utilisateur.

* * *

³⁰⁸ Telles que définies à la sous-section 4.2.5.

Le cadre théorique présenté ci-dessus avait pour objet de proposer des définitions, considérations et axes de réflexion sur des notions aussi diverses que la connaissance et la cognition, l'histoire, le patrimoine bâti, les typologies architecturales et le savoir-faire, les systèmes et modèles, la complexité et les environnements numériques. Le but de cette démarche était de proposer un point d'arrimage entre cognition, histoire et informatique, dans le domaine spécifique des typologies architecturales.

Ayant dressé la toile de fond des différents courants de pensée qui alimenteront notre réflexion, et campé les divers paradigmes qui nous serviront de balises, nous voilà maintenant aptes à formuler une hypothèse. Celle-ci pourra, éventuellement, être discréditée peu ou prou par le spécialiste des sciences cognitives, l'historien et le programmeur. Maître de son domaine autarcique, chacun de ces trois experts aurait beau jeu de se placer en démiurge, statuant sur les règles régissant son univers. Il en est bien autrement pour le néophyte qui a l'impudence d'entrevoir les possibilités de chevauchements entre les zones limitrophes de ces trois domaines, et de s'aventurer sur le terrain glissant s'offrant ainsi à lui.

Le spécialiste de chacune de ces trois disciplines portera donc un jugement – incisif ou approbateur selon le cas – sur la pertinence de notre démarche. Ce choc des idées est dans l'ordre des choses; il incite à un élargissement de notre univers cognitif pour y inclure la présence de l'autre. Si l'on concède à Maturana et Varela (1987) que le conflit résulte nécessairement d'une négation réciproque, il apparaît pertinent d'admettre, dans notre compréhension du phénomène à l'étude, les perceptions divergentes. Cette ouverture pourra conduire à un apport mutuel, à un enrichissement de la réflexion de l'un et de l'autre. C'est dans cet esprit, semble-t-il, que Besnier (1996) a écrit «mieux vaut une théorie qui offre mille possibilités d'être réfutée que celle qui n'en présente aucune» (p.60).

5. Hypothèse

*« Il n'est pas difficile d'avoir une idée. Le difficile c'est de les avoir toutes. Et plus difficile, c'est de les mélanger, fil et trame, comme Platon l'enseigne, pour faire quelque chose qui soit presque réel. »
(Alain, 1956, p.1102).*

5.1 Introduction

Le chapitre portant sur la revue de littérature nous a amené à constater que, dans le domaine de la diffusion du patrimoine architectural, les environnements numériques étaient majoritairement basés sur la modélisation 3D, le multimédia et les banques de données. Au moment de formuler la problématique, il nous est apparu qu'une part importante de ces environnements n'étaient axés ni sur l'action de l'utilisateur, ni sur la mouvance de la connaissance³⁰⁹.

Pourtant, aux cours des dernières années, les travaux de certains chercheurs ont exemplifié les possibilités d'avoir recours à l'outil informatique pour enrichir les processus de construction et de reconstruction de savoirs relatifs au patrimoine architectural. Il y a notamment eu, comme nous le verrons dans la prochaine sous-section, développement de prototypes d'environnements numériques offrant à l'utilisateur la possibilité d'entreprendre un processus de reconstruction de la connaissance basé sur une diversification des types d'actions proposées.

³⁰⁹ L'action étant ici entendue au sens large, et impliquant une gamme relativement variée de gestes et de décisions possiblement posés par l'individu: l'expérimentation, la navigation, l'interrogation, la manipulation, la vérification, etc.

5.1.1 Exemples d'environnements favorisant l'action de l'utilisateur

Au cours des dernières années, différentes approches ont été développées dans l'optique de diversifier les modes d'exploitation de la représentation numérique tridimensionnelle, afin que l'apprenant ne soit plus restreint à 'manipuler' un modèle 3D, mais qu'il puisse également l'interroger. Par exemple, certains chercheurs ont procédé au développement d'environnements numériques potentiellement aptes à rendre compte de l'étude biographique de bâtiments et d'ensembles patrimoniaux. Ils ont développé des approches permettant à l'apprenant d'appréhender l'évolution d'éléments architecturaux par le biais d'actions.

Déjà au début des années 1990, Alkhoven (1991) s'était penchée sur le cas de la restitution de tissus urbains³¹⁰. L'environnement numérique qu'elle proposait permettait à l'utilisateur de se déplacer le long d'une ligne de temps, dans le but de visualiser la séquence de modifications que subissait le modèle 3D représentant le cadre bâti. L'apprenant était ainsi en mesure d'appréhender, de façon interactive, des hypothèses de restitution quant à l'évolution de la configuration des îlots, de la morphologie des bâtiments et de l'aspect des façades.

Cette approche, basée sur l'exploration active, a également été appliquée à des bâtiments historiques spécifiques. Par exemple, Dave (2005) suggère d'interroger un modèle numérique de multiples façons afin de fournir des pistes de réponses à diverses interrogations soulevées par l'apprenant³¹¹. Pho (1997), quant à elle, a recours à un modèle

³¹⁰ L'étude de cas portait sur les transformations apportées au cadre bâti de la ville de Heusden, en Hollande.

³¹¹ L'étude de cas porte sur la cathédrale de Chartres. Le modèle permettrait de fournir des pistes de réponses à des questions telles que « Quelles a été la séquence d'assemblage des différentes sections de la cathédrale? », « Quel est le rapport de proportion à la base d'un artefact donné et qu'arrive-t-il si on le

procédural pour consigner les événements qui ont marqué l'évolution de la morphologie de l'édifice³¹². Elle propose d'interroger ce modèle numérique dans le but de permettre à l'utilisateur de visualiser l'aspect que revêtait le bâtiment à différentes époques ou encore dans le but d'identifier les parties du bâtiment datant d'une période donnée³¹³.

Un autre axe de développement, orienté sur l'action de l'apprenant, est illustré par les projets de restitution numérique permettant à l'utilisateur de prendre des décisions dans le but de procéder à des simulations. Par exemple, Barelkowsky (2006) offre à l'utilisateur la possibilité de modifier les paramètres du système constructif de bâtiments historiques³¹⁴. Seebohm (1992), quant à lui, propose à l'apprenant de se replacer dans le contexte historique des périodes clés de l'évolution d'une ville virtuelle, et de prendre diverses décisions susceptibles d'orienter le développement subséquent de l'aménagement urbain³¹⁵. Dans le même esprit, Day (1995, 1998) développe un modèle permettant à l'utilisateur de sélectionner divers grands projets d'aménagement proposés au cours de l'histoire d'une ville et d'en simuler la réalisation³¹⁶.

Tous ces processus exploratoires, basés sur le recours à la simulation et permettant à l'utilisateur de poser des actions, ont pour effet de générer des ensembles de maquettes numériques alternatives. L'apprenant peut ultérieurement les comparer entre elles, dans le but de saisir les relations de causes à effets impliquées par une décision donnée. La

modifie? », « De quels endroits provenaient les matériaux de construction utilisés pour l'élaboration d'une composante donnée? », etc.

³¹² L'étude de cas porte sur l'édifice de la Vieille Douane, à Montréal.

³¹³ Notons que dans le cadre de ce mémoire de maîtrise, il n'y a pas eu développement d'une interface graphique.

³¹⁴ L'étude de cas porte sur les rotondes des églises de la période pré-romanesque en Pologne.

³¹⁵ Il s'agit des périodes archaïque, hellénistique, romaine et médiévale.

³¹⁶ L'étude de cas porte sur la ville de Bath. Le modèle numérique contient les données relatives à la morphologie urbaine durant une période allant de 1620 à 2000, à intervalles de 20 ans.

possibilité d'acquérir une connaissance approfondie réside ici dans la capacité à poser des choix réfléchis (Seebohm et Van Pelt, 1990).

Outre cette mise à contribution relativement novatrice de la modélisation 3D axée sur l'interrogation et/ou la simulation, il y a récemment eu développement d'environnements multimédia qui permettent à l'utilisateur d'aller au-delà de la navigation et de poser une gamme d'actions plus diversifiée. Celles-ci ont pour effet d'affecter directement l'environnement numérique, de façon à éventuellement enrichir la compréhension de l'utilisateur. Par exemple, les travaux de Champion et ses collaborateurs (2003), portant sur la restitution virtuelle d'un site patrimonial, mettent à contribution des mécanismes interactifs couramment utilisés dans les jeux vidéo³¹⁷. Il y a ainsi possibilité pour l'utilisateur de laisser sa trace, ce qui a pour effet d'enrichir la représentation mentale qu'a ce dernier des parcours effectués³¹⁸. L'individu peut également interroger les artefacts afin d'en mieux saisir la signification culturelle³¹⁹.

Foni et ses collaborateurs (2007), quant à eux, proposent ce qu'ils appellent des '*interactive contextualized narratives*'. L'environnement numérique est ici habité de figures humaines dotées d'expressions faciales et douées de la parole. En réponse aux interrogations de l'utilisateur, ces individus virtuels exécutent des scénarios rendant compte non seulement des modifications morphologiques subies par le site au cours des âges, mais également de l'évolution des pratiques sociales rattachées à ce lieu³²⁰.

Dans le cadre de contextes d'utilisation de ce type, puisque l'action de l'utilisateur a un impact direct sur la configuration du modèle tridimensionnel ou de l'environnement

³¹⁷ L'étude de cas porte sur le site archéologique de Palenque, au Mexique.

³¹⁸ Ce que les auteurs appellent des *cognitive walkthroughs*.

³¹⁹ L'interrogation se fait par le biais de déplacement le long d'une ligne de temps associée à l'objet.

³²⁰ L'étude de cas porte sur l'église Hagia Sophia, à Istanbul.

numérique, tous les utilisateurs n'ont pas nécessairement accès aux mêmes représentations. La nature et la séquence de celles-ci dépendent des caractéristiques idiosyncrasiques de l'individu et de ses intérêts spécifiques.

Le potentiel de l'outil réside ici dans les possibilités d'expérimentation basées sur le recours à la méthode heuristique³²¹. L'output généré par l'environnement numérique stimule la pensée réflexive de l'individu et suscite d'autres questions qui entraînent éventuellement de nouvelles actions. Puisque ce type d'approche va au-delà de la visualisation et de la navigation, et qu'il permet à l'apprenant de poser des actions diverses, on peut supposer qu'il contribue à l'acquisition d'une connaissance empirique.

5.1.2 Exemples d'environnements adaptés à la mouvance de la connaissance

Parallèlement à ces projets basés sur l'action de l'utilisateur, certains chercheurs ont œuvré au développement de prototypes d'environnements numériques axés sur la mouvance de la connaissance et sur la multiplicité des interprétations pouvant être faites du patrimoine bâti. Si on les compare aux réseaux multimédia et aux banques de données 'classiques', ces environnements sont basés sur une approche que l'on pourrait qualifier de constructiviste (Jonassen et coll., 1998). En effet, ils ne projettent pas ce que Dave (2005) appelle une image trompeuse de complétude et d'irrévocabilité de la connaissance, en ce sens qu'ils ne masquent pas la fragmentation et les discontinuités potentielles inhérentes aux savoirs relatifs au patrimoine bâti.

Dans le cadre de l'utilisation de ces environnements, l'utilisateur est par exemple appelé à comparer diverses hypothèses ou conceptualisations relatives à une réalité bâtie. Senyapili (2005) propose un environnement numérique permettant à l'utilisateur de

³²¹ Telle que définie au chapitre 4, dans la section portant sur la cognition.

comparer trois interprétations différentes ayant résulté de l'étude d'un corpus de bâtiments³²². Il y a en outre exploration des possibilités de recourir à l'outil informatique pour contribuer à l'interprétation des biens patrimoniaux. Par exemple, Affleck et Kvan (2005) proposent une base de connaissances évolutives. Il s'agit d'un modèle 3D illustrant une hypothèse de restitution et permettant à l'utilisateur de déconstruire la maquette numérique dans deux buts distincts mais complémentaires : d'une part, l'utilisateur peut accéder à des informations sur les diverses composantes et, d'autre part, il peut affecter directement l'environnement numérique en ajoutant des commentaires et annotations³²³. Il est ainsi possible pour les individus de diffuser l'interprétation qu'ils font des biens patrimoniaux propres à leur communauté, notamment concernant l'imagerie contenue dans l'ornementation du bâtiment à l'étude³²⁴.

Les travaux de Blaise et Dudek (1999) constituent un autre exemple d'environnement basé sur la multiplicité et la révocabilité de la connaissance relative au patrimoine bâti. Il s'agit d'une base de connaissances dont les principales caractéristiques sont, d'une part, de faciliter une constante mise à jour des sources et références et, d'autre part, de permettre l'évolution des interprétations faites à partir de ce matériel. Cet environnement est conçu de façon à ce que les historiens de l'architecture et les chercheurs en conservation du patrimoine bâti puissent confronter leurs hypothèses respectives³²⁵.

Dans les exemples cités ci-dessus (Senyapili, 2005; Affleck et Kvan, 2005; Blaise et Dudek, 1999), on peut considérer que la posture épistémologique des chercheurs

³²² L'étude de cas porte sur l'œuvre de Mimar Sinan. Elle regroupe et met en parallèle trois typologies élaborées par des chercheurs qui ont pris en considération des attributs différents. Il s'agit de la typologie de Günay (1987), de celle de Kuran (1987) et de celle de Gabriel et Mambourg (1992).

³²³ L'étude de cas porte sur le temple chinois Lo Pan situé à Hong-Kong.

³²⁴ Soit les céramiques, les sculptures et les fresques.

³²⁵ L'étude de cas porte sur des hypothèses concernant l'évolution du tissu urbain de la ville de Varsovie.

s'apparente aux approches constructivistes; dans le contexte de leurs travaux, le savoir n'est ni absolu, ni détenu par un expert. Les environnements proposés amènent l'utilisateur à découvrir que les diverses interprétations faites par différents historiens de l'architecture peuvent être complémentaires, ou conflictuelles, selon le cas. Il y a ici non seulement pluralité des savoirs relatifs au patrimoine bâti mais également, dans une certaine mesure, 'démocratisation' de ces savoirs, en ce sens qu'ils ne sont pas exclusivement détenus par l'historien, mais aussi par celui que l'on pourrait appeler 'l'homme de la rue'.

Malgré ces exemples, il est notable que les travaux de développement d'environnements numériques axés sur la fragmentation et l'évolution des connaissances relatives au patrimoine bâti demeurent encore relativement exceptionnels. Il nous apparaît que, règle générale, ce type d'approche est peu mis à contribution pour favoriser chez l'apprenant l'élaboration d'une image mentale de la multiplicité des interprétations pouvant résulter de l'étude des bâtiments et documents qui nous sont parvenus.

5.1.3 Précision de notre axe de questionnement

Plutôt que de chercher à offrir toujours plus d'images et plus d'informations, il est possible, comme le démontrent les travaux des chercheurs dont il a été question à la sous-section 5.1.1, de favoriser une interaction entre l'individu et l'environnement numérique. Pour ce faire, il s'agit d'abord et avant tout de considérer l'utilisateur comme un sujet cogitant et actif, et de lui offrir la possibilité de prendre diverses décisions. Celles-ci seront susceptibles de l'amener à établir des connexions signifiantes entre les images et les informations qui lui sont présentées.

Les chercheurs dont il a été question à la section 5.1.2 ont, quant à eux, œuvré à démontrer qu'il était possible d'amener l'apprenant à appréhender la multiplicité des interprétations faites d'une réalité bâtie, voire à contribuer à ces dites interprétations. À l'instar de ces deux groupes de chercheurs, notre objectif vise à transcender les carences inhérentes aux approches basées sur la diffusion d'informations relatives au patrimoine

architectural, et axées essentiellement sur une assimilation passive de ces données par un éventuel apprenant.

Au moment de définir le cadre théorique du présent travail de recherche, nous avons été amenés à resserrer notre champ d'intérêt, de sorte que nous sommes maintenant aptes à préciser notre axe de questionnement. Comme nous l'avons établi précédemment³²⁶, notre intérêt porte de façon spécifique sur l'une des stratégies auxquelles recourt l'historien dans sa quête d'une meilleure compréhension de l'environnement bâti : nous nous intéressons à l'élaboration de typologies architecturales, à la démarche du *typologue* cherchant à faire émerger un sens à partir de l'étude de familles d'artefacts.

Replaçons maintenant cette préoccupation topique dans le cadre du questionnement soulevé à la fin du chapitre portant sur la problématique, à savoir : Dans quelle mesure et de quelles façons l'informatique peut-elle contribuer à ce que les processus de construction de la connaissance (entrepris par le chercheur en patrimoine bâti), et de reconstruction de cette dite connaissance (par l'apprenant), s'opèrent tous deux de façon dynamique et itérative?

La question principale énoncée ci-dessus nous conduit à poser deux sous-questions plus spécifiques et traitant de la diffusion des typologies architecturales par des moyens informatiques: D'une part, comment procéder pour formaliser périodiquement les conclusions provisoires du *typologue* à différents moments de la démarche le conduisant à élaborer une typologie? Et, d'autre part, comment faire pour amener l'apprenant à appréhender les conclusions du *typologue* et à établir, de façon active, des connexions significatives entre les divers éléments du corpus?

Avant de procéder à la formulation d'une hypothèse, il apparaît pertinent de passer brièvement en revue les diverses approches développées, au cours des dernières années, en

³²⁶ À la section 4.5, portant sur les typologies architecturales.

matière de technologies numériques appliquées au domaine des typologies architecturales. Ce panorama nous permettra de mieux identifier les lacunes existant dans cette sphère d'activités, et d'établir de façon plus consistante les assises de notre hypothèse. Nous pourrons ainsi déterminer de quelle façon s'insérera notre modeste contribution au développement des connaissances dans le cadre d'une problématique qui, à ce jour, retient déjà l'attention d'un certain nombre de chercheurs.

5.2 Les technologies numériques appliquées au domaine des typologies architecturales

Comme nous l'avons constaté au moment de délimiter le cadre théorique, dans le domaine des typologies architecturales, un changement de paradigme vers des épistémologies constructivistes semble avoir induit une mutation de l'instrument coercitif vers l'outil d'aide à la compréhension. Or, il apparaît que ce changement de paradigme, jumelé à l'émergence des technologies de l'information, a entraîné au cours des dernières décennies un élargissement de la portée ainsi qu'une diversification des contextes d'utilisation de la typologie.

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur les possibilités d'avoir recours à des moyens informatiques pour élaborer, exploiter et/ou enrichir des typologies. Comme le fait remarquer Dave (2005), la diffusion de systèmes typologiques, dans le domaine de l'architecture, n'est guère compatible avec l'utilisation qui est couramment faite de l'ordinateur. C'est pourquoi il y a actuellement émergence de nouveaux axes de développement, dans l'optique de transcender les approches axées sur l'illustration des cas de figure, et se limitant à la mise en forme de 'vitrines' présentant les corpus à l'étude.

Une piste de recherche qui a été explorée est la mise en œuvre d'outils d'aide au raisonnement dans le cadre de l'élaboration de typologies. Par exemple, Barelkowski (2004) a cherché à assister le *typologue* durant le processus conduisant à formaliser les

corrélations qu'il propose entre les éléments du corpus et leur appartenance à un groupement donné. L'objectif de ce chercheur était de fournir à l'historien des mécanismes d'analyse et d'évaluation susceptibles de favoriser la définition d'une typologie³²⁷. En fonction de la pondération attribuée aux divers facteurs de classification³²⁸, un type est assigné automatiquement à chacun des éléments du corpus. L'utilisateur peut interagir avec le système typologique qu'il développe puisque l'examen des résultats générés l'amène éventuellement à modifier les facteurs et leur pondération; il peut ainsi reconsidérer son interprétation et la formaliser de façon itérative.

Une autre approche explorée est la mise en parallèle des diverses interprétations pouvant résulter de l'étude d'un seul et même corpus. Senyapili (2005) a développé un outil d'aide à la compréhension permettant d'établir des comparaisons entre diverses typologies. Il est ainsi possible de situer une entité donnée au sein de typologies proposées par différents chercheurs, ou encore d'effectuer une recherche par le croisement d'attributs pris en considération dans divers systèmes typologiques³²⁹.

Un troisième axe de développement, qui est également novateur, consiste à 'exploiter' des typologies dans le cadre de projets de restitution. Dans les travaux de Fernandez-Ruiz et Gómez-Robles (2004) par exemple, il y a élaboration de la maquette numérique d'un tissu urbain à une époque historique donnée³³⁰. Cette maquette comprend les édifices et secteurs qui nous sont parvenus, et/ou pour lesquels des documents

³²⁷ L'étude de cas porte sur les édifices religieux des époques pré-romanesque, romanesque et gothique en Pologne.

³²⁸ D'une part, des attributs intrinsèques tels que des données mesurables (hauteur, largeur, profondeur, cubage, etc.), des données quantifiables (nombre de nefs, de transepts, de tours, etc.), des données descriptives (les matériaux, etc.), et d'autre part, des attributs extrinsèques (comme la date d'édification).

³²⁹ Les résultats sont alors présentés par le biais de matrices visuelles.

³³⁰ L'étude de cas porte sur le tissu urbain de la ville de Grenade, en Espagne, dans les années 1830.

d'archives sont disponibles. Une typologie est ensuite établie à partir des bâtiments existants qui datent de l'époque ciblée. Le recours à la typologie ainsi constituée permet la génération automatique d'une variété de configurations de bâtiments, envisageables dans le contexte à l'étude. Ces diverses variantes servent à combler les zones au sujet desquelles il n'existe pas de trace tangible. La maquette numérique, complétée par l'activation de ce mécanisme génératif, présente une hypothèse de restitution plausible en soi³³¹.

D'autres outils, encore, ont été élaborés dans le but de permettre l'exploration des possibles variations à l'intérieur des divers types identifiés au sein d'un système typologique. Dans ces cas, la modification itérative de paramètres permet à l'utilisateur de générer de multiples cas de figure – dont certains peuvent être inédits – et ce, qu'il s'agisse d'artefacts (Monreal et Jacas, 2004)³³² ou de bâtiments résidentiels (Corona-Martinez et coll., 2000)³³³.

En somme, l'apport de l'informatique dans le domaine des typologies architecturales a suivi divers axes de développement couvrant la mise en oeuvre d'outils axés sur l'élaboration, la comparaison, l'exploitation et l'exploration. Un aspect qui semble avoir été négligé – et que nous chercherons à approfondir – est la formalisation des prémisses sur lesquelles se fondent le raisonnement du *typologue*, et la diffusion de ceux-ci dans le but de contribuer au développement des habiletés cognitives de l'apprenant. En effet, on remarque que Barelkowsky (2004) a cherché à enrichir la démarche du *typologue*,

³³¹ Il y a d'abord élaboration d'une typologie de l'habitat urbain. Dans un deuxième temps, il y a génération de différents modèles de maisons. Ce processus génératif est mené à bien d'une part par l'attribution automatique de valeurs à certains attributs pouvant être déduits de la morphologie du lot sur lequel le bâtiment sera implanté et, d'autre part, par l'attribution aléatoire de valeurs aux autres attributs (à l'intérieur de fourchettes de valeurs acceptables).

³³² Tels que nefs, dômes ou coupoles.

³³³ Tels que les *viviendas* de Buenos Aires.

mais sans toutefois aborder la phase de diffusion des résultats du processus réflexif. Senyapili (2005), quant à lui, s'est intéressé à la diffusion des systèmes typologiques, mais sans aborder les fondements de la démarche ayant conduit les *typologues*, évoqués dans son étude de cas, à obtenir les résultats auxquels ils sont arrivés.

Nous posons ici l'hypothèse selon laquelle l'ordinateur pourrait constituer un outil apte à bonifier les processus de construction et de reconstruction de la connaissance, en contribuant de façon effective non seulement à l'élaboration mais également à la compréhension de typologies architecturales. Dans cette optique, il s'agirait d'inciter le *typologue* à formaliser le raisonnement qu'il déploie, ce qui aurait pour effet d'enrichir la lisibilité, voire l'intelligibilité, du système typologique qu'il propose. Cette formalisation, sous forme de modèle, alimenterait la réflexion du chercheur puisque, comme nous l'avons vu précédemment³³⁴, un processus de modélisation ne constitue pas uniquement un mode de formalisation de la connaissance; il contribue en fait à la constituer.

Il nous apparaît qu'il serait souhaitable de développer des environnements numériques aptes à contribuer à la diffusion du modèle élaboré par le chercheur. Pour l'apprenant, le fait d'avoir accès aux prémisses sur lesquels sont fondées les conclusions du chercheur constituerait un atout susceptible de l'amener à mieux appréhender la structure du système typologique. De tels environnements, dans la mesure où ils seraient évolutifs, permettraient à l'apprenant d'actualiser ses connaissances de façon itérative, au cours des phases successives de la démarche du *typologue*.

Dans l'optique d'étayer cette hypothèse nous proposons une approche que nous appellerons la *modélisation informatique de systèmes typologiques*. Comme nous le verrons au cours de la prochaine section, cette approche sera basée sur l'implémentation d'environnements numériques constitués de deux modules complémentaires : l'un apte à

³³⁴ À la section 4.1.4, traitant de modélisation et de réflexivité.

traduire la structure d'un système typologique dans un instant donné de la démarche du chercheur – par la médiation d'un modèle symbolique interactif – et l'autre, apte à exemplifier les multiples cas de figures se rattachant à cette typologie – par le biais d'un système génératif.

5.3 Des environnements numériques bipartis

Dans le cadre de la présente section, nous décrirons les propriétés et le mandat de chacun des deux modules qui seront à la base des environnements numériques sur lesquels repose notre hypothèse; nous détaillerons les caractéristiques du modèle symbolique interactif et celles du système génératif.

5.3.1 Le modèle symbolique interactif

La décision d'avoir recours à des moyens informatiques comme vecteur de diffusion, dans le domaine des typologies architecturales, implique une réflexion quant au mode d'utilisation de l'outil et au mandat qui lui sera imparti. Puisque nous prenons ici le parti de chercher à communiquer les prémisses sur lesquels se fondent le raisonnement du *typologue*, il faut alors aller au-delà de la mise en relation des documents dont dispose le chercheur pour travailler (relevés, photographies, archives, etc.). Certes, ces documents illustrant les différentes facettes des spécimens appartenant au corpus sont essentiels, puisqu'ils constituent la matière première à la base du travail du *typologue*. C'est cependant à l'aide d'entités conceptuelles, telles que les facteurs de classification, les attributs et les regroupements, que ce dernier structure sa pensée et déploie son raisonnement.

Dans la mesure où l'on cherche à aller au-delà de l'élaboration d'une 'vitrine' virtuelle présentant les corpus à l'étude, le mandat de l'outil numérique ne consiste pas à représenter mais plutôt à expliquer; en l'occurrence expliquer dans quelle optique des entités conceptuelles se sont constituées dans l'esprit de l'historien et de quelles manières

elles se combinent. Ce sont ces considérations qui nous amènent à suggérer le recours à la modélisation symbolique, plutôt qu'à l'énumération.

Il s'agit ici de modéliser les liens proposés entre les divers facteurs de classification qui sont à la base des regroupements effectués au sein du corpus. En ce sens, nous proposons de mettre à contribution des moyens informatiques dans l'optique de formaliser les relations proposées par le chercheur entre diverses 'constructions de l'esprit'. Le modèle ainsi élaboré constituera une représentation symbolique de la structure du système typologique, à un moment donné de la démarche du chercheur.

Comme nous l'avons vu précédemment³³⁵, bien avant l'avènement de l'ère informatique, le modèle mettant en relation des symboles était déjà couramment utilisé pour transmettre une idée. Grâce aux nouvelles technologies, il est maintenant possible d'aller au-delà du modèle explicatif véhiculé par le biais d'une représentation graphique, et de procéder à la mise en oeuvre de modèles interactifs. Comme le constate Quéau (1986) :

« La rencontre rendue possible par la technologie entre [...] l'abstraction des modèles et l'immédiateté du contrôle interactif représente une chance culturelle, une ouverture conceptuelle, un élargissement mental et opérationnel. » (p.218)

Ainsi, l'informatique, par le biais de la programmation, offre des possibilités d'*encapsuler* certains liens proposés entre diverses entités conceptuelles ou symboliques. Il est ainsi loisible pour l'apprenant d'appréhender le modèle non pas uniquement par le biais de l'abstraction mais également par celui de la manipulation. Indéniablement, les multiples modes d'interaction homme/machine qui peuvent découler de ce type d'approche ouvrent de nouvelles avenues dans le domaine du développement des habiletés cognitives assisté par des moyens informatiques.

³³⁵ À la section 4.7, portant sur les systèmes et modèles.

Dans ce contexte, l'interlocuteur n'est plus limité à considérer le modèle symbolique proposé par le chercheur, il peut maintenant interagir avec lui. Dans la mesure où ce modèle interactif est rendu accessible par la médiation d'une interface graphique, il nous apparaît qu'il entérine le recours à la simulation, et donc à la méthode heuristique, pour potentialiser le processus de reconstruction de la connaissance. Il devient alors concevable de chercher à tirer profit de cet élargissement mental et opérationnel auquel Quéau (1986) fait allusion.

Dans le cadre de notre recherche, nous appellerons 'structure' d'un modèle la forme qu'il prend lorsqu'un maximum de paramètres et de variables ont une valeur indéterminées et 'état' d'un modèle la forme qu'il prend lorsque chacun des paramètres et variables est spécifié (Walliser, 1977). Durant le processus réflexif, le chercheur explore de multiples 'structures' pour l'élaboration d'un modèle rendant compte de l'interprétation qu'il fait du corpus. Le recours au modèle symbolique interactif, et incidemment à la simulation, permet à l'apprenant d'explorer divers 'états' pouvant potentiellement être atteints par le modèle, pour un système typologique donné³³⁶. En d'autres termes, l'individu a la possibilité d'affecter de façon itérative l'état du modèle afin d'en mieux comprendre la structure. Cette interaction l'amènera hypothétiquement à saisir les liens proposés par le chercheur entre les entités conceptuelles. Il pourra en outre vérifier les correspondances entre un état spécifique du modèle (suite à l'attribution de valeurs symboliques à divers facteurs de classification) et l'appartenance de l'entité correspondante à un groupement ou à un type donné.

Ackerman (2005) préconise ce recours au modèle symbolique 'exécutable', insistant sur le potentiel d'un processus cyclique alimenté par le feed-back généré par la machine.

³³⁶ Ces processus sont intimement liés et constituent tous deux des heuristiques; il s'agit d'une part de déployer et de formaliser un raisonnement et, d'autre part, d'appréhender ce raisonnement.

« Knowledge is generated through the creation of explicit, executable computer models that prove their soundness in the pragmatic feedback loop of model interaction and observable multimedia artefacts. Model creation goes beyond the mere designation of terms and notions as static symbols. The meaning of symbols is determined by their use and dynamic behaviour when people interact with them. » (p. 276)

Or, pour que l'individu puisse appréhender la structure du modèle, pour qu'il puisse retirer de cette interaction une connaissance empirique, il est évidemment essentiel de le documenter. Il faut qu'apparaissent clairement à l'apprenant les liens proposés entre les entités conceptuelles et la configuration des éléments concrets faisant l'objet de l'étude. En somme, il est essentiel de permettre la mise en relation des informations symboliques (facteurs de classification et regroupements) avec les représentations des spécimens appartenant au corpus (ou cas de figure). C'est dans cette optique que nous proposons un système génératif, en complément au modèle symbolique interactif que nous venons de décrire. Ce système, comme nous le verrons dans la prochaine sous-section, aura pour mandat de produire les représentations numériques des cas de figure sollicités dans le cadre de la démarche exploratoire de l'apprenant.

5.3.2 Le système génératif

Il nous apparaît que tout apprentissage portant sur les typologies doit prendre en considération trois notions fondamentales: d'une part les facteurs de classification et les regroupements qui sont tous deux des entités conceptuelles, et d'autre part les éléments individuels concrets appartenant au corpus, en l'occurrence les cas de figure. Ces trois notions sont à la base du raisonnement du *typologue*. Pour arriver à appréhender le système typologique, l'apprenant doit être en mesure d'établir des connexions signifiantes entre les entités conceptuelles et les éléments concrets. Il doit saisir les liens proposés :

- entre les facteurs de classification,
- entre les facteurs de classification et les regroupements³³⁷,
- et entre les valeurs symboliques attribuées aux facteurs de classification et la configuration des spécimens.

Pour que l'environnement numérique soit apte à remplir son mandat de façon effective, l'interaction avec le modèle symbolique devrait théoriquement permettre à l'apprenant d'appréhender ces trois types de relations, d'où la nécessité d'avoir recours à un système génératif. Dans le cadre de l'approche proposée, le rôle de ce dernier est de documenter le modèle symbolique par la génération de représentations numériques. Celles-ci sont produites automatiquement en fonction de l'action de l'utilisateur, c'est-à-dire à chaque fois qu'un geste est posé de façon à affecter l'état du modèle symbolique. L'action de l'utilisateur sur le modèle symbolique a pour effet de modifier une (ou des) valeur(s) symbolique(s) attribuée(s) à un (ou des) facteur(s) de classification et, conséquemment, de déclencher une réaction de la part du système génératif. Celui-ci est basé sur un ensemble d'algorithmes dont le rôle est de déterminer périodiquement la configuration géométrique de l'artefact correspondant à l'état du modèle³³⁸. Ce processus – action / réaction – est opéré dans l'optique de générer une représentation du cas de figure correspondant à chacune des séquences d'actions posées par l'utilisateur.

Le système génératif apparaît à l'utilisateur sous l'aspect d'une maquette numérique, une image de synthèse (ou autre) ayant la faculté de se régénérer en fonction des actions posées sur le modèle symbolique. Ainsi, une forme perceptive pourra être associée, dans l'esprit de l'apprenant, à chacun des états potentiels du modèle.

³³⁷ Par exemple, le fait de modifier la valeur symbolique attribuée à un facteur de classification peut impliquer une mutation de l'appartenance de l'objet impliqué vers un autre type.

³³⁸ Conformément aux valeurs symboliques que l'utilisateur assigne (par le biais d'actions variées) aux différents facteurs de classification.

À chaque instant de la démarche exploratoire de l'apprenant, le système génératif contribue à fournir des pistes de réponses aux interrogations soulevées, à confirmer ou infirmer les suppositions et conjectures de l'individu quant à la configuration du cas de figure résultant de son action. L'approche proposée ici est fondée sur l'immédiateté du contrôle interactif. Nous considérons que des représentations, générées au moment où surgissent des questions dans l'esprit de l'apprenant, sont à même de fournir à ce dernier des matériaux aptes à colmater progressivement les brèches d'une connaissance lacunaire quant à la typologie présentée. L'individu en viendrait – hypothétiquement – à saisir peu à peu les prémisses et la logique sur lesquelles sont basés les regroupements. Dans ce contexte, le système génératif, étant donné qu'il permettrait la visualisation et la conservation des représentations des multiples configurations sollicitées, servirait à documenter la démarche exploratoire menée par l'apprenant.

Le système génératif, puisqu'il est constitué de divers algorithmes reliés entre eux, est basé sur la génération 'en temps réel' plutôt que sur le stockage de fichiers pré-calculés³³⁹. La possibilité d'avoir recours à l'algorithme pour la génération des représentations tient au fait que, comme nous l'avons établi dans le chapitre définissant le cadre théorique, le point d'arrimage entre les processus complexes de construction et de

³³⁹ Notons ici que bien qu'il contienne potentiellement la description de multiples variantes, le modèle génératif ne peut être assimilé à l'objet paramétrique. Ce dernier est caractérisé par un ensemble donné de paramètres auxquels il est possible d'attribuer différentes valeurs. L'utilisateur peut attribuer une valeur à un paramètre indépendamment des valeurs qui ont été, ou seront, attribuées aux autres paramètres. Comme le fait remarquer Silver (2006), lorsqu'il décrit les approches paramétriques, dans la plupart des cas, l'ensemble des paramètres caractérisant ce type d'objet est caractérisé par une structure disjonctive. «[It is] a matter of expressing design problems or, more specifically, formal types, computationally in terms of a short set of independent design variables, especially dimensions.» (p.13). Ainsi, les paramètres sont souvent indépendants les uns des autres; il s'agit d'un ensemble et non d'un système. Dans le cas de l'approche que nous proposons ici, les facteurs de classification sont caractérisés par une structure conjonctive.

reconstruction de la connaissance constitue un modèle temporairement fermé formalisant un système non complexe.

Dans ce contexte, tous les cas de figures sont prévisibles et peuvent donc être générés. Les algorithmes qui composent le système constituent une transcription informatique traduisant la logique d'élaboration des représentations des différents éléments du corpus, c'est-à-dire la séquence des actions devant être opérées par la machine en vue de produire un simulacre. La puissance de calcul de l'ordinateur est donc mise à contribution de façon extensive pour la génération 'en temps réel' de représentations numériques³⁴⁰, ce qui ne pose pas en soi de problèmes en termes de gaspillage de ressources *computationnelles*.

« Entre le boulier chinois et l'ordinateur, il y a plus qu'une performance quantitative, en temps, en masse de calcul; il y a la possibilité d'une autre attitude vis-à-vis du calcul. Jusqu'à présent, on ne calculait que ce qui était strictement nécessaire. Désormais, tout ce surplus de puissance de calcul peut être utilisé pour la simulation. » (Quéau, 1986, p.215)

Les actions de l'utilisateur amènent le modèle à atteindre différents états. Elles provoquent une réponse (quasi) immédiate de la part du système génératif, sous forme de nouvelles formes perceptives. Ainsi, l'itinéraire exploratoire pourra se poursuivre sans crainte d'un épuisement des ressources, le potentiel de régénération de la représentation étant potentiellement infini.

En somme, l'approche que nous proposons est essentiellement basée sur la réciprocité entre modèle symbolique interactif et système génératif, le deuxième aidant l'apprenant à appréhender et éventuellement à saisir la structure du premier. Suite à l'attribution de valeurs symboliques à différents facteurs de classification, l'apprenant

³⁴⁰ Nous reviendrons sur cette question au chapitre 7.

pourra vérifier les impacts de ses actions sur les autres facteurs de classification, sur l'appartenance à un groupement, ainsi que sur la configuration des cas de figure impliqués. Nous supputons que tel pourrait être – hypothétiquement – le potentiel du recours conjoint et simultané à un modèle symbolique et à un système génératif.

5.4 La finalité de la modélisation informatique de systèmes typologiques

Comme nous le verrons au cours des prochaines pages, les avantages découlant du développement d'environnements numériques basés sur la modélisation de systèmes typologiques seraient hypothétiquement doubles : d'une part, cette approche entraînerait une diversification des actions pouvant possiblement être posées par l'apprenant, ce qui pourrait avoir un impact positif sur le développement de ses habiletés cognitives et, d'autre part, elle permettrait une meilleure adaptation à la mouvance de la connaissance.

5.4.1 L'action de l'utilisateur

Comme nous l'avons vu précédemment³⁴¹, pour contribuer de façon notable au développement des habiletés cognitives de l'apprenant, il est essentiel de lui fournir des outils lui permettant d'entreprendre un processus actif de reconstruction de la connaissance (Jonassen, 1991). Ce processus peut – et doit – s'opérer dynamiquement, de façon à appuyer la démarche de l'individu dans son effort mental et actif de construction de connexions signifiantes entre les informations colligées, analysées et systématisées par le chercheur.

³⁴¹ À la section 4.2, traitant de la cognition.

L'approche développée dans le cadre du présent travail de recherche est basée, tel que précisé à la section précédente, sur une éventuelle interaction entre l'apprenant et un environnement numérique. Il s'agit d'explorer les possibilités d'amener l'individu à reconstruire de façon active l'interprétation du *typologue*, notre objectif étant de faciliter pour l'apprenant l'appréhension du système typologique dans son ensemble et dans ses particularités.

Durant le processus de reconstruction de la connaissance, l'apprenant soulève des questions et, conséquemment, pose des actions en vue de découvrir des pistes de réponse. Par le biais de spéculations relatives aux effets que ses manipulations auront sur l'environnement numérique, et en tirant des conclusions concernant ces dits effets, l'individu en vient à progressivement acquérir une connaissance empirique (Jonassen, 1999). Lorsque la rétroaction générée par le système entre en contradiction avec ses anticipations, il vit alors des 'conflits cognitifs' qui l'amènent à développer de nouveaux schèmes d'action conduisant progressivement à une *ré-équilibration* de ses structures mentales (Basque, 2003). De façon générale, on peut considérer que les actions qu'il pose font surgir de nouvelles questions, l'incitent à procéder à de nouvelles extrapolations et à anticiper à nouveau quel sera le feed-back. Comme le formule si poétiquement Quéau (1986),

« C'est une propriété précieuse de l'esprit que de généraliser par anticipation. La moindre régularité suscite l'extrapolation. Fuyant le désordre du monde, l'esprit bâtit sans cesse sur les sables mobiles de présomptions. » (p.144)

Il s'agit en somme d'inciter l'individu à explorer ce terrain mouvant, ses 'sables mobiles' avec une assurance toujours accrue, et donc à stimuler en quelque sorte sa curiosité. L'apprenant circule, selon sa convenance et ses intérêts, au sein d'un réseau constitué d'artefacts ayant entre eux une certaine filiation. Son interaction avec l'environnement numérique lui permet d'avoir recours à l'heuristique; il avance à tâtons

dans les méandres de la connaissance, se saisissant de ce qui se trouve à sa portée pour arriver à établir des corrélations qui l'amèneront éventuellement à conceptualiser la matière présentée.

Les environnements proposés offrent à l'utilisateur la possibilité d'entreprendre un processus exploratoire actif. Il a le loisir de poser des actions diverses, telles que modifier des valeurs symboliques, se déplacer le long d'une ligne de temps, expérimenter un parcours, vérifier un résultat, comparer entre elles des alternatives, etc. Dans ce contexte, il est amené à se prêter au jeu de la simulation, à 'jouer' en quelque sorte avec le modèle interactif.

« Ce mot de 'jouer' a bien une résonance ludique, et il serait de pure hypocrisie de dénier l'intérêt et le plaisir que le pratiquant [...] trouve dans l'idée de jouer avec un 'réel fictif' : la chose, le phénomène est *là* [...] injecté dans l'ordinateur qui se présente comme un nouveau champ expérimental. Que se passe-t-il *si* nous changions telle variable ? » (Moles, 1990, p.147)

Il nous apparaît que l'interaction avec le modèle symbolique, jumelé à la visualisation réitérée des formes perceptives produites par le système génératif, pourraient procurer à l'utilisateur l'occasion d'expérimenter la connaissance; elle pourrait l'amener à développer une sorte d'intuition des relations de causes à effets dans le modèle. L'individu aurait ainsi la possibilité d'acquérir « une connaissance par simulation du système modélisé, qui ne s'identifie ni à une connaissance théorique, ni à une expérience directe, ni au recueil d'une tradition orale. » (Lévy, 1990, p. 138).

La possibilité d'action pourrait faire en sorte que la typologie proposée par le chercheur ne constitue pas pour l'apprenant un schéma abstrait, mais plutôt un espace virtuel qu'il puisse explorer. L'outil informatique lui permettrait ainsi de vivre une expérience qui pourrait être associée au plaisir de la découverte. En somme, il nous apparaît que l'approche proposée contribuerait à l'intelligibilité, voire à la pérennité, des

connaissances développées par le *typologue*, l'apprenant en venant non seulement à appréhender, mais également à apprécier, le système typologique.

5.4.2 La mouvance de la connaissance

Comme nous l'avons constaté précédemment, une typologie n'est pas une entité immuable; il ne s'agit que de la formalisation de l'interprétation qui est faite d'une famille d'artefacts, à un moment déterminé de la démarche réflexive du chercheur. En effet, il y a non seulement mutation périodique de la délimitation du corpus mais également évolution des facteurs de classification identifiés par le *typologue* et des liens proposés entre ces derniers.

La démarche du *typologue* est comparable à celle de tout chercheur qui aborde des problèmes portant la marque de la non-linéarité; il élabore des conjectures à partir desquelles il bâtit des modèles. Ceux-ci sont 'plastiques'; ils prennent forme entre plusieurs autres envisageables, faisant en sorte que la mise en relation des entités conceptuelles manipulées par le chercheur est en constante mouvance. En effet, l'interprétation qui est faite du corpus se doit d'être évolutive, faute de quoi le *typologue* pourrait succomber à ce que Maturana et Varela (1987) appellent la 'tentation de la certitude'. Il pourrait «se laisser entraîner à croire que son modèle est 'vrai', qu'il 'représente' au sens fort la 'réalité', en oubliant que tout modèle est construit pour tel usage de tel sujet à tel moment.» (Lévy, 1990, p.141).

Puisqu'il existe potentiellement une infinité de modèles d'un même système (Walliser, 1977), il nous semble primordial de promouvoir un mode de formalisation du raisonnement qui soit apte à rendre compte de la multiplicité des façons de modéliser un système typologique. Conséquemment, on ne saurait trop insister sur la fécondité d'une approche, à l'instar de celle proposée dans le cadre du présent travail de recherche, qui établit la nature du modèle formalisant le système typologique comme étant évolutive.

Dans le cas qui nous occupe, les composantes du modèle sont les facteurs de classification à la base du raisonnement du *typologue*. Il nous apparaît que la modélisation explicite des liens unissant ces facteurs rend possible la formalisation des résultats provisoires de la démarche du chercheur; elle offre à ce dernier la possibilité d'actualiser périodiquement ses conclusions au fil des diverses étapes transitoires.

Notre hypothèse repose sur la conviction que de tels modèles peuvent servir d'assise à des environnements numériques. L'outil informatique pourra ici offrir au *typologue* l'opportunité de 'tester' le modèle, en simulant son fonctionnement³⁴². Dans ce contexte, la dialectique qui opposera l'homme et la machine pourrait en venir à alimenter la réflexion du chercheur et l'inciter à 'perfectionner' la connaissance. Compte tenu de cette 'mise à l'épreuve', le savoir sera ainsi amené à se développer et à se transformer, entraînant dans la même foulée une restructuration du modèle. Par le biais de la redéfinition itérative non seulement des symboles mais également des liens les unissant, la structure du modèle subira périodiquement des transformations mineures ou globales, selon le cas, pour atteindre des niveaux 'supérieurs' de la connaissance. Comme le constatent Groner et ses collaborateurs (1983), « Theory and practice thus coupled become mutually heuristic, new practices leading to new theories and conversely » (p.150).

En raison des bénéfices intellectuels qu'il peut retirer de l'expérience, le chercheur est – hypothétiquement – enclin à accepter de se prêter au jeu de la transcription informatique; il convient de travailler en partenariat avec un développeur³⁴³. Ce dernier, au terme de chacune des étapes de la démarche réflexive du *typologue*, s'emploie à adapter

³⁴² Dans le même esprit que les travaux menés par Barelkowsky (2004).

³⁴³ Ou programmeur.

l'environnement numérique afin de modifier les entités symboliques ainsi que les liens les unissant³⁴⁴.

Le chercheur en vient ainsi à formaliser périodiquement les modifications qu'il apporte au modèle symbolique proposé pour rendre compte de l'interprétation qu'il fait du corpus à l'étude. Il a la possibilité de donner une cohérence à la matière à communiquer, sans toutefois la rendre immuable; il peut alterner des segments du processus réflexif avec des phases de diffusion des résultats. En somme, le recours à la modélisation informatique de systèmes typologiques pourrait – hypothétiquement – contribuer à prévenir une certaine cristallisation des savoirs qui, dans certains cas, peut se faire au détriment de l'avancement des connaissances.

5.5 Types de connaissances pouvant résulter de la démarche typologique

Une collection d'artefacts est en soi un univers extrêmement riche de significations. À partir de l'étude qu'il en fait, le chercheur peut développer différents niveaux de connaissance, selon la portée de son interprétation. Selon que le *typologue* choisit de procéder à une modélisation impliquant des attributs ou des actions, différentes facettes du savoir peuvent être développées ou enrichies. Dans le cadre du présent travail de recherche, nous nous proposons de porter notre attention sur deux types de connaissance pouvant résulter de l'élaboration de systèmes typologiques.

³⁴⁴ Pour le développeur, ce type d'intervention diffère sensiblement de l'élaboration et de la mise à jour d'environnements basés par exemple sur le multimédia ou les banques de données. En ce sens, son mandat et son champ d'expertise seraient sujets à être redéfinis, puisque l'individu devra être habilité à restructurer aussi bien l'interface que les algorithmes du système génératif. Il nous apparaît néanmoins que cette mutation du

Dans le cas où le *typologue* élabore un système mettant en relation des attributs, nous posons l'hypothèse suivante: par le biais de l'interaction avec un environnement numérique basé sur la modélisation d'attributs intrinsèques et extrinsèques, et dans la mesure où certains d'entre ces derniers portent sur les aspects temporels de la production artisanale, il nous apparaît que l'apprenant pourrait en venir à appréhender certaines facettes d'un processus typologique. Rappelons ici qu'un tel processus est défini par Ganiggia et Maffei (2000) comme étant constitué par les mutations temporelles de la forme architecturale faisant en sorte que chaque type serait explicable comme conséquence du précédent et matrice du suivant. L'utilisateur de l'environnement numérique en viendrait donc – hypothétiquement – à comprendre d'où provient un type donné et quels sont les filons typologiques qu'il a engendrés.

Dans le cas où le *typologue* opte pour un processus de modélisation impliquant la mise en relation d'actions, nous posons l'hypothèse suivante: dans la mesure où il est possible de modéliser la logique de composition d'une famille d'artefacts, l'apprenant pourra en venir à appréhender certaines facettes d'un savoir-faire. Rappelons ici que, dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons au savoir-faire en tant que capacité à anticiper les implications d'une décision donnée. L'utilisateur de l'environnement numérique en viendrait donc – hypothétiquement – à saisir d'une part ce qu'impliquaient les différentes décisions de l'artisan. D'autre part, il en viendrait à replacer dans le système typologique les séquences de décisions posées par le concepteur de l'artefact et à comprendre dans quelle mesure les orientations données à ces choix déterminent l'appartenance à un type, tel que conceptualisé par le chercheur.

rôle du développeur serait susceptible de permettre une mise à contribution plus effective de l'outil informatique.

En somme, il nous apparaît que l'approche proposée dans le cadre de la présente étude, soit le développement d'environnements numériques basés sur la complémentarité entre deux modules (modèle symbolique / système génératif), pourrait assister l'apprenant durant le processus de reconstruction de la connaissance; elle pourrait incidemment lui permettre d'appréhender deux aspects de la connaissance résultant de la démarche typologique : certaines composantes d'un processus typologique et certaines facettes d'un savoir-faire artisanal.

5.6 Complémentarité entre rhétorique et modélisation

Il semblerait que, pour communiquer la résultante de recherches relatives à des typologies architecturales, le recours à l'outil informatique comporte un certain avantage par rapport à la monographie. En effet, lorsque le chercheur choisit le document imprimé comme vecteur de diffusion, il a exclusivement recours à la rhétorique et à l'illustration pour développer la thèse qu'il soutient. Traditionnellement, dans les ouvrages traitant de patrimoine bâti, les typologies architecturales sont présentées sous forme de schémas, graphiques, tableau synoptique, (etc.). Bien que ces modes de représentation visent à symboliser, sous une forme immédiatement perceptible, des données nombreuses et difficiles à appréhender directement, la résultante de ce processus de transcription peut parfois s'avérer relativement obscure³⁴⁵.

La forme textuelle peut être utilisée efficacement pour décrire les conclusions découlant d'un processus réflexif. Cependant, lorsqu'il s'agit de traiter de typologies architecturales, le lecteur doit nécessairement se référer à des représentations. Et c'est précisément au niveau de la réciprocité texte/image que le bât blesse, semble-t-il. Par exemple, le nom qui est apposé par le *typologue* à un regroupement identifié comme type

³⁴⁵ Voir les exemples présentés à l'annexe F.

n'a a priori aucune résonance pour l'apprenant. Bien que le chercheur procède à la description du type et à l'illustration de ce dernier sous forme schématique, il est indéniable que la formation de représentations mentales concrètes peut demander un effort mental considérable venant gêner, chez l'apprenant, la réflexion et la compréhension (Waterworth, 2002).

Puisque la forme textuelle constitue un mode de transmission de la connaissance caractérisé par la linéarité, on peut supposer que cette caractéristique impose une surcharge cognitive à l'individu désireux d'assimiler le fruit de la démarche d'un chercheur, en l'occurrence appréhender les fondements de la structure du système typologique. Afin de comprendre quels éléments sont regroupés et sur quelles bases ils le sont, l'apprenant doit, à partir de textes explicatifs, élaborer un schème des multiples interrelations proposées entre les facteurs de classification et les regroupements effectués; il doit saisir la logique qui sous-tend cette organisation. Pour ce faire, il peut soit prendre connaissance du contenu de l'ouvrage par le biais d'une lecture soutenue et systématique, soit effectuer des allers-retours entre diverses sections de l'ouvrage, tout en se référant aux photographies et illustrations placées en annexe. Il est indéniable que, dans les deux cas, l'apprenant est contraint à fournir un effort substantiel pour arriver à appréhender, dans son ensemble, l'essence et la structure du système conceptuel proposé par le chercheur.

Il apparaît certes pertinent de souligner ici les carences inhérentes à l'article scientifique et à la monographie, en ce qui a trait au processus de reconstruction de la connaissance dans le domaine des typologies architecturales. Notre propos n'est cependant pas de prétendre que l'ordinateur pourrait constituer la panacée. Bien que, dans le cadre du présent travail de recherche, nous proposons au *typologue* un nouveau mode de formalisation et de diffusion de son raisonnement, il ne s'agit en aucun cas d'une suggestion de substituer l'environnement numérique à la monographie ou à l'article scientifique. Il est clair que ce que Paillé et Mucchielli (2003) appellent 'l'analyse en mode écriture' est essentielle pour le chercheur; elle constitue dans bien des cas un outil l'aidant à

structurer progressivement sa pensée. Il s'agit d'un travail d'écriture et de réécriture qui, sans autre moyen technique, tient lieu de reformulation, d'explication, d'interprétation ou de théorisation du matériau à l'étude.

« La recherche [...] est en grande partie une activité discursive. L'écriture y est non seulement incontournable, elle est en soi actualisation de l'analyse, déploiement de la conceptualisation. [...] L'écriture n'est pas uniquement un moyen de communication, ou même une activité de consignation, mais un acte créateur. [...] L'écriture permet plus que tout autre moyen de faire émerger le sens. » (Paillé et Mucchielli, p.104)

Pour l'historien de l'architecture notamment, la rédaction de textes est une nécessité. Elle constitue un outil d'actualisation de l'analyse et de déploiement de la conceptualisation, comme on peut le constater, par exemple, lorsque Carr (2002) décrit sa démarche réflexive.

« [...] as soon as I have got going on a few of what I take to be the capital sources, the itch becomes too strong and I begin to write – not necessarily at the beginning, but somewhere, anywhere. Thereafter, reading and writing go on simultaneously. The writing is added to, subtracted from, re-shaped, cancelled, as I go on reading. The reading is guided and directed and made fruitful by the writing; the more I write, the more I know what I am looking for, the better I understand the significance and relevance of what I find. » (Carr, 2002, p.21)

Ainsi, la lecture, la réflexion, l'écriture et la modélisation peuvent être des activités que le chercheur mène en parallèle. Durant un processus itératif de construction d'un système typologique par exemple, il est loisible d'envisager que le *typologue* travaillera à la rédaction d'un texte retraçant sa démarche et explicitant ses postulats, ses hypothèses et/ou ses conclusions. Il ne ressentira pas nécessairement le besoin de fixer sur un support (analogique ou numérique) le modèle formalisant de façon graphique son raisonnement. Le Moigne (1990) ne nous rappelle-t-il pas que modéliser, c'est d'abord et avant tout « construire dans sa tête »?

On peut en effet supposer que le chercheur n'éprouvera pas l'envie de transcrire sous forme schématique cette construction de l'esprit et qu'il préférera s'en tenir à la rhétorique. Il serait ainsi amené à décrire par exemple un processus typologique ou un savoir-faire sous forme discursive. Cependant, la formalisation d'un modèle et une éventuelle interaction avec celui-ci (impliquant le recours à la simulation) serait susceptible, croyons-nous, d'alimenter son discours et inversement. Comme le souligne Quéau (1986),

« Toute écriture opère une sélection de ce qui est *transcriptible* par elle. Le reste est rejeté et non traité, ou alors évoqué de loin. Avec la simulation on a affaire à un nouvel instrument d'écriture dont on peut justement attendre qu'il rende compte de ce qui était inatteignable, informulable avec les outils précédents. » (p.116)

Dans le cadre de l'approche que nous proposons, l'activité discursive et la modélisation – le texte imprimé et l'environnement numérique – ne sont pas mis en opposition, ni en concurrence. Il n'existe en fait aucune raison pour établir une dichotomie entre ces stratégies (ou outils de diffusion) puisqu'elles nous apparaissent comme étant potentiellement complémentaires. Certes la fluidité et la flexibilité du texte permettent « d'épouser les contours parfois capricieux de la réalité à l'étude » (Paillé, 2003, p.105), mais il est indéniable que la modélisation permet elle aussi – sous une autre optique – de faire émerger le sens puisqu'elle propose une version systématisée de la connaissance.

Bien que notre approche soit essentiellement basée sur l'élaboration évolutive de modèles, il est évident que la démarche du chercheur n'est pas indéfinie. Il arrivera un moment où celui-ci choisira de mettre un terme au processus réflexif portant sur une problématique donnée, et de tirer des conclusions qui ne seront plus considérées comme

étant provisoires³⁴⁶. Le modèle aura atteint une forme ‘achevée’; un texte sera alors diffusé sous forme d’article scientifique, de monographie ou autre.

Nous supposons cependant que la formalisation et la description d’un système typologique ‘définitif’ ne rendra pas nécessairement obsolète le type d’environnement numérique que nous proposons. Celui-ci pourra constituer un élément complémentaire au texte et être utilisé à titre d’assistant afin de potentialiser la consultation de la monographie (ou la lecture de l’article scientifique). Il nous apparaît que l’emploi conjoint – voire le recours simultané – à des outils cognitifs, ou *mindtools*³⁴⁷, de types analogique et numérique pourrait éventuellement apporter une plus-value.

En somme, notre hypothèse repose sur la conviction suivante: des environnements numériques basés sur la modélisation informatique de systèmes typologiques pourraient étayer et enrichir les processus de construction et de reconstruction de la connaissance dans le domaine des typologies architecturales. D’une part ils permettraient au chercheur de diffuser son raisonnement, et ce, à différents moments du processus réflexif. D’autre part, ils permettraient à l’apprenant de poser une diversité d’actions en vue de reconstruire la connaissance ainsi véhiculée. Au cours des prochains chapitres, nous serons amenés à décrire les moyens mis en œuvre pour évaluer la pertinence d’une telle hypothèse.

³⁴⁶ Bien qu’elles seront éventuellement remises en question par d’autres chercheurs.

³⁴⁷ Dans le sens où Jonassen (1995) l’entend.

QUATRIÈME PARTIE : EXPÉRIMENTATIONS

6. Approche méthodologique

« La recherche qualitative est une aventure au milieu d'un univers immensément riche de significations. On y fait le pari de la complexité, on y prend le risque de la confusion passagère, on n'est jamais sûr de la route à prendre et on ne connaît pas de façon précise l'issue du voyage. »

(Paillé et Mucchielli, 2003, p.190).

6.1 Les méthodes qualitatives

Nous avons élaboré, au chapitre précédent, une hypothèse à l'effet que le recours à des moyens informatiques serait susceptible de contribuer à enrichir les processus de construction et de reconstruction de la connaissance relative aux typologies architecturales. Il ne s'agit pas là d'une hypothèse posée dans un esprit positiviste, en ce sens que nous ne chercherons pas à la vérifier, dans l'optique d'être ultérieurement en mesure de la valider de façon formelle. Cette spéculation constitue plutôt un axe de réflexion, une orientation que nous choisissons de donner à une démarche exploratoire qui pourra éventuellement nous permettre d'enrichir notre compréhension des moyens pouvant être mis en œuvre pour potentialiser les processus de construction et de reconstruction de systèmes typologiques. Nous nous sommes autorisés à conjecturer sur une éventuelle complémentarité entre modèle symbolique et système génératif; nous nous emploierons maintenant à explorer la fécondité de cette idée.

Comme le constate Walliser (1977), une hypothèse sans champ empirique rend compte théoriquement de certains mécanismes, sans que ceux-ci ne soient véritablement corroborés par des expériences concrètes. Une telle construction de l'esprit peut être taxée d'inconsistance puisqu'elle n'est pas ancrée dans le réel, et se trouve donc dénuée d'assise. Il importe, dès lors, de poursuivre notre démarche en procédant à des expérimentations qui

auront pour effet de permettre une confrontation entre notre hypothèse et le réel. L'éminent philosophe André Lalande est formel à ce sujet:

« Je crois [...] que dans l'ordre scientifique aussi bien que dans l'ordre moral, un des signes de l'idée vraie est sa fécondité, sa capacité à 'rendre', à 'travailler' efficacement; que cette aptitude ne se manifeste que par l'expérience, c'est-à-dire par l'épreuve de mise en action, en service [...]; et que cette expérience ne peut être vérifiante qu'à la condition d'être une expérience réellement effectuée, réellement pratiquée. Je crois, en un mot, que partout la vérification doit être une 'œuvre', et non pas seulement un discours. » (1968, p.805-806)

Ainsi, nous chercherons maintenant à dépasser le discours et le confronter à la pratique. Il s'agira pour nous d'explorer le champ empirique qui constitue en quelque sorte la contrepartie du champ théorique que nous avons délimité au chapitre 4. Nous procéderons à établir une correspondance entre deux facettes complémentaires – notions abstraites et actions concrètes – qui constituent les fondements du phénomène à l'étude.

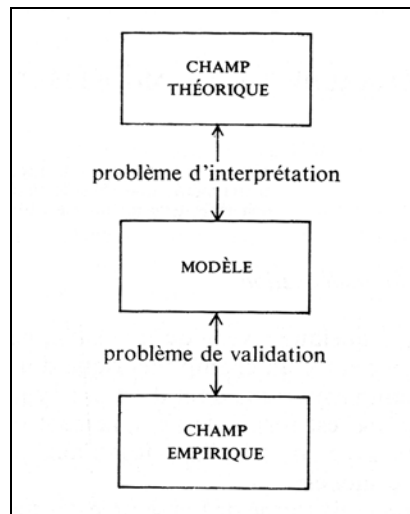


Figure 5. *Correspondances entre champ théorique et champ empirique.* (Source: Walliser, *Systèmes et modèles*, 1977, p.154).

Notre objectif est, d'une part, d'arriver à jauger dans quelle mesure le recours à des moyens informatiques pourrait contribuer à produire un impact positif sur le développement des habiletés cognitives de l'apprenant, et ce, à l'intérieur du périmètre de notre problématique. D'autre part, nous souhaitons examiner l'aptitude des moyens informatiques à s'adapter à la mouvance de la connaissance élaborée par le *typologue*. Les aspects que nous cherchons à évaluer sont essentiellement la qualité de cet impact et l'aisance avec laquelle se fait cette adaptation. Or, comme nous le savons, la qualité et l'aisance sont par nature non mesurables, non quantifiables.

Face à ce constat, nous optons, dans le cadre du présent travail de recherche, pour la mise à contribution de méthodes qualitatives. Il ne s'agit pas ici de prendre parti dans la querelle stérile confrontant deux courants de pensée opposés l'un à l'autre: quantitatif versus qualitatif. Au sein de cette polémique, les arguments en faveur, ou en défaveur, des méthodes qualitatives sont basés sur une dichotomie face à laquelle nous ne jugeons pas à propos de prendre position. Kvale (1996) décrit cet antagonisme avec beaucoup d'esprit:

« The very form of the objections, or questions, is itself leading: they are based on a dichotomized presupposition of the nature of knowledge as either true or false. Each part of the posited dichotomy may serve as a tribal banner for competing groups; at the start fuelling a heated controversy, gradually replaced by an insight that the controversy may have been constructed on a pseudo issue. The field is then left and replaced by a new controversy under a different banner, still retaining the dichotomized form, as well as some old themes and supporters on each side. There appears to be a 'dichotomy of the decade' in modern social sciences: in the 1960s, natural science versus the humanities; in the 1970s, quantitative versus qualitative; in the 1980s, objective versus subjective; and in the 1990s, universal versus local knowledge. The way out is to go beyond the dichotomized thinking of either/or categories by emphasizing description and dialogue about the qualitative nuances and differences of the issues raised. » (p.290)

Il faut en effet transcender cette dichotomie qui tend à s'opérer, semble-t-il, au détriment d'un jugement éclairé quant aux méthodes à adopter pour l'étude d'un sujet donné. L'adhésion à un certain type de méthode constitue une décision devant être prise, cas par

cas, compte tenu des spécificités de la recherche. Le recours à des méthodes qualitatives ne revient pas nécessairement à jeter l'anathème sur les méthodes quantitatives; nous demeurons conscients du fait que ces dernières sont tout à fait adéquates pour le développement de connaissances reliées à des sphères de l'activité humaine autres que le phénomène dont nous souhaitons traiter. Si nous portons notre choix sur des méthodes qualitatives, c'est uniquement qu'elles nous apparaissent comme étant appropriées à notre objet d'étude.

Dans le chapitre délimitant le cadre théorique, nous avons établi que la fragmentation et l'évolution des savoirs constituaient l'un des postulats sur lesquels se fondait la présente recherche. Il est indéniable que l'adoption d'une telle posture nous incite à recourir aux méthodes qualitatives. En effet, comme le constate Stake (1995), la majorité des chercheurs qualitatifs contemporains considèrent que le savoir serait construit plutôt que découvert³⁴⁸.

« The aim of research is not to discover [...] for that is impossible, but to construct a clearer reality [...] and a more sophisticated reality [...] particularly ones that can withstand disciplined scepticism. Science strives to build a universal understanding. The understanding reached by each individual will of course be to some degree unique, but much will be held in common. Although the reality we seek is of our own making, it is a collective making. We seek the well-tuned reality, one bearing up under scrutiny and challenge. » (p.101-102)

Dans une optique comparable à celle de cet auteur, nous aspirons à contribuer au développement d'une vision plus claire, plus sophistiquée du phénomène à l'étude. L'objectif visé est d'approfondir notre champ de questionnement afin d'élaborer une

³⁴⁸ Dans le domaine de la recherche en sciences sociales, notons ici l'influence déterminante de deux chercheurs émérites, Egon Guba et Yvonna Lincoln, dans l'adoption d'une posture constructiviste qui a entraîné cette évolution des mentalités.

connaissance appelée à être constamment remise en question par nos expérimentations, et ultérieurement scrutée par nos pairs; en somme, une connaissance dont le caractère 'biodégradable'³⁴⁹ ne sera à aucun moment occulté. Il nous apparaît que l'application de méthodes qualitatives peut nous aider à parvenir à nos fins, et ce, pour les trois raisons qui seront détaillées ci-dessous, soit la capacité à rendre compte de processus complexes, la souplesse d'adaptation et la valorisation implicite de l'expérience vécue par le sujet humain.

D'une part, la recherche qualitative se caractérise par sa capacité à s'adresser à des objets complexes. Et nous l'avons constaté: autant la démarche de construction des savoirs que celle de reconstruction de ceux-ci sont caractérisées par la complexité. Bien que nous travaillions à partir du modèle non complexe de systèmes typologiques, nous cherchons à comprendre comment il serait possible d'arriver à arrimer, l'un à l'autre, deux processus qui, eux, s'avèrent complexes. Lorsqu'il s'agit d'aborder des questions concernant le comment, lorsque l'on cherche à enrichir la compréhension que l'on peut avoir d'un processus complexe, le recours à des méthodes qualitatives semble tout indiqué (Merriam, 2002).

D'autre part, la recherche qualitative se caractérise par sa souplesse d'ajustement en cours d'opération (Gagnon, 2005). Étant donné que nous entreprenons une démarche exploratoire, il est légitime de supposer que les orientations de la recherche seront, dans une certaine mesure, appelées à évoluer au contact de la richesse et de l'hétérogénéité du réel. Indéniablement, nos préoccupations, à savoir comment mettre les technologies numériques au service du *typologue* et de l'apprenant, ouvrent la porte à une multiplicité d'approches; plusieurs pistes de réponses coexistent. Il est essentiel de demeurer ouverts et réceptifs face à la pluralité des façons d'aborder la question. Puisque nous proposerons et mettrons en oeuvre des solutions qui seront nécessairement remises en question au contact de la réalité,

³⁴⁹ Selon l'expression de Morin (1994).

nous avons tout intérêt à adopter des méthodes qui permettent une certaine flexibilité dans l'élaboration progressive des solutions que nous envisageons.

Finalement, la recherche qualitative se caractérise par sa capacité à rendre compte de l'expérience vécue, par son ouverture au monde empirique qui s'exprime souvent par la valorisation de l'exploration d'un terrain d'observation (Gagnon, 2005). La clé de la compréhension en recherche qualitative réside dans l'idée que la signification est construite socialement par des individus en interaction avec le milieu dans lequel ils évoluent. En ce sens, il s'agit pour le chercheur d'enrichir sa compréhension à partir du point de vue des personnes qui sont impliquées dans le phénomène à l'étude, de comprendre la signification que le sujet humain attribue à la situation qui se présente à lui, la perception qu'il a de l'expérience qu'il vit. Notons ici que, parmi les méthodes qualitatives, l'interview³⁵⁰ occupe une place privilégiée; ce contact direct avec l'informant peut contribuer à dévoiler les multiples facettes d'un processus donné, et éventuellement conduire à une meilleure compréhension du phénomène investigué.

Jusqu'à maintenant, nous avons fait l'apologie des méthodes qualitatives. Or, le recours à celles-ci ne constitue assurément pas la panacée. Nous nous emploierons maintenant à examiner l'envers de la médaille; nous passerons sommairement en revue les arguments qui sont parfois brandis en défaveur de ces méthodes, soit l'absence d'objectivité, l'impossibilité d'en évaluer les résultats de façon rigoureuse et le bas niveau des connaissances théoriques qu'elles produisent.

Certains auteurs arguent qu'un risque potentiel de biais est inhérent à l'application de méthodes qualitatives. Mais ce 'risque' constitue-t-il un désavantage en soi? Stake (2006) considère, pour sa part, que l'interprétation du chercheur se trouve enrichie par son

³⁵⁰ Nous commenterons les spécificités de cette méthode à la section 8.4.

expérience personnelle: « Comprehensive, idiosyncratic, irreproducible interpretations are contribution to understanding and action. » écrit-il (p.87).

On peut considérer que lorsqu'il s'agit de colliger des données relatives à l'expérience humaine, la personne du chercheur, avec son bagage d'expériences, de connaissances et d'émotions, n'introduit pas nécessairement un biais néfaste à l'avancement des connaissances. Au contraire, la pluralité des interprétations qu'il développe, des raisonnements qu'il déploie de façon séquentielle, déboucherait sur une mise en valeur de la richesse et de la diversité des significations possiblement attribuables à l'expérience humaine.

Indéniablement, chaque chercheur possède un style qui lui est propre; les aspects du phénomène qui éveillent sa curiosité, et la façon dont il les traitera, sont liés à des facteurs idiosyncrasiques. L'essentiel, dirons-nous, est qu'il sache efficacement gérer ces deniers, qu'il soit capable d'introspection. Le chercheur qualitatif se doit de rester au diapason du système de valeurs de ses interlocuteurs, tout en demeurant conscient de la façon dont ses propres préconceptions peuvent influencer la façon dont il comprend et interprète les témoignages qui lui sont livrés (Maykut, 1994). Cet apport 'personnalisé', cet investissement de la part du chercheur en tant que sujet humain doté d'une conscience affective, peut constituer une plus-value dépendamment de l'optique sous laquelle on le perçoit.

Un autre argument, en défaveur des méthodes qualitatives, est ce qui apparaît comme notre incapacité (partielle) à évaluer de façon rigoureuse la résultante du travail de recherche. Or, la difficulté à valider une recherche qualitative n'est pas nécessairement un désavantage lié à cette approche; on peut considérer, à l'instar de Kvale (1996), que cette 'inaptitude' est intimement liée au mandat souvent assigné aux méthodes qualitatives, à savoir dépeindre et questionner les complexités d'une réalité humaine ou sociale. Il est clair qu'il n'existe ni canon ni règle infaillible pour établir la validité des résultats d'une recherche de ce type (Miles et Huberman, 1994). De fait, la validation reposerait en partie

sur les qualités humaines du chercheur³⁵¹, c'est-à-dire sur la patience et la rigueur dont il fait preuve tout au long du processus de recherche, pour inlassablement vérifier, questionner et remettre en perspective les conclusions provisoires auxquelles il arrive.

Si les méthodes qualitatives sont impopulaires dans certains cercles, c'est également qu'on leur reproche le bas niveau théorique de la connaissance qu'elles produisent; selon certains, à force de vouloir se rapprocher de la réalité, les chercheurs deviendraient incapables de s'en détacher. Certains observateurs déplorent ce qui apparaît comme une résistance persistante de la part des chercheurs qualitatifs à construire des modèles théoriques généraux (Manning, 1982).

Une critique de ce genre ne peut être faite qu'en comparaison avec les modèles théoriques fournis par des méthodes quantitatives, ceux-ci apparaissant plus 'robustes' et pour ainsi dire baignés de l'aura de la crédibilité. De telles comparaisons peuvent, à la limite, être qualifiées de stériles; il faut en effet demeurer critique face au genre de théories que seraient censés produire les chercheurs qualitatifs. Généraliser, c'est dépeindre et expliquer une réalité univoque qui serait corroborée par tous et chacun. Pour ce faire, il faut uniformiser les résultats, aplanir les aspérités, passer sous silence les incohérences. Or, il s'agit là de concessions que, la plupart du temps, le chercheur qualitatif n'est pas disposé à faire. Il est légitime pour lui de se détourner d'un objectif visant la généralisation et de le remplacer par une vision mettant l'accent sur les aspects contextuel et hétérogène de la connaissance; bien souvent il ne prétend pas expliquer, mais espère plutôt contribuer à rendre compte des multiples facettes du phénomène investigué.

Qui plus est, rien ne contraint le chercheur qualitatif à se limiter à décrire une réalité; il peut en venir à percevoir son rôle comme celui d'un 'prospecteur'. Un glissement

³⁵¹ Kvale (1996) emploie le mot *craftsmanship*, pour lequel nous n'avons pas trouvé dans la langue française un équivalent qui traduise adéquatement cette idée.

s'opère alors de la théorie explicative vers ce que Kvale (1996) appelle la théorie générative. Cette dernière implique que l'accent est mis non pas sur ce qui *est*, mais sur ce qui *pourrait être*. Il ne s'agit pas ici d'effectuer des prévisions, mais bien plutôt d'amener les sujets humains, impliqués dans le phénomène faisant l'objet de l'étude, à envisager de nouvelles éventualités. En somme, sonder des champs de possibilités inexplorés est un mandat que le chercheur qualitatif peut prendre le parti de s'assigner ; il s'agit alors de chercher à détrôner les conceptions conventionnelles et à proposer de nouveaux axes de pensées et d'actions.

Ce type de démarche, que nous venons à l'instant de décrire, nous interpelle et nous incite à former le dessein d'entreprendre une recherche prospective. Nous chercherons à enrichir notre compréhension, à mettre en lumière des pistes de réponses à notre questionnement non pas pour expliquer mais bien plutôt pour faire valoir ce qui *pourrait être*, en ce qui a trait aux modalités de communication *typologue / apprenant*. Dans cette optique, nous nous proposons de poser une action qui, d'une certaine façon, modifiera le réel; nous procéderons à la mise en œuvre d'environnements numériques aptes à exemplifier la complémentarité potentielle entre modèle symbolique et système génératif. Nous nous placerons donc dans le rôle du chercheur-acteur.

6.2 La recherche-action

La recherche-action est une démarche de recherche qui poursuit un double objectif: entreprendre un projet de changement délibéré et, ce faisant, contribuer à l'avancement des connaissances dans le domaine concerné (Liu, 1997). Dans le cadre de la démarche que nous entreprenons, il s'agit d'étudier les modalités de communication *typologue / apprenant*, en tenant compte du fait que nous contribuons à transformer la situation que nous nous employons à décrire. L'action est posée dans l'optique d'observer les effets de ce changement intentionnel et d'élargir en quelque sorte le champ des possibilités.

Nous procéderons, comme nous l'avons mentionné à la section précédente, au développement d'environnements numériques basés sur la réciprocité modèle conceptuel / système génératif. Il est indéniable que la conception de tels environnements constitue d'abord et avant tout un problème humain qui doit associer la créativité du designer, l'analyse du psychologue et les outils de l'informaticien (Caelen, 2006). Dans le cadre de la recherche-action dont il est ici question, nous nous proposons néanmoins d'assumer cette triple fonction: concevoir, programmer et évaluer des environnements numériques.

Assurément, les résultats auxquels nous pouvons aspirer ne seront pas aussi probants, ni aussi sophistiqués, que si nous avons la possibilité de réunir au sein d'une équipe de recherche des spécialistes en design, en cognition et en informatique. Nonobstant la limitation dont nous venons de faire état, nous comptons procéder à l'élaboration d'environnements numériques qui, pour 'rudimentaires' qu'ils soient, nous permettront d'entrer en contact avec des *typologues* et des *apprenants* qui contribueront à éclairer notre perception du phénomène investigué; nous serons à même d'apprécier et de comprendre les motivations qui les animent, les démarches cognitives qu'ils entreprennent, les préconceptions qu'ils entretiennent, etc.

Comme nous l'avons constaté à la section précédente, la recherche qualitative se caractérise par sa capacité à rendre compte de l'expérience vécue. D'une part, nous pourrions enrichir notre compréhension de la démarche du *typologue*. D'autre part, par le biais d'observations et d'interviews, nous aurons le loisir de percevoir les environnements numériques proposés, à travers les yeux d'utilisateurs potentiels. Nous vivrons, en quelque sorte par personne interposée, les aléas d'un processus de reconstruction de la connaissance assisté par des moyens informatiques. Nous chercherons à comprendre la signification que l'utilisateur donne à l'expérience qu'il vit au sein de l'environnement numérique et à évaluer ce qu'il en retire.

Nous nous baserons ici sur le concept de *human-as-instrument*, tel que défini par Lincoln et Guba (1985). Ces éminents chercheurs considèrent que la personne humaine constituerait le seul instrument suffisamment flexible pour capturer la complexité et les subtilités d'une situation en perpétuelle évolution (comme l'est l'expérience qui consiste à aborder un système typologique). Bien évidemment, il ne s'agit pas de réifier la personne humaine; les individus qui participent à une recherche qualitative sont conscients de l'être, ils savent qu'ils y jouent un rôle actif qui aura pour effet d'enrichir les résultats de l'étude.

Il apparaît pertinent d'insister ici sur le fait que les *informants* ne sont pas considérés par le chercheur qualitatif comme des cobayes, mais plutôt en tant que partenaires à part entière (Rubin et Rubin 1995). À ce titre, le succès de la démarche du chercheur demande qu'il fasse preuve de toute une gamme de qualités humaines (respect, attention, empathie, etc.), la validité des résultats de la recherche reposant sur la propension de l'observateur à rester au diapason de son interlocuteur.

Dans le cadre de la recherche-action que nous comptons entreprendre, nous développerons les environnements numériques de façon itérative. Nous procéderons à une mise à l'épreuve critique, c'est-à-dire que nous testerons les prototypes durant leur développement afin d'être en mesure de les confronter au réel et de les adapter progressivement à cette réalité. Au cours du processus en question, c'est d'abord et avant tout l'*informant* qui alimentera notre réflexion. Les informations obtenues par le biais d'entrevues seront utilisées de façon à transformer l'environnement numérique, et à le faire progresser dans une direction apparaissant souhaitable en regard des témoignages recueillis³⁵².

³⁵² Nous adopterons ce que Kvale (1996) appelle une approche pragmatique, c'est-à-dire que toute information apte à diriger notre action de façon à produire les résultats désirés aura le statut de 'vérité'.

Un des principaux arguments en faveur de la mise à l'épreuve critique réside dans le fait que l'action innovante ne peut être dissociée du milieu dans lequel elle est insérée, action et contexte étant inextricablement liés (McKernan, 1996). En effet, prise isolément, l'innovation est dénuée de valeur; le geste innovant posé par le chercheur fait partie intégrante d'un système constitué de l'action elle-même, de l'observateur et d'un milieu humain (formé d'une collectivité d'individus). À ce trio s'ajoute, dans le cas qui nous occupe, un élément fondamental, soit les technologies numériques à un moment déterminé de leur évolution.

Il est essentiel d'arriver à articuler ces quatre composantes du système. Ainsi, afin de tracer des pistes de réponses à notre questionnement, d'une façon qui ne soit pas dissociée du réel (milieu humain et technologies), nous procéderons à des études de cas. Nous élaborerons plusieurs prototypes d'environnements numériques qui rendront compte de différentes typologies d'artéfacts et véhiculeront différents types de connaissances. Nous nous référerons aux travaux de divers historiens de l'architecture et entrerons en contact avec plusieurs *apprenants*. Cette diversité des approches et des points de vue nous permettra d'effectuer des comparaisons, d'avoir recours à la triangulation, de façon à obtenir une image du phénomène investigué qui soit la plus détaillée et la plus nuancée possible (Stake, 2006).

Lorsque nous chercherons à décrire la perception et à interpréter les comportements de nos *informants*, notre objectif consistera, non pas à uniformiser les résultats, mais plutôt à mettre l'accent sur les nuances et à tenir compte des paradoxes. Nous nous appliquerons, d'une part, à relever les incohérences et à en comprendre les sources. D'autre part, nous œuvrerons à mettre en relief les continuités et à discerner l'émergence de patterns au sein des témoignages qui nous seront livrés, ce qui nous amènera à esquisser des conclusions provisoires (Maykut, 1994).

Nous demeurons conscients du fait que la mise à l'essai critique des environnements numériques proposés pourrait difficilement être reproduite par un autre chercheur, dans des conditions en tous points identiques. Or, il ne s'agit pas là d'un aspect lacunaire des études de cas, la généralisation des résultats n'étant ici que relativement peu considérée. En effet, la tâche que nous nous assignons, dans le cadre du présent travail de recherche, consiste à interpréter une réalité qui fluctue et évolue. La finalité de notre démarche se 'limite' à interpréter une situation à un point donné dans le temps, et dans un contexte particulier (Merriam, 2002). Il ne s'agit donc pas de créer un contexte reproductible qui permettrait à d'autres chercheurs de corroborer nos conclusions.

Bien qu'elles ne permettent pas de généraliser, les études de cas peuvent cependant mener à la théorisation. Le processus de théorisation étant inductif, nous espérons être en mesure, à partir de cas singuliers, de remonter vers un modèle théorique qui sera ultérieurement proposé aux destinataires de la présente recherche. Il s'agit là, en fait, d'un processus d'intellection en trois étapes: après avoir identifié l'ensemble et les composantes du phénomène, nous nous appliquerons à reconnaître les relations qu'elles développent, entretiennent ou rompent, pour finalement en arriver à théoriser, c'est-à-dire à insérer ce phénomène dans un système plus général qui lui donnera sa signification (Granger, 1982).

En ce qui a trait à l'ampleur des travaux qui seront réalisés, nous serons nécessairement contraints à nous imposer une limite de façon délibérée. Les résultats d'une recherche qualitative menée par le biais d'études de cas peuvent être aussi complets que voulus par le chercheur, et poussés à un degré de précision aussi élevé que les objectifs qu'il se fixe. Or, comme le fait remarquer Liu (1997), il est clair que l'étude complète et la précision absolue ne peuvent être atteintes qu'au prix de ressources infinies et au bout d'un temps infini. Il ne peut donc être question pour nous de viser la complétude. Notre objectif est plutôt d'enrichir, dans une certaine mesure, notre compréhension, tout en restant conscient du fait que, dans un domaine aussi riche et complexe que le développement des habiletés cognitives de l'être humain par le biais du recours aux technologies numériques, il

serait présomptueux de prétendre à autre chose qu'une connaissance approximative, partielle et contextuelle.

En somme, notre démarche consistera à la fois à mettre en œuvre et à mettre à l'épreuve des prototypes d'environnements numériques. Ce développement informatique et sa mise en contact avec le réel constitueront notre 'œuvre' dans le sens où Lalande (1968) l'entendait dans l'extrait cité précédemment. Par l'élaboration d'un modèle théorique, notre but ultime sera d'arriver à dégager des axes de réflexion susceptibles d'alimenter le débat et de fournir éventuellement un point de départ pour des études ultérieures. C'est pourquoi une étape de notre démarche, à laquelle nous accorderons une importance prépondérante, consistera à commenter les résultats de nos études de cas et à tracer de nouvelles pistes de recherche³⁵³. Comme le fait remarquer si judicieusement Yin (1984), « Research is about questions and not necessarily about answers. » (p.57).

6.3 Les études de cas

6.3.1 Introduction

Tel qu'établi précédemment, nous procéderons à la réalisation d'études de cas afin de progresser dans notre compréhension du phénomène à l'étude. Ces études consisteront à élaborer des environnements numériques basés sur la réciprocité entre modèle symbolique et système génératif. Elles seront orientées vers l'observation de processus (ceux de construction et de reconstruction de la connaissance) plutôt que vers l'élaboration de produits achevés (en l'occurrence les environnements numériques).

Pour la collecte d'informations aptes à enrichir à notre compréhension, nous aurons recours au concept dont il a été question précédemment, soit la 'personne comme

³⁵³ Respectivement aux chapitres 10 et 12.

instrument³⁵⁴. Par le biais de processus de consultation³⁵⁵, nous chercherons, d'une part, à évaluer dans quelle mesure le recours à des moyens informatiques peut contribuer au développement des habiletés cognitives de l'apprenant. D'autre part, nous serons amenés à apprécier les possibilités d'adapter les vecteurs de communication à la mouvance des connaissances élaborées par le *typologue*.

Le mandat des environnements proposés sera de permettre à l'utilisateur d'explorer un espace de simulation³⁵⁶ dans le but ultime d'arriver à appréhender la structure d'un système typologique. Il s'agira d'appuyer la démarche de l'apprenant durant un processus de reconstruction de la connaissance. Nous chercherons à évaluer dans quelle mesure l'espace de simulation constitue un outil heuristique favorisant l'élaboration d'un schéma mental du système typologique, tel que proposé par le chercheur en un moment donné de sa démarche.

Le processus exploratoire mené par l'apprenant se fera par le biais d'une variété d'actions. Les séquences d'actions seront posées par l'utilisateur en vue de mettre en relief les relations proposées par le *typologue* entre les éléments du modèle symbolique. Elles auront pour effet d'affecter directement l'environnement numérique, notamment par le déclenchement de la génération de formes perceptives représentant les divers cas de figure appartenant au corpus. En ce sens, l'ordinateur sera ici utilisé pour permettre à l'apprenant de reconnaître et d'organiser des patterns d'information (Jonassen et coll., 1994).

Nous chercherons à vérifier dans quelle mesure ces séquences d'actions constituent une démarche pouvant éventuellement déboucher sur une réflexion, c'est-à-dire un « retour sur elle-même de la pensée, qui prend pour objet un de ses actes spontanés ou un groupe de

³⁵⁴ Tel que défini par Lincoln et Guba.

³⁵⁵ Les modalités de ce processus seront détaillées au chapitre 8.

³⁵⁶ Tel que défini à la section 4.9.

ceux-ci » (Lalande, 1968, p.904). En somme, il s'agira d'observer les actions posées par l'utilisateur, de découvrir de quelles façons elles s'enchaînent et de discerner dans quelle mesure elles suscitent une réflexion quant aux implications sous-jacentes. Nous chercherons à déterminer quels sont les fruits résultant de cette démarche exploratoire et quels sont les moyens à mettre en œuvre pour arriver à les bonifier.

Nous serons par ailleurs appelés à vérifier dans quelle mesure le vecteur de diffusion des résultats de la démarche typologique – ici l'environnement numérique – peut s'adapter à la mouvance de la connaissance. Nous chercherons à évaluer l'aisance avec laquelle nous arrivons à le transformer, de façon à ce qu'il reflète les étapes transitoires du processus de construction de la connaissance. Le remaniement des environnements aura ici pour objectif d'arriver à transcender cette sclérose de l'outil à laquelle nous faisons allusion au chapitre 3. Dans cette optique, il s'agira d'œuvrer à enrichir l'adaptabilité des environnements numériques et à évaluer ensuite leur capacité régénératrice.

Nous procéderons à deux études de cas. Elles seront basées sur des typologies d'artefacts³⁵⁷ élaborées par des historiens de l'architecture. L'objectif de ces derniers était d'arriver à enrichir la compréhension qu'ils avaient d'une production artisanale spécifique, caractéristique d'une époque déterminée. Nous porterons tour à tour notre intérêt sur les interprétations qui ont été faites d'un corpus de charpentes de toitures construites entre les XIe et XIXe siècles et d'un corpus de roses gothiques datant des XIIe et XIIIe siècles³⁵⁸. Ces familles d'éléments architecturaux ont retenu notre attention en raison non seulement de la richesse géométrique des divers spécimens³⁵⁹ mais également en regard du rôle

³⁵⁷ Comme nous l'avons établi à la section 4.3, notre intérêt porte sur les collections d'artefacts qui témoignent du travail d'artisans appartenant à des sociétés dites traditionnelles.

³⁵⁸ Nous reviendrons sur la définition de la rose gothique à la sous-section 6.3.3.

³⁵⁹ C'est-à-dire la grande variété au niveau de la morphologie, ce qui en fait un terrain d'étude particulièrement riche pour le *typologue*. Un aperçu de cette richesse géométrique est présentée à l'annexe G.

prépondérant que ces entités occupaient au sein de la solution architecturale. En effet, ces artefacts – baie et structure de charpente – sont tous deux à la fois des éléments composés et composants; il s’agit d’une part d’éléments composés puisque ce sont des systèmes qui regroupent, selon différents schémas, plusieurs pièces en interaction les unes avec les autres. D’autre part, il s’agit d’éléments composants intervenant de manière privilégiée dans la composition du bâtiment et procédant à des échanges avec leurs environnements respectifs³⁶⁰. Ainsi, chacun de ces artefacts constitue une composante participant de façon ‘unique’ à une solution architecturale appartenant au bâti ancien. C’est dans ce contexte qu’il appert qu’une démarche, visant à prendre connaissance des interprétations déployées par les historiens, apparaît comme étant potentiellement pertinente dans le cadre du processus global de développement des habiletés cognitives du concepteur architectural.

La première étude de cas, qui portera sur la formalisation de l’interprétation faite d’un corpus de charpentes de toitures, nous permettra essentiellement de progresser dans notre compréhension des impacts qu’un environnement numérique pourrait potentiellement avoir sur le développement des habiletés cognitives de l’utilisateur. Elle traitera des possibilités de restitution d’un processus typologique³⁶¹. La deuxième étude de cas, qui portera sur la formalisation de l’interprétation faite d’un corpus de roses gothiques, nous permettra essentiellement d’évaluer dans quelle mesure il est possible d’adapter des

³⁶⁰ L’artefact est une entité incluse dans un environnement constitué par le microcosme de la solution architecturale dans lequel il est inséré. Notons ici la présence de relations causales bilatérales : par exemple, le tracé du bâtiment influence la configuration de la charpente de toiture et celle-ci a un impact sur la morphologie du bâtiment. Bien que l’utilisateur des environnements numériques proposés ne pourra expérimenter ce type de corrélations, il apparaît important de mentionner ce point puisque les artefacts ne constituent pas des entités monolithiques détachées de tout contexte.

³⁶¹ La notion de processus typologique a été définie à la section 4.5. Nous y reviendrons par ailleurs à la prochaine sous-section.

environnements numériques à la mouvance de la connaissance modélisée par le chercheur. Elle traitera des possibilités de restituer certaines facettes d'un savoir-faire artisanal.

Par le truchement de ces deux études de cas, nous aurons l'opportunité d'explorer l'orientation mise en relief dans l'hypothèse, de confronter l'idée à la réalité. Au cours des prochaines sous-sections, nous détaillerons, pour l'une et l'autre, les finalités de l'étude, les spécificités du cadre de référence, ainsi que les modalités d'exploration de l'espace de simulation.

6.3.2 Les possibilités de restitution d'un processus typologique

6.3.2.1 La finalité de l'étude de cas

Pour accéder à ce que Choay (1999) appelle les valeurs intellectuelles portées par le patrimoine, il est essentiel de prendre conscience, qu'en tout lieu, l'art de bâtir est né d'un germe préexistant, et qu'il existe un antécédent à tout. Il faut en somme comprendre que rien ne vient de rien³⁶². L'existence d'un objet est inéluctablement rendue possible par la succession, dans le temps, des autres objets de même famille, sans lesquels cet objet ne posséderait pas les caractéristiques qui le distinguent. L'existence d'une séquence de configurations, échelonnées dans le temps, atteste du fait que chaque artefact a hérité des caractères de ses prédécesseurs. Les 'ancêtres' lèguent à leurs 'descendants' les principes sur la base desquels ils sont constitués et les causes pour lesquelles ils sont ainsi faits, mais dans un contexte à chaque fois légèrement différent, qui évolue au fil de l'histoire. C'est ce principe général de l'art de bâtir que Caniggia et Maffei (2000) appellent le processus typologique.

³⁶² Comme le constate Quatremère de Quincy (1999).

Afin d'être en mesure d'apprécier la dimension historique du patrimoine, il est essentiel d'avoir à sa disposition les repères nécessaires pour appréhender les processus évolutifs ayant induit une transformation progressive de la forme architecturale; il faut saisir ce qui fait qu'un type d'artefact en engendre souvent d'autres et que, inversement, un type découle toujours d'un type antérieur.

Dans la mesure où un chercheur propose un système typologique comprenant des attributs extrinsèques basés sur un découpage historique, un environnement numérique peut-il amener l'apprenant à appréhender un processus typologique, c'est-à-dire à comprendre l'évolution des types au fil du temps? Ce sont les tenants et les aboutissants de cette question que nous chercherons à explorer dans le cadre de notre première étude de cas.

Nous œuvrons à l'élaboration de prototypes d'environnements numériques permettant – hypothétiquement – de retracer un tel processus, par le biais de l'exploration d'un espace de simulation. Il s'agit de concevoir et d'organiser des repères aptes à baliser un parcours exploratoire dont la finalité est d'amener l'utilisateur à élaborer une image mentale de l'enchaînement évolutif des types. Ici, notre intérêt porte prioritairement sur le processus de reconstruction de la connaissance par l'apprenant, notre objectif premier consistant à évaluer la qualité de l'impact des outils proposés.

6.3.2.2 Délimitation du cadre de référence

Le cadre de référence de cette première étude de cas est basé sur une connaissance que nous pourrions qualifier de livresque. C'est-à-dire que nous nous référerons à une typologie établie par une équipe de chercheurs ayant choisi de mettre temporairement un terme à sa démarche réflexive, et ayant opté pour la consignation de la résultante des travaux de recherche sous forme d'une monographie. Celle-ci formalise l'interprétation qui

a été faite par le collectif d'historiens quant à l'évolution d'une famille de charpentes de toitures.

L'ouvrage en question, réalisé par Corvol, Hoffsummer et Mayer (2002), porte sur les charpentes de toitures construites en France du Nord et en Belgique, entre les XIe et XIXe siècles³⁶³. Il s'agissait pour ces chercheurs de dégager les tendances d'une évolution dans une perspective historique. Dans le cadre de notre étude, nous nous référons essentiellement à la section intitulée «Typologie de la charpente» d'après Patrick Hoffsummer³⁶⁴. Ce dernier a eu recours aux techniques de la dendrochronologie³⁶⁵ pour positionner les charpentes dans le temps. Il a ainsi retracé l'évolution de ces artefacts durant une période commençant au bas moyen-âge et s'achevant à la révolution industrielle.

³⁶³ Il s'agit d'une mise à jour de l'étude menée par l'architecte Henri-Louis Deneux, la dendrochronologie ayant récemment permis d'approfondir les travaux de ce chercheur.

³⁶⁴ Hoffsummer est historien de l'art, archéologue et *dendrochronologue* de formation. La section «Typologie de la charpente», qu'il a rédigé, est présentée aux pages 163 à 257.

³⁶⁵ Étude de la disposition des cernes d'accroissement sur une section transversale d'une pièce de bois en vue d'en établir la datation.



Figure 6. *Exemple de charpente de toiture appartenant au corpus sur lequel a travaillé Hoffsummer. Bras nord du transept, Cathédrale Notre-Dame, Laon (Aisne). (Source : Corvol, Hoffsummer et Mayer, 2002, p.10).*

Hoffsummer a choisi de procéder à l'établissement de ce qu'il appelle une 'typo-chronologie'³⁶⁶. Ce parti pris lui est apparu comme étant la meilleure méthode pour faire comprendre l'évolution chronologique des structures relativement compliquées qui faisaient l'objet de son étude. « Cette construction typologique d'une structure hiérarchique où des types peuvent être rangés, du plus simple au plus complexe, est austère mais relativement efficace [...] », écrit-il (p.163).

³⁶⁶ Trois cents cas ont été répartis en 68 familles dont le nombre d'individus varie entre une et quinze unités.

Hoffsummer a procédé au classement hiérarchisé des charpentes. Il compare d'ailleurs sa démarche à celle des biologistes ou des botanistes lorsqu'ils étudient les êtres vivants, par espèce, sous-espèces, familles puis individus. Une grande subdivision partage le corpus entre les charpentes 'à chevrons formant fermes' et celles dites 'à fermes et pannes'. Cette démarche typologique constitue, comme nous l'avons établi à la sous-section 4.5, une classification a posteriori. Hoffsummer lui-même précise avec emphase qu'il n'est pas certain qu'un charpentier du XIIIe siècle aurait distingué les charpentes selon de tels critères.

Dans la section de l'ouvrage rédigée par ce chercheur, les informations relatives aux cas de figure sont consignées par le biais de textes explicatifs, d'illustrations schématiques à l'échelle 1/200^e (en plan et en élévation), de lignes de temps et de cartes de situation³⁶⁷. Pour l'apprenant, en l'occurrence le lecteur, il s'agit de parcourir les textes en se référant aux figures et d'élaborer une image mentale des entités tridimensionnelles que constituent les charpentes. L'individu doit également établir des correspondances entre ces images, de manière à saisir la nature des divers attributs – intrinsèques et extrinsèques – ainsi que les liens proposés entre eux.

Les attributs intrinsèques identifiés par Hoffsummer sont par exemple la présence de fermes secondaires, de contreventement, les genres de subdivisions à l'intérieur des fermes, etc. Le champ extrinsèque, quant à lui, est constitué par le facteur temporel et la différenciation géographique. En effet, les lignes de temps qui sont présentées constituent

³⁶⁷ Voir l'annexe H: une page du livre illustrant la façon dont les textes, schémas, lignes de temps et cartes géographiques sont juxtaposés de façon à enrichir la compréhension de l'apprenant.

des échelles graduées en termes de siècles, tandis que le territoire à l'étude (la France du Nord et la Belgique), est divisé en différentes portions³⁶⁸.

Le raisonnement déployé par le chercheur implique nécessairement une mise en relation de ces attributs intrinsèques et extrinsèques. Bien que la mise en forme des liens les unissant ne soit pas formalisée dans l'ouvrage, nous proposons une transcription graphique de ceux-ci. Nous reconstituons ainsi un modèle symbolique à partir des textes et schémas explicatifs produits par Hoffsummer³⁶⁹.

L'environnement numérique développé dans le cadre de cette étude de cas constitue un espace de simulation permettant à l'utilisateur d'explorer une certaine portion du corpus à l'étude³⁷⁰. L'objectif visé par l'implémentation d'un environnement numérique est de fournir à l'apprenant un outil l'assistant dans la démarche qui lui permettra éventuellement de se familiariser avec le processus typologique mis en relief par Hoffsummer. Pour ce faire, il s'agira pour l'individu d'appréhender le modèle symbolique, par le biais de diverses actions aptes à affecter l'environnement numérique et à déclencher la génération de représentations de cas de figure.

³⁶⁸ Notons cependant que, dans le cadre de notre étude, nous ne prendrons pas en considération les données géographiques; nous porterons notre attention sur l'évolution des configurations dans le temps.

³⁶⁹ Ce modèle revêt la configuration présentée à l'annexe I.

³⁷⁰ Nous ne travaillerons que sur une portion de la typologie; comme le constate Liu (1997), le chercheur est contraint à circonscrire sa démarche de façon délibérée, étant donné qu'il ne dispose jamais de ressources infinies. Nous prenons donc en considération le type « Charpente à chevrons formant fermes non contreventées » qui regroupe les sous-types « Charpente avec entrait à chaque ferme », « Charpente avec alternance de fermes à entrait et de fermes à entrait retroussé » et « Charpente avec entrait retroussé à chaque ferme ». La multiplicité des cas de figure appartenant à ces sous-types est illustrée à l'annexe G.

6.3.2.3 Modalités d'exploration de l'espace de simulation

Cette première étude de cas consiste à mettre à contribution des moyens informatiques dans l'optique de transcender la linéarité inhérente au recours à la documentation imprimée. Les actions possiblement posées par l'utilisateur sont les suivantes : la sélection (et conséquemment l'activation) des pictogrammes constituant les composantes du modèle symbolique, le déplacement le long d'une ligne de temps et la spécification des pièces de charpentes suscitant l'intérêt de l'individu³⁷¹.

Ces actions déclenchent une réaction de la part du système sous forme de la génération de représentations 3D figurant l'un ou l'autre des divers cas de figure étudiés par Hoffsummer. Ces maquettes tridimensionnelles, résultant des actions posées par l'utilisateur, peuvent alors être manipulées dans un environnement virtuel. L'apprenant en vient – hypothétiquement – à réaliser qu'une progression dans les façons de faire se dessine au fil des époques³⁷². Il parvient à saisir les divers paramètres de l'évolution; il comprend que, pour une époque donnée, certains facteurs de classification ont été privilégiés par l'historien, et que par la suite quelques-uns d'entre eux sont abandonnés au profit d'autres caractéristiques considérées comme étant plus pertinentes dans le nouveau contexte. Il constate, par ailleurs, que de plus en plus de types sont identifiés à mesure qu'il se déplace

³⁷¹ L'utilisateur sélectionne successivement un type, un sous-type, un cas de figure et une composante qu'il désire voir identifiée au sein de la charpente complète. Il y a alors génération de l'une des 116 maquettes numériques pouvant potentiellement résulter de l'activation du système génératif.

³⁷² À mesure qu'il se déplace le long de la ligne de temps, il réalise par exemple qu'il y a une progression allant de la charpente avec entrain à chaque ferme, vers la charpente avec alternance de fermes à entrain et de fermes à entrain retroussé, pour en arriver à concevoir des charpentes avec entrain retroussé à chaque ferme dans l'optique de dégager un espace pour l'extrados de la voûte du plafond. Il peut en outre apprécier l'évolution de la portée des fermes et des pentes de toitures.

le long de la ligne de temps, et en vient ainsi à apprécier la diversification des filons typologiques.

Comme nous l'avons établi précédemment, l'élaboration de l'environnement se fait de façon itérative. Il y a mise à l'essai critique de plusieurs prototypes qui seront périodiquement remaniés. La figure ci-dessous présente l'une des versions de l'interface de l'environnement numérique proposé.

L'évolution de la charpente à chevrons formant fermes non-contreventées

Explorer le type 1 Charpente avec entrait à chaque ferme

pièces communes à tous les spécimens du sous-type | *pièces différenciant les sous-types*

Type 1.1	arbalétrier	entrait	faux-entrait	poteau	
Type 1.2	arbalétrier	entrait	faux-entrait	poteau	poignon

Explorer le type 2 Charpente avec alternance de fermes à entrait et de fermes à entrait retroussé

pièces communes à tous les spécimens du sous-type | *pièces différenciant les sous-types*

Type 2.1	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poteau
Type 2.2	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	potelet
Type 2.3	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	potelet jambettes
Type 2.4	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poignon poteau potelet
Type 2.5	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poignon contrefiches
Type 2.6	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poignon aisselier
Type 2.7	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poignon écharpe

Explorer le type 3 Charpente avec entrait retroussé à chaque ferme

pièces communes à tous les spécimens du sous-type | *pièces différenciant les sous-types*

Type 3.1	arbalétrier	entrait-retroussé			croix Saint-André jambette potelet
Type 3.2	arbalétrier	entrait-retroussé			jambette
Type 3.3	arbalétrier	entrait-retroussé			aisselier courbe jambette


2.7 Avec écharpes et poignon :

La pression du vent et le poids de la couverture sont deux sources de poussées importantes sur les chevrons-arbalétriers. Bien que les étages de faux-entraits permettent de contrearrer ces efforts, une autre solution est envisageable; elle consiste à ajouter des pièces obliques en forme de 'ciseau' à l'intérieur du réseau des fermes maîtresses et secondaire. Il s'agit de ce que l'on appelle des 'écharpes'.

1000 XIe siècle 1100 XIIe siècle 1200 XIIIe siècle 1300 XIVe siècle 1400

↑

Type 2.7: Spécimens de charpentes avec écharpe et poignon



Exemple 1: Saint-Bris-le-Vineux (Yonne), église, fin XIIe ou début XIIIe siècle.

Afficher une représentation 3D en indiquant en **couleurs** l'élément suivant :

- aucun
- écharpes
- poignons
- entraits

[Générer la maquette 3D](#)

[Consulter le glossaire](#)

[Quitter l'environnement](#)

Figure 7. Saisie d'écran présentant la configuration de l'interface du prototype d'environnement numérique proposé dans le cadre du dernier cycle du processus de consultation de la première étude de cas.

Les environnements numériques proposés agissent à titre d'outils d'aide à la compréhension, de façon à enrichir la démarche cognitive de l'apprenant qui cherche à

appréhender la ‘typo-chronologie’ élaborée par Hoffsummer. Comme nous l'avons indiqué précédemment, nous nous plaçons dans le rôle de l'acteur, c'est-à-dire du développeur de cet environnement évolutif. Nous jouons, d'autre part, le rôle de l'observateur qui considère cette réalité qu'il a lui-même contribué à modifier; nous portons notre attention sur le type d'utilisation que l'apprenant fait de ce nouvel outil mis à sa disposition, et nous cherchons à découvrir la perception qu'il en a. Les procédés mis en œuvre pour élaborer de tels environnements, ainsi que les méthodes par le biais desquelles nous les mettrons en contact avec la richesse et l'hétérogénéité du réel, seront explicités respectivement aux chapitres 7 et 8.

6.3.3 Les possibilités de restitution de certaines facettes d'un savoir-faire

6.3.3.1 La finalité de l'étude de cas

La deuxième étude de cas poursuit un double objectif. D'une part, elle nous permettra d'évaluer dans quelle mesure le recours à des moyens informatiques peut amener l'apprenant à appréhender un système typologique dont les facteurs de classification sont basés sur la logique de composition des artefacts. Nous assumons ici que les cas de figure appartenant à une même pratique artisanale peuvent être perçus comme autant de solutions différentes mais voisines, qui sont interconnectées et disposées sous forme d'un réseau. Il s'agit non pas d'une modélisation mettant en relation des entités (attributs intrinsèques et attributs extrinsèques) comme dans l'étude de cas précédente, mais d'une modélisation mettant en relation des actions, en l'occurrence les décisions du concepteur de l'artefact.

Une fois encore, nous cherchons à contribuer à l'enrichissement des processus cognitifs de l'apprenant. Cependant, dans ce cas-ci, le mandat de l'environnement est de permettre à l'utilisateur d'appréhender le système typologique en l'amenant à saisir la logique à la base de l'élaboration des artefacts. L'apprenant procède à l'exploration de l'espace de simulation en vue d'expérimenter diverses séquences de décisions; il en vient –

hypothétiquement – à découvrir la diversité des processus de conception ayant conduit à l'élaboration des multiples cas de figure constituant le corpus. Ainsi, l'étude de cas porte sur les possibilités de restituer et de diffuser certaines facettes d'un savoir-faire artisanal³⁷³.

D'autre part, cette étude de cas nous permettra d'évaluer les possibilités d'adapter un environnement numérique à la mouvance de la connaissance modélisée par le *typologue*, à mesure que ce dernier reconsidère et révisé son interprétation. Dans le cadre de cette étude, notre démarche s'effectue en collaboration avec une équipe d'historiens de l'architecture³⁷⁴. Nous prenons part à leurs rencontres de travail, ce qui nous permet d'assister au déploiement de leur raisonnement quant aux possibles structures du système typologique³⁷⁵.

L'interprétation des historiens relève bel et bien du processus itératif puisqu'ils abordent l'étude du corpus de façon incrémentale. L'enrichissement progressif du cadre de référence, par l'ajout successif d'éléments, provoque périodiquement chez eux une remise en question de leur perception de la logique de conception et, conséquemment, de la séquence des décisions possiblement prises par le concepteur. Il y a donc modification itérative de la typologie proposée, démarche qui les amène à formaliser progressivement un modèle conceptuel. Notre tâche consiste ici à transposer, sur support informatique, les conclusions provisoires de l'équipe et à remanier l'environnement numérique de façon à ce qu'il reflète les modifications apportées itérativement au système typologique. Il s'agit en

³⁷³ En tenant compte des restrictions dont il a été question aux sous-sections 4.6.4 et 4.6.5.

³⁷⁴ Il s'agit de Chantal Hardy et David W. Booth, tous deux professeurs au département d'histoire de l'art et d'études cinématographiques de l'Université de Montréal et de Dominic Boulerice, doctorant en histoire de l'art à l'Université McGill.

³⁷⁵ Un projet de recherche portant sur la modélisation des séquences de décisions ayant conduit à l'élaboration des roses gothiques, ainsi que sur la transposition de ce modèle dans un environnement numérique a été subventionné par le fonds IDR du CRSH.

somme d'évaluer dans quelle mesure, et avec quelle aisance, il est possible de périodiquement adapter l'espace de simulation à l'évolution du modèle symbolique.

6.3.3.2 Délimitation du cadre de référence

Dans le cadre de cette étude de cas, nous travaillons sur une typologie de roses gothiques. Comme nous le savons, ces artefacts sont les larges baies circulaires à remplage³⁷⁶ qui surmontent les portails d'églises ou qui éclairent chaque extrémité de leurs transepts. La rose, symbole par excellence de l'efflorescence de l'architecture gothique, témoigne du savoir-faire exceptionnel des artisans de l'époque³⁷⁷.

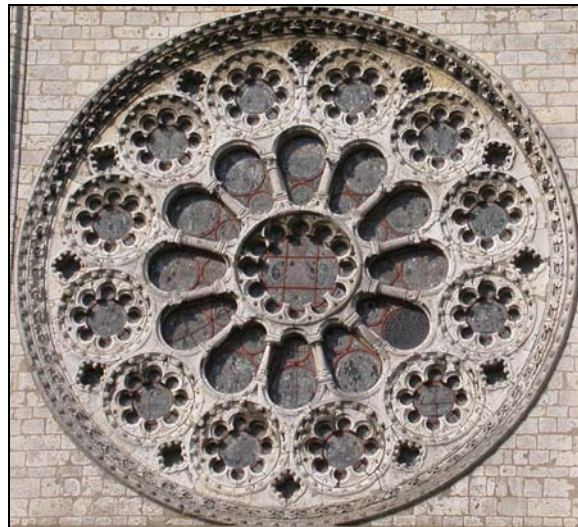


Figure 8. *Rose gothique. Cathédrale de Chartres. (Photographiée par D. Boulerice).*

L'équipe d'historiens de l'architecture, avec laquelle nous travaillons, élabore le système typologique en se référant au corpus de roses gothiques répertoriées dans la thèse doctorale de Hardy (1983). Cette historienne a cherché à établir l'origine de la rose en Ile-

³⁷⁶ Réseau de pierre qui découpe la rose en compartiments.

³⁷⁷ Quelques exemples sont présentés à l'annexe J.

de-France et à retracer son évolution dans la première architecture gothique (XIIe siècle et début du XIIIe). Il y a eu constitution d'un corpus d'oculi³⁷⁸ et de roses représentatifs de la période à l'étude. Pour inventorier et organiser les formules de roses de façon raisonnée, il s'agissait pour Hardy (1983) de procéder à une analyse rigoureuse basée sur des critères techniques, morphologiques et topologiques. Dans cette optique, elle a élaboré un catalogue qui constitue un répertoire formel des modèles et de leurs variantes³⁷⁹.

Comme nous l'avons établi à la sous-section précédente, le travail de l'équipe d'historiens consiste à tenter de retracer certains segments des processus de conception ayant possiblement eu lieu. Il s'agit, d'une part, d'un travail d'analyse géométrique puisqu'il est indispensable de déterminer comment étaient combinées les formes géométriques en vue de l'élaboration des diverses formules de roses gothiques³⁸⁰. D'autre part, les historiens ont formulé des hypothèses quant à la logique de composition; ils ont cherché à déterminer de quelles façons pouvaient s'enchaîner les décisions possiblement posées par l'artisan, concernant la taille de l'ouverture, l'appareillage, le décor, etc.

L'objectif que se sont fixés les chercheurs est de modéliser la démarche du concepteur médiéval³⁸¹. Il s'agit d'établir quels étaient, selon eux, les divers choix qui s'offraient à l'artisan (aux différentes étapes du processus de conception) et quelles étaient les alternatives possibles lorsqu'il posait l'un ou l'autre de ces choix. Les historiens

³⁷⁸ L'oculus est une petite baie circulaire.

³⁷⁹ Un extrait dudit catalogue est présenté à l'annexe H.

³⁸⁰ Des exemples d'esquisses et de schémas sont présentés à l'annexe K.

³⁸¹ Les roses gothiques se prêtent particulièrement bien à une approche de ce type, visant à systématiser des séquences de décisions de façon rationnelle. En effet, ces artefacts constituent d'une part des ouvrages aux limites bien définies, soit le cercle définissant l'ouverture. D'autre part, le schéma de répartition des pleins et des vides est réglé géométriquement à l'intérieur de la zone circulaire; il y a donc possibilité de définir un ensemble fini de décisions envisageables. À partir d'un corpus donné, il est donc possible d'élaborer un espace de simulation dont les limites sont clairement définies.

procèdent par induction pour modéliser différents segments de la séquence de décisions, en ce sens qu'ils se basent sur les divers éléments du corpus pour en arriver à énoncer des principes généraux quant à la logique de composition.

Il est indéniable qu'il existe de multiples façons d'aborder le processus de conception d'un artefact et que, dans le cas d'un corpus d'éléments patrimoniaux, il est impossible de savoir comment l'artisan a procédé dans les faits. En effet, il va de soi qu'il n'existe aucun moyen d'avoir accès à ce qui s'est réellement produit dans l'esprit du concepteur. Nous ne prétendons pas ici que le processus de conception serait totalement transparent et formalisable, ce qui demeure selon Farel (1991) un objectif purement théorique. De toute évidence, l'historien ne *sait* pas, il *suppute*, il *imagine*.

Ce que Boudon (2002) appelle l'analyse a posteriori d'un élément ne nous permet pas d'en saisir le processus de conception de façon irréfutable. On peut toutefois supposer que l'examen d'une collection d'artéfacts, appartenant à une même famille, est susceptible de nous permettre d'élaborer des hypothèses quant à la logique sous-jacente aux processus de conception des divers cas de figure; il nous permet d'échafauder certaines théories, d'avancer certaines explications. Le terme explication n'est pas entendu ici au sens d'une démonstration irrécusable, mais plutôt au sens d'une proposition reformulant les observations faites du phénomène à l'étude et les transposant sous forme d'un système de concepts acceptable par un groupe d'individus partageant les mêmes critères de validation (Maturana et Varela, 1987). Pour le collectif d'historiens, il s'agit donc ici non pas de prétendre connaître les faits, mais plutôt de mettre à la disposition de l'interlocuteur une description – hypothétique – de la façon dont le résultat du processus de conception aurait été obtenu.

Les historiens ont recours à la modélisation systémique pour organiser les séquences de décisions, en ce sens qu'ils portent leur attention non seulement sur la nature des différentes décisions prises par le concepteur mais également sur les relations qu'elles entretiennent entre elles. Chaque décision implique des alternatives différentes aux étapes

subséquentes du processus. Afin d'être en mesure de rendre compte de la séquence logique des décisions prises par le concepteur médiéval, le modèle symbolique proposé par les chercheurs est formalisé par le biais d'une arborescence³⁸².

Sur la base du modèle symbolique élaboré par le collectif de chercheurs, nous développons des prototypes d'environnements numériques. Il s'agit d'amener l'apprenant à saisir la structure d'un système typologique par le biais de diverses actions lui permettant d'explorer un espace de simulation³⁸³.

6.3.3.3 Modalités d'exploration de l'espace de simulation

L'environnement numérique élaboré dans le cadre de cette étude de cas permet à l'apprenant de procéder étape par étape pour retracer la séquence de décisions que le concepteur médiéval aurait hypothétiquement posé pour arriver aux différentes formules de roses. À chacune des phases du processus, l'environnement propose à l'utilisateur un ensemble d'alternatives possibles, compatibles avec les choix effectués précédemment³⁸⁴. Les actions sont posées en vue d'apprécier la multiplicité des réseaux de pierres (ou motifs)

³⁸² Ce modèle symbolique est présenté à l'annexe I.

³⁸³ Durant la séquence de décisions prises dans le cadre du processus conduisant à disposer les pleins et les vides, l'artisan explore diverses configurations à la recherche d'une solution qui le satisfasse visuellement, tout en tenant compte des lois physiques de la résistance des matériaux. Pour ce faire, il se réfère à la culture dont il a hérité par le biais de la tradition orale et de l'observation. Sa production est donc réglée à la fois par des impératifs d'ordre physique et par des critères d'ordre esthétique. Notre étude porte sur ce deuxième aspect, soit la quête d'un concept satisfaisant au niveau visuel; c'est cette facette du processus de conception qu'expérimentera l'apprenant. Il ressort en effet, d'après l'étude de Hardy (1983), qu'au-delà du développement technique exceptionnel des grands châssis de pierre, la préoccupation d'une recherche ornementale resta constante et fondamentale malgré toutes les contraintes matérielles d'exécution.

³⁸⁴ À chaque étape, une notice explicative décrit sommairement les implications de la décision devant être prise.

pouvant combler les ouvertures circulaires et d'appréhender l'organisation que l'historien en propose.

Nous présentons ci-dessous l'aspect que revêt l'interface du premier prototype d'environnement numérique. Comme nous le constatons en observant cette figure, les dilemmes qui se posaient au concepteur sont représentés par des séries de pictogrammes. La sélection de l'un ou l'autre de ceux-ci déclenche une réaction de la part de l'environnement numérique, le choix d'une valeur symbolique pour un facteur de classification amenant l'apprenant vers une autre étape du processus de conception. Il y a donc possibilité d'effectuer des parcours dans l'arborescence. Au terme d'une séquence de décisions, il y a génération de la forme perceptive correspondant au cas de figure sollicité. L'utilisateur peut alors visualiser (et/ou manipuler) une représentation de l'artefact élaboré³⁸⁵.

³⁸⁵ La multiplicité des cas de figure pouvant être générés est exemplifiée à l'annexe G.

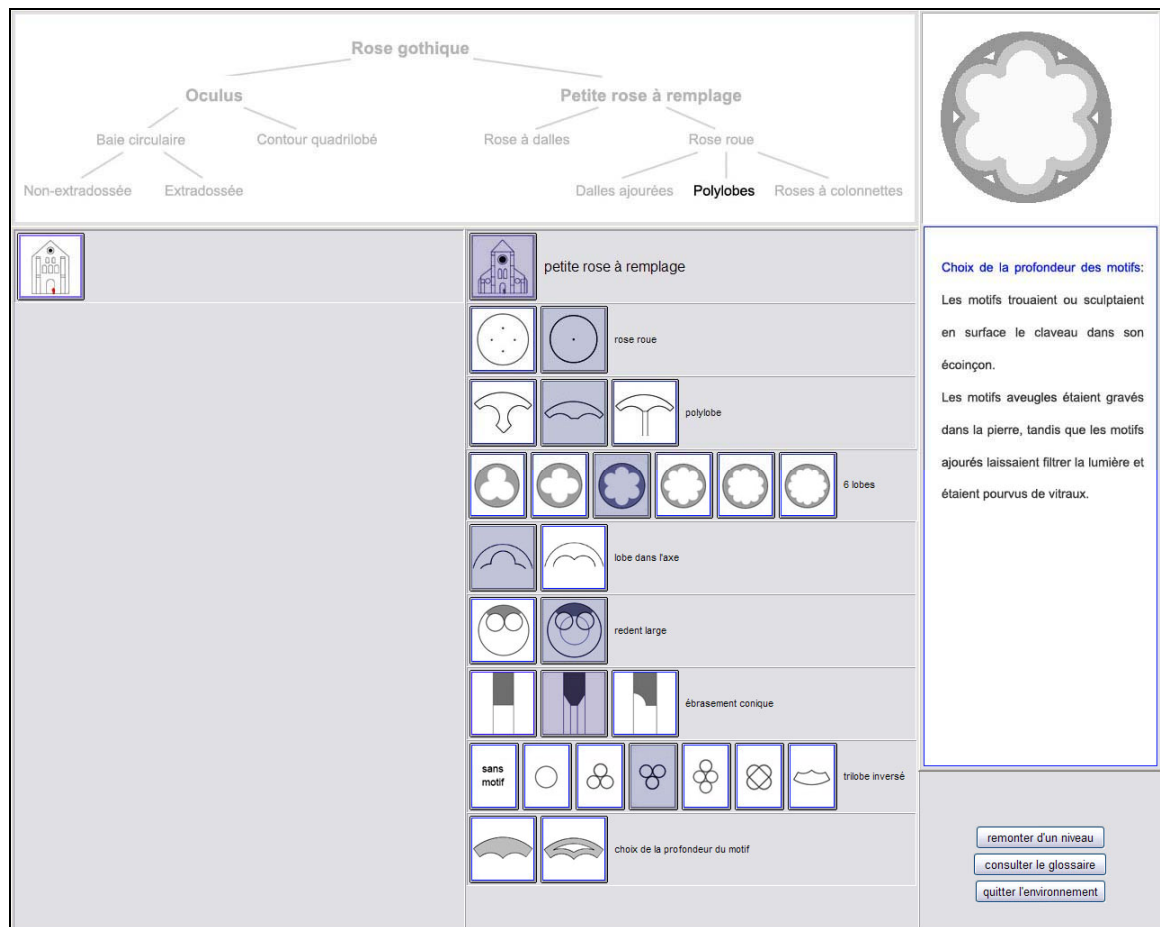


Figure 9. Saisie d'écran présentant la configuration de l'interface du prototype d'environnement numérique proposé dans le cadre du dernier cycle du processus de consultation de la deuxième étude de cas.

À chacune des étapes du processus de conception, l'utilisateur prend une décision. Il pose une série de choix, d'une façon que l'on pourrait qualifier d'intuitive, afin de vérifier les répercussions de ses actions sur la morphologie de l'élément architectural en cours d'élaboration. La nature de l'expérience que fait l'apprenant au début du processus exploratoire s'apparente à ce que Schön (1983) appelle l'expérience exploratoire, c'est-à-dire que l'utilisateur agit dans le seul but de vérifier à quoi une action donnée pourrait mener.

« The most fundamental experimental question is ‘What if?’ When action is undertaken only to see what follows, without accompanying predictions or expectations, I shall call it *exploratory experiment*. [...] Exploratory experiment is the probing, playful activity by which we get a feel for things. It succeeds when it leads to the discovery of something there. » (p.145)

Dans le cadre de la présente étude, la façon de diffuser l'interprétation proposée par les historiens est basée sur ce type d'approche. Au début du processus exploratoire, l'utilisateur n'est pas en mesure d'anticiper vers quel cas de figure le mènera un parcours; il explore les divers types de façon ludique, pourrions-nous dire. Cependant, au terme d'une démarche consistant à effectuer plusieurs trajectoires dans l'arborescence, la compréhension de l'utilisateur évolue. Dans la mesure où il commence à saisir la structure du système typologique, il est – hypothétiquement – apte à effectuer des prédictions. Au fil des divers parcours, il peut en venir à acquérir progressivement la faculté de juger et de prévoir ce qu'impliquent les différentes décisions. En somme, nous cherchons à vérifier dans quelle mesure le fait de comprendre la séquence des actions à poser pour obtenir un résultat donné³⁸⁶ contribue à l'appréhension de la structure du système typologique.

On peut ici établir un parallèle avec ce que Papert (1981) désigne sous le terme *constructionisme*, c'est-à-dire le processus de reconstruction de la connaissance résultant de l'élaboration (virtuelle ou concrète) d'objets. Dans la mesure où l'apprenant agit à titre de concepteur plutôt que d'assumer le rôle d'observateur passif, il apprendrait plus et mieux sur les objets impliqués. Dans le cadre de notre étude de cas, l'individu a l'opportunité d'élaborer lui-même des formules de roses. Notons cependant qu'il est essentiel de

³⁸⁶ Ce que Chien et Flemming (1997) appellent une *connaissance procédurale*.

demeurer conscient du fait qu'il s'agit ici de faire pour comprendre, et non de comprendre pour faire³⁸⁷.

L'apprenant a le loisir d'explorer l'espace de simulation de façon aussi assidue qu'il le désire; il peut revenir sur les choix effectués antérieurement et explorer de façon séquentielle diverses ramifications de l'arborescence. Il a le loisir de documenter la démarche exploratoire puisqu'il peut conserver l'historique du parcours effectué. Cette trace 'tangibile' du processus cognitif peut lui permettre de garder en mémoire la séquence des choix qui l'ont conduit à un emplacement donné dans l'arborescence, et donc vers un cas de figure spécifique. Il a en outre la possibilité de juxtaposer les représentations générées afin d'effectuer des comparaisons entre les divers types identifiés par l'équipe d'historiens.

En somme, il s'agit pour nous de vérifier si un tel environnement contribue à l'enrichissement des habiletés cognitives de l'utilisateur. Au terme d'une période d'expérimentation, est-il en mesure d'appréhender certaines facettes de la démarche du concepteur médiéval, soit les choix et dilemmes auxquels ce dernier faisait face? Cette typologie basée sur la logique de conception lui apparaît-elle comme un système logique et articulé?

Cette une fois encore, nous nous plaçons dans un double rôle: celui du développeur de l'environnement évolutif et celui de l'observateur des interactions homme / machine qui découlent de l'exploration de l'espace de simulation. Comme nous l'avons déjà indiqué, nous verrons, respectivement aux chapitres 7 et 8, comment un tel outil d'aide à la compréhension est élaboré et de quelles façons il est confronté au réel.

³⁸⁷ À la section 4.6.5, nous avons établi qu'entre restitution et réutilisation, il y a un pas qu'il ne saurait être question pour nous de chercher à franchir.

7. L'élaboration des environnements numériques

7.1 La traduction d'un raisonnement algorithmique

Lorsque nous avons délimité le cadre théorique³⁸⁸, nous avons décrit les processus de construction et de reconstruction de la connaissance comme étant tous deux basés sur des raisonnements heuristiques. Il n'en est pas de même en ce qui concerne le raisonnement qui nous permettra d'implémenter les environnements numériques (et notamment les systèmes génératifs) qui nous serviront à mener nos études de cas. Dans le cadre du présent chapitre, nous verrons que les mécanismes génératifs sont, quant à eux, basés sur un raisonnement algorithmique.

Comme on le sait, le raisonnement algorithmique consiste à élaborer une procédure dans le but de résoudre, étape par étape, un problème donné. Le processus de résolution est mené à bien par l'application d'un nombre fini d'opérations à exécuter en séquence; il s'agit d'enchaîner les actions nécessaires à l'accomplissement de la tâche qui est assignée à un humain ou à une machine. L'algorithme constitue donc un ensemble de procédures pouvant être décrites en langage courant, aussi bien qu'en langage de programmation informatique.

Le problème auquel nous faisons face, dans le cadre de l'élaboration des systèmes génératifs nécessaires à nos études de cas, est la formalisation de la logique de génération des représentations, sous format numérique. Il s'agit ici de décrire, de façon effective, les étapes nécessaires à l'obtention potentielle d'un ensemble de représentations figurant chacun des spécimens appartenant au corpus.

³⁸⁸ Au chapitre 4, section 4.8.2.

Pour ce faire, à partir de chacun des types appartenant à une typologie donnée³⁸⁹, il faut procéder à une analyse géométrique afin d'identifier d'une part les primitives géométriques impliquées³⁹⁰. D'autre part, il faut déterminer les transformations et opérations à appliquer sur ces entités tridimensionnelles, en vue de générer les représentations; c'est la formalisation de cette séquence de transformations et d'opérations qui constitue l'algorithme sur lequel sera fondé le système génératif de l'environnement numérique.

Étant donné qu'il ne s'agit pas de représenter une seule entité mais plutôt un ensemble de spécimens appartenant à une même famille, il est essentiel d'organiser un système de procédures interconnectées. Comme nous l'avons vu à la section 4.5, un type est caractérisé d'une part par une ou plusieurs propriétés communes à tous les individus lui appartenant (les caractéristiques implicites). Il possède d'autre part des propriétés qui peuvent être soit corrélées entre elles, soit distribuées de façon plus ou moins aléatoire (les caractéristiques explicites).

Il est nécessaire pour le programmeur de déterminer quels sont les aspects constants à l'intérieur d'un groupe identifié par l'historien en tant que type, et de repérer les aspects qui diffèrent. L'identification des premiers permet la détermination des constantes qui seront utilisées dans l'algorithme, tandis que les seconds permettent le repérage des variables (par exemple en termes de morphologie, de positionnement des composantes, de dimensionnements relatifs, etc.). C'est sur la base de l'identification de ces variables qu'il

³⁸⁹ Telles que définies par les auteurs de la monographie dans la première étude de cas, ou par l'équipe d'historiens de l'architecture dans la deuxième étude de cas.

³⁹⁰ Nous ne travaillons ici qu'avec les attributs intrinsèques puisqu'il s'agit de générer des représentations des artefacts. Dans la première étude de cas, nous nous basons sur des vues de face et de profil et sur les diagrammes qui sont présentés dans la monographie. Dans la deuxième étude de cas, nous nous basons sur les schémas tracés par l'équipe de chercheurs et sur des photographies.

devient possible de développer un algorithme apte à générer tous les cas de figure appartenant au corpus.

De par son action au sein de l'environnement numérique, l'utilisateur attribue – à son insu – des valeurs à chacune des variables. Ces valeurs sont données en argument à l'algorithme, lui fournissant par le fait même les données nécessaires au déclenchement de la génération de la représentation du cas de figure sollicité. Ainsi, le mandat de l'interface est de proposer à l'utilisateur une panoplie d'actions 'attrayantes' lui permettant d'assigner de façon 'conviviale' des valeurs aux variables, afin d'explorer divers états du modèle symbolique³⁹¹.

Dans le cadre de nos études de cas, les systèmes génératifs sont implémentés de façon incrémentale à partir des typologies élaborées par les chercheurs. Pour le développement des algorithmes, nous choisissons d'adopter une approche modulaire; nous commençons par aborder les types regroupant les configurations les plus simples et nous allons progressivement vers les plus compliquées. Ainsi, nous débutons par la prise en considération d'un corpus de taille réduite (c'est-à-dire d'un sous-ensemble de types et de sous-types), formés d'un nombre d'éléments relativement restreint comparativement à la diversité des spécimens appartenant au corpus.

Par le biais d'un processus itératif, nous évaluons la flexibilité de l'algorithme d'un module, à savoir la possibilité de générer une représentation de chacun des cas de figure, en modifiant les valeurs assignées aux variables. Nous augmentons ensuite progressivement la quantité de configurations prises en considération. Bien évidemment, plus le nombre d'éléments considérés augmente, plus le cadre de référence de l'outil s'enrichit.

³⁹¹ Comme nous l'avons vu à la section 4.7, le modèle atteint un 'état' donné lorsque les valeurs de toutes les variables sont déterminées.

Dans ce processus incrémental, chaque nouvel ajout se fait de façon à ne pas être considéré comme un cas particulier. Lorsqu'on aborde la prise en considération des types d'artefacts dont la morphologie est plus compliquée, on se voit contraint à restructurer et à enrichir progressivement l'algorithme. Il y a identification de patterns dans la logique de génération des représentations. L'algorithme, en incluant un plus grand nombre de cas de figure, devient plus général. Paradoxalement, c'est la prise en considération des cas plus compliqués qui, en permettant l'identification de patterns, entraîne une simplification de la structure du système puisque l'algorithme atteint un plus haut niveau d'abstraction³⁹².

La démarche du développeur est potentiellement infinie, tout comme celle du *typologue* d'ailleurs. Le premier aura toujours le loisir d'optimiser son code de programmation³⁹³, le second pourra à tout moment décider d'inclure de nouveaux spécimens dans son raisonnement, ce qui aura une incidence directe sur le système génératif. En ce sens, nous sommes tenus de convenir du fait que le système génératif n'atteindra jamais un état achevé, mais demeurera perpétuellement 'en devenir'.

7.2 Le langage de programmation utilisé

Pour traduire les algorithmes de façon à ce qu'ils soient interprétables par l'ordinateur, le langage de programmation que nous avons choisi d'utiliser, dans le cadre de nos études de cas, est *Scheme*³⁹⁴. La sélection de ce langage s'explique d'abord en raison de sa simplicité, et ce, tant au niveau de la syntaxe que de la sémantique. Étant donné que nous nous sommes placés dans le rôle du développeur et puisque, dans le cadre de ce travail

³⁹² Nous reviendrons sur cet aspect à la section suivante.

³⁹³ Le développeur se questionne perpétuellement à savoir comment atteindre un niveau d'abstraction supérieur. Il s'agit d'une approximation asymptotique puisqu'on ne peut atteindre l'algorithme parfait. Lorsque le corpus atteint une dimension considérable, le raisonnement infaillible n'existe évidemment pas.

³⁹⁴ Scheme est un dialecte de Lisp.

de recherche, nous ne mettons pas à contribution les compétences d'un professionnel de la programmation, il est primordial que le langage sélectionné soit relativement simple.

La philosophie sous-jacente à un langage tel que *Scheme* est axée sur la flexibilité et sur la liberté du style. En effet, il permet en quelque sorte à l'utilisateur d'élaborer son propre langage, plutôt que de mémoriser un ensemble de mots-clés et règles syntaxiques conçus par une tierce personne. Il fournit à l'individu les outils non pas exclusivement pour accomplir une tâche, mais également pour exprimer une idée.

Cette 'idée' que le développeur cherche ici à communiquer est l'interprétation qu'il fait de la façon dont peut être résolu le problème posé par la nécessité de générer des représentations couvrant l'ensemble d'un corpus donné. Or, il ne saurait évidemment être question pour le développeur de dresser des listes d'instructions disparates ou redondantes. Le développement d'algorithmes repose sur une vision holistique de l'ensemble des sous-problèmes à résoudre et, comme nous l'avons établi dans la sous-section précédente, sur la mise en relief de patterns dans la logique de résolution des problèmes abordés. L'abstraction est une technique essentielle pour gérer ce type de situation puisqu'elle permet d'occulter les détails jugés temporairement superfétatoires et d'exprimer de façon concise les patterns récurrents (Springer et Friedman, 1989).

Dans l'optique de formaliser ces patterns, nous avons principalement recours, d'une part, aux procédures conditionnelles et, d'autre part, aux procédures récursives. Les procédures conditionnelles ont un double mandat; elles permettent, dans un premier temps, de lier les variables entre elles afin d'assurer la cohérence de l'algorithme. Dans un deuxième temps, elles servent à orienter le flux de l'information; par le biais de multiples comparaisons impliquant les valeurs des variables, il y a identification des séquences d'instructions à suivre pour générer la représentation du cas de figure qui est requis en un moment spécifique.

Les procédures récursives sont, quant à elles, axées sur la génération d'un résultat. Comme on le sait, la propriété récursive d'une procédure se traduit par le fait qu'elle peut faire appel à sa propre définition durant l'accomplissement d'une tâche. Il s'agit d'un avantage intéressant puisqu'il nous permet de coder de la façon la plus concise possible des procédures aptes à reprendre une opération tant et aussi longtemps qu'une condition donnée n'est pas respectée³⁹⁵.

Parce qu'il autorise le recours à ces deux types de procédures, le langage de programmation fonctionnelle *Scheme* nous apparaît comme étant tout à fait adéquat pour déployer et peaufiner un raisonnement pouvant nous conduire à résoudre, de façon satisfaisante, le problème posé par la génération potentielle d'une diversité de représentations. À n'en pas douter, c'est sur l'élégance de la solution informatique – en l'occurrence sur celle des algorithmes – que repose la versatilité du système génératif. On ne saurait trop insister sur cet aspect. De fait, le mandat du code informatique n'est pas exclusivement d'établir une communication avec le processeur, mais également d'être interprétable par l'humain qui sera éventuellement appelé à le modifier.

Comme nous le savons, le raisonnement algorithmique et sa traduction en langage informatique ne tolèrent pas d'ambiguïté. Il est donc primordial de respecter les règles du langage choisi (syntaxe et sémantique) afin de ne pas entraver le processus d'interprétation du code par la machine. Mais il est tout aussi important de développer une solution élégante, afin de ne pas alourdir inutilement le processus d'interprétation du code par l'humain.

³⁹⁵ Il est par exemple possible de reprendre une opération géométrique jusqu'à ce qu'un résultat spécifié soit obtenu ou encore de reprendre une opération arithmétique tant et aussi longtemps que le résultat généré n'est pas situé à l'intérieur de la fourchette des valeurs acceptables.

Globalement, la solution informatique inélégante possède l'une (ou l'ensemble) des caractéristiques suivantes. Elle est :

- Obscure, c'est-à-dire qu'elle ne tire pas adéquatement profit des avantages de la programmation symbolique pour nommer les entités et transmettre une idée de façon limpide,
- Redondante, c'est-à-dire qu'un raisonnement (ou une partie de celui-ci) est dédoublé inutilement,
- Compliquée, c'est-à-dire que la logique qui sous-tend la solution algorithmique est partiellement (ou totalement) occultée.

Autant que faire se peut, nos efforts, en tant que développeur de la solution algorithmique, doivent tendre à éviter ces écueils. La liberté de style qui caractérise le langage de programmation sélectionné constitue un atout effectif nous permettant – dans une certaine mesure – de contourner judicieusement ces 'pierres d'achoppement'.

Comme nous l'avons établi à la sous-section précédente, le code informatique n'atteint jamais une forme définitive; il est progressivement élaboré et remanié dans le but d'améliorer sa structure en termes de clarté, de concision et d'optimisation³⁹⁶. Ainsi, le code est toujours perfectible, telle une statue que l'on s'emploie à façonner et à ciseler, ce qui amène certains auteurs, tel Kalay (2004)³⁹⁷, à établir un parallèle entre la programmation informatique et la pratique artistique.

Si l'on adhère à cette comparaison, il s'agirait alors d'une forme d'art que l'on pourrait qualifier de minimaliste, puisque son exécution repose sur une habileté à optimiser

³⁹⁶ Parallèlement aux processus de construction et de reconstruction de la connaissance (entrepris respectivement par le chercheur et l'apprenant), nous avons ici affaire à un troisième processus complexe, soit le déploiement du raisonnement du programmeur en vue d'élaborer l'algorithme de génération des représentations.

³⁹⁷ Kalay établit la comparaison entre programmation informatique et conception architecturale qui reposent toutes deux sur des bases scientifiques aussi bien que sur les règles de l'art.

le code de programmation, et donc en quelque sorte à écrire le moins possible. Comme le font remarquer Springer et Friedman (1989), « In programming, perhaps more than in other arts, less is more. Simplicity is nowhere more practical than in programming, where the bane is complexity » (p.4).

En somme, nous pouvons considérer que la potentialité de l'algorithme repose essentiellement sur sa facture, c'est-à-dire à la fois sur sa concision et sur sa limpidité³⁹⁸. En revanche, l'obscurité, la redondance et la complication, bien qu'elles n'affectent pas nécessairement le rendement de la machine, ont tôt fait de rebuter un éventuel interlocuteur qui chercherait à percer les mystères du raisonnement du développeur³⁹⁹.

7.3 Démarche exploratoire en vue d'identifier la méthodologie d'élaboration du système génératif

L'algorithme, dont il a été question précédemment, constitue l'organisation des diverses séquences d'instructions à suivre dans le but de générer les représentations des cas de figure appartenant à un corpus. Or, il ne suffit bien évidemment pas de *donner* ces instructions; pour qu'il y ait effectivement génération de représentations sous format numérique, les instructions doivent également être *appliquées*. La présente section traite des façons dont il est possible d'implémenter un modèle génératif à partir d'un algorithme.

³⁹⁸ Le code sur lequel est basée l'implémentation des interfaces doit lui aussi être concis et limpide. Étant donné que, dans le cadre de nos études de cas, nous validons ces environnements auprès d'utilisateurs potentiels, le feedback de ceux-ci nous amène à revoir et à corriger la structure de l'interface. Cette opération, puisqu'elle se fait de façon itérative, doit être réalisée de façon à minimiser le temps et les efforts à investir.

³⁹⁹ Et même, à la limite, à rebuter le programmeur qui chercherait à retracer son propre raisonnement. La pérennité du code repose non seulement sur la survivance du langage utilisé, mais également sur la possibilité qu'a l'individu d'en faire une lecture adéquate en investissant un effort raisonnable, et ce, même après qu'un certain laps de temps se soit écoulé.

Avant d'entamer à proprement parler nos études de cas et de procéder au développement des environnements numériques permettant l'exploration de l'espace de simulation des typologies de charpentes de toitures et de roses gothiques, nous avons entrepris une démarche exploratoire préliminaire; nous avons successivement testé trois méthodes visant à élaborer des systèmes génératifs⁴⁰⁰. Le but de cette étape d'investigation était d'établir un protocole nous permettant de mettre adéquatement en relation algorithmes et outils de représentation.

La première approche a consisté à élaborer un système à l'aide d'un langage de programmation fonctionnelle⁴⁰¹ et à avoir recours à un outil de visualisation apte à interpréter ce langage. Le fichier, dans lequel était codé le raisonnement algorithmique formalisant la logique de génération des représentations, appelait directement un moteur de modélisation volumique⁴⁰². Celui-ci interprétait le code de programmation fonctionnelle et générait la représentation graphique des différents cas de figure, suite au changement des valeurs données en argument aux procédures.

La principale limitation inhérente à cette méthode est une difficulté marquée à dépister la source des erreurs de programmation, et ce, qu'il s'agisse d'incohérences au niveau de la logique de l'algorithme ou de simples fautes de syntaxe. En effet, il n'existe pas de mode de vérification permettant de retracer et d'analyser la façon dont le moteur de modélisation interprète le code de programmation fonctionnelle. Seul l'affichage d'un volume inadéquat ou d'un message d'erreur indique qu'une anomalie existe au sein de l'algorithme, sans pour autant signaler la source de l'erreur.

⁴⁰⁰ Des exemples de styles de programmation impliqués par chacune de ces trois méthodes sont présentés à l'annexe L.

⁴⁰¹ *Scheme*, comme nous l'avons indiqué à la section précédente.

Étant donné que le feed-back que reçoit le programmeur est dans une certaine mesure indéchiffrable, le processus d'élaboration du système génératif se trouve périodiquement freiné en raison du manque d'informations aptes à rediriger de façon efficace les efforts du développeur. De cette carence, découle un manque de souplesse dans la structure de l'algorithme. L'implémentation de celui-ci par le biais d'un travail itératif, ainsi que son développement en vue de l'adapter conformément à l'évolution du modèle symbolique durant les diverses étapes du processus réflexif du *typologue*⁴⁰³, posent donc problème. Dans ce contexte, nous avons opté pour le rejet de la méthode impliquant l'utilisation d'un moteur de modélisation volumique.

La deuxième approche consistait à mettre à contribution un outil de représentation⁴⁰⁴ et un langage de programmation fonctionnelle. Ce dernier était utilisé pour le développement d'un code dont le mandat était limité à l'initialisation des données considérées comme étant constantes et l'établissement des liaisons entre les variables dépendantes. Il y a eu développement d'une interface graphique permettant à l'utilisateur d'assigner des valeurs à ces dernières. Au terme du processus d'assignation des valeurs par l'utilisateur, le système exportait les données (les constantes ainsi que les variables liées à leurs valeurs respectives) sous forme d'un fichier texte. L'outil de représentation appelait ce fichier en vue de l'interpréter et de procéder à l'affichage d'une image.

Contrairement à la première approche, la logique d'élaboration des représentations – soit la génération, les transformations et l'assemblage des primitives géométriques –

⁴⁰² SGDL (Solid Geometry Design Logic): ce moteur de modélisation volumique a été développé par l'équipe du GRCAO de l'Université de Montréal et commercialisé par SGDL Systems.

⁴⁰³ Notamment dans la deuxième étude de cas.

⁴⁰⁴ Pov-Ray (*Persistence of Vision Raytracer*). Cet outil de visualisation est apte à générer des images de synthèse d'excellente qualité. Il a été développé par D. K. Buck et A. A. Collins. Il s'agit d'un gratuitiel, c'est-à-dire d'un programme disponible sur internet et téléchargeable gratuitement.

n'était pas traduite dans un langage de programmation fonctionnelle, mais plutôt dans un langage de description de l'objet propre à l'outil de représentation. Deux types de codification s'imbriquaient donc à l'intérieur d'un seul et même système génératif, soit le langage de programmation fonctionnelle et celui de description de l'objet.

La principale limitation de ce type d'approche est que le raisonnement sous-jacent à la génération de représentations est scindé en deux parties et codé par le biais de deux langages distincts, ce qui complexifie le processus de programmation et augmente les risques d'incohérences. Il faut en outre prendre en considération le fait que, en raison de l'évolution des technologies disponibles, il pourrait éventuellement s'avérer pertinent de mettre à contribution un nouvel outil de représentation dont la nature et les caractéristiques seraient différentes, ou qui serait plus performant. Or, à chaque fois que l'utilisation d'un nouvel outil serait jugée appropriée, le programmeur se verrait contraint à traduire la logique de génération des représentations des artefacts dans un nouveau langage de description de l'objet. À plus ou moins long terme, la caducité probable des outils de représentation entraînerait donc un travail fastidieux, freinant ainsi l'évolution des environnements numériques. Ces diverses constatations nous ont amenés à rejeter cette deuxième méthode et à poursuivre notre démarche exploratoire.

La troisième approche a consisté à chercher à implémenter le modèle génératif en contournant les écueils mis en relief par l'expérimentation des deux précédentes méthodes. Comme nous l'avons vu, les principales limitations étaient, d'une part, la difficulté à retracer les sources d'erreurs et, d'autre part, la complexification du processus de programmation en raison de la scission du raisonnement sous-jacent à la génération de représentations.

Dans cette optique, nous avons cherché à uniformiser le mode de codification du système génératif. Nous avons traduit l'entièreté du raisonnement algorithmique dans un langage de programmation fonctionnelle, en incluant toutes les fonctionnalités et procédures nécessaires à l'élaboration des représentations. Ainsi, ce langage de

programmation fonctionnelle a été mis à contribution pour l'ensemble des tâches suivantes :

- liaison des variables entre elles et assignation des valeurs,
- génération et transformation de primitives géométriques,
- traduction de la logique d'assemblage des primitives géométriques.

Tout comme dans la deuxième approche, les procédures conditionnelles liaient entre elles les variables dépendantes, déterminant ainsi les valeurs à donner en argument au système génératif. Ce qui différencie cette méthode, c'est l'inclusion de la traduction de la logique de génération (transformation et assemblage des primitives géométriques) à l'intérieur de ce système. Il nous est apparu que, par rapport à un langage de description de l'objet, la programmation fonctionnelle offre davantage de flexibilité pour la codification du raisonnement puisqu'elle offre un meilleur niveau d'optimisation pour les procédures conditionnelles et/ou récursives.

Tout comme dans la première approche, nous introduisons également l'aspect géométrique à l'intérieur du code de programmation. Cependant, cette fois nous n'avons pas recours à la sémantique propre à un moteur de modélisation donné. Nous optons plutôt pour le développement de nos propres procédures afin que le modèle soit apte à interagir avec toute une gamme d'outils de représentation.

En effet, la programmation fonctionnelle nous permet de considérer une primitive géométrique donnée non pas comme une entité prédéfinie inaltérable, mais plutôt comme une procédure à laquelle le développeur peut donner le nombre d'arguments requis dans un contexte donné. Le fait de pouvoir adapter à notre convenance le nombre d'arguments représente un avantage de tout premier plan puisque cette flexibilité accrue nous permet d'établir un lien avec divers types de langage de description de l'objet, et donc avec divers outils de représentation. En effet, le nombre de paramètres donnés en argument et la

nature⁴⁰⁵ de ceux-ci sont indéniablement appelés à différer d'un outil à l'autre. Il est ainsi possible d'implémenter des environnements permettant à l'utilisateur d'effectuer une sélection parmi un éventail de possibles outils de représentation.

Dans cette optique, nous avons développé des procédures dont le mandat est de traduire, dans divers langages de description de l'objet, la résultante de l'application du raisonnement algorithmique. Ces procédures, que nous pourrions appeler 'générateurs de code', exportent vers un fichier texte le code de description de l'objet pour un cas de figure donné⁴⁰⁶. Le code apparaissant dans ce fichier exporté est écrit en conformité avec la sémantique et la syntaxe propre à l'outil de représentation sélectionné. Il contient une séquence d'instructions données dans un langage interprétable par ce dernier. En ce sens, notre approche consiste à élaborer un programme qui génère d'autres programmes.

Cette façon de procéder nous amène à introduire une étape intermédiaire dans le processus d'interprétation du code. En effet, les générateurs de code ont pour mandat

⁴⁰⁵ Nombre réel, chaîne de caractères, liste, procédures etc.

⁴⁰⁶ Un générateur de code comprend des procédures aptes à traduire chacun des quatre éléments suivants dans un langage interprétable par l'outil de visualisation. 1) des paramètres de visualisation : point de vue de l'observateur (inutile pour prototypage), spécifications quant à la résolution de l'image ou de la maquette virtuelle, précisions sur la texture et l'éclairage (dans Pov-Ray), 2) la description des primitives géométriques : sphère, cylindre, cône, tore, etc., 3) les opérations de transformation : déplacement, rotation, changement d'échelle, etc., 4) les opérations booléennes : union, différence, intersection. Tous les générateurs de code utilisés par le système génératif doivent obligatoirement se conformer à une uniformisation de l'appellation des procédures ainsi que du nombre et de la nature des arguments dont ces dernières ont besoin pour produire un résultat. Chacun des générateurs de code doit contenir des procédures pourtant le même nom et ayant le même nombre d'arguments puisque le modèle génératif les invoquera indépendamment du mode de visualisation sélectionné par l'utilisateur. Par exemple, lorsque la détermination de la morphologie de l'artefact implique la génération d'un élément sphérique, la procédure [Sphère argument1 argument2] est invoquée et sera ultérieurement traduite dans le langage de description de l'objet sollicité.

d'exporter vers un fichier texte une description des opérations nécessaires à l'élaboration de la représentation du cas de figure requis. On passe ainsi du mode procédural au mode déclaratif. Les fichiers générés constituent une trace qui révèle la façon dont l'état du modèle est interprété à un moment donné, venant ainsi optimiser le processus de dépistage des erreurs.

Plusieurs types de représentations peuvent ainsi être générés⁴⁰⁷. Le système génératif demeure inaltéré quel que soit le mode de figuration sélectionné par l'utilisateur. C'est le mode de représentation de l'objet qui, par le biais de générateurs de code interchangeables, vient se greffer au système. Ainsi, lorsqu'il désire ajouter un nouvel outil de représentation, le développeur ne se voit pas contraint à restructurer le système et à traduire la logique de génération des représentations dans un autre langage de description de l'objet; il lui suffit, en effet, d'élaborer un nouvel ensemble de procédures génératrices de code aptes à générer des fichiers pouvant être interprétés par le biais d'un autre outil. Une fois que l'outil de représentation est sélectionné, il interprète le fichier texte et génère la représentation en question. Le système fait appel à un générateur de code, ou à plusieurs de façon subséquente, selon les requêtes de l'utilisateur.

En somme, plusieurs avantages caractérisent cette approche. D'une part, nous nous affranchissons de l'obligation d'opérer avec un langage de description de l'objet, un logiciel ou un moteur de modélisation volumique donné. Le nombre et le type d'outils de représentation peuvent fluctuer en fonction des technologies disponibles. Par rapport aux deux précédentes méthodes, il y a donc une flexibilité accrue au niveau de la nature de l'output, en raison de la multiplicité possible des générateurs de code.

⁴⁰⁷ Tels que des images de synthèse, des maquettes numériques, des prototypes. Nous reviendrons sur ce point à la sous-section 7.4.2.

D'autre part, nous remarquons une meilleure cohérence du système en raison de l'emploi d'un seul langage pour la codification de l'algorithme dans son entièreté. Finalement, l'existence de fichiers texte intermédiaires permet de dépister de façon rapide et efficace les sources d'erreurs, et ce, qu'il s'agisse d'incohérences au niveau la logique des algorithmes ou de simples fautes de syntaxe. Il nous est apparu que cette transparence du processus d'interprétation facilite l'implémentation du système. Rappelons ici que, dans le cadre de notre recherche, la pertinence de l'environnement repose précisément sur la plasticité du système génératif. Il est essentiel qu'il soit relativement aisé de remanier celui-ci par le biais d'un travail itératif et de l'adapter aux diverses conclusions provisoires auxquelles le *typologue* arrivera durant les étapes successives de sa démarche réflexive⁴⁰⁸.

Ces considérations nous ont amenés à retenir cette dernière approche puisqu'elle nous est apparue comme étant garante d'une certaine flexibilité, tant au niveau des modalités du processus de développement du système génératif qu'au niveau de la nature de l'output.

7.4 Les outils utilisés

7.4.1 L'interface de programmation

Pour optimiser notre utilisation du langage *scheme*, nous avons opté pour le recours au gratuitiel *DrScheme*, une interface de programmation développée par un groupe d'universités américaines⁴⁰⁹. Un avantage important de cette interface est, qu'en plus d'offrir l'accès aux fonctionnalités du langage, elle permet l'emploi conjoint de deux types

⁴⁰⁸ Notons ici que ce sont essentiellement les modifications quant à la composition du corpus qui impliquent un remaniement de la structure du système génératif.

⁴⁰⁹ DrScheme a été développé par les Universités Brown, Northeastern, Chicago et Utah.

distincts de programmation. D'une part, il y a possibilité d'utiliser un langage de programmation fonctionnelle et, d'autre part, d'utiliser un langage orienté objet.

Le langage de programmation fonctionnelle nous permet, comme nous l'avons établi à la section 7.2, de formaliser de façon compacte la logique de génération des représentations. Le recours à la programmation orientée objet permet, quant à lui, d'agencer les interactions d'entités distinctes capables d'accomplir certaines actions et de s'envoyer réciproquement des messages (Lévy, 1990)⁴¹⁰. Dans le cadre de notre recherche, ces fonctionnalités sont utilisées pour l'implémentation d'interfaces graphiques permettant la communication de l'utilisateur vers le système informatique et, inversement, du système informatique vers l'utilisateur. Ces interfaces remplissent ainsi un double rôle. Elles permettent d'une part, au système de communiquer avec l'utilisateur en lui présentant les diverses actions et alternatives proposées ainsi que, au terme d'une séquence d'actions, la représentation graphique du cas de figure correspondant. Elles permettent, d'autre part, à l'utilisateur de communiquer avec le système en lui indiquant les actions et options sélectionnées.

DrScheme offre une certaine diversité au niveau des types d'actions pouvant être proposées à l'utilisateur pour explorer un environnement numérique ou, dans le cas qui nous occupe, divers états d'un modèle symbolique. Ces actions entraînent une réponse de la part du système, de sorte que l'utilisateur a le pouvoir d'affecter de façon sensible l'environnement numérique. Par exemple, pour déclencher des événements, l'utilisateur de l'interface a la possibilité de poser les gestes suivants:

- appuyer sur des boutons conçus à l'aide de pictogrammes représentant l'action ou l'option proposée,

⁴¹⁰ Notons ici que l'interface de programmation *DrScheme* offre en outre l'avantage d'une grande communauté d'utilisateurs qui ont progressivement développé des bibliothèques de fonctionnalités maintenant intégrées au logiciel.

- effectuer des déplacements par le biais de barres de défilement symbolisant un continuum (comme par exemple une ligne de temps),
- effectuer des choix entre de multiples alternatives par le biais de *boutons radio*,
- modifier des valeurs par le biais de boîtes de saisie de texte.

L'exécution de ces diverses actions selon des séquences variées, pour peu qu'elles ne représentent pas une charge cognitive démesurée, peut potentiellement stimuler la réflexion de l'apprenant durant le processus de reconstruction de la connaissance. Il faut cependant convenir du point suivant: nous ignorons a priori quelles actions s'avèreront les plus fécondes, les quelles seront perçues par une majorité d'individus comme étant les plus enrichissantes sur le plan intellectuel, d'où la nécessité d'avoir recours à des *outils d'interfaçage* flexibles. Il s'agit en effet de proposer, de façon itérative, des gammes d'actions qui pourront s'avérer de plus en plus adaptées aux besoins de l'apprenant.

Tout comme pour la traduction de l'algorithme en langage interprétable par l'ordinateur, le code à la base de l'interface doit lui aussi être caractérisé par la concision et la limpidité, de façon à permettre un éventuel remaniement de modalités de communication homme / machine. Rappelons ici que l'objectif de notre démarche n'est pas d'arriver à la version finalisée d'une interface graphique pour un environnement numérique donné, mais plutôt d'en permettre une restructuration périodique, au fil de nos expérimentations. Cette aptitude à remanier itérativement la gamme d'actions proposées est d'une importance cruciale; c'est sur elle que repose les possibilités d'arriver à faire de l'environnement numérique un *mindtool* pour l'apprenant.

7.4.2 Les outils de représentation

Comme nous l'avons vu précédemment⁴¹¹, nous avons opté pour un mode de formalisation de la logique de génération des représentations qui permet la pluralité des

⁴¹¹ À la section 7.3.

outils de représentation. La flexibilité au niveau de l'*output* constitue un avantage de tout premier plan puisqu'elle laisse la porte ouverte à toute une gamme de modes de représentation de l'entité, au gré des technologies disponibles. Ces divers modes de représentation – comportant chacun des avantages et des inconvénients – peuvent éventuellement se compléter de façon à permettre à l'utilisateur d'appréhender l'entité de façon plus holistique⁴¹².

Dans le cadre du présent travail de recherche, nous travaillerons à explorer les possibilités d'exporter un code de description de l'objet pouvant générer:

- une image (représentation numérique en 2D),
- une maquette virtuelle (représentation numérique en 3D),
- un objet physique (prototype produit par *stéréolithographie*)⁴¹³.

Pour la génération d'images, nous utilisons le gratuiticiel *Pov-Ray*. Cet outil de représentation est apte à interpréter un fichier texte, ou script de description de scène, contenant la description des objets, des matériaux, des sources de lumière, la position de l'observateur etc. Suite à l'interprétation du fichier texte, cet outil de représentation est apte à produire une image de synthèse photoréaliste de haute qualité (incluant ombrages, textures, effet de perspective, etc.).

En ce qui a trait à la génération de maquettes virtuelles, nous optons pour AutoCAD⁴¹⁴, un logiciel commercial⁴¹⁵. Il s'agit d'un outil qui offre les fonctionnalités de modélisation 3D et qui est apte à interpréter des fichiers texte de description de l'objet,

⁴¹² Il pourra notamment y avoir complémentarité entre la vue et le toucher.

⁴¹³ Ces trois types de représentation sont présentés à l'annexe M.

⁴¹⁴ AutoCAD est développé par Autodesk.

⁴¹⁵ Nous sommes conscients des risques impliqués par le recours à des logiciels commerciaux puisque l'accès à de tels outils est restrictif. Néanmoins, en développant un nouveau générateur de code, il sera toujours possible d'avoir recours à un gratuiticiel de visualisation 3D.

écrits en langage *AutoLisp*. Notre choix s'est porté sur ce logiciel en raison de son ubiquité au sein de la pratique architecturale. Il est clair que pour arriver à bien saisir la morphologie de l'artéfact, l'apprenant doit avoir la possibilité de manipuler la maquette numérique dans l'espace virtuel. Dans la mesure où l'interface d'AutoCAD est familière à l'utilisateur, il lui sera relativement aisé de visualiser l'objet sous différents angles, de s'en approcher pour mieux en saisir les détails, de le découper en tranches pour mieux comprendre la morphologie, etc.

En ce qui a trait à la génération de prototypes, notre choix s'est porté sur *Catalyst*⁴¹⁶, un logiciel qui est apte, lui aussi, à interpréter des fichiers textes de description de l'objet. Il est basé sur la *stéréolithographie*, un procédé de lithographie en trois dimensions permettant la fabrication d'objets tangibles⁴¹⁷. L'utilisateur qui sélectionnera cet outil de représentation aura ainsi le loisir de manipuler des objets pour en apprécier la morphologie par le biais du toucher.

7.5 L'élaboration des environnements numériques: commentaire récapitulatif

En somme, pour le développement des environnements numériques qui nous serviront dans le cadre de nos études de cas, nous avons cherché à adopter une approche offrant la plus grande flexibilité possible. Nous optons pour l'utilisation d'un langage de programmation fonctionnelle qui sera mis à contribution pour la production de fichiers

⁴¹⁶ Catalyst est développé par Stratasys.

⁴¹⁷ Ce procédé a été mis au point en 1986 par la compagnie californienne 3D Systems. Le processus consiste à durcir par *photopolymérisation* une surface de plastique à l'aide d'un rayon laser qui parcourt, tranche par tranche, la portion de l'espace occupée par l'objet. Notons en outre que le logiciel AutoCAD permet la traduction automatique d'un fichier *AutoLisp* pour le transformer en séquences de directives interprétables dans le cadre d'un processus de *stéréolithographie*.

texte formalisant, par le biais de différents codes, la logique de génération des représentations. Nous avons également recours à un langage orienté objet afin de développer des interfaces graphiques qui permettront de proposer à l'apprenant une gamme variée d'actions aptes à affecter directement l'environnement numérique. En ce qui a trait à l'output généré, nous optons pour un ensemble d'outils de représentation qui pourra évoluer au gré des technologies disponibles; nous mettons l'accent sur la diversité des modes de représentation de l'artéfact puisque nous croyons qu'elle sera gage d'un enrichissement de l'expérience sensorielle de l'apprenant.

Les environnements élaborés nous fourniront les moyens d'entreprendre une démarche exploratoire qui nous amènera à mettre en lumière des pistes de réponse au questionnement soulevé précédemment. Comme nous l'avons établi d'entrée de jeu, ni les algorithmes du système génératif, ni la structure des interfaces n'atteindront une forme achevée; ils seront façonnés et remaniés, de façon itérative, au contact de l'hétérogénéité et de la richesse du réel. Dans le cadre de notre étude, cette réalité à laquelle nous venons de faire allusion revêt les traits de la personne humaine qui, elle seule, est apte à nous fournir des informations nous renseignant sur la pertinence des approches proposées. Le prochain chapitre nous amènera à stipuler qui sont ces *informants*, dans quels contextes nous prévoyons établir un contact avec eux, et de quelles façons nous espérons mettre à profit les témoignages qu'ils nous livreront.

8. Processus de consultation

« [...] le chercheur est un ignorant qui ne comprend pas et qui veut tout savoir. » (Deslauriers, 1988, p.34).

8.1 L'imbrication de deux processus complémentaires

Les méthodes qualitatives pour lesquelles nous avons opté nous incitent à valoriser l'expérience vécue par le sujet humain, et à en faire la source première des enseignements que nous espérons tirer des expériences auxquelles nous procéderons. Dans cette optique, nous entreprenons un processus de consultation ayant un objectif dual. Il s'agit d'une part d'observer la démarche exploratoire entreprise par l'apprenant au sein de l'espace de simulation et d'évaluer l'impact de celle-ci sur le développement de ses habiletés cognitives. Il s'agit d'autre part de tester les possibilités d'adaptation de l'environnement numérique en regard de l'évolution des raisonnements déployés par l'historien.

En conséquence, nous consulterons aussi bien des chercheurs en patrimoine que des individus désireux d'avoir accès aux connaissances développées dans ce domaine. Notons toutefois que, dans le cadre de la première étude de cas, seul le processus de consultation auprès des apprenants sera entrepris puisque nous nous référons à une connaissance livresque. Dans la deuxième étude de cas par contre, deux démarches seront imbriquées, soit un processus de validation auprès des *modélisateurs* de la connaissance et un processus de consultation auprès des apprenants. Au cours des deux prochaines sous-sections, nous verrons de quelles façons nous prévoyons entrer en contact avec ces deux classes d'*informants*⁴¹⁸.

⁴¹⁸ La notion d'informant sera défini à la section 8.3.

8.1.1 Le processus de consultation auprès de l'apprenant

Le processus de consultation auprès des apprenants⁴¹⁹ a pour objectif de nous amener à évaluer l'impact que le recours aux environnements numériques élaborés pourrait avoir sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur. Nous cherchons à évaluer dans quelle mesure les actions de ce dernier lui permettent d'appréhender la structure du système typologique. Cette évaluation se fait par le biais de séances d'utilisation au cours desquelles l'*informant* peut expérimenter la gamme d'actions qui lui est proposée.

Il s'agit d'évaluer l'adéquation entre les actions proposées à l'apprenant et la construction de connexions signifiantes entre les concepts manipulés par le chercheur. Pour apprécier cette concordance, nous misons sur les habiletés *métacognitives* de l'utilisateur. Comme nous l'avons établi précédemment⁴²⁰, certains individus possèdent la faculté non seulement d'établir des liens entre les informations qui leur sont présentées, mais également d'identifier les mécanismes qui leur ont permis de constituer ce réseau de liaisons; ils sont, en somme, aptes à articuler leur démarche et à verbaliser ce qui a contribué à leur entendement. Ainsi, nous procéderons, d'une part, à des observations dans le but d'évaluer dans quelle mesure l'individu se fixe des objectifs d'apprentissage, comprend les parcours qu'il effectue, pose les diverses actions qui lui sont proposées et établit des liens entre les formes perceptives qui lui sont présentées. D'autre part, nous nous proposons d'interroger l'apprenant afin de savoir comment il évalue la pertinence de la démarche qu'il a menée et la prégnance des connaissances qu'il a acquises.

⁴¹⁹ Rappelons ici que l'apprenant réfère ici à l'individu désireux d'entreprendre un processus de reconstruction de la connaissance élaborée par le chercheur en patrimoine.

⁴²⁰ À la sous-section 4.2.5.

La finalité du processus de consultation ne consiste pas à porter un jugement sur les environnements développés pour arriver à un constat de validité ou de non validité. Nous pouvons ici faire un parallèle avec la stratégie de *debugging* à la quelle fait allusion Papert (1981)⁴²¹. Selon ce chercheur, la question à se poser au sujet d'un environnement numérique n'est pas de déterminer s'il remplit ou non son mandat. Il s'agit plutôt de s'interroger à savoir dans quelle mesure et comment il serait possible de le modifier afin qu'il le remplisse. Il appert que l'adoption d'une telle posture est susceptible d'élargir l'univers cognitif du développeur.

« Ce pouvoir de l'ordinateur de modifier notre vision manichéenne de la réussite et de l'échec, opposés l'un à l'autre comme le blanc et le noir, est un exemple d'usage possible de l'ordinateur comme 'objet-pour-penser-avec'. »
(Papert, 1981, p. 36)

En ce sens, les critiques négatives de la part de l'*informant* sont considérées non pas comme un constat d'échec, mais plutôt en tant que piste de réflexion nous amenant potentiellement vers de nouvelles façons de concevoir et structurer l'environnement. Cette façon d'aborder le développement d'environnements numériques rejoint la position de Salomon et de ses collaborateurs (1991): «Rather than asking how technology 'naturally' affects minds, the way scholars studied the cognitive effects of literacy, one should ask how the partnership with it *can be made* to have transferable cognitive residues. » (p.2).

C'est en conformité avec une telle vision du développement technologique que nous entreprenons une série de séances d'utilisation. Cette démarche nous fournira un ensemble de traces constitué des réactions, questions, commentaires et critiques des personnes ayant

⁴²¹ Bien que cet ouvrage date de plus d'un quart de siècle, il apparaît pertinent de revenir périodiquement sur les réflexions de certains visionnaires qui ont verbalisé, à l'aube de l'ère informatique, leur interprétation du rôle que pourrait jouer l'ordinateur au sein de la société.

exploré les environnements proposés, nous permettant ainsi de diagnostiquer d'éventuelles carences au sein des interactions homme / machine.

Nous ne cherchons pas à déterminer de façon quantitative le niveau d'appréciation des *informants* face aux environnements explorés. Il s'agit plutôt d'évaluer dans quelle mesure des environnements tels que ceux que nous proposons peuvent effectivement contribuer à stimuler l'intellect de l'apprenant et à enrichir sa perception d'un système typologique donné. Dans la première étude de cas, l'interaction avec l'environnement favorise-t-elle une compréhension de l'évolution de la morphologie des charpentes, une intellectualisation de la genèse séquentielle des types? Dans la deuxième étude de cas, les parcours dans l'arborescence contribuent-ils à l'élaboration d'une image mentale de la logique de conception des diverses formules de roses et des facteurs de classification à la base du système typologique proposé par les historiens?

8.1.2 Processus de validation auprès des chercheurs

Comme nous l'avons indiqué précédemment, nous ne menons un processus de validation auprès des chercheurs que dans le cadre de la deuxième étude de cas. En effet, dans la première, le processus réflexif de l'historien est d'ores et déjà terminé. L'étude portant sur la typologie de roses gothiques, au contraire, repose sur le travail d'un collectif d'historiens cherchant à déployer un raisonnement; un processus de validation auprès des chercheurs et un processus de consultation auprès des apprenants sont alors imbriqués.

Dans ce cas, le développement de l'environnement est partiellement basé sur une interaction avec le *modélisateur* de la connaissance. Nous cherchons à évaluer l'adéquation entre l'organisation de l'environnement numérique (actions et options proposées) et la structure du modèle symbolique provisoirement mis de l'avant par le *typologue*. Dans le cadre du processus de validation, les chercheurs ont le loisir d'explorer l'espace de simulation de façon autonome, ou peuvent assister à une démonstration des modalités d'exploration, selon leur convenance. Par le biais de ce processus, il s'agit d'amener les

historiens à valider ou invalider le mode de transposition du modèle symbolique dans un environnement numérique, et donc à poser un jugement sur l'outil qui est proposé à l'apprenant⁴²². Nous cherchons à vérifier si, en tant que développeur, nous avons adéquatement saisi l'interprétation qui est faite du corpus, en un moment déterminé de la démarche de l'historien. Il va sans dire que si tel n'est pas le cas, des correctifs sont apportés pour remédier à la situation.

Nous cherchons également à vérifier dans quelle mesure la synergie avec le développeur est susceptible d'enrichir, d'une certaine façon, la démarche de l'historien. De fait, deux axes de questionnement se dessinent ici: le raisonnement qui a été déployé est-il traduit de façon adéquate? Et l'accès à un environnement numérique (de façon active ou passive) incite-t-il le chercheur à réviser son raisonnement?

8.2 Des processus cycliques

Dans chacune des études de cas, le processus de consultation est une démarche s'effectuant en trois étapes. Tel que schématisé dans la figure présentée ci-dessous, il s'agit d'un travail cyclique et itératif d'utilisation / interprétation / modification⁴²³.

⁴²² Le jugement porté inclut bien évidemment toute la gamme des réactions possibles comprise entre la validation et l'invalidation.

⁴²³ Voir également la figure présentée à l'annexe O.

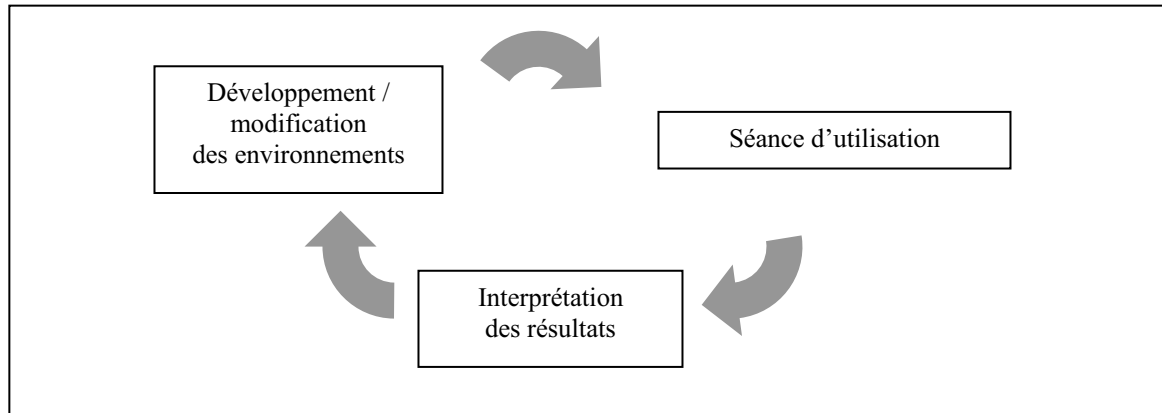


Figure 10. *Séquence du processus de consultation auprès des apprenants.*

Nous développons un premier prototype d'environnement que nous mettons à l'épreuve par le biais de séances d'utilisation. Les observations faites durant cette phase d'expérimentation, ainsi que les commentaires des utilisateurs, nous permettent d'orienter les modifications à apporter. Le feed-back des *informants* nous fournit des indices quant aux façons de potentialiser les environnements numériques. Dans le cadre d'un processus de ce type, l'*informant* peut être amené à porter un jugement sur:

- l'attractivité et la fécondité des actions proposées,
- la pertinence des pictogrammes présentés pour illustrer les actions et options pouvant être sélectionnées,
- la prégnance des points de repère dont il dispose pour baliser son parcours au sein de l'espace de simulation,
- la qualité et la complémentarité de représentations.

Si les apprenants considèrent qu'ils ne posent pas (ou peu) d'actions aptes à stimuler leur intellect, ou s'ils n'arrivent pas à appréhender l'organisation du système typologique, la structure de l'environnement est remaniée dans l'optique d'enrichir leur expérience et, par extension, de bonifier le résidu cognitif. Des modifications apportées, découle l'obtention de nouvelles versions de l'environnement qui sont en quelque sorte améliorées, nous permettant de reprendre le cycle et d'enchaîner avec de nouvelles phases d'expérimentation et d'interprétation. À chaque fois que nous complétons une boucle de ce processus

cyclique, nous progressons dans notre quête d'une meilleure compréhension des caractéristiques faisant en sorte qu'un environnement numérique soit apte à appuyer efficacement le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur.

Dans le cadre de la deuxième étude de cas, le processus d'évaluation de l'environnement comprend deux boucles de rétroaction, tel qu'illustré ci-dessous. D'une part, il y a validation du modèle symbolique auprès de l'équipe d'historiens de l'architecture, à savoir dans quelle mesure la structure de l'espace de simulation est cohérente avec l'interprétation qu'ils font du corpus. D'autre part, il y a validation auprès des apprenants à savoir dans quelle mesure la nature et les séquences d'actions proposées sont adéquates. Ces deux boucles de rétroaction s'enchaînent de façon itérative selon une séquence variable.

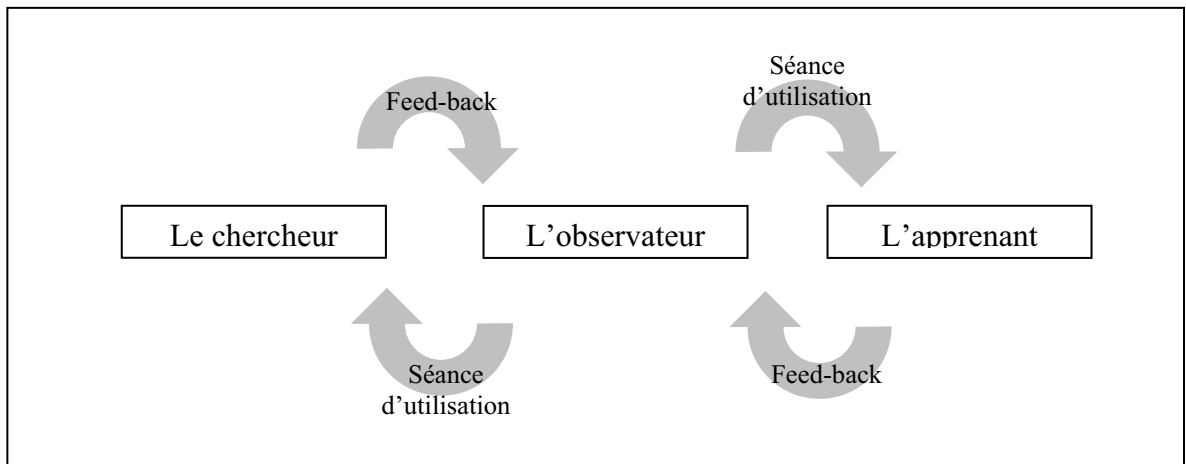


Figure 11. *Processus de consultation auprès des utilisateurs potentiels et processus de validation auprès des chercheurs.*

Les processus de consultation et de validation nous amèneront à apprécier dans quelle mesure chercheurs et développeurs d'une part, et utilisateurs et développeurs d'autre part, arrivent à communiquer efficacement entre eux. Il est indéniable que la qualité de la communication nous permettant d'échanger avec nos interlocuteurs constitue un facteur clé dans ce type d'expérimentation. La fluidité des échanges, ou au contraire une carence en

terme de communication, sera gage d'un enrichissement de notre réflexion ou alors source de biais dans notre interprétation du phénomène à l'étude. Nous reviendrons sur cette question à la section 8.5, traitant de la collecte des données empiriques. Mais précisons d'abord, aux sections 8.3 et 8.4, l'identité de l'*informant* dont il est ici question et la nature du témoignage qu'il sera à même de nous fournir.

8.3 Les *informants*

«Persons [...] are felt to be more profound, because we expect them yet to reveal themselves in unexpected ways in the future, while cobblestones evoke no such expectations.» (Polanyi, 1967, p.32).

Comme nous l'avons établi précédemment, nos observations se feront à travers les yeux d'*informants*, selon le concept de *person-as-instrument* de Guba et Lincoln (1985). Nous procéderons d'une part à des séances d'utilisation qui consisteront à observer et à interroger les apprenants qui explorent les environnements numériques proposés. D'autre part, nous procéderons à des démonstrations qui auront pour objectif de recueillir les commentaires des chercheurs en patrimoine.

Les personnes qui participent aux processus de consultation sont conscientes du rôle actif qu'elles jouent dans l'étude. En ce sens, le chercheur qualitatif doit tout mettre en oeuvre pour que les répondants sentent qu'ils sont considérés en tant que partenaires à part entière dans la recherche. Nous nous permettons d'insister ici sur l'importance, au tout début d'une séance d'utilisation, des propos liminaires du chercheur; il est primordial que la personne qui mène l'étude se présente, expose le but de la recherche, explique pourquoi l'apport d'un ensemble de répondants est requis, ainsi que la façon dont les informations seront consignées et utilisées.

Comme nous l'avons suggéré à maintes reprises, l'exploration d'un espace de simulation tel que ceux que nous développons est susceptible d'enrichir les connaissances de l'utilisateur dans le domaine du patrimoine architectural. Il nous apparaît qu'il s'agit là d'une démarche potentiellement intéressante et 'profitable' pour le concepteur architectural, qu'il s'agisse d'un apprenti, d'un praticien ou d'un enseignant⁴²⁴. Quels que soient les champs d'intérêt et de compétences du concepteur, une meilleure connaissance du patrimoine, et des interprétations pouvant en être faites, peut se répercuter de façon positive sur ses apprentissages, sa pratique ou son enseignement. En effet, les individus appartenant à chacune de ces catégories peuvent se sentir interpellés par une démarche cognitive pouvant éventuellement déboucher sur un enrichissement de leur base de connaissances et/ou une diversification de leur répertoire d'images.

Ainsi, dans le cadre de la présente recherche, l'ensemble de nos interlocuteurs (à quelques exceptions près) ont acquis, ou acquièrent présentement, une formation professionnelle en conception architecturale⁴²⁵. Certains d'entre eux démontrent un intérêt marqué pour le patrimoine architectural, d'autres non.

Il ne s'agit pas ici de constituer un échantillonnage d'utilisateurs potentiels extrêmement uniforme⁴²⁶; il semble important qu'existe une certaine diversité au sein du

⁴²⁴ Et ce, pour les multiples raisons citées dans la sous-section 4.4.6 traitant de l'enseignement de l'histoire de l'architecture.

⁴²⁵ Pour des raisons d'ordre pratique, les informant sont recrutés en fonction de leur accessibilité; tous sont rattachés d'une manière ou d'une autre à la Faculté de l'Aménagement de l'Université de Montréal. Cette affiliation a pour résultat de faciliter la 'logistique', les séances d'utilisation (de même que les travaux de développement des environnements numériques) se déroulant à la Faculté de l'Aménagement, dans les locaux que la Chaire en Patrimoine partage avec le Groupe de Recherche en Conception Assistée par Ordinateur.

⁴²⁶ L'échantillonnage d'utilisateurs potentiels est constitué d'hommes et de femmes dont l'âge va de la jeune vingtaine à la cinquantaine. Il s'agit d'individus de profils variés: étudiants, praticiens ou professeurs. Notons

groupe des répondants, afin de mieux représenter l'hétérogénéité du réel. En outre, il appert que, dans des études de cas, des individus 'atypiques' sont également susceptibles de contribuer, de façon probante, à la compréhension que le chercheur peut arriver à développer du phénomène à l'étude (Stake, 1995).

Ce qui caractérise en fait le type d'individu qui sera apte à nous permettre de colliger des données empiriques significatives, c'est d'abord et avant tout un intérêt et une aptitude à entreprendre de façon active et autonome un processus de reconstruction de la connaissance et à évaluer ses apprentissages. Bien que les répondants aient accepté, de bonne grâce, de se prêter au jeu de la simulation et que tous et chacun soient animés d'un désir véritable de contribuer à la recherche⁴²⁷, il faut cependant demeurer conscient du fait que toutes ces personnes ne possèdent pas la même habileté à suppléer des informations qui soient pertinentes dans le cadre de la présente étude.

Dans la section 4.2.5, traitant de *métacognition*, nous avons fait état des disparités existant entre les individus. Il serait dès lors utopique d'anticiper une uniformité des résultats; certaines personnes auront indéniablement du mal à cerner les carences de l'environnement, alors que d'autres arriveront aisément à verbaliser leurs critiques. Étant donné qu'il est impossible d'évaluer a priori cette méta-compétence chez l'*informant*, la chance jouerait selon, Schuller (1988), un rôle prépondérant dans le cadre d'études de cas basées sur l'entrevue. La quantité de données empiriques significatives colligées par le chercheur est donc, pour une certaine part, irrémédiablement liée au hasard.

cependant que nous ne procéderons pas à une segmentation de cet échantillonnage, une opposition des caractéristiques homme/femme, étudiant/professeur (etc.) ne nous apparaissant pas porteur de signification, dans le cadre du présent travail de recherche. La liste des personnes ayant participé au processus de consultation est présentée à l'annexe P.

⁴²⁷ L'implication des *informants* est basée sur le volontariat; aucune de ces personnes n'est rémunérée.

Nonobstant les aléas inhérents à la sélection des répondants, nous ne chercherons pas à compenser par la quantité. En ce qui concerne l'ampleur de l'étude, nous adhérons à l'optique préconisée par Kvale (1996). Selon ce chercheur, lorsque l'on procède à des études de cas basées sur l'interview, il serait bénéfique de limiter la quantité d'entrevues afin d'être en mesure d'investir un temps accru à la préparation et à l'analyse. Nous travaillons donc avec un nombre relativement restreint d'*informants*; pour chacune des études de cas, l'échantillonnage ne dépassera pas une dizaine d'individus. Il semblerait en effet que la majorité des problèmes inhérents à l'exploration d'un environnement numérique puissent être détectés par le biais de tests impliquant dix répondants (Virzi, 1992). Il y aurait alors saturation, c'est-à-dire que l'ajout de sources supplémentaires n'apporterait pas de nouvelles informations pertinentes.

8.4 La collecte des données empiriques

8.4.1 Les modalités de la communication chercheur / apprenant

«For a person who is willing to ask and listen, the world will always be new. The skilled questioner and the attentive listener knows how to enter into another's experience.» (Patton, 1980, p.278).

Dans le cadre de la présente section, nous porterons notre attention sur les habiletés dont le chercheur doit faire preuve pour entrer efficacement en contact avec l'*informant*; nous réfléchirons aux modalités faisant en sorte que cette expérience contribue à enrichir l'expérience cognitive de l'un et de l'autre. En recherche qualitative, le principe fondamental de l'entrevue est de fournir un encadrement à l'intérieur duquel les répondants expriment leur compréhension des choses dans leurs propres termes (Patton, 1980). Comme

nous l'avons établi précédemment, il ne s'agit pas ici pour le chercheur de découvrir *la* vérité, mais plutôt de faire émerger *un* sens, en partenariat avec son interlocuteur:

« There is a change from a substantial to a relational concept of meaning, with a move from the modern search for the one true and real meaning to a relational unfolding of meanings. [...] The interviewer does not uncover some preexisting meanings, but supports the interviewees in developing their meanings throughout the course of the interview. » (Kvale, 1996, p.226)

Lorsque nous avons énoncé sommairement les caractéristiques de la recherche-action⁴²⁸, nous avons mentionné que, s'il procède à des interviews, le chercheur qualitatif se doit de posséder certaines qualités humaines, faute de quoi la résultante de sa démarche pourrait être considérée comme étant sujette à caution; il semble maintenant pertinent d'élaborer sur ce thème et de détailler cet aspect. Selon Yin (1984), dans la mesure où le chercheur espère enrichir sa compréhension d'un phénomène donné par le biais d'entrevues, il doit:

- Être suffisamment perspicace pour poser les questions adéquates au moment opportun,
- Être un auditeur attentif, c'est-à-dire ne pas demeurer captif de ses propres valeurs et préconceptions,
- Être apte à interpréter adéquatement les réponses,
- Être sensible aux contradictions et ouvert aux paradoxes,
- Être flexible, de façon à ce qu'une situation inattendue soit perçue en tant qu'opportunité d'élargissement de son expérience cognitive et non pas comme un facteur déstabilisant menaçant ses convictions,
- Maîtriser la problématique, c'est-à-dire bien saisir les fondements et les implications du questionnement qui a été soulevé.

Le chercheur se doit de préparer à l'avance le canevas de l'entrevue, c'est-à-dire qu'il est tenu de réfléchir aux thèmes qui seront abordés, de formuler des ébauches de questions, de prévoir l'ordre dans lequel il les posera et de penser aux transitions qu'il effectuera d'un

⁴²⁸ À la sous-section 6.2.

sujet à l'autre. En outre, lorsqu'il prépare et lorsqu'il mène l'entretien, le chercheur qualitatif a tout intérêt à éviter trois types de questions; il s'agit, comme nous le verrons au cours des prochains paragraphes, de questions fermées, vagues ou complexes (Maykut, 1994).

La question fermée apparaît parfois comme une question à choix multiples; le répondant doit choisir à l'intérieur d'un ensemble de réponses préétablies implicitement (peu, assez, beaucoup); la question fermée peut par ailleurs établir une dichotomie, dans lequel cas il est possible de répondre par l'affirmative ou la négative. Afin de recueillir des données empiriques caractérisées par la richesse et la variété, il semble dès lors plus pertinent d'opter pour des questions ouvertes qui incitent l'interlocuteur à décrire son interprétation ou son vécu. Selon Rubin et Rubin (1995), initialement, le chercheur doit 'jeter ses filets' le plus largement possible, afin de ne pas restreindre par inadvertance la gamme des sujets que le répondant aurait pu aborder. Ainsi les questions liminaires débutant par 'Que pensez-vous de...?' peuvent amener le répondant à fournir une réponse élaborée, empreinte de spontanéité et de perspicacité; par le biais de la verbalisation de ses préoccupations, il est en outre possible que le répondant aborde le problème sous un angle qui avait été négligé par le chercheur (Kvale, 1996).

La question vague est celle dont le répondant ne saisit pas d'emblée la signification. Il y a ici inversion des rôles puisque l'*informant* doit sonder les propos du chercheur afin d'arriver à en comprendre la portée; ce type de demande peut amener le répondant à se désintéresser du thème de l'entrevue ou à dériver hors sujet. La question complexe, quant à elle, est celle qui gagnerait à être décomposée en sous-questions. Elle impose une surcharge cognitive à l'interlocuteur puisque ce dernier doit l'analyser avant d'être en mesure d'y répondre. En somme, les questions fermées, vagues ou complexes peuvent interrompre le flux de la conversation et ainsi porter préjudice à la qualité de la communication.

En contrepartie de la préparation avisée du canevas de l'entrevue, la qualité de l'écoute est d'une importance prépondérante. Le chercheur qualitatif doit prêter attention

aux signes d'ambivalence de la part de l'informant et aux contradictions pouvant surgir dans son discours. Paradoxalement, il doit savoir faire preuve d'une certaine tolérance face à l'ambiguïté, mais œuvrer d'autre part à en découvrir les sources. En ce sens, il peut parfois s'avérer bénéfique de chercher à approfondir ce qui vient d'être dit; en adoptant une attitude curieuse, critique et persistante, le chercheur peut arriver à clarifier les propos du répondant ou à interpréter une réponse sibylline, et ce, en partenariat avec son interlocuteur⁴²⁹.

Ainsi, au fil des entrevues, le chercheur peut devenir apte à colliger des informations de plus en plus pertinentes dans le cadre de son étude; il affine progressivement sa perception de ce qui concourt à rendre une question fermée, vague ou complexe, et il apprend à développer des stratégies lui permettant d'amener le répondant à préciser sa pensée.

Le chercheur exerce cette expertise 'nouvellement' acquise en remaniant le canevas de l'entrevue. Il est essentiel que ce dernier demeure flexible tout au long de l'étude, et ce, pour deux raisons. D'une part, il s'agit de retravailler de façon itérative les questions n'ayant pas contribué à suppléer des données empiriques significatives. D'autre part, il pourra s'avérer nécessaire d'élaborer de nouvelles questions pour approfondir des thèmes qui auront émergé de façon inopinée durant les entrevues précédentes. Cette façon de procéder constitue ce que Parlett et Hamilton (1976) appellent le *progressive focusing*. Pour les chercheurs qui, comme nous, adhèrent à cette approche, la structure de l'entrevue, les sujets abordés et le rythme des questions sont constamment appelés à être modifiés afin de demeurer en concordance avec ce que l'individu connaît, perçoit ou éprouve.

⁴²⁹ Une technique couramment utilisée consiste à reformuler la réponse en prenant soin de répéter les mots les plus significatifs utilisés par le répondant. Une question commençant par 'Serait-il correct de dire que vous considérez que...?', par exemple, peut amener l'informant à préciser sa pensée.

« The qualitative researcher has to have a high tolerance for uncertainty, especially at the beginning of the project, because the design will continue to change as the researcher hears what is being said and learns from his or her interviewees. At no point in the research can the interviewer say, okay, from here on out, I can operate by rote and know in advance each step of the way. You always have to be prepared for multiple possibilities. Perhaps most important, the researcher has to be confident enough and curious enough to welcome challenges to his or her preconceptions. » (Rubin et Rubin, 1995, p.41)

Ce dernier point soulevé par Rubin et Rubin (1995) est d'une importance cruciale. En effet, le chercheur qualitatif ne mène pas des entrevues dans le but de se complaire dans ses préconceptions mais, au contraire, afin de s'ouvrir à l'univers cognitif de l'autre.

8.4.2 Les techniques de collecte de données

Lorsqu'on développe un environnement numérique interactif, il est essentiel de procéder à des séances d'utilisation et, conséquemment, à des entrevues. Le développeur qui est appelé à élaborer un tel environnement a inévitablement divers *a priori* sur les besoins, réflexes et habitudes de l'utilisateur potentiel. Comme le constatent si judicieusement Dumas et Redish (1999), « Watching users is both inspiring and humbling. » (p.32). Un processus de consultation incite en effet le développeur à remettre en question ses présuppositions; il peut, par exemple, entretenir la certitude que des actions d'un type donné sont stimulantes sur le plan intellectuel, et constater que tel n'est pas le cas. L'interaction homme / machine étant un domaine d'une richesse et d'une complexité inouïes, il est essentiel que l'attention du développeur demeure centrée sur l'adéquation escomptée entre les caractéristiques de l'outil et les mécanismes cognitifs de l'utilisateur.

Dans le cadre de la présente étude, le processus de consultation que nous mènerons aura pour objectif de recueillir des données empiriques permettant d'évaluer la qualité de la démarche exploratoire entreprise par l'apprenant, au sein des espaces de simulation que nous proposons. Dans cette optique, nous expérimenterons diverses techniques visant à

mettre en relief les multiples facettes de l'expérience vécue par l'individu. Les techniques d'évaluation que nous avons sélectionnées constituent différentes façons d'entrer en contact avec l'informant (essentiellement par le biais d'entrevues). Elles sont au nombre de quatre, soit le test d'utilisation, l'approche active, le *co-discovery* et le questionnaire avec différentiels sémantiques.

8.4.2.1 Le test d'utilisation

Le test d'utilisation implique un utilisateur qui explore, de façon autonome, l'environnement numérique qui lui est proposé. À titre d'observateurs, nous pouvons constater de quelles façons se déroule la démarche exploratoire, à savoir les types de parcours effectués dans l'espace de simulation et l'importance relative de l'espace explicite. Nous prenons note du type de problèmes rencontrés au sein des interactions homme / machine. Nous consignons les réactions et questions de l'apprenant. Nous prêtons également attention aux comportements non-verbaux, les expressions faciales et la gestuelle étant révélateurs du type d'expérience vécue par l'utilisateur (Dumas et Redish, 1999). À quels moments manifeste-t-il de la frustration? De la surprise? De l'intérêt?

Il s'agit en outre d'évaluer la charge cognitive inhérente à l'outil, c'est-à-dire la quantité de temps et d'efforts que l'utilisateur est disposé à investir pour découvrir seul les modalités d'exploration lui permettant de parcourir l'environnement. Au terme de la démarche exploratoire, nous interrogeons l'informant; nous faisons appel à ses habiletés *métacognitives* pour procéder avec lui à une analyse 'post-mortem' de l'expérience. Nous cherchons à l'amener à commenter les actions posées et les décisions prises, en somme à décrire le regard qu'il porte sur ses propres processus cognitifs dans le cadre de l'exploration de l'environnement numérique mis à sa disposition.

8.4.2.2 L'approche active

L'approche active consiste à interroger le répondant durant la séance d'utilisation, alors même qu'il explore l'environnement. Nous le questionnons sur ses processus d'apprentissage ainsi que sur sa façon d'interagir avec l'environnement (Whiteside et Wixon, 1990). Nous cherchons à remettre en perspective ses réactions au moment où elles surviennent. Nos interventions visent à questionner le pourquoi d'une action ou d'une attitude⁴³⁰. Au terme de la démarche exploratoire, nous encourageons l'apprenant à commenter l'expérience qu'il a vécue⁴³¹, à verbaliser les préconceptions qu'il peut entretenir⁴³² et à effectuer des comparaisons⁴³³. Il s'agit bien évidemment d'entrevues semi-structurées dont le canevas, comme nous l'avons précisé, est sujet à évoluer; nous interrogeons l'individu tout en lui laissant le loisir d'aborder de nouvelles questions à mesure que l'entretien progresse.

8.4.2.3 Le *co-discovery*

Cette technique consiste à procéder à une séance d'utilisation impliquant deux utilisateurs. Dans la mesure où les deux personnes se connaissent déjà, il peut en résulter un climat plus convivial; il est possible que certains *informants* soient moins inhibés et davantage enclins à échanger des commentaires et des questions durant le processus

⁴³⁰ Par exemple : 'Pourquoi n'êtes-vous pas porté à explorer telle zone de l'espace implicite?', 'Pourquoi hésitez-vous à poser tel geste?', 'Comment interprétez-vous tel message, ou tel pictogramme?', etc.

⁴³¹ Par exemple : 'Comment qualifiez-vous la démarche exploratoire que vous avez menée ? ', 'Qu'est-ce qui vous a le plus frappé dans le test d'utilisation auquel vous avez participé?' etc.

⁴³² Par exemple : 'Considérez-vous qu'il est pertinent d'utiliser l'ordinateur pour contribuer à l'*enseignabilité* de systèmes typologiques?', etc.

⁴³³ Par exemple lorsque qu'un même répondant participe à deux séances distinctes : Comment comparez-vous les deux prototypes de l'environnement?

exploratoire. Étant donné que communiquer avec un interlocuteur qui nous est familier est une façon de s'exprimer qui est plus naturelle et spontanée que de penser à voix haute ou de répondre aux questions d'un interviewer, la méthode du *co-discovery* est susceptible (dans certains contextes) de générer des données empiriques plus riches que le test d'utilisation impliquant un seul utilisateur (Kennedy, 1989). Le chercheur agit essentiellement à titre d'observateur et consigne les interactions prenant place entre les deux participants⁴³⁴.

8.4.2.4 Le questionnaire ouvert avec différentiels sémantiques

Dans chacune des trois premières méthodes présentées ci-dessus, nous procédons à une analyse 'post-mortem' de la démarche. Celle-ci peut être complétée, voire remplacée, par un questionnaire écrit. Le questionnaire que nous utilisons regroupe d'une part des questions ouvertes invitant le répondant à décrire son expérience. Étant donné que certains individus ont plus de facilité à s'exprimer par écrit que verbalement, nous proposons un mode de communication alternatif. Ainsi, suite à l'entrevue, nous suggérons à l'informant de remplir un questionnaire. Ce dernier soulèvera de nouvelles interrogations et contiendra des questions réitérées auxquelles l'informant aura, bien évidemment, le loisir de répondre ou non selon son appétence à s'exprimer par écrit.

Le questionnaire regroupera, d'autre part, ce que Moles (1990) appelle des différentiels sémantiques⁴³⁵. Il s'agit d'une méthode d'évaluation qui a pour objectif d'amener le répondant à placer une marque le long d'un continuum, afin d'exprimer son opinion de façon nuancée. Le différentiel permet à la personne d'indiquer à la fois la nature de sa réaction à l'égard du phénomène concerné (négative ou positive) et l'intensité de cette

⁴³⁴ Tout en étant disposé à répondre à des questions ou à donner des informations lorsque les co-explorateurs sont face à une impasse ou se méprennent sur un aspect de l'environnement.

⁴³⁵ L'équivalent de ce que McKernan (1996) désigne sous l'expression *graphic rating scale*.

réaction. Il appert que le mode graphique est susceptible d'aider l'individu à saisir d'emblée la question et peut le stimuler à répondre de façon spontanée (McKernan, 1996).

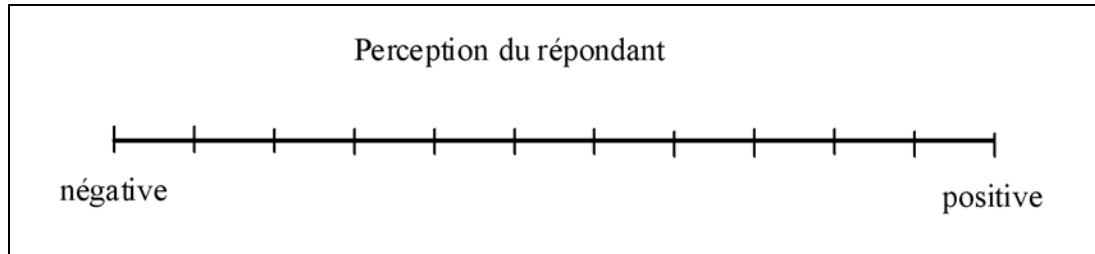


Figure 12. *Exemple de différentiel sémantique.*

Nous utiliserons cette méthode non seulement pour nous permettre d'apprécier la perception que l'informant a de l'environnement numérique, mais également afin d'évaluer de façon globale la prégnance du résidu cognitif, au terme d'une démarche exploratoire⁴³⁶. Les différentiels sémantiques inciteront en somme le répondant à faire le point sur ce qu'il retire de son interaction avec l'environnement⁴³⁷.

Les quatre méthodes que nous venons de décrire concernent nos échanges avec ceux que nous appelons les apprenants. Or, comme nous l'avons établi précédemment, les membres du collectif d'historiens agiront également à titre d'*informants*, dans le cadre du processus de validation. Ils procèderont à une démarche exploratoire active au sein de l'environnement, ou assisteront à une démonstration des modalités d'exploration, selon leur convenance. Nous prendrons note de leurs commentaires, réactions et questions. Nous procèderons également à des entrevues semi-structurées, c'est-à-dire que nous les inviterons à se prononcer quant à la perception qu'ils ont de l'adéquation – ou de la non-

⁴³⁶ Par exemple, 'Avez-vous une idée claire de ce que signifie le terme ___?', 'Savez-vous à quoi ressemble tel type d'artéfact?', 'Savez-vous quelle est la différence entre tel et tel type?', etc.

⁴³⁷ Un exemple de questionnaire est présenté à l'annexe N.

adéquation – existant entre l'interprétation qu'ils ont faite du corpus et les caractéristiques de l'espace de simulation. La question fondamentale à laquelle nous souhaitons les voir répondre est : « Si vous étiez le concepteur de cet environnement numérique, que modifieriez-vous ? »

8.5 L'alternance collecte / interprétation

Avant d'entreprendre chacun des cycles des processus de consultation et de validation, il est essentiel d'établir clairement le but de l'opération. L'interrogation qui a été soulevée au moment d'énoncer la problématique était : Dans quelle mesure et de quelles façons l'informatique peut-elle contribuer à ce que le processus d'élaboration de la connaissance, entrepris par l'historien de l'architecture, et le processus d'appréhension de ladite connaissance par l'apprenant, s'opèrent tous deux de façon dynamique et itérative?

Nous partageons maintenant cette question en plusieurs sous-questions. En ce qui a trait au processus de reconstruction de la connaissance, nous nous demandons : Quelles actions permettent le mieux à l'apprenant de développer ses habiletés cognitives? Où se situent les différences de perception d'un individu à l'autre? En ce qui a trait au processus de reconstruction de la connaissance, nous nous questionnons à savoir : Quelles sont les stratégies à adopter pour optimiser l'adaptabilité des environnements à la mouvance de la connaissance? Y a-t-il une disparité entre les différents types de modification de l'environnement numérique résultant d'une ré-interprétation du chercheur⁴³⁸? Outre les modalités de construction et de reconstruction de la connaissance, nous cherchons à évaluer les environnements numériques à proprement parler, à savoir : Quelle est leur pertinence en termes d'*utilisabilité*, de charge cognitive, de navigabilité et d'intelligibilité?

⁴³⁸ Soit l'évolution de la composition du corpus, la réorganisation des regroupements au sein de ce corpus et la modification des facteurs de classification pris en considération.

Il s'agit là de questions fondamentales qui constituent l'armature de notre axe de réflexion. Nous avons le dessein d'y répondre progressivement, par le biais des constats préliminaires résultant de nos entrevues avec les *informants*. Nous accumulons des éléments de réponse sous la forme condensée d'un ensemble de nouvelles sous-questions plus précises, le tout constituant ce que Paillé et Mucchielli (2003) appellent un *canevas investigatif*. À chaque fois que nous bouclons un cycle des processus de consultation ou de validation, nous précisons un ensemble de sous-questions auxquelles nous tenterons de répondre durant le cycle suivant.

Afin d'étoffer progressivement ce *canevas investigatif*, il apparaît judicieux d'avoir recours à l'analyse séquentielle qui consiste à alterner la collecte et l'analyse des données. Ainsi, tout au long du processus de consultation impliquant les *informants*, nous cherchons à interpréter les données empiriques qui auront été colligées. C'est d'ailleurs ce que Becker et Geer (1960) nous enjoignent de faire pour éviter la surcharge analytique engendrée par la linéarité des opérations. En effet, si l'analyse ne devait débiter qu'à la toute fin de la conduite des entretiens, on pourrait s'attendre à ce que l'ampleur exagérée du matériau crée des problèmes techniques et se reflète par une diminution de la qualité de la résultante de l'étude (Paillé et Mucchielli, 2003).

D'autre part, nous adoptons cette stratégie pour être en mesure de détecter, tout au long de notre démarche, d'éventuelles lacunes dans notre façon d'aborder le processus de consultation. Les résultats sont interprétés de façon séquentielle afin de réviser périodiquement les modalités de communication chercheur / *informant*. Nous alternons un travail de réflexion sur les données déjà collectées et une mise au point de nouvelles stratégies pour en collecter d'autres, de meilleure qualité ou plus pertinentes dans le cadre de notre questionnement (Miles et Huberman, 2003).

L'alternance de la collecte et de l'interprétation nous offre en outre l'opportunité de tester les prototypes d'environnements numériques de façon séquentielle. En conformité

avec notre approche modulaire, qui consiste à aborder la typologie de façon incrémentale, nous obtenons des données empiriques qui orientent l'élaboration des versions subséquentes. Lansdale et Ormerod (1994) sont formels sur ce point: il est primordial d'entreprendre le processus de validation impliquant des utilisateurs potentiels à partir des premières phases du développement de l'environnement numérique et durant tout le processus d'élaboration. Cette itération a pour effet d'augmenter les opportunités d'effectuer des changements majeurs au moment opportun (tels que restructuration de l'espace de simulation, proposition de nouvelles actions, etc.). Il y a ainsi accroissement des possibilités de faire évoluer l'environnement conformément aux processus cognitifs de l'apprenant.

8.6 Le mode de consignation des données empiriques

Comme nous l'avons établi précédemment, les données empiriques obtenues par le biais des processus de consultation et de validation sont constituées par les commentaires, questions, réactions et suggestions émis par l'*informant*. Il va de soi que toutes ces informations sont consignées sur le champ afin que nous soyons en mesure de les interpréter et d'en effectuer ultérieurement la synthèse. Selon Liu (1997), la mémoire humaine – y compris celle des chercheurs – fonctionne d'une manière sélective, elle retient certains faits et en oublie d'autres; elle embellit, tronque ou transpose les événements. C'est pourquoi il est essentiel de noter immédiatement, de façon aussi complète et aussi rigoureuse que possible, ce qui ressort des entretiens.

Les commentaires, questions et suggestions, les attitudes non-verbales, ainsi que les spécificités des parcours effectués par l'*informant* sont consignés de façon manuscrite. Afin de ne pas restreindre la spontanéité des répondants, les séances d'utilisation ne sont ni filmées, ni enregistrées. Nous considérons ici qu'il existe des interrelations probantes entre les actions de l'informant (les modes d'interaction avec l'environnement), ses commentaires et questions (ce qui est verbalisé) et son attitude (l'expression faciale et la posture). Toutes

ces facettes de l'expérience vécue par l'individu sont inextricablement liées. En ce sens, dans le cadre de la présente étude, il nous apparaît que la séance d'utilisation constitue l'équivalent d'un 'happening'.

Dans la mesure où il se fie à une bande sonore ou vidéo⁴³⁹, le chercheur perd une certaine part de son habileté à interpréter la simultanéité des actions, des paroles et du non-dit (sans compter qu'il accumule une masse d'informations difficilement traitable par la suite). En conséquence, nous ne fixons pas l'entrevue sur un support quelconque, dans le but de la retranscrire et de l'interpréter après coup. Ce processus, nous semble-t-il, s'opère au détriment de la richesse des données empiriques. Telle est d'ailleurs la thèse soutenue par Kvale (1996) lorsqu'il parle de la 'bâtardise' de la transcription:

« The transcript is a bastard, it is a hybrid between an oral discourse unfolding over time, face to face, in a lived situation - what is said is addressed to a specific listener present - and a written text created for general, distant public. » (p.182)

D'où l'intérêt de procéder à l'interprétation des données empiriques immédiatement après la tenue de la séance d'utilisation, de manière à capter l'essence du moment. Ainsi, le contenu de l'entrevue est analysé alors que nous avons encore en mémoire les nuances de l'interprétation du répondant et les implications de ce qui vient de se produire. Suite à chaque séance, nous nous accordons un moment de réflexion qui débouchera sur la rédaction d'un bref rapport récapitulatif. À mesure qu'ils s'accumulent, ces comptes rendus sont consultés de façon itérative et comparés entre eux. Nous sommes ainsi en mesure de confronter la perception de plusieurs *informants*, d'établir des comparaisons entre différents prototypes d'un même environnement, d'effectuer des rapprochements entre divers types de

⁴³⁹ Le recours à l'enregistrement vidéo pose ici le problème technique de filmer simultanément l'individu et l'écran de l'ordinateur, pour visualiser à la fois le comportement de l'informant et ses déplacements au sein de l'environnement numérique.

connaissance⁴⁴⁰. Ce processus de triangulation peut se poursuivre tout au long de la recherche et nous amener à corroborer nos constats préliminaires ou au contraire à remettre en question nos présomptions.

Au terme de chaque cycle, nous effectuons une synthèse à partir de nos comptes rendus d'entrevues afin d'arriver à discerner les aspects les plus significatifs. Nous cherchons à identifier des perspectives non perçues initialement, à mettre en relief des continuités qui auraient été négligées, à distinguer une logique d'évolution à des endroits où, sur le moment, il semblait n'y avoir qu'incohérence. Il s'agit en somme de retracer notre cheminement, afin de favoriser l'émergence de patterns au sein de l'hétérogénéité des témoignages (Maykut, 1994).

Nous reprenons les processus cycliques de consultation et de validation jusqu'au moment où nous atteignons un palier que Lincoln et Guba (1985) désignent sous l'expression 'redondance des données', et que Strauss et Corbin (1990) nomme le 'point de saturation théorique'. Le canevas *investigatif* est alors suffisamment étoffé pour dégager une cohérence au sein de la diversité des données empiriques. Les divers éléments de réponses aux questions – qui sont en fait autant de facettes du phénomène à l'étude – peuvent être articulés et synthétisés. C'est cette synthèse qui, en bout de ligne, nous permet d'enrichir notre compréhension de ce que l'outil informatique peut apporter aux processus de construction et de reconstruction de la connaissance, dans le domaine des typologies architecturales.

Dans le cadre du prochain chapitre, nous présentons un rapport circonstancié visant à rendre compte de l'expérience vécue par l'apprenant au sein des espaces de simulation proposés. Ce rapport rend également compte de la perception des chercheurs en patrimoine face aux environnements numériques élaborés. Nous cherchons à dresser un portrait le plus

⁴⁴⁰ Ici les processus typologiques et le savoir-faire artisanal.

juste possible des témoignages que chercheurs et apprenants nous ont livrés, tout en mettant en relief les diverses contradictions. Comme le fait remarquer Van Der Maren (1997) :

« Il est [...] important de ne pas céder à la tentation de rendre linéaire la complexité et les contradictions, de ne pas aplatir les ruptures pour arriver à décrire, dans le rapport de recherche, un modèle unitaire du sujet, le chercheur voulant, par cet aplatissement, donner l'impression qu'il a compris le sujet. » (p.84)

En ce sens, dans notre façon d'interpréter les données colligées, et dans nos efforts pour rendre compte de la résultante de notre démarche, nous cherchons à conserver une volonté de lucidité par laquelle nous tentons de percevoir, comme le dit si poétiquement Le Moigne (2001), «les mille nuances des entrelacs de l'ombre et de la lumière, sans pour cela les détruire au nom d'un arbitraire et brutal diktat d'évidence claire et nette.» (p.11).

9. Interprétation des résultats

Comme nous l'avons expliqué précédemment, tout au long de nos expérimentations, nous avons cherché à affiner nos méthodes de collecte des données empiriques et à interpréter les témoignages livrés par les *informants*. Nous allons maintenant rendre compte de l'expérience vécue par les apprenants dans le cadre des séances d'utilisation, ainsi que de la perception des membres de l'équipe d'historiens, au fil de l'évolution des prototypes d'environnements numériques. Nous relaterons également comment se sont enchaînées les questions du canevas *investigatif*, à mesure que nous avons progressé dans notre compréhension du phénomène à l'étude.

9.1 Résultats de la première étude de cas

Tel qu'énoncé à la sous-section 6.3.2, la première étude de cas est basée sur la formalisation de l'interprétation qui a été faite, par un historien de l'architecture, d'un corpus de charpentes de toitures. Elle a essentiellement pour objectif de nous permettre de mieux saisir les impacts que pourrait avoir un environnement numérique sur le développement des habiletés cognitives de l'utilisateur. Cette expérimentation porte sur les possibilités de restituer un processus typologique de façon intelligible. Nous procédons à un processus de consultation, composé de trois cycles de séances d'utilisation, dans le but de recueillir les témoignages d'utilisateurs potentiels.

9.1.1 Première itération

Comme nous l'avons indiqué au moment de présenter les études de cas, les actions qui sont proposées dans le cadre de l'exploration de cet environnement numérique sont les suivantes : d'une part, l'activation des composantes du modèle interactif, la sélection de composantes de l'artéfact et le déplacement le long d'une ligne de temps (tous trois aptes à

déclencher des événements) et, d'autre part, la manipulation d'entités tridimensionnelles dans un espace virtuel.

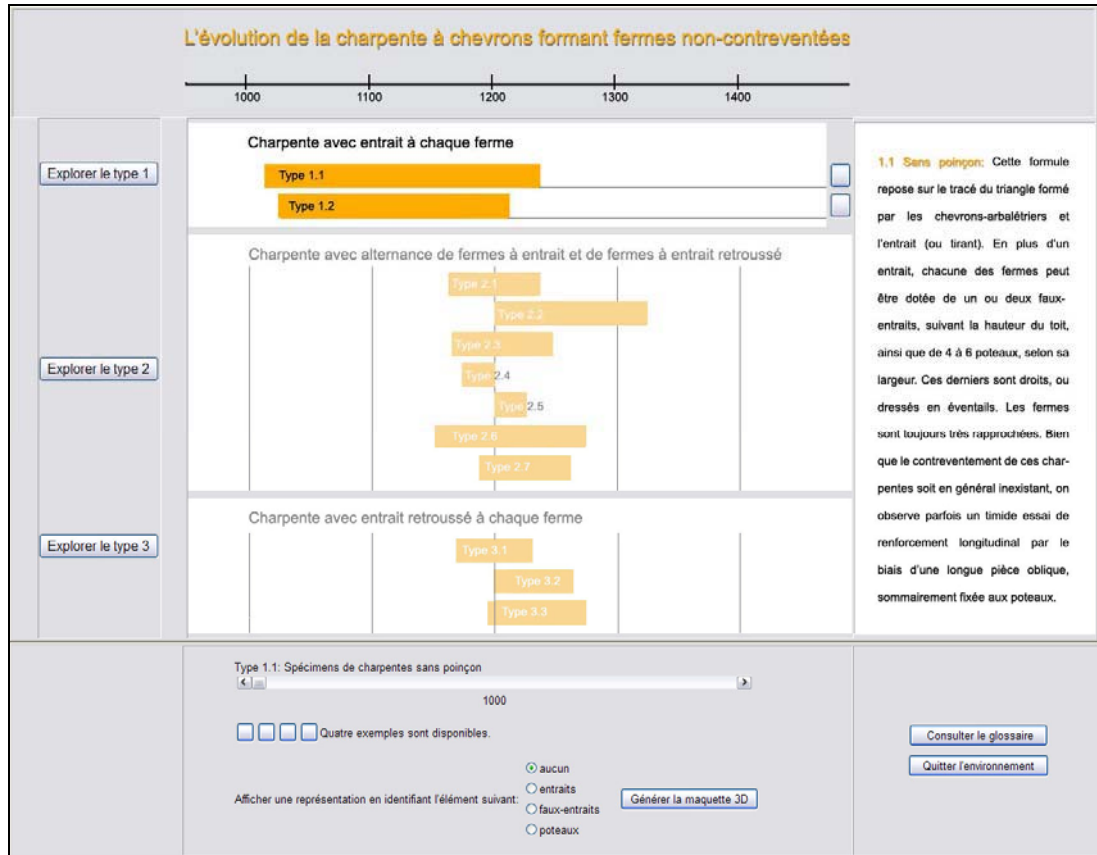


Figure 13. *Première étude de cas, première itération : configuration de l'interface*

Afin d'évaluer la pertinence de ce premier prototype, nous avons recours à la méthode que nous désignons sous le nom de test d'utilisation. Il s'agit d'observer l'informant durant le processus cognitif afin de vérifier de quelles façons il s'y prend pour explorer l'environnement numérique qui lui est proposé. Nous cherchons ici à évaluer l'*utilisabilité* de l'environnement, c'est-à-dire à déceler d'éventuels problèmes au niveau de l'interface et/ou du système génératif. Nous constatons que, pour l'utilisateur, le lien entre l'action posée et l'événement déclenché n'est pas immédiatement perceptible. D'une part, le mandat imparti aux 'boutons' servant à accéder aux sous-types et à sélectionner les cas

de figure ne semble pas clair au premier abord. D'autre part, la correspondance entre la ligne de temps et les époques auxquelles elle fait référence apparaît comme étant déficiente. Ces deux problèmes semblent augmenter la charge cognitive imposée à l'apprenant⁴⁴¹.

Il est clair que l'utilisateur doit déployer des efforts intellectuels substantiels pour mener à bien le processus exploratoire. Cependant, nonobstant les deux carences dont nous avons fait état ci-dessus, et dans la mesure où des éclaircissements sont fournis verbalement par le développeur, il ne semble pas que le niveau de concentration requis de la part de l'apprenant pour naviguer au sein de l'environnement détourne son attention du processus cognitif.

Les répondants apprécient de façon marquée le fait d'avoir accès à des maquettes numériques tridimensionnelles, leur permettant ainsi d'adopter divers points de vue et de localiser la position des diverses pièces de charpente. La manipulation des maquettes numériques dans un environnement virtuel semble aider l'individu à comprendre les notices explicatives et, inversement, les textes donnent une 'nouvelle dimension' aux maquettes. Lorsque la correspondance texte / maquette ne suffit pas à éclaircir les doutes de l'individu, celui-ci pose des questions afin de préciser les notions qui n'ont pas été saisies. En ce sens, on peut supposer que la présence, aux côtés de l'apprenant, d'une tierce personne familière avec les notions présentées constitue une plus-value dans le cadre du processus cognitif.

Il appert que certains répondants arrivent à élaborer une image mentale de l'interprétation proposée par l'historien de façon relativement aisée, alors que d'autres ont plus de peine à établir des connexions signifiantes entre les notions présentées. À ce propos, il convient de souligner que nous remarquons des disparités importantes au niveau de

⁴⁴¹ Notons en outre, qu'en raison d'un problème de structuration de l'interface, l'utilisateur peut solliciter la génération d'une maquette numérique avant même d'avoir choisi un cas de figure, ce qui cause une certaine confusion.

l'ampleur du vocabulaire et de la richesse du bagage de connaissances des utilisateurs⁴⁴². Ces disparités mettent en relief l'intérêt potentiel d'intégrer un glossaire à l'environnement numérique.

Ce premier cycle du processus de consultation suscite les questions suivantes: D'une part, comment favoriser, dans l'esprit de 'l'explorateur', la correspondance entre l'action posée et l'événement déclenché? D'autre part, la consultation d'un glossaire pourrait-elle aider l'apprenant à se familiariser avec la terminologie utilisée par l'historien?

9.1.2 Deuxième itération

Afin d'établir une meilleure correspondance entre l'action posée et l'événement déclenché, le deuxième prototype de l'environnement numérique offre à l'utilisateur la possibilité de sélectionner les cas de figure par le biais de pictogrammes illustrant de façon schématique la configuration des spécimens à l'étude. Ainsi, il se forme préalablement, dans l'esprit de l'apprenant, une image mentale de la maquette qui sera générée. Il y a également modification du type d'interaction au niveau des lignes de temps. Tout comme dans la première version, une bande de couleur illustre la période couverte par un sous-type donné; cette bande peut maintenant être activée de manière à accéder au sous-type de façon plus conviviale. Une ligne de temps, sur laquelle sont indiquées les années et les siècles, est située à proximité des pictogrammes représentant les cas de figure. À l'activation de l'un de ces derniers, une flèche se positionne de façon à indiquer la date de début de construction de ce spécimen.

⁴⁴² Même la signification de termes relativement courants (tels que 'latte' ou 'ardoise') n'est pas évidente pour tous les répondants.

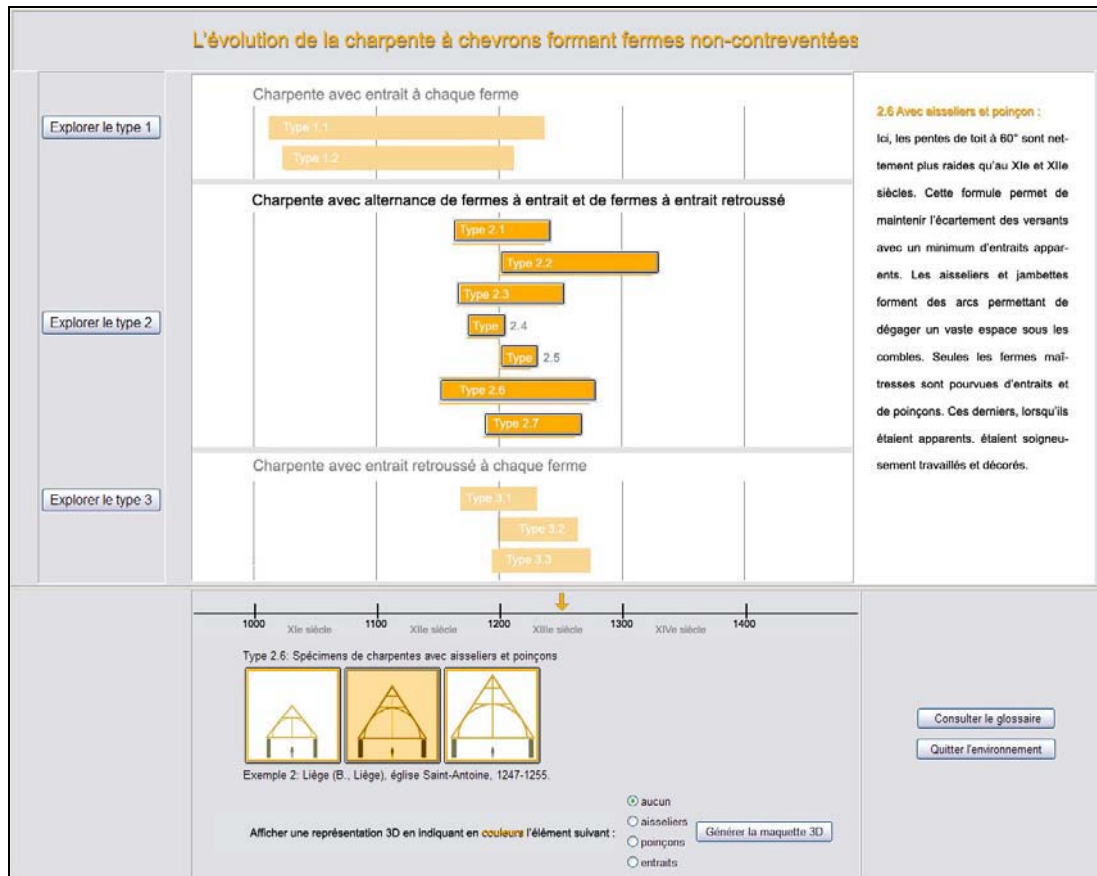


Figure 14. *Première étude de cas, deuxième itération: configuration de l'interface*

Afin d'évaluer la pertinence de cette nouvelle version de l'environnement numérique, nous avons recours à la méthode que nous désignons sous le nom d'approche active, c'est-à-dire que nous questionnons l'utilisateur durant la démarche exploratoire. Nous cherchons à l'amener à expliciter ses processus d'apprentissage et à commenter sa façon d'interagir avec l'environnement, et ce, alors même qu'il œuvre à établir des connexions significantes entre les éléments qui lui sont présentés.

Il s'agit ici d'évaluer dans quelle mesure il y a amélioration de la navigabilité de l'environnement numérique, suite aux modifications que nous avons apportées. Nous constatons que l'utilisateur procède à l'exploration de l'espace de simulation avec

relativement plus d'aisance. Il comprend davantage ce qu'impliquent les déplacements sur la ligne de temps et la sélection des cas de figure. Les possibilités d'interaction semblent plus apparentes, ce qui est d'une importance cruciale puisqu'une certaine part de l'échantillonnage d'utilisateurs potentiels procède d'abord à un survol rapide de l'environnement numérique pour se faire une idée globale des modalités d'interaction. Dans ce contexte, nous constatons que ce qui est modifié par l'action de l'utilisateur doit être immédiatement perceptible par l'individu (déplacement dans le temps, accès à un autre type ou sous-type, affichage d'une nouvelle notice explicative, etc.), faute de quoi il a tendance à se désintéresser du processus exploratoire.

Certains apprenants lisent les textes très attentivement, alors que d'autres les parcourent de façon extrêmement superficielle⁴⁴³, arguant qu'ils sont plus réceptifs à des informations visuelles. Ces personnes cherchent immédiatement à déclencher des événements afin d'accéder à des représentations. Ils se plaignent du fait que la multiplicité des notices explicatives contenant un vocabulaire spécialisé entraîne une surcharge cognitive et confessent une certaine paresse intellectuelle qui les amène à éviter la lecture. Dans le cas des individus portant intérêt aux notices explicatives, le glossaire qui a été intégré à la nouvelle version constitue un outil profitable; il contribue dans une certaine mesure à l'assimilation de la terminologie. Les répondants souhaiteraient toutefois le voir imagé, permettant ainsi une consultation plus rapide.

La vitesse à laquelle se déroule le processus exploratoire est un facteur clé pour la plupart des répondants. Ils recherchent l'économie de gestes: pouvoir permuter les pièces de charpente identifiées de façon interactive sans régénérer la maquette à chaque fois⁴⁴⁴,

⁴⁴³ Certaines personnes ne lisent pas même les quelques lignes de la page d'accueil qui explique le mandat général de l'environnement et le contexte de l'étude.

⁴⁴⁴ Nous réalisons ici que des images seraient suffisantes pour localiser les pièces de charpente, alors que la maquette 3D aurait pour mandat d'améliorer la compréhension de la morphologie des spécimens.

avoir accès à des textes ‘sensibles’ permettant l’affichage interactif des définitions (plutôt que d’avoir à consulter le glossaire)⁴⁴⁵. Plusieurs répondants remettent en cause le fait de devoir ‘sortir’ de la zone symbolisant un type pour accéder aux sous-types et cas de figure appartenant à un autre type. Manifestement, l’utilisateur désire atteindre des maquettes numériques en franchissant le moins d’étapes possible. On peut néanmoins se questionner à savoir si ces ‘courts-circuits’ ne porteraient pas préjudice à l’établissement de liens entre les types et les configurations correspondantes ainsi qu’à l’établissement d’une représentation mentale claire de l’appartenance de divers sous-types à un même groupement dont l’intitulé les qualifie tous.

En ce qui a trait à l’importance relative de l’espace explicite par rapport à l’espace implicite, nous remarquons des disparités non négligeables, les intérêts des répondants divergeant de façon notable. Quelques-uns portent essentiellement leur attention sur le contenu, sur la matière présentée; ils procèdent à une exploration systématique de l’espace de simulation et désirent accéder à chacun des cas de figure disponibles, afin de bien saisir les multiples relations qui existent au sein des éléments qui leur sont présentés. D’autres individus explorent l’environnement numérique de façon relativement plus superficielle et se limitent à des commentaires portant sur l’ergonomie de l’interface. D’autres encore s’intéressent au travail de programmation à la base du développement de l’environnement numérique et posent des questions concernant les modalités d’implémentation du système génératif.

Ceux qui procèdent à une exploration systématique de l’environnement répondent avec plus d’aisance au questionnaire qui leur est soumis à la fin de l’entrevue⁴⁴⁶. Cependant, il semble que même ces apprenants particulièrement ‘studieux’ éprouvent des

⁴⁴⁵ L’image dite ‘sensible’ permettrait l’affichage du nom des composantes, à mesure qu’on se déplace avec le curseur, sur l’image de synthèse représentant l’artéfact.

⁴⁴⁶ Voir annexe N.

difficultés à se représenter la séquence des innovations caractérisant le processus typologique. Lorsqu'il s'agit de situer l'introduction de nouvelles pièces dans la composition des charpentes, ils semblent avoir le vague souvenir d'avoir aperçu dans l'environnement un terme (écharpe, contrefiche, croix Saint-André, etc.), mais ne savent plus à quel endroit. Bien qu'ils naviguent avec aisance au sein de l'environnement, ils ont du mal à retracer avec précision le chemin parcouru. Ce deuxième cycle du processus de consultation soulève la question suivante : comment faire pour que l'utilisateur ait une image mentale plus claire de l'évolution temporelle des structures de charpente et de la séquence d'introduction des nouvelles pièces?

9.1.3 Troisième itération

Dans cette nouvelle version de l'environnement numérique, le modèle symbolique devient explicite; alors que précédemment, le processus typologique était représenté par une multiplicité de lignes de temps juxtaposées, l'accent est maintenant mis sur la présentation, de façon synthétique, des divers facteurs de classification identifiés par Hoffsummer. Nous effectuons cette modification dans le but de vérifier dans quelle mesure elle permettrait à l'utilisateur de mieux saisir l'interprétation proposée par l'historien⁴⁴⁷.

⁴⁴⁷ Une séquence animée donnant un aperçu des modalités d'exploration de ce troisième prototype d'environnement numérique est disponible à l'annexe T.

L'évolution de la charpente à chevrons formant fermes non-contreventées

Explorer le type 1 Charpente avec entrait à chaque ferme

pièces communes à tous les spécimens du sous-type				pièces différenciant les sous-types
Type 1.1	arbalétrier	entrait	faux-entrait	poteau
Type 1.2	arbalétrier	entrait	faux-entrait	poteau, poinçon

Explorer le type 2 Charpente avec alternance de fermes à entrait et de fermes à entrait retroussé

pièces communes à tous les spécimens du sous-type					pièces différenciant les sous-types
Type 2.1	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poteau
Type 2.2	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	potelet
Type 2.3	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	potelet, jambettes
Type 2.4	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poinçon, poteau, potelet
Type 2.5	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poinçon, contrefiches
Type 2.6	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poinçon, aisselier
Type 2.7	arbalétrier	entrait	faux-entrait	entrait-retroussé	poinçon, écharpe

Explorer le type 3 Charpente avec entrait retroussé à chaque ferme

pièces communes à tous les spécimens du sous-type			pièces différenciant les sous-types		
Type 3.1	arbalétrier	entrait-retroussé	croix Saint-André	jambette	potelet
Type 3.2	arbalétrier	entrait-retroussé	jambette		
Type 3.3	arbalétrier	entrait-retroussé	aisselier courbe	jambette	


2.7 Avec écharpes et poinçon :

La pression du vent et le poids de la couverture sont deux sources de poussées importantes sur les chevrons-arbalétriers. Bien que les étages de faux-entrails permettent de contrebalancer ces efforts, une autre solution est envisageable; elle consiste à ajouter des pièces obliques en forme de 'ciseau' à l'intérieur du réseau des fermes maîtresses et secondaires. Il s'agit de ce que l'on appelle des 'écharpes'.

1000 XIIIe siècle 1100 XIIe siècle 1200 XIIIe siècle 1300 XIVe siècle 1400

↑

Type 2.7. Spécimens de charpentes avec écharpe et poinçon



Exemple 1. Saint-Bris-le-Vineux (Yonne), église, fin XIIe ou début XIIIe siècle.

Afficher une représentation 3D en indiquant en **couleurs** l'élément suivant :

- aucun
- écharpes
- poinçons
- entrails

Figure 15. Première étude de cas, troisième itération: configuration de l'interface

Afin d'évaluer la pertinence de cette troisième version de l'environnement numérique, nous avons recours aux méthodes que nous désignons sous les noms d'approche active et de *co-discovery*. Cette dernière consiste à jumeler deux informants et à observer les interactions prenant place entre ces individus durant une démarche exploratoire effectuée de façon conjointe.

Nous cherchons à jauger l'intelligibilité de l'espace de simulation. Comme nous l'avons établi précédemment, cette évaluation est basée sur les habilités *métacognitives* dont l'informant fait preuve pour apprécier l'intérêt de la démarche ainsi que la résultante du processus exploratoire.

Maintenant que le modèle symbolique est explicite, on note une meilleure compréhension de la séquence selon laquelle de nouvelles pièces ont été introduites dans la composition des charpentes. Les répondants portent, dans l'ensemble, un jugement positif sur les connaissances que le processus exploratoire leur a permis d'acquérir. Ils sont en mesure de répondre de mémoire à environ la moitié des questions figurant sur le questionnaire qui leur est soumis au terme de l'entrevue. Lorsque la mémoire leur fait défaut, ils consultent l'environnement numérique et accèdent à l'information de façon relativement efficace. Le fait de présenter le modèle symbolique de façon explicite recèle néanmoins un inconvénient; certaines personnes considèrent que l'écran présente maintenant une surcharge d'informations textuelles⁴⁴⁸.

Nous avons pu constater que l'environnement numérique développé constitue un outil heuristique permettant à l'apprenant d'acquérir, dans une certaine mesure, une connaissance empirique. Bien que la démarche exploratoire lui permette de stimuler sa réflexion et d'orienter son questionnement, il appert cependant que nous aurions intérêt à miser davantage sur la multiplicité des chemins d'accès à la connaissance. Il serait en effet possible de baser les interactions non seulement sur la notion de type (comme nous l'avons fait), mais également sur la notion de pièces de charpente (Quelles sont-elles? À quel moment font-elles leur apparition? Quelle est leur fonction?), sur la notion d'époque (Pour un laps de temps donné, quels sont les types correspondants?) ou encore sur la notion de région (Quels types sont caractéristiques d'un secteur donné?). Ces différents modes d'interaction, basés sur la réciprocité modèle symbolique / système génératif, seraient autant de façons d'aborder la typologie qui pourraient avoir pour effet d'enrichir le plaisir de la découverte.

⁴⁴⁸ On propose ici de réduire la liste des mots clés et de présenter l'image d'un archétype pour chaque sous-type.

Au cours de ce troisième et dernier cycle du processus de consultation, nous avons également cherché à évaluer une éventuelle complémentarité entre l'espace de simulation et le matériel non numérique, c'est-à-dire la documentation. Nous avons proposé à l'utilisateur, qui explore l'environnement numérique, de se référer à la monographie traitant de cette typologie d'artefacts⁴⁴⁹ pour vérifier ou compléter certains aspects de sa compréhension. Nous avons observé la façon dont pouvait s'imbriquer l'utilisation de ces deux types d'outils (numérique et analogique) pour potentialiser le processus d'apprentissage. Nous avons constaté que certaines personnes consultent le livre seulement au terme du processus exploratoire tandis que d'autres le feuilletent en parallèle avec leur démarche d'exploration de l'environnement numérique. Alors que plusieurs expriment leur attachement à l'objet tangible que constitue le livre en tant que tel, d'autres répondants mettent en relief l'aspect rébarbatif de la monographie qui semble renfermer trop d'informations ainsi que des données trop détaillées, présentant ainsi au néophyte l'image d'un savoir inaccessible. L'outil numérique semble permettre un accès à l'information plus rapide et convivial. Pourtant, l'apprenant a tôt fait de faire la part des choses; l'environnement numérique qui lui est proposé ne lui donne accès qu'à une fraction des données colligées et du raisonnement déployé par Hoffsummer. Le livre, quant à lui, présente non seulement la typologie dans son ensemble, mais également une foule de précisions qu'on ne retrouve pas dans l'environnement. Ainsi l'outil numérique est considéré par certains comme un outil efficace permettant une première approche, tandis que la monographie offrirait la possibilité d'approfondir le sujet.

Certains répondants manifestent le désir de voir l'environnement disponible sur internet afin d'être en mesure d'y retourner suite à la séance d'utilisation. En ce sens, on peut en déduire que lorsque la matière couverte est particulièrement dense (comme c'est ici le cas), il ne suffit pas d'explorer un environnement numérique; il faudrait le fréquenter. La

répétition du processus exploratoire apparaît comme étant importante pour l'établissement de connexions durables.

Ce phénomène est également notable au sein de la démarche exploratoire elle-même. Il arrive que l'utilisateur pose, à plusieurs reprises, la même séquence d'actions. Lorsqu'interrogé à ce sujet, le répondant explique qu'il croit avoir oublié des parcelles d'information et cherche à vérifier ses doutes et hypothèses. Notre rôle d'observateur nous permet de constater que l'utilisateur démontre de la satisfaction lorsque ses suppositions correspondent à la réalité, signe que la trajectoire qu'il avait sélectionnée le conduit dans la direction qu'il avait anticipée. Le plaisir d'apprendre transparaît alors à travers certaines expressions faciales et exclamations. Ces séquences réitérées ont leur raison d'être dans le processus d'établissement de connexions entre les notions présentées; à la fin du processus exploratoire, l'utilisateur demande de moins en moins fréquemment l'affichage de représentations indiquant la position des pièces de charpente, signe qu'une image mentale de leurs configurations respectives se forme progressivement dans son esprit. On remarque en outre qu'il s'intéresse parfois de plus en plus aux notices explicatives, à mesure que progresse la démarche exploratoire. On peut donc supposer que, dans certains cas, le processus exploratoire réussit à susciter l'intérêt de l'individu pour le sujet à l'étude.

Certains répondants manifestent même le désir d'approfondir le sujet au-delà des notions qui leur sont présentées dans le cadre de l'environnement numérique; ils se questionnent à savoir ce que les concepteurs ont trouvé préférable comme solution entre différentes alternatives qui leur apparaissent de prime abord comme étant équivalentes, ils se demandent pourquoi un type a-t-il été abandonné au profit d'un autre, à quels endroits sont situés les cas de figure présentés⁴⁵⁰, quel aspect les spécimens présentés revêtent dans

⁴⁴⁹ Corvol, Hoffsummer et Mayer (2002)

⁴⁵⁰ Bien que le nom de la ville soit indiqué, le répondant ne sait pas toujours à quel endroit cette localité est située.

le monde réel, etc. Ce questionnement de la part de l'apprenant met en relief l'intérêt potentiel de proposer l'accès à des cartes géographiques permettant de situer les lieux où les charpentes ont été construites. Il semblerait également intéressant de présenter des photographies des bâtiments afin de permettre à l'utilisateur de visualiser l'aspect extérieur de la charpente et de son recouvrement (de même que l'aspect du bâtiment dans son ensemble) étant donné que la représentation numérique peut parfois apparaître comme étant trop épurée⁴⁵¹.

Or toutes ces informations supplémentaires n'intéressent pas nécessairement tous les apprenants au même degré. Dans ce contexte, il semblerait pertinent de développer des environnements numériques offrant l'accès à divers paliers selon les particularités de différentes clientèles visées, soit un palier pour le néophyte, un pour la personne déjà initiée au sujet et un pour le professionnel. Le premier palier constituerait un outil de vulgarisation permettant une initiation au sujet à l'étude et mettant l'accent sur l'aspect ludique de la démarche exploratoire. Le deuxième palier aurait pour mandat d'étoffer le bagage de connaissances de l'individu déjà partiellement informé. Quant au troisième palier, il pourrait être utile à la personne œuvrant dans le domaine du patrimoine bâti; il ferait office d'outil d'aide à la recherche, pour l'obtention d'informations spécifiques. Somme toute, il y aurait ici possibilité d'entreprendre un travail de longue haleine pour améliorer progressivement la flexibilité de l'outil en vue de l'adapter non seulement aux mécanismes cognitifs propres à différents individus, mais également en vue de le rendre conforme aux spécificités de différents groupes d'utilisateurs potentiels.

⁴⁵¹ Notons ici que certains répondants réclament un mode de représentation plus sophistiqué axé sur un plus haut niveau de réalisme (effet de perspective plutôt que présentation en axonométrie, ombrages, etc.).

9.2 Résultats de la deuxième étude de cas

Comme nous l'avons établi précédemment, la deuxième étude de cas est basée sur la formalisation des résultats provisoires obtenus par une équipe d'historiens, au cours du processus réflexif les amenant à proposer une interprétation à partir de l'étude d'un corpus de roses gothiques. Elle a un double objectif: d'une part, elle nous amène, ici encore, à progresser dans notre compréhension des façons dont l'exploration d'un espace de simulation peut contribuer au développement des habiletés cognitives de l'apprenant. D'autre part, elle nous permet d'évaluer dans quelle mesure il est possible d'adapter des environnements numériques à la mouvance de la connaissance modélisée par le chercheur. Cette expérimentation porte sur les possibilités de restituer certaines facettes d'un savoir-faire de façon intelligible. Dans ce cas-ci, nous procédons à un processus de consultation et à un processus de validation, dans le but de recueillir aussi bien les témoignages des apprenants que ceux des chercheurs.

9.2.1 Première itération

Comme nous l'avons indiqué à la section 6.3.3, les actions qui sont proposées dans le cadre de l'exploration de ce premier prototype d'environnement numérique sont les suivantes : la sélection de pictogrammes offrant d'une part l'accès aux étapes successives du processus de conception et permettant, d'autre part, l'obtention des représentations de divers cas de figure, sous différents formats.

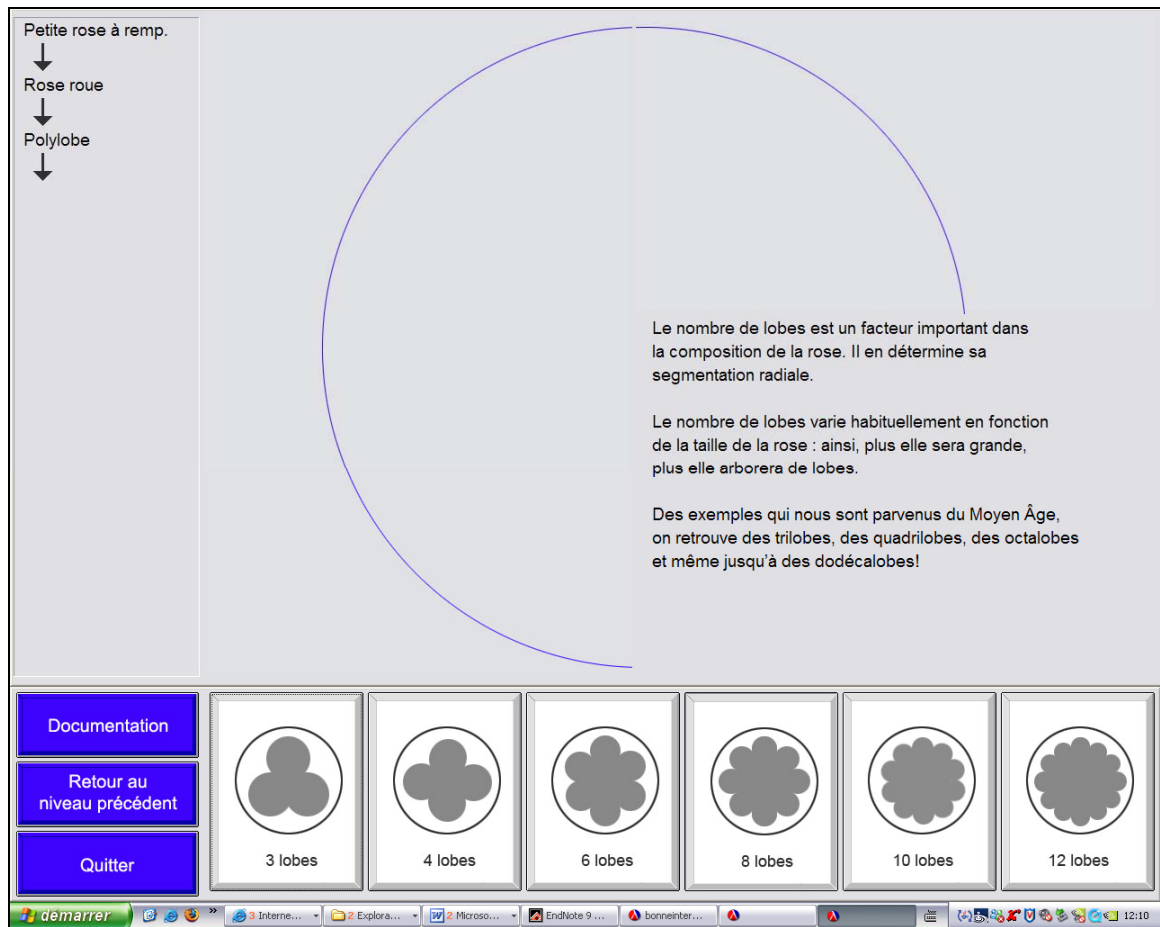


Figure 16. *Deuxième étude de cas, première itération: configuration de l'interface*

Afin d'évaluer la pertinence de cet environnement, nous avons recours aux tests d'utilisation, c'est-à-dire que, tout comme nous l'avons fait dans le cadre de la première étude de cas, nous observons les agissements et réactions de l'informant durant le processus exploratoire.

Suite aux séances d'utilisation, notre appréciation du premier critère d'évaluation, soit l'*utilisabilité* de l'environnement numérique, est globalement positive⁴⁵²; le déclenchement d'événements est conforme aux actions posées par l'utilisateur. En tant que développeur, le délai de réaction du système nous était apparu comme étant adéquat. Notons cependant que l'utilisateur, lui, réclame un affichage plus rapide, et ce, même si le gain de temps devait s'opérer au détriment de la dimension de l'image générée.

En ce qui a trait à la charge cognitive, il semblerait que l'apprenant ressente le besoin d'avoir accès à divers documents pour bien saisir la morphologie des cas de figure dont la représentation a été générée par des moyens informatiques; il apprécierait notamment de se voir offrir la possibilité d'accéder à des plans et coupes (sur lesquels seraient annotées les proportions), ainsi qu'à des photographies de cas concrets permettant de voir l'artefact intégré dans son environnement bâti.

Le principal problème qui a été décelé se situe au niveau de la représentation mentale que l'utilisateur se forme de la structure arborescente. L'interface avait été élaborée pour que l'utilisateur déduise par lui-même l'organisation du modèle symbolique; l'arborescence sur laquelle repose le système d'actions était implicite. Or, cette approche semble entraîner une surcharge cognitive. L'utilisateur ne donne pas l'impression d'avoir une idée claire de l'endroit où il se situe dans le réseau, de la direction dans laquelle il se déplace, ni de la position des ramifications déjà visitées. Il réproouve, en outre, le fait qu'on ignore a priori combien d'étapes devront être franchies avant d'arriver à l'extrémité d'une branche de l'arborescence (et incidemment à la représentation du cas de figure sollicité)⁴⁵³.

⁴⁵² Outre le fait que nous ayons pu déceler un problème mineur au niveau de l'enchaînement des étapes du processus de conception.

⁴⁵³ Un informant propose de modifier de façon interactive la couleur des nœuds de l'arborescence, afin d'indiquer à l'explorateur les ramifications déjà visitées. Un autre propose l'affichage d'une esquisse illustrant les changements apportés au concept à chacune des étapes du processus de conception.

Bien que les apprenants manifestent une certaine appréhension face à la taille que la structure arborescente pourrait potentiellement avoir, leurs commentaires indiquent la nécessité de la représenter graphiquement afin de la rendre explicite.

Les textes expliquant les spécificités de chacune des étapes du processus de conception n'interpellent pas tous les utilisateurs de façon uniforme; certains les lisent attentivement, d'autres les parcourent uniquement lorsque la signification des pictogrammes leur apparaît obscure, tandis que d'autres les ignorent totalement. Il en est de même pour la terminologie utilisée par les historiens; les apprenants n'étant pas nécessairement familiers avec cette dernière, certains d'entre eux ne tiennent pas compte des termes dont ils ne connaissent pas la signification, alors que d'autres verbalisent leurs interrogations⁴⁵⁴.

Le fait que l'historique du parcours, présenté sous forme d'une succession de mots-clés, ne soit pratiquement pas consulté est peut-être symptomatique des deux problèmes que nous venons de relever. D'une part, ces mots-clés, qui sont parfois des termes inusités, semblent demeurer obscurs pour l'utilisateur. D'autre part, leur succession sous forme d'une liste n'éveille pas chez l'apprenant l'idée d'un parcours au sein d'une arborescence.

Suite à ces considérations, nous nous proposons de développer une nouvelle version de l'environnement numérique qui sera implémentée de façon à pallier aux carences du premier prototype. Nous procéderons à une schématisation du réseau permettant à l'apprenant de se repérer, et de situer à quel endroit un cas de figure donné correspond dans la structure du système typologique. Nous représenterons graphiquement l'arborescence, en prenant soin d'indiquer à tout moment la position de l'utilisateur. La sélection d'un pictogramme représentant une décision entraînera une triple réaction : l'affichage d'une

⁴⁵⁴ Tout comme dans la première étude de cas, on propose l'ajout d'un glossaire ainsi que le recours à des images 'sensibles'.

esquisse en 2D représentant le niveau d'avancement dans l'élaboration du concept, le déplacement du curseur dans l'arborescence et l'apparition d'un texte extrêmement succinct décrivant la nouvelle étape.

De cette première itération du processus de consultation, découlent les questions suivantes : d'abord, est-ce que le fait de représenter graphiquement l'arborescence réduit la charge cognitive inhérente à l'exploration de l'environnement? Ensuite, est-ce que l'accès à des photographies de cas réels aide l'apprenant à mieux interpréter et comprendre les représentations générées par le système informatique? Et finalement, est-ce que l'affichage d'esquisses intermédiaires aide l'utilisateur à mieux saisir l'enchaînement des décisions, puisqu'une telle succession d'ébauches concorde avec sa propre expérience du processus de conception?

9.2.2 Deuxième itération

Dans le cadre de cette deuxième itération, nous avons recours à l'approche active, c'est-à-dire que nous interrogeons les informants durant la démarche exploratoire. En plus de développer des pistes de réponse aux questions soulevées précédemment, nous évaluons la navigabilité de l'espace de simulation, c'est-à-dire que nous cherchons à apprécier l'aisance avec laquelle l'utilisateur s'y déplace, de façon à la fois logique et intuitive.

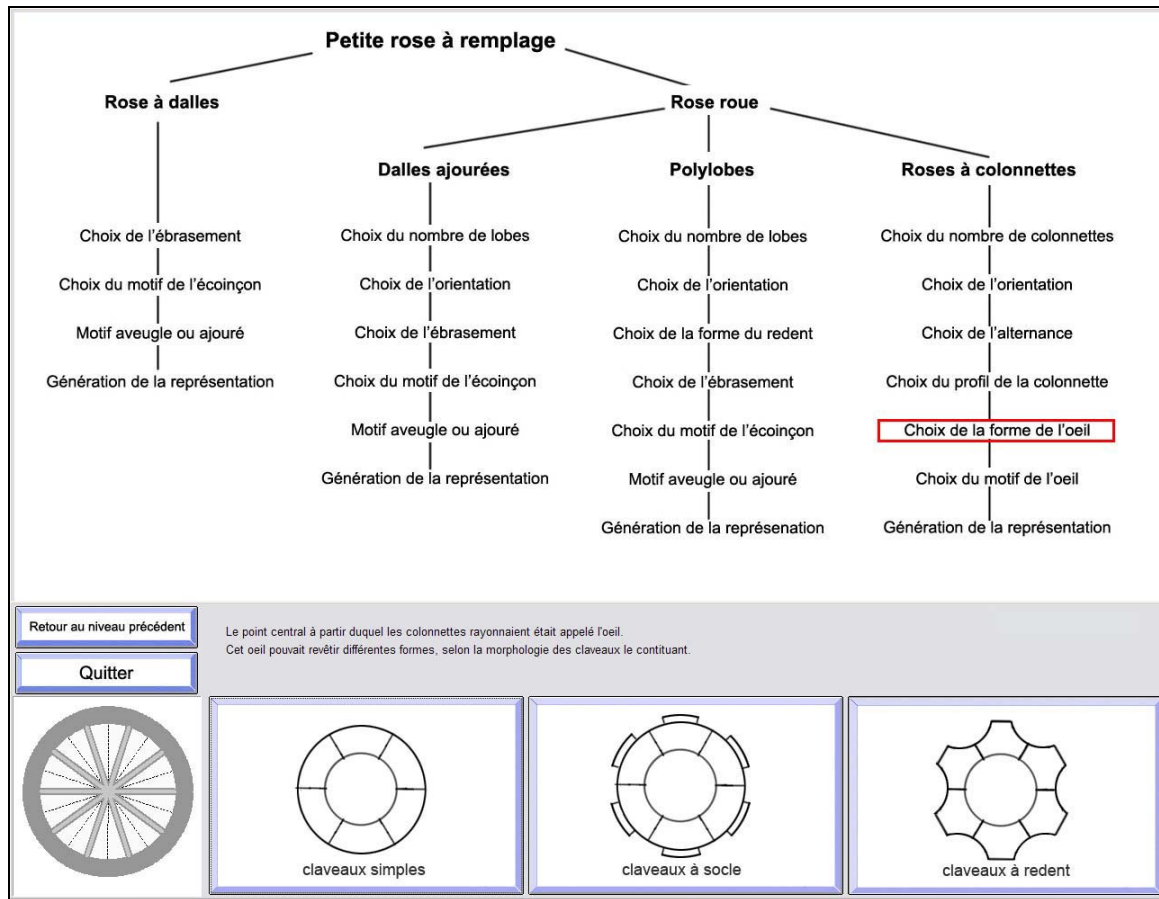


Figure 17. *Deuxième étude de cas, deuxième itération: configuration de l'interface*

Règle générale, une portion considérable de l'espace implicite est explorée par l'utilisateur. Ce dernier a recours, de façon extensive, au *backtracking*, c'est-à-dire qu'il effectue des retours vers des étapes ou choix antérieurs, dans le but de modifier des décisions prises antérieurement et d'explorer différentes ramifications de l'arborescence. Certains cherchent d'abord à avoir une vision d'ensemble de ce qu'il leur est possible d'explorer avant de commencer le processus à proprement parler, tandis que d'autres explorent une ramification à fond, voulant développer une connaissance approfondie du (ou des) type(s) les interpellant particulièrement. Il y a donc, ici encore, disparité au niveau des mécanismes cognitifs sollicités par l'individu.

Le fait d'avoir représenté graphiquement la structure du modèle symbolique semble enrichir la compréhension de l'utilisateur; non seulement sait-il exactement à quel endroit il se situe dans la structure arborescente, mais il sait à l'avance combien d'étapes il aura à franchir et combien d'alternatives lui seront proposées à chaque étape. Bien qu'il semble qu'une arborescence représentée de façon explicite réduise dans une certaine mesure la charge cognitive, certains utilisateurs réprouvent le fait qu'elle ne soit pas interactive. En effet, il s'agit là d'images 2D servant à la visualisation, et ne pouvant en aucune façon être activées.

Il semble cependant que l'interactivité complète de l'arborescence puisse potentiellement porter préjudice au processus cognitif puisqu'il s'agit ici de saisir des séquences de décisions s'enchaînant de façon rationnelle, et non de se déplacer de façon aléatoire au sein du réseau. Tout comme dans l'étude de cas précédente, il semble que certains répondants soient plus intéressés par les modalités d'interaction que par le contenu; l'explorateur exprime ici le désir d'être en mesure de 'se balader' plus librement. Or, étant donné que le mandat des environnements dont il est ici question est basé non pas sur le divertissement mais sur l'entendement, des modalités d'exploration relativement restrictives nous apparaissent comme étant nécessaires pour encadrer la démarche cognitive. Nous chercherons à vérifier dans quelle mesure il serait possible d'offrir un plus haut niveau d'interactivité, sans pour autant compromettre les chances de l'utilisateur d'élaborer une image mentale cohérente.

L'accès à des photographies contribue à la compréhension de l'apprenant, dans la mesure où l'on spécifie de façon non équivoque à quel(s) cas de figure chacune d'elles réfère et en autant que la position de l'artéfact soit clairement indiquée sur la photo⁴⁵⁵. La

⁴⁵⁵ Il s'agit ici de présenter l'ensemble de la façade en plaçant un cadre indiquant la position de l'artéfact dans la photo, ainsi qu'un agrandissement de la zone encadrée.

stratégie que nous avons adoptée consistait à offrir l'accès à des documents réunissant un éventail de spécimens appartenant à chacun des types. Cependant, le fait de présenter des collections de photographies semble parfois dérouter l'apprenant puisque ce dernier ne fait pas nécessairement le lien entre la séquence des choix qu'il vient de poser et les images présentées. Il apparaît qu'il serait peut-être préférable de présenter seulement le cas de figure en lien avec le questionnement topique de l'utilisateur, lorsque ce cas concret existe. Dans le cas contraire, seule la représentation numérique serait proposée afin que l'individu reste conscient de la correspondance existant entre la séquence de décisions et l'artéfact élaboré.

Aux dires des répondants, un environnement de ce type peut revêtir un certain intérêt même pour un individu ne désirant pas se familiariser avec la typologie développée par l'historien de l'architecture. Cet outil peut permettre l'exploration d'alternatives de design et, incidemment, une recherche formelle en vue d'élaborer une forme qui satisfasse visuellement l'individu. Pour de tels utilisateurs, les exemples de cas concrets importent peu; ils sont davantage intéressés par les configurations qu'ils ont eux-mêmes élaborées et par la possibilité de sauvegarder le fichier de la maquette, afin d'être éventuellement en mesure de le modifier à l'aide d'un logiciel de modélisation 3D et d'insérer l'entité élaborée dans une composition.

Bien que l'affichage d'esquisses semble dans certains cas aider l'utilisateur à saisir l'enchaînement des décisions, l'apport de cette nouvelle facette de l'environnement numérique est apparemment inégal : certains se réfèrent régulièrement aux esquisses, tandis que d'autres les négligent complètement. C'est le type d'utilisateur dont il a été question au paragraphe précédent qui se réfère le plus à ces esquisses, allant même parfois jusqu'à 'rebrousser chemin' lorsque la représentation 2D correspondant aux décisions posées ne lui plaît pas visuellement.

Nous avons en outre constaté que la configuration de l'interface semble entrer en contradiction avec l'expérience qu'a l'utilisateur des environnements numériques qu'il

fréquente habituellement (logiciel et site internet), la zone d'interaction étant habituellement située en haut de l'écran et / ou à gauche. Dans le cadre du prochain cycle de consultation, nous restructurerons l'interface de façon à mieux tenir compte des habitudes de l'utilisateur. Nous serons également amenés à rendre l'arborescence partiellement interactive, c'est-à-dire que la base de la structure arborescente sera constituée d'une image alors que les ramifications pourront être activées de façon interactive. De plus, nous procéderons à l'ajout d'un glossaire offrant l'accès aux définitions des termes utilisés par les historiens. Il s'agira d'évaluer dans quelle mesure une augmentation du niveau d'interactivité et la possibilité d'accéder à un glossaire contribue au développement des habiletés cognitives de l'utilisateur.

9.2.3 Troisième itération

Dans le cadre de cette troisième et dernière itération, pour colliger les données empiriques, nous avons recours à deux méthodes, soit au *co-discovery* et à l'approche active. Nous cherchons ici à évaluer l'intelligibilité de l'espace de simulation: dans quelle mesure les actions de l'utilisateur permettent-elles de stimuler sa réflexion et d'orienter (ou réorienter) son questionnement? Dans quelle mesure l'environnement numérique constitue-t-il un outil heuristique permettant à l'apprenant d'acquérir une connaissance empirique?⁴⁵⁶

⁴⁵⁶ Une séquence animée donnant un aperçu des modalités d'exploration de ce troisième prototype d'environnement numérique est disponible à l'annexe T.

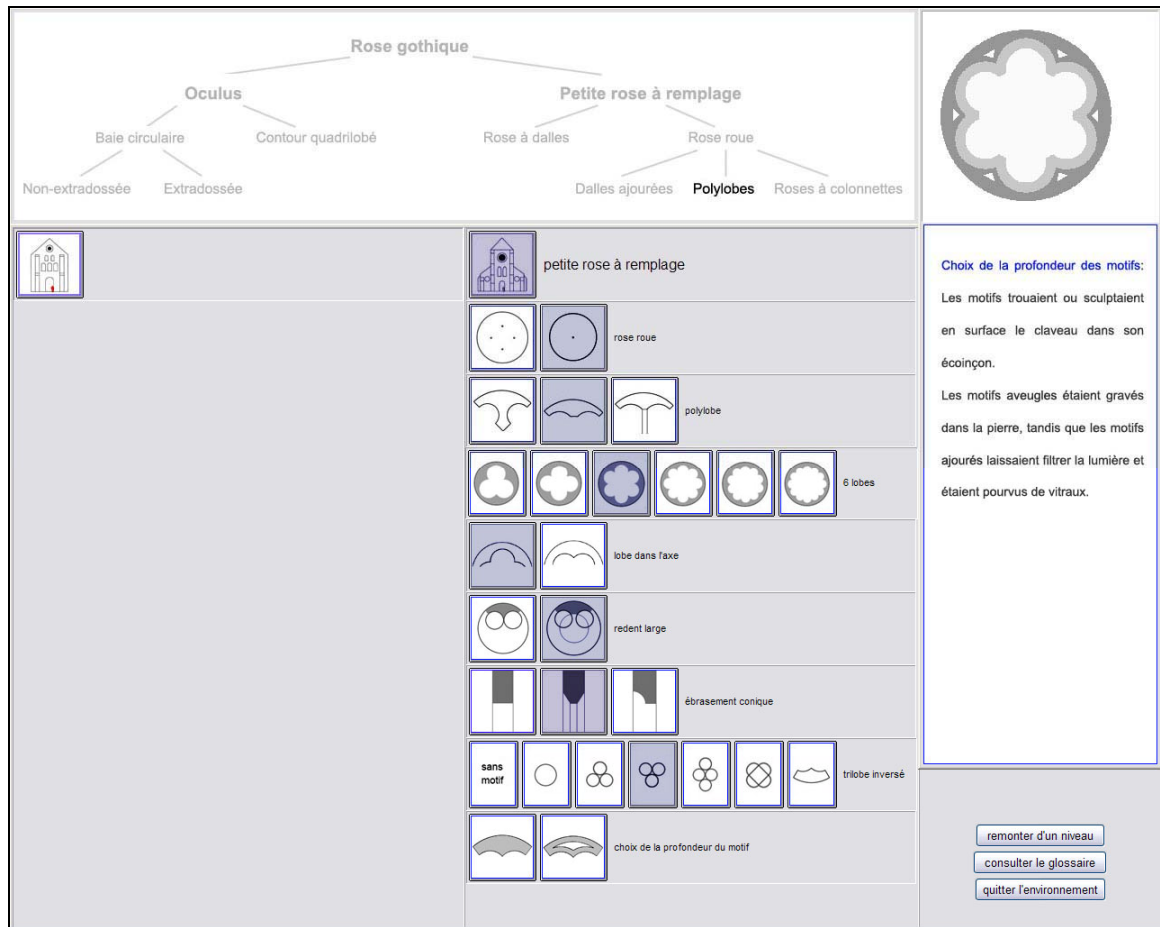


Figure 18. *Deuxième étude de cas, troisième itération: configuration de l'interface*

Nous notons une certaine amélioration de la capacité d'orientation au sein de l'arborescence lorsque celle-ci est semi-interactive⁴⁵⁷. Ce type d'interface met en relief le fait que les décisions les plus cruciales se prennent au début du processus d'élaboration de l'artéfact; par la suite, il est possible de modifier certaines caractéristiques selon une

⁴⁵⁷ Précisons que nous avons eu recours à un code de couleurs avec lequel sont familiers les utilisateurs : les mots écrits en noir mettent l'accent sur ce qui est activé, tandis que le gris symbolise ce qui est temporairement non accessible.

séquence relativement aléatoire. Dans ce contexte, l'utilisateur aimerait avoir la possibilité de revenir à n'importe quelle étape du processus et d'effacer toutes les décisions subséquentes, d'un seul coup, sans avoir à faire tout le chemin à rebours. Avec cette nouvelle variante de l'interface, un glissement s'opère vers l'objet paramétrique, ou plutôt vers un ensemble d'objets paramétriques qui seraient reliés entre eux par la logique du processus de conception impliquant de multiples séquences de décisions.

Les repères dont dispose l'utilisateur apparaissent comme étant relativement adéquats pour l'aider à baliser sa trajectoire. Bien que les représentations soient parfois qualifiées de 'très éclairantes' par les utilisateurs, les pictogrammes illustrant les diverses alternatives ne semblent pas toujours adéquats. En raison de leur petite taille, ils sont parfois schématisés de façon excessive, faisant en sorte que l'utilisateur n'a pas une idée claire des alternatives s'offrant à lui à un moment donné de la trajectoire⁴⁵⁸.

Afin d'évaluer dans quelle mesure l'espace de simulation est intelligible et si l'utilisateur (ou l'équipe d'utilisateurs) comprend la logique de composition sur laquelle reposaient certaines facettes du savoir-faire du concepteur médiéval, nous procédons à un exercice : nous présentons à l'apprenant une photographie d'un spécimen concret et nous lui demandons de retracer, dans l'arborescence, la séquence des décisions ayant conduites à ce cas de figure. Non seulement la majorité des répondants s'en tirent-ils assez bien, mais l'exercice apparaît comme étant extrêmement stimulant pour l'apprenant. Celui-ci apparaît motivé par ce nouveau défi et, par la suite, déclare mieux comprendre l'importance de chaque décision impliquée dans le processus.

Les chercheurs en patrimoine avec lesquels nous avons travaillé dans le cadre de cette étude ont navigué au sein de la structure arborescente avec un intérêt, voire un plaisir,

⁴⁵⁸ Notons ici la difficulté à illustrer des notions telles que la profondeur du motif (aveugle ou ajouré) ou l'ébrasement (qui ne peut être illustré qu'en coupe).

évident. Ces expériences ont donné lieu à des discussions extrêmement fécondes tant au niveau de l'interprétation du corpus qu'au niveau de la transposition de cette interprétation dans l'environnement numérique. Nous avons été en mesure d'adapter périodiquement ce dernier aux différents changements qui sont apparus pertinents au fil de la démarche (évolution de la composition du corpus, évolution des regroupements au sein de ce corpus et modification des facteurs de classification pris en considération). Malgré une appréciation globalement positive de la part des chercheurs en patrimoine, un aspect demeure néanmoins insatisfaisant; face aux représentations numériques, les historiens ont noté une disparité entre le système de proportions de l'artisan et ce qui est généré par les algorithmes, notamment au niveau de l'ornementation et des proportions entre le rayon de la rose et l'épaisseur de la dalle. La collaboration historien / développeur informatique pourrait encore davantage porter fruit; il y aurait ici tout un travail à faire en vue de tendre vers l'adéquation entre les solutions algorithmiques et les systèmes de proportions inhérents à la production artisanale à l'étude.

Quant à la méthode du *co-discovery*, soulignons qu'elle a donné lieu à des échanges intéressants. Au sein de la relation qu'entretiennent les deux répondants, les rôles d'enseignant et d'apprenant en viennent à être interchangeable, selon l'ampleur respective du vocabulaire dans le domaine du patrimoine bâti, et du niveau de *computer literacy* des individus. Les déplacements s'effectuent plus lentement qu'en 'solo', en raison de disparités dans le temps imparti à la lecture des textes et à la manipulation des maquettes 3D. Cette lenteur n'est cependant pas préjudiciable en soi; elle semble au contraire favoriser l'établissement de connexions significatives entre les informations présentées.

Dans l'ensemble, les utilisateurs se disent étonnés de constater la 'complexité' du processus conduisant à élaborer diverses formules de rose et qualifient de 'dense' le processus exploratoire. Ils sont étonnés de constater la multiplicité des variables à manipuler pour arriver à bien saisir la morphologie des différents types de rose; ils ne s'attendaient pas à une telle richesse géométrique, ni à un vocabulaire aussi spécialisé.

Dans l'ensemble, l'environnement numérique, malgré ses limitations, a été perçu comme un outil efficace. Aux dires des répondants, il permettrait d'y voir plus clair, et ce, tant au niveau de l'organisation de la typologie qu'au niveau de la configuration géométrique des spécimens. On considère ici que l'environnement numérique permet de se familiariser avec une collection d'artéfacts sous une nouvelle optique, puisqu'il est possible d'avoir un aperçu de la multiplicité des séquences de décisions impliquées, ce que l'image seule ne livre pas.

Au terme de cette troisième itération, nous interrompons nos expérimentations; bien que nous puissions théoriquement poursuivre notre démarche et aborder d'autres facettes du problème, nous avons le sentiment d'avoir atteint un palier que Strauss et Corbin (1990) nomment le 'point de saturation théorique'. Il nous apparaît que le *canevas investigatif* est suffisamment étoffé pour dégager une cohérence au sein de l'hétérogénéité des témoignages. Nos observations, et l'interprétation que nous en avons faite, peuvent maintenant être articulées; nous en faisons une synthèse qui est présentée au prochain chapitre.

Avant de passer à l'étape suivante, il est toutefois essentiel de souligner deux aspects qui constituent, à notre sens, les principales limites de la recherche: D'une part, nous ne disposons pas des ressources nécessaires⁴⁵⁹ pour implémenter chacune des suggestions formulées par les informants en vue de bonifier et optimiser les environnements numériques. En conséquence, nous avons dû ignorer quelques-unes d'entre elles, bien qu'elles constituent peut-être des axes de développement qui auraient pu contribuer à éclairer de façon significative notre réflexion.

⁴⁵⁹ Au niveau des connaissances techniques dans le domaine de la programmation informatique.

D'autre part, dans chaque étude de cas, notre travail était basé sur une portion des typologies, et non pas sur le système typologique dans son ensemble⁴⁶⁰. En ce sens, il nous est impossible de tirer des conclusions probantes sur l'aptitude de l'apprenant à appréhender l'entièreté du raisonnement de l'historien. Si nous avons été en mesure de mener nos études de cas sans procéder à une segmentation de la typologie, il aurait été intéressant d'observer les corrélations existant entre le nombre de filons typologiques d'une part, et les acquis sur le plan cognitif d'autre part. Étant donné que la formalisation des systèmes typologiques a été abordée de façon incrémentale, il aurait été pertinent de vérifier à partir de quelle taille du corpus l'apprenant se voit submergé par la quantité des cas de figure qui lui sont présentés. Cette facette de notre questionnement, en raison des ressources qui seraient nécessairement impliquées pour l'explorer (ressources humaines, temps, compétences techniques), pourrait à elle seule faire l'objet d'un projet de recherche.

⁴⁶⁰ Les corpus étudiés par les *typologues* sont, dans chacune des études de cas, constitués de plusieurs centaines de spécimens.

CINQUIÈME PARTIE : RÉFLEXIONS ET QUESTIONNEMENTS

10. Discussion sur les résultats

10.1 Potentiel et limites de la modélisation

Il est indéniable que le recours au modèle symbolique est fondamental durant les processus de construction et de reconstruction de la connaissance. Le potentiel de la modélisation se situe bien évidemment au niveau de sa capacité à formaliser la connaissance. Mais, nous l'avons vu, le modèle n'est pas uniquement un mode de diffusion; il contribue en outre à l'élaboration de savoirs nouveaux. C'est ce que nous avons pu constater de source directe, lorsque nous avons assisté aux rencontres de travail de l'équipe d'historiens.

Or, il appert que les technologies numériques offrent la possibilité d'élargir davantage la portée de cet outil de connaissance. Les vertus interactives que l'on peut maintenant lui insuffler permettent d'en décupler la potentialité; le modèle devient alors un schéma apte à enrichir la compréhension de l'apprenant par le biais d'une dialectique action / réaction⁴⁶¹.

Il faut néanmoins demeurer conscient du fait qu'il existe certaines limitations inhérentes au processus de modélisation et à l'utilisation que nous faisons du modèle. Ces déficiences seraient, d'après Walliser (1977), l'incomplétude et l'imperfection. En effet, tout modèle est incomplet dans la mesure où la modélisation privilégie certaines propriétés du système et en néglige d'autres. Par exemple, dans les études de cas que nous avons menées, lorsque l'historien de l'architecture œuvre à élaborer une typologie, il y a impossibilité de prendre en considération la totalité des cas de figure. On l'a vu: le corpus

⁴⁶¹ Notons cependant que la démarche se trouve enrichie pour peu que l'individu saisisse la signification des symboles qui constituent le modèle et les corrélations entre l'action posée et l'événement résultant.

ne représente qu'une portion du réel, qu'une sélection effectuée parmi les artefacts existants (ou ayant existé) et appartenant à la famille d'éléments architecturaux à l'étude. Indéniablement, on ne peut espérer répertorier de façon exhaustive la totalité des cas de figure. La sélection des éléments du corpus à laquelle procède le chercheur fait partie intégrante de son interprétation de la réalité bâtie.

En outre, au moment de sélectionner les facteurs de classification, certains aspects sont délibérément écartés du champ d'étude de l'historien. Dans les deux études de cas que nous avons réalisées, les attributs intrinsèques portent exclusivement sur la morphologie des artefacts, c'est-à-dire l'aspect extérieur tel qu'il se présente à l'observateur. Dans les typologies, l'analyse des spécimens ne tient pas (ou peu) compte des aspects suivants :

- nature et complémentarité des matériaux utilisés⁴⁶²,
- forces physiques (interaction entre les éléments en tension et ceux en compression),
- modes d'assemblage des composantes, etc.

Dans toute démarche cognitive – comme dans la vie d'ailleurs – nous sommes aveugles à ce que nous choisissons d'ignorer⁴⁶³. Cette notion d'incomplétude rejoint la thèse de Winograd et Flores (1989) selon laquelle notre vision serait limitée à ce que nous choisissons d'observer (état de fait que les chercheurs appellent le *phénomène de cécité*). Or, il ne s'agit pas là d'une imperfection qui nuit à la réflexion du sujet cogitant; au contraire elle serait nécessaire et inévitable. La pensée réflexive serait en fait impossible sans l'espèce d'abstraction qui produit la cécité.

Le modèle est définitivement contraint à fonctionner dans le monde déterminé par l'articulation explicite que fait le *modélisateur* entre les objets sélectionnés, les propriétés

⁴⁶² Exception faite de l'étude *dendrochronologique* menée par Hoffsummer.

⁴⁶³ C'est souvent à ce prix que nous sommes aptes à aborder la complexité comme le constate Bar-Yam (1997).

qu'il leur reconnaît et les interrelations qu'il établit. Dans le cadre de nos études de cas, les chercheurs sont 'aveugles' à tout élément extérieur aux corpus ainsi qu'à divers aspects qui pourraient caractériser les éléments⁴⁶⁴. Bien que cette cécité ne constitue pas en soi une lacune dans leur démarche, il lui faut néanmoins demeurer conscient de cette incomplétude. La façon dont il est 'aveugle', et conséquemment ce qu'il choisit de ne pas 'voir', sont des choix que le *modélisateur* se doit d'assumer.

Nous en avons déjà convenu : pour des raisons d'ordre technique, dans le cadre de nos études de cas, la typologie élaborée par le chercheur a été volontairement amputée par le développeur. Dans l'environnement numérique, seul un segment en est représenté. Il ne s'agit donc que d'une portion d'un modèle qui par ailleurs était nécessairement incomplet. Force est d'admettre que c'est au prix de cette double réduction que la démarche d'apprentissage s'effectue.

L'apprenant, dans la mesure où il s'agit d'un néophyte⁴⁶⁵, ne réagit ni positivement ni négativement face à cette incomplétude; il n'est pas familier avec les aspects qui ne sont pas pris en considération, pas plus qu'il n'est conscient de l'existence des spécimens que l'historien a choisi d'ignorer. Lorsque la diffusion de la connaissance se fait par le biais du recours à des moyens informatiques, le développeur doit s'assurer que l'environnement numérique ne vend pas l'illusion de la complétude, mais qu'il transmet au contraire à l'utilisateur l'idée de cette réduction volontaire.

La deuxième limitation inhérente à la modélisation serait, selon Walliser (1977), l'imperfection. Une typologie, en tant que modèle conceptuel, n'est jamais parfaitement représentative d'une production artisanale. Elle n'est jamais parfaitement adaptée aux mécanismes cognitifs de l'apprenant, non plus. Lorsque le système typologique est

⁴⁶⁴ Forces physiques, modes d'assemblages, complémentarité des matériaux, etc.

⁴⁶⁵ Comme c'était le cas de la majorité des *informants* qui ont participé à nos études de cas.

constitué de trop de types, il est difficilement appréhensible par l'esprit humain. Lorsqu'il est constitué de trop peu de types, il constitue au contraire une simplification abusive. La démarche typologique, et incidemment le modèle qui en résulte, sont soumis à un mouvement oscillatoire entre ces deux extrêmes, à un va-et-vient entre simplification et complication. Il s'agit théoriquement pour l'historien de découvrir où se situe le meilleur compromis possible entre une structure trop restreinte qui rendrait le modèle sans intérêt et une structure trop vaste dans lequel la multiplicité des ramifications de l'arborescence ou des filons typologiques dérouterait l'apprenant. Il est toutefois permis de considérer que jamais le *modélisateur* n'arrivera à trouver un juste milieu qui satisfasse l'ensemble de ses interlocuteurs, puisque des facteurs idiosyncrasiques interviennent nécessairement dans la façon qu'a l'individu de reconstruire la connaissance.

En somme, il est essentiel que le chercheur, le développeur et l'apprenant demeurent tous trois conscients des limitations inhérentes à la modélisation, soit l'incomplétude et l'imperfection du modèle. Il s'agit ici de lucidité, de circonspection, à ne pas confondre avec le scepticisme conduisant au désengagement. En effet, ces aspects limitatifs ne portent préjudice à l'expérience cognitive d'aucun des trois intervenants cités ci-dessus. On aurait donc tort de sous-estimer la fécondité de démarches visant à construire et à appréhender des savoirs fragmentaires et imparfaits.

10.2 Potentiel et limites de la simulation

Dans le cadre de nos études de cas, le potentiel de la simulation est apparu à trois niveaux distincts: d'une part, la simulation, comme nous l'avons vu à la section précédente, offre à l'apprenant la possibilité d'appréhender un modèle donné par le biais d'un processus interactif. L'utilisateur a le loisir d'interroger le modèle afin d'obtenir un feed-back sous forme visuelle (ou autre); la simulation lui permet de tester le modèle, de l'expérimenter, de l'éprouver (Quéau, 1986).

D'autre part, en raison de la puissance de calcul de l'ordinateur, et de son aptitude à résoudre de façon rapide et efficace les problèmes géométriques reliés à la configuration d'une entité, la simulation offre l'accès à une diversité de modes de représentation de l'artefact. Elle rend possible la multiplicité et éventuellement la complémentarité entre l'image de synthèse, le modèle 3D, le prototypage rapide, etc. Il appert que cette complémentarité serait apte à enrichir la compréhension de l'apprenant. En effet, les diverses formes perceptives, étant donné qu'elles s'adressent à plusieurs sens, permettent de faire entrer en jeu une diversité de mécanismes cognitifs.

« De nombreux spécialistes croient [...] que la compréhension s'appuie sur une concrétisation (par l'imagination ou sur un écran de l'ordinateur). Selon ce point de vue, rendre quelque chose compréhensible, ou *sensé*, signifie littéralement lui donner une forme expérimentale à travers les *sens* et, pour cette tâche, l'ordinateur est plus puissant que l'imagination humaine. » (Waterworth, 2002, p.122)

Dans le cas qui nous occupe, les sens, par le biais desquels l'apprenant peut appréhender les représentations de l'entité, sont principalement la vision et le toucher. Tout au long d'une démarche exploratoire, l'individu n'a pas à imaginer la configuration des artefacts uniquement sur la base de la description qui en est faite, il peut en visualiser et en manipuler une représentation. Ainsi, la simulation permet d'aller au-delà de la description des types, elle permet de les exemplifier, ce qui constitue un avantage de tout premier plan par rapport à la monographie.

Chacun des trois types de représentation auxquels nous avons fait allusion précédemment stimule l'intellect de l'observateur d'une façon spécifique. La représentation 2D (ici l'image de synthèse) permet une appréciation visuelle de la morphologie de l'artefact sous un angle donné. Il s'agit cependant d'une appréciation passive; la seule manipulation possible consiste à procéder à l'impression sur papier et éventuellement à la juxtaposition de divers cas de figure dans le but d'en mieux saisir les corrélations.

La représentation 3D, quant à elle, admet la multiplicité des points de vue de l'observateur. Elle offre la possibilité de visualiser l'ensemble de l'objet et/ou d'observer le détail fin, selon la convenance de l'individu. Il est en outre possible de manipuler l'entité dans un environnement virtuel, de la sectionner, de s'en approcher, etc. Comme le constate Kalay (2004), par rapport à la représentation 2D, elle est davantage performante pour rendre compte de la configuration d'un objet architectural dont la morphologie est compliquée⁴⁶⁶. Le fait de se référer à des vues en plan, en coupe et en élévation et de combiner ces informations pour arriver à développer une image mentale de la configuration d'une entité tridimensionnelle implique un processus cognitif fort complexe. La maquette numérique constitue une façon beaucoup plus aisée pour l'apprenant d'appréhender l'entité. Il s'agit là d'un avantage décisif puisque moins le bagage de connaissances de l'individu est étoffé dans le domaine à l'étude, plus la convivialité de la représentation fera une différence dans la signification qu'il arrivera à reconstruire (Salomon, 1997).

Le prototypage rapide, quant à lui, permet d'ajouter un deuxième sens à l'expérience sensorielle de l'individu; ce dernier est en mesure d'appréhender l'entité à la fois par le biais de la vue et du toucher. Puisqu'on peut 'démanteler' le prototype, il y a possibilité d'expérimenter la logique d'assemblage⁴⁶⁷. Les prototypes générés par le système constituent en outre des traces tangibles de la démarche cognitive de l'apprenant. Tout comme dans le cas de la génération d'images de synthèse, le prototypage permet une

⁴⁶⁶ Dans le cadre de nos études de cas, au sein de notre échantillonnage d'utilisateurs potentiels, une grande majorité des individus a apprécié le recours à la maquette numérique. Un seul répondant a remis en question la pertinence des modèles 3D.

⁴⁶⁷ Et ce, bien que les pièces produites par *stéréolithographie* ne possèdent ni la densité, ni la texture du matériau original. Par exemple, il est possible pour l'apprenant de générer les prototypes de tous les claveaux d'une rose et de chercher à développer des stratégies pour les assembler. Bien que l'individu n'ait pas accès au savoir-faire de l'artisan à proprement parler, il peut néanmoins enrichir sa compréhension des spécificités de l'artéfact.

juxtaposition des maquettes afin de mieux saisir les différences et les corrélations existant entre les cas de figure.

Lorsque confrontés au réel, on constate une disparité au niveau de l'efficacité de ces divers modes de représentation. Dans les deux premiers cas (soit le calcul de l'image de synthèse et de la maquette virtuelle), suite à l'action de l'utilisateur, il y a rapidité de réaction de la part du système génératif. La représentation du cas de figure sollicité apparaît à l'écran en quelques secondes. Tel n'est pas le cas lorsqu'il s'agit de prototypage rapide; le laps de temps requis pour générer le prototype est considérable⁴⁶⁸. Cet état de fait implique que, lorsque l'on désire mettre l'accent sur une conversation réflexive, les deux premiers modes de représentation sont plus probants, le délai action/réaction revêtant une importance cruciale. L'immédiateté est donc un avantage décisif en faveur de l'image de synthèse et de la maquette numérique; face à la lenteur du processus pour le prototypage, on constate que l'image et la maquette sont les modes de représentation les plus appréciés. Le prototypage, étant donné qu'il peut difficilement être inséré au sein de la conversation réflexive, pourra être proposé à l'apprenant au terme d'une démarche exploratoire afin de lui permettre de conserver une trace tangible du (ou des) cas de figure sur lesquels porte son intérêt de façon spécifique.

Revenons maintenant aux avantages inhérents au recours à la simulation. Le troisième aspect positif que nous avons pu apprécier est l'interpolation. Comme on le sait, interpoler consiste à intercaler des termes intermédiaires dans une série de termes connus. Si l'on transpose cette notion au domaine des typologies d'artéfacts architecturaux, il s'agit de visualiser les éléments dont la position, au sein du système, se trouverait en quelque sorte entre les éléments concrets appartenant au corpus. Étant donné que la résolution de

⁴⁶⁸ Les prototypes dont les photos apparaissent à l'annexe M ont nécessité une douzaine d'heures de temps machine.

problèmes géométriques par le biais d'algorithmes implique que tous les scénarios possibles soient prévus, il y a possibilité de générer les représentations couvrant l'ensemble des cas de figure pouvant théoriquement appartenir à une typologie donnée⁴⁶⁹. L'utilisateur a accès aussi bien aux entités faisant partie du corpus à l'étude, qu'aux configurations pour lesquelles il n'existe pas d'exemples concrets⁴⁷⁰. Dès lors, il est loisible d'explorer les 'interstices' du corpus, puisqu'il est possible de générer de nouvelles configurations en combinant différemment les arguments donnés à certains facteurs de classification (les attributs intrinsèques). Ainsi, le recours à l'outil informatique permet l'exhaustivité de la représentation, ce qui apparaît comme un aspect extrêmement riche de potentialité.

Par contre, le recours à la simulation a un aspect limitatif puisqu'il implique certains écueils. Le premier désavantage est la contingence du résidu cognitif. La connaissance humaine commence par s'enraciner dans des actions pratiques en relation avec le phénomène à l'étude et, dans la mesure où elle arrive à dépasser ce stade, elle évolue vers l'abstraction et conséquemment vers la compréhension. Or, selon Linard (2001), bien que dans un premier temps les représentations aident l'apprenant à raisonner, la prégnance des formes perceptives est telle qu'elle en arrive à avoir un effet pervers; elle empêche parfois l'individu de changer de perspective et de les dépasser pour généraliser, le processus d'abstraction s'arrêtant ainsi à mi-chemin entre empirique et conceptuel. Bien que l'exploration d'un espace de simulation puisse contribuer à l'*enseignabilité* des typologies, il arrive parfois, comme nous avons pu le constater, que l'apprenant perçoive les représentations mais sans arriver à saisir l'essence du raisonnement déployé par le

⁴⁶⁹ La multiplicité des cas de figure pouvant être interpolés est illustrée à l'annexe Q.

⁴⁷⁰ Notons toutefois que cet avantage n'apparaît que lorsque l'on élabore un système basé sur la logique de composition, comme dans la seconde étude de cas. Dans le cadre de cette dernière, le système génératif était apte à générer quelques 1804 configurations distinctes.

typologue. La multiplicité des cas de figure demeure alors dans l'esprit de l'individu une collection d'images ne formant pas un système articulé.

Le deuxième désavantage est l'imperfection de la représentation, du fait de sa simplification. Les façons de consigner, gérer et transmettre l'information, propres au support informatique, sont totalement étrangères à la manière dont on pouvait rendre compte de techniques de construction ou de processus de conception au moment où les artefacts patrimoniaux, dont nous traitons, ont été réalisés. Les textes produits par les générateurs de codes ne peuvent en aucun cas être considérés comme une façon de rendre compte de la séquence des gestes posés par l'artisan. Pour être en mesure de produire une représentation d'un cas de figure donné, le système génère le code de description de la morphologie de l'entité selon une séquence d'actions interprétable par l'ordinateur. Ces actions ne sont pas consignées en termes de 'tailler', 'équarrir', 'trouer', 'assembler' (etc.), mais plutôt en termes d'opérations (booléennes et de transformation) qui permettent à l'ordinateur de calculer la géométrie du volume à représenter. Il existe donc une dichotomie patente entre la logique de composition et la logique de génération des représentations⁴⁷¹.

Il est clair que des opérations telles que l'intersection de volumes ou l'extrusion d'une surface planaire n'ont pas leurs pendants dans le monde réel; elles n'ont de validité que dans un mode virtuel. Ainsi, la représentation est constituée à partir de primitives

⁴⁷¹ Bien évidemment, l'utilisateur de l'environnement n'est pas conscient de la séquence de directives données au système informatique pour la génération de la volumétrie de l'entité virtuelle. Il n'est en contact qu'avec la représentation de l'objet; il ne perçoit que la résultante. Il serait absurde de remettre en question la validité d'un tel système génératif pour la seule raison qu'il repose partiellement sur un ensemble d'opérations n'ayant pas leur pendant dans le monde réel (changements d'échelles, extrusion de surfaces planaires, intersections de volumes, etc.). Cette position serait comparable à la posture consistant à arguer qu'un texte saisi à l'ordinateur ne peut transmettre une idée puisqu'il ne s'agit, dans la mémoire de l'ordinateur, que d'une suite de 0 et de 1 impossible à interpréter par l'humain.

géométriques ‘parfaites’. Lorsque l’on a recours à l’algorithme écrit en langage de programmation informatique, et par extension à ces formes géométriques idéalisées, il est impossible de représenter l’artefact tel qu’il nous apparaît dans sa matérialité, avec toutes ses aspérités, ses déformations (dus aux forces de la mécanique statique) et ses imperfections (dus aux sévices du temps). Dans la représentation, toute anomalie est supprimée; l’image ‘vraie’ symboliquement est donc dissociée de la réalité. En somme, le recours à des moyens informatiques, pour générer les représentations, a pour effet de simplifier la morphologie de l’entité et de la dépouiller de toute ‘imperfection’.

La traduction en langage informatique n’est toutefois pas le seul agent simplificateur. Il y a en outre une simplification de la forme qui est opérée par l’historien. En effet, la représentation illustre la morphologie de l’artefact telle que comprise (ou interprétée) par le chercheur en patrimoine⁴⁷². Dans toute représentation, la question du niveau de détail se pose; on ne doit pas chercher à tout représenter mais plutôt savoir quoi montrer (Golvin, 1998). Ainsi, il est nécessaire d’identifier les éléments qui seront considérés comme significatifs. L’historien est appelé à départager les aspects apparaissant comme superfétatoires, des caractéristiques apparaissant comme essentielles; conformément à la perception du chercheur, les premiers seront schématisés, tandis que les secondes seront accentuées dans le processus de représentation.

Non seulement y a-t-il simplification de la part du développeur qui conçoit le code de programmation et de la part du chercheur qui interprète les artefacts, mais l’apprenant opère lui aussi une réduction.

⁴⁷² Notons ici l’importance de l’analyse géométrique qui est faite des artefacts. La collaboration entre l’historien et le développeur pour identifier et traduire les systèmes de proportion inhérents à une production artisanale demande un travail minutieux.

« Un processus de simplification [...] est indispensable pour passer de la configuration perceptive à l'image cognitive. [...] Les sujets connaissant prélèvent un nombre limité d'indices significatifs dans une configuration perceptive pour établir un schéma simplifié qui est posé comme équivalent de la configuration. » (Tabary, 1991, p.65)

Ainsi, une image efficace ne doit pas représenter la réalité de façon exhaustive. Au contraire, plus le message visuel est concis et pertinent, mieux la représentation remplira son mandat. Celui-ci est de contribuer de façon ponctuelle à l'établissement d'un réseau liant entre elles des images comparables, puisque ayant subi le même processus simplificateur. Lévy (1990) nous rappelle que la connaissance par simulation n'a de validité que dans un cadre épistémologique relativiste. De fait, l'apprenant semble peu enclin à confondre réalité et représentation; il demeure conscient du schématisme de la configuration perceptive. Lorsqu'il éprouve le besoin de se référer à une réalité bâtie, il réclame, comme nous l'avons constaté, des photographies de cas existants.

Le fait que la représentation soit parfaite géométriquement et qu'elle dépouille l'entité d'une partie de ses caractéristiques constituerait, somme toute, un avantage. C'est, du moins, ce que considère Moles (1990) lorsqu'il fait l'apologie du simulacre et de son habileté à former dans l'esprit de l'observateur une image mentale de l'objet représenté:

« Ce que l'on reproche d'ordinaire au simulacre [...] c'est justement ce qui fait sa vertu, c'est qu'il est probablement plus simple, plus sommaire, plus rudimentaire, dira-t-on, que le réel dont il veut reproduire les aspects [...] C'est ce schématisme qui fait sa force, ce *réductionnisme accepté* qui dégage d'une façon plus ou moins arbitraire ce qui est important et ce qui est accessoire, et qui s'efforce de reproduire l'important et de négliger l'accessoire. » (p.140)

En conséquence, la seule véritable limitation qui serait inhérente à la simulation nous apparaît être la contingence du résidu cognitif. En effet, rien ne semble garantir que des liens significatifs seront établis par l'apprenant entre les représentations mises à sa disposition. Cette limitation, qui apparaît d'ailleurs comme le lot de tout vecteur de

diffusion de la connaissance, est largement contrebalancée par les trois avantages dont nous avons fait état au début de la section. Nous voilà donc en mesure de dresser un bilan globalement positif du potentiel inhérent au recours à la simulation.

10.3 Réflexions sur l'action de l'utilisateur

Nous constatons que, par rapport à la figuration de structures typologiques impliquant un support de type analogique (tel que la description sous forme de textes et la représentation schématique ou photographique sur papier), une plus-value appréciable du recours au support informatique réside dans les possibilités d'interaction qui sont offertes à l'apprenant. Dans la mesure où les environnements numériques proposés étaient efficaces – en termes d'*utilisabilité*, de charge cognitive, de navigabilité et d'intelligibilité – l'ensemble des *informants* s'est indéniablement senti interpellé, à divers degrés, par la dialectique qui résultait de la démarche exploratoire.

Il nous est apparu que l'exploration d'un espace de simulation, par le biais d'un éventail d'actions, est susceptible d'enrichir les habiletés cognitives de l'apprenant. Il semble cependant que la qualité et la portée de cet enrichissement dépendent davantage des caractéristiques idiosyncrasiques de l'individu, que des types d'actions proposées. À l'instar de Balacheff (2006), nous avons pu constater que l'apprenant possède des particularités qui en font parfois un informant plutôt déconcertant. Nous réalisons que les modalités selon lesquelles il est possible de poser l'action revêtent moins d'importance que les facteurs idiosyncrasiques de l'individu qui les pose.

Selon nos observations, quatre facteurs ont un impact décisif sur l'expérience de l'apprenant, sur son appétence à recourir aux actions proposées, ainsi que sur sa perception des dites actions. Ces facteurs sont: son niveau d'expérimentation en tant qu'utilisateur de l'outil numérique, les inhibitions qu'il s'impose dans le processus de communication, les habiletés *métacongnitives* dont il fait preuve et l'intérêt préalable pour le sujet à l'étude.

Le premier facteur est la connaissance pratique que l'individu peut avoir, ou ne pas avoir, de l'outil informatique⁴⁷³. Certaines personnes se sentent relativement peu à l'aise face à un environnement numérique. Nous avons remarqué que les *informants* qui sont inexpérimentés dans le domaine de l'informatique sont relativement craintifs et précautionneux ; ils semblent ressentir une certaine angoisse à l'idée d'effectuer une 'fausse manœuvre' (surtout que la démarche exploratoire se déroule sous le regard d'une tierce personne). Or, cette réserve entre en contradiction avec le processus d'apprentissage, puisque la démarche exploratoire requiert une certaine 'intrépidité' de la part de l'explorateur.

Les personnes qui jouissent d'une expérience pratique de l'outil informatique, pour s'en être servi fréquemment et dans divers contextes⁴⁷⁴, sont quant à elles plus hardies. À l'aide de la souris, elles *cliquent* ça et là sur l'écran de l'ordinateur à la recherche de mécanismes pouvant être activés, cherchant ainsi à tester les limites de l'environnement. En outre, les utilisateurs expérimentés sont immédiatement à l'aise lorsque vient le temps de manipuler la maquette numérique: ils s'en approchent, la font pivoter, la sectionnent, etc. Cette aisance de l'informant se reflète jusque dans la perspicacité de ses commentaires; il perçoit davantage les carences de l'environnement, formule plus de critiques et émet des suggestions pour augmenter le nombre de mécanismes pouvant être activés. L'utilisateur expérimenté est plus exigeant et, comme nous le verrons ci-dessous, réclame un *mindtool* dont la vitesse de réaction serait accrue.

Les possibilités que l'environnement numérique agisse à titre d'outil heuristique, permettant à l'apprenant d'acquérir une connaissance empirique, reposent sur la capacité de l'outil à fournir des réponses aux questions de l'apprenant, au moment même où celui-ci les

⁴⁷³ Ce que l'on désigne sous l'expression *computer literacy* en anglais.

⁴⁷⁴ Certains *informants* ont une expérience pratique à l'ordinateur depuis l'âge préscolaire.

soulève. Or, cette conversation entre l'homme et la machine doit se dérouler selon des modalités qui conviennent à l'individu. Le jugement porté sur ce dialogue est la prérogative de l'apprenant. On remarque à cet effet que la perception de l'utilisateur expérimenté, quant au potentiel de l'environnement, est intimement liée au temps de réponse action / réaction. Pour être considéré efficient, non seulement est-il essentiel pour l'outil de générer des représentations qui soient en lien direct avec la question topique qui suscite l'intérêt de l'apprenant en un temps T de sa démarche, mais il doit en outre les générer instantanément. L'optimisation du délai de rétroaction est de toute première importance, l'interruption du processus cognitif étant perçue par l'apprenant comme extrêmement démotivant. Quelle que soit l'action (sélection d'un pictogramme, mouvement le long d'une ligne de temps ou manipulation d'une entité tridimensionnelle), la réponse doit être immédiate, faute de quoi l'utilisateur perd l'intérêt qu'il avait pu manifester antérieurement et se désengage progressivement du processus cognitif.

Ainsi, nos expérimentations ont démontré que les utilisateurs expérimentés ne s'investissent dans la démarche exploratoire que dans la mesure où l'interaction s'opère à un rythme soutenu. Cette cadence rapide fait en sorte que, parfois, ils passent relativement peu de temps à lire les notices qui leur sont présentées⁴⁷⁵. Papert (1981) considérait qu'aucun domaine de connaissances ne peut entièrement se réduire à des mots et, qu'inversement, aucun domaine de connaissances n'est entièrement ineffable. Tel semble effectivement être le cas: le texte étant un outil de communication indispensable, il faut nécessairement recourir à de brefs exposés écrits pour décrire succinctement les modalités de la démarche exploratoire ou retracer sommairement les fondements de l'interprétation de l'historien. En les ignorant de façon systématique, l'apprenant se détourne de tout un pan de la connaissance mise à sa disposition. Nos observations tendent à démontrer que les

⁴⁷⁵ Il s'agit, par exemple dans la deuxième étude de cas, des notices explicitant les finalités de l'étape du processus de conception, correspondant à la position de l'utilisateur dans l'arborescence.

utilisateurs expérimentés sont réfractaires face à l'idée de se trouver devant un écran statique plus de quelques secondes. En ce sens, on peut considérer que la culture de l'instantané nuit au processus de reconstruction de la connaissance, puisque pour établir des connexions entre les informations présentées, il faut nécessairement se donner le temps de la réflexion.

L'intérêt ou le désintérêt que suscitent les notices a également une incidence sur l'enrichissement, ou la stagnation, du vocabulaire de l'apprenant. Lorsque la démarche exploratoire se déroule à un rythme accéléré, la terminologie utilisée et / ou développée par le *typologue* n'est pas nécessairement assimilée par l'apprenant. Les termes employés (appellation des types et sous-types, nom des composantes de l'artéfact, termes techniques référant au bâti ancien, etc.) demeurent dans une certaine mesure nébuleux pour l'utilisateur.

Inversement, les utilisateurs ne jouissant pas d'un niveau élevé de *computer literacy* accordent, quant à eux, moins d'importance à la vitesse de réaction du système; ils lisent davantage les textes mais explorent une portion comparativement plus restreinte de l'environnement. Certaines de ces personnes se sentent relativement peu interpellées par le prototype d'environnement numérique qui leur est proposé, peut-être parce que celui-ci leur impose une charge cognitive qui semble démesurée en comparaison avec les résultats escomptés. Cet état de fait est dans l'ordre des choses : un outil, quel qu'il soit, ne peut jamais être adapté à tous les types d'utilisateur. Il en résulte que certaines personnes seront nécessairement plus à l'aise avec les outils 'conventionnels' de diffusion des savoirs (tels que la monographie, l'article scientifique, etc.).

Le deuxième facteur qui a un impact décisif sur l'appréciation que l'informant fait des actions proposées est la personnalité, c'est-à-dire la configuration psychologique de l'individu. Bien qu'il n'y ait pas de dichotomie claire, on peut néanmoins discerner deux cas de figure : d'une part, les personnes qui perçoivent leur rôle d'*informant* en tant que collaborateur et qui verbalisent ouvertement leurs critiques négatives, dans un désir de faire

progresser la recherche. D'autre part, les personnes qui sont plus réservées de crainte de froisser leur interlocuteur (puisqu'elles sont conscientes que l'interviewer est également le développeur). Le niveau d'inhibition constitue en quelque sorte un filtre qui contribue à l'inégalité de la pertinence des données empiriques colligées lors du processus de consultation.

Le troisième facteur est le niveau d'habiletés *métacognitives* dont fait preuve l'informant. Nous avons pu vérifier, à l'instar de Amadieu et Tricot (2006), que certains individus ont plus de facilité que d'autres à réguler leurs apprentissages, à identifier ce qui les intéresse et à déterminer comment y parvenir. Ces disparités se répercutent sur la capacité de l'informant à articuler les commentaires et suggestions qu'il désire transmettre à son interlocuteur. Dans la mesure où l'individu a une image claire des connaissances qu'il désire acquérir, c'est-à-dire s'il peut identifier les lacunes existant dans le réseau de notions corrélées qui constitue sa base de connaissances, il est mieux outillé pour élaborer et verbaliser les stratégies à mettre en œuvre pour y parvenir.

L'aspect *computer literacy*, les inhibitions que le sujet humain s'impose dans ses relations avec autrui et les disparités au niveau des habiletés *métacognitives* sont trois facteurs qui ont eu un impact marquant sur les témoignages que nous ont livrés les répondants. Cependant, le quatrième critère, soit le niveau d'intérêt du répondant pour le sujet à l'étude, est indéniablement le plus important. Lorsqu'il y a une 'curiosité' préexistante pour le thème abordé, l'environnement peut éventuellement enrichir la démarche cognitive de l'apprenant; il peut contribuer à initier, dans l'esprit de ce dernier, un questionnement concernant la famille d'artéfacts à l'étude, et favoriser l'enchaînement des questions et des réponses⁴⁷⁶. Les représentations générées sont aptes à stimuler sa réflexion,

⁴⁷⁶ Comparativement aux banques de données qui, on l'a vu, sont relativement impuissantes à cet égard.

et éventuellement à orienter son questionnement, ce qui entraîne la génération de nouvelles représentations, et ainsi de suite.

Il semblerait cependant que, quel que soient les actions proposées, un environnement numérique est impuissant à stimuler chez l'utilisateur un intérêt pour le sujet à l'étude. L'appétence à se familiariser avec les valeurs intellectuelles rattachées au patrimoine doit avoir été éveillée antérieurement à la démarche exploratoire, faute de quoi l'individu ne semble pas s'investir pleinement dans le processus cognitif en question. Comme nous l'avons constaté dans la section traitant de la difficulté d'apprendre, l'apprenant doit d'abord trouver en lui-même la motivation d'enrichir son bagage de connaissances; il doit se donner, de façon délibérée, des objectifs dans le processus d'apprentissage. Or, le désir d'étoffer ses connaissances relatives au patrimoine bâti peut, ou non, faire partie des buts que se fixe l'individu.

Ainsi, dans certains cas, les actions proposées n'arrivent pas à stimuler l'intellect de l'utilisateur, ce qui entraîne un désengagement, suite à l'exploration d'une portion relativement restreinte de l'espace implicite. Cet état de fait peut parfois être attribuable à une carence de l'environnement numérique, mais ce n'est pas nécessairement le cas. Il peut provenir d'un désintéressement de l'individu qui ne perçoit pas l'intérêt des acquis que la démarche exploratoire serait susceptible de lui apporter. Au sein des concepteurs qui ont accepté de se prêter au jeu de la simulation, il semble qu'un certain nombre (principalement au sein du groupe des apprentis et des praticiens) soit relativement peu interpellé par un processus cognitif visant à appréhender le raisonnement déployé par l'historien de l'architecture⁴⁷⁷. Ici, les moyens techniques et la façon dont on les utilise ne sont pas seuls en cause; il y aurait, au préalable, tout un processus de sensibilisation à faire quant à

⁴⁷⁷ Surtout lorsque les artéfacts qui ont fait l'objet de la réflexion de l'historien appartiennent à des époques qui remontent loin dans le temps, comme c'est le cas dans nos études.

l'intérêt de développer une connaissance approfondie du patrimoine, et quant à l'impact que pourrait avoir sur la pratique architecturale l'acquisition d'un tel savoir.

10.4 Réflexions sur la mouvance de la connaissance

La collaboration développeur / historien a donné lieu à des échanges extrêmement enrichissants. En tant que développeur, le fait d'assister aux séances de travail des chercheurs en patrimoine nous a permis de bien saisir la structure et les assises des modèles symboliques qui étaient proposés. Les historiens, quant à eux, ont manifesté un intérêt marqué face aux expérimentations que nous avons menées; ils ont énoncé des critiques constructives, aussi bien au niveau du graphisme de l'interface, qu'au niveau du mode d'interaction. Ils ont en outre investis temps et énergie dans la rédaction des notices explicatives.

Le fait de travailler en partenariat avec les historiens nous a permis de tester les modalités d'adaptation de l'environnement numérique à la mouvance de la connaissance. Les modifications de l'organisation des composantes des modèles symboliques proposés ont impliqué des changements itératifs au niveau de l'interface, ce qui n'a pas posé de problème en soi puisque ces changements venaient se greffer à ceux découlant des suggestions formulées par les apprenants. D'autre part, les modifications apportées à la composition du corpus ont eu des répercussions sur les algorithmes du système génératif, ce qui n'a pas posé de problème non plus, étant donné qu'ils devaient nécessairement être remaniés à chaque fois que nous prenions en considération une portion additionnelle de la typologie⁴⁷⁸. À chaque itération, cette adaptation s'est faite plus aisément. Nous avons pu constater que, progressivement, l'algorithme atteint effectivement un niveau d'abstraction de plus en plus élevé, ce qui confère plus de souplesse au système génératif. Nous pouvons

⁴⁷⁸ Notre approche incrémentale a été explicitée au chapitre 7.

donc en conclure que le recours à un espace de simulation, en tant que vecteur de diffusion, préviendrait effectivement, dans une certaine mesure, la cristallisation des savoirs à laquelle nous faisons allusion dans la problématique.

Nos expérimentations ont contribué à révéler les multiples facettes du potentiel que recèlent les démarches exploratoires pouvant être menées au sein d'un espace de simulation. Ainsi, comme nous le verrons ci-dessous, l'environnement numérique peut être apte à agir en tant qu'outil de documentation, outil de communication et même, dans une certaine mesure, en tant qu'outil d'aide à la recherche.

En ce qui a trait au processus de documentation, il appert que l'interpolation constitue un aspect de l'approche développée qui a particulièrement intéressé les membres de l'équipe d'historiens; la possibilité de pouvoir observer les représentations de cas de figure pour lesquels il n'existe pas d'exemple concret a été perçue comme étant extrêmement riche de potentiel. La pérennité de cette trace (par l'impression des images, la sauvegarde des fichiers de maquette ou la génération des prototypes à des fins de consultation et de comparaison) permet de documenter la typologie d'une façon entièrement nouvelle.

L'environnement numérique peut en outre faire office d'outil de communication. En effet, à l'interaction entre les pairs et à la remise en question itérative du modèle par le biais de discussions, s'ajoutent maintenant des échanges rendus possibles par le recours à l'outil informatique. Par exemple, lorsque la deuxième étude de cas a débuté, deux des membres de l'équipe ont élaboré une ébauche du modèle symbolique, sur la base duquel l'environnement numérique a été implémenté. Le troisième membre du groupe a pris connaissance du modèle par le biais de l'exploration de l'espace de simulation. Dans une certaine mesure, l'environnement a servi d'outil de communication entre les chercheurs, en ce sens qu'il a permis de véhiculer l'interprétation proposée. Suite à sa démarche exploratoire, le troisième membre de l'équipe a été en mesure de formuler des commentaires qui ont enrichi la réflexion des deux premiers.

Qui plus est, lorsque le *typologue* assiste à certaines séances d'utilisation, il a l'opportunité de constater dans quelle mesure le modèle qu'il a développé enrichit la réflexion d'un éventuel apprenant ou, au contraire, embrouille l'individu par la multiplicité des types, sous-types et cas de figure. À ce moment, on peut considérer que l'environnement numérique fait office d'outil d'aide à la recherche puisqu'il constitue un baromètre indiquant au chercheur la qualité de la communication qui s'établit avec son interlocuteur et le laisse entrevoir l'éventuelle possibilité d'avoir à restructurer le modèle symbolique en vue d'en augmenter l'*enseignabilité*.

En dernier lieu, nous souhaitons souligner le fait qu'au sein de l'équipe d'historiens, deux individus sur trois étaient relativement peu enclins à explorer l'environnement de façon active, et préféraient assister à une démonstration. Cet état de fait semble être relié au niveau de *computer literacy* de la personne. Comme le constatait Day (1992), il semblerait que les historiens soient, pour une certaine part, coupés du monde de la technologie (ce qui n'est pas surprenant en soi, puisqu'ils ont choisi d'embrasser un domaine d'expertise fort éloigné de l'informatique). Cette constatation met en relief l'intérêt d'explorer les potentialités de la synergie pouvant se développer entre développeurs informatiques et historiens de l'architecture. On peut supposer que l'élaboration d'environnements numériques, visant à étoffer les connaissances de l'apprenant dans le domaine du patrimoine architectural, fera nécessairement appel à des équipes pluridisciplinaires; l'historien n'entreprendra pas seul cette tâche étant donné qu'elle requiert un savoir-faire qui l'éloignerait trop de son champ de compétences. Le développeur n'entreprendra pas cette tâche seul, lui non plus; il a nécessairement besoin de l'expertise de l'historien. Il a certes la possibilité de se référer aux écrits de ce dernier (comme ça semble être le cas dans plusieurs travaux cités au chapitre 2). Cependant, on peut supposer que ce 'court-circuit' se traduit par une inestimable perte au niveau de la qualité de la communication historien / apprenant et de la richesse des approches développées. D'ailleurs, si l'on compare les deux études de

cas que nous avons menées, la deuxième apparaît comme étant relativement plus féconde, du fait de l'interaction avec un sujet humain qui déploie son raisonnement 'en temps réel'.

Par le biais d'une réflexion et d'un travail interdisciplinaires (auxquels prendrait part idéalement un spécialiste de la cognition), il y a indéniablement un potentiel pour rejoindre l'apprenant, pour développer des 'chemin d'accès' aptes à atteindre, par des moyens non conventionnels, son univers cognitif. Au sein d'équipes multidisciplinaires, chaque intervenant a la possibilité d'offrir aux autres l'accès à son propre champ de compétences, tant que les échanges s'opèrent dans le respect des spécificités de chacun. Ainsi, les champs disciplinaires des divers intervenants peuvent s'enrichir mutuellement.

Par ces brefs commentaires, nous avons voulu témoigner de ce qui a pu transparaître des expérimentations que nous avons menées. Nous sommes conscients que les conclusions d'une recherche qualitative de ce type sont des énoncés provisoires, conditionnels, relatifs et conjecturaux (Van Der Maren, 1997). Cependant, si nous avons étudié la démarche typologique d'autres chercheurs, travaillant sur d'autres corpus, et si nous avons mené nos expérimentations en collaboration avec d'autres *informants*, nous croyons que les résultats de la démarche n'auraient pas été différents de façon notable; bien qu'il soit évidemment impossible de l'affirmer de façon catégorique, tel est néanmoins notre sentiment.

Les réflexions et considérations qui ont été synthétisées dans le cadre du présent chapitre nous incitent maintenant à proposer un modèle théorique. Celui-ci symbolisera l'articulation que nous proposons entre certaines des notions abordées lorsque le cadre théorique a été délimité, tout en rendant compte de la résultante de nos expérimentations.

11. Vers un modèle théorique

Nous avons voulu dépasser le discours et le confronter à la pratique. Nous avons agi, observé, et cherché à comprendre. Nos expérimentations nous conduisent maintenant à la théorisation, en l'occurrence à la proposition d'un modèle qui reliera les champs empirique et théorique. Il s'agit maintenant de formaliser le lien que nous établissons entre histoire de l'architecture, informatique et cognition, en prenant en considération, pour chacun de ces trois domaines, les restrictions et précisions qui ont été établies dans le cadre théorique. Lorsque nous parlons d'histoire, il est primordial de souligner que nous avons effectué une réduction drastique; dans le cadre de la présente recherche, nous nous sommes intéressés de façon spécifique à une seule méthode d'élaboration des savoirs nouveaux, soit la démarche typologique. Lorsque nous parlons d'informatique, il s'agit essentiellement de la complémentarité modèle symbolique / système génératif au sein d'environnements numériques interactifs. Quant au terme 'cognition', il réfère exclusivement aux processus visant l'accès aux valeurs intellectuelles véhiculées par le patrimoine bâti.

Néanmoins, le modèle que nous proposons ici n'est pas réduit aux seuls processus de construction et reconstruction d'une connaissance relative aux typologies architecturales. Comme l'a établi Bachelard (1936), toute connaissance doit être communicable et, par conséquent, peut être modélisée. Tout type d'interprétation portant sur le patrimoine architectural présuppose l'existence (présente ou passée) d'une réalité bâtie; il existe nécessairement un pendant dans le monde réel. La matérialité des objets dont il est question (artefacts, bâtiments, tissus urbains) fait en sorte que des représentations peuvent jouer un rôle au sein de la démarche cognitive de l'apprenant; il y a conséquemment une demande pour des formes perceptives. De là la possibilité de mettre à contribution des environnements numériques basés sur la réciprocité modèle symbolique / système génératif pour diffuser les résultats provisoires dans le cadre de travaux de recherche concernant, par exemple, l'évolution de la morphologie d'un bâtiment ou d'un tissu urbain ou encore portant

sur les pratiques culturelles qui y sont rattachées. Ainsi, le modèle théorique présenté ci-dessous gagnerait à être mis à l'épreuve, dans le cadre de processus de diffusion de connaissances élaborées par l'historien par le biais de méthodes diverses.

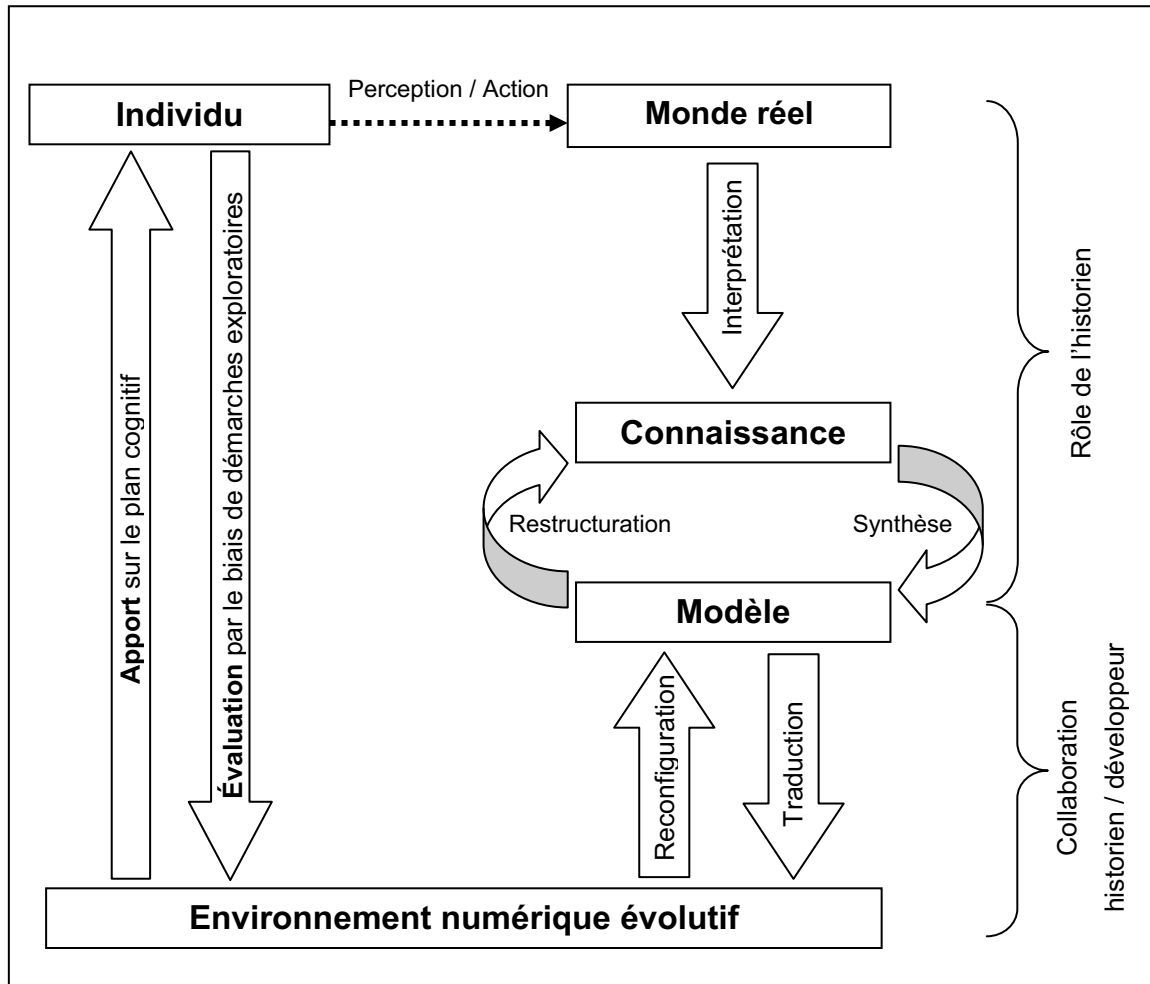


Figure 19. *Modèle théorique proposé.*

Ce que nous désignons ici sous l'expression 'Monde réel' est constitué par la multiplicité des artefacts formant le patrimoine bâti. L'historien de l'architecture interprète cette réalité en vue de développer des savoirs nouveaux. Il interagit, avec le modèle symbolique qu'il a élaboré, dans un processus cyclique de construction / déconstruction de la connaissance. Par le biais d'un processus itératif, le développeur est apte à transposer ce

modèle dans un environnement numérique et à élaborer des interfaces permettant l'interaction homme / machine. Confronté à cet environnement, l'historien peut éventuellement en venir à remanier la structure du modèle. Ici, développeur et historien travaillent en partenariat pour formaliser un modèle qui soit exploitable en tant qu'assise pour un environnement numérique.

Ce que nous appelons 'Apport sur le plan cognitif' désigne le processus d'appréhension de la connaissance par l'apprenant, par le biais de l'exploration de divers états du modèle. Par cette démarche, l'individu procède à une évaluation de l'outil mis à sa disposition, ce qui aura pour effet d'amener le développeur à remanier l'environnement en vue de permettre une meilleure adéquation entre les actions proposées et les mécanismes cognitifs de l'apprenant. D'autre part, la démarche de ce dernier a pour effet de fournir à l'historien des indices quant au niveau d'*enseignabilité* des connaissances élaborées.

La fréquentation d'un environnement numérique est susceptible d'enrichir la perception d'un individu; elle pourra incidemment se refléter sur les actions qu'il posera ultérieurement. Une connaissance plus approfondie pourra se traduire par un renouvellement du regard porté sur le patrimoine et sur une évolution de la façon d'intervenir sur le bâti existant. Il peut possiblement en résulter que le patrimoine vernaculaire soit mieux apprécié, préservé et intégré à la production architecturale contemporaine. Ce dernier lien que nous proposons revient à refermer la boucle d'un processus cyclique. La flèche, allant de l'individu vers le monde réel, présenté en pointillés sur la figure, demeure une hypothèse sur laquelle nous nous interrogeons. Il est important d'insister sur le caractère hypothétique de ce lien; il s'agit d'une proposition causale que nous ne prétendons nullement corroborer par notre étude. Nous l'avons déjà dit: la recherche permet de mettre en lumière certaines pistes de réponses à un questionnement, mais elle soulève également de nouvelles interrogations.

Il est essentiel de demeurer conscient du fait qu'un modèle n'a pas de signification lorsque considéré isolément, et qu'il doit nécessairement être replacé dans un jeu de

relations au sein du *quadruplet* suivant: problématique, théorie, champ expérimental, modèle (Balacheff, 2006). Il ne faut donc pas le dissocier des particularités qui ont caractérisé la démarche de recherche. Le modèle provisoire que nous proposons ici nous 'satisfait' au moment d'écrire ces lignes. Il sera, nous l'espérons, repris, enrichi ou remanié par d'autres chercheurs qui s'intéressent à la synergie potentielle histoire / informatique, le rôle de l'étape de théorisation étant non pas de convaincre l'interlocuteur, mais plutôt de susciter le débat.

Au cours du prochain et dernier chapitre, nous tracerons des pistes de recherche qui donneront un aperçu des directions vers lesquelles pourrait nous conduire le fruit de nos expérimentations et réflexions. Nous identifierons de nouveaux axes d'investigation aptes à nous permettre de poursuivre notre exploration du potentiel que pourrait éventuellement revêtir la synergie développeur informatique / historien de l'architecture.

12. Pistes de recherche

« Chercher, c'est l'occasion de trouver mais aussi de se trouver et de se connaître. La recherche provoque la créativité. » (Deslauriers, 1988, p.25)

12.1 Une possible articulation entre démarche typologique et conception architecturale

Au cours des dernières décennies, on a pu constater une interruption du processus typologique qui caractérisait, depuis toujours, la production du bâti. Il y a eu rupture(s) dans le processus de transformation progressive de la forme architecturale, ce qui a engendré, comme le constate Caniggia (2000), une discontinuité marquée dans la trame et le paysage urbain.

« Le moment actuel, en ce qui concerne le bâti, est caractérisé par de grandes discontinuités des produits et des intentions; une discontinuité qui se traduit en pratique par la formation d'ensembles urbains faits d'objets fortement personnalisés, dotés de corrélations réciproques insuffisantes. [...] Les architectes ne font pas autre chose que de proposer, pour chaque œuvre bâtie, ne serait-ce qu'une petite maison au milieu de milliers d'autres, une 'émergence', un monument élevé à soi-même; le résultat est un panorama bâti qui présente, parce qu'il est fait de monuments propres à chaque individu qui agit, toute la monotonie que peut avoir un fouillis indéfini d'objets apparemment différents, sans relation entre eux ou avec des relations insuffisantes. » (p. 12-13)

Selon ce chercheur, la 'personnalisation' du produit bâti découle du fait que l'on oublie trop souvent que l'auteur, en l'occurrence l'architecte, est seulement le véhicule nécessaire; ce n'est pas lui-même qu'il est censé représenter au moyen de l'objet, mais la culture dont il a hérité. Celle-ci devrait évoluer à travers la conscience spontanée ou à travers les choix critiques du concepteur, pour ensuite être transférée dans l'objet architectural.

Larochelle (2000) partage les préoccupations de Caniggia; il considère que dans le domaine de la critique architecturale, on évoque souvent la vague notion d'art pour couvrir une pratique qui fait grande consommation de théories confuses et d'images reflétant les goûts du moment. Or, ces images⁴⁷⁹ reposent essentiellement sur des choix au niveau esthétique que l'on pourrait qualifier d'arbitraires; elles ne sont pas fondées sur un substrat qui reste fidèle au bâti existant et à la culture collective. Marie-Christine Gangneux⁴⁸⁰ va plus loin; elle considère qu'à partir du moment où le processus typologique est interrompu, « on peut innover, c'est-à-dire faire n'importe quoi, détaché de tout contexte urbain, culturel et constructif »⁴⁸¹. Cette 'dégénérescence' de la pratique architecturale donne lieu à des innovations détachées du contexte dans lequel elles sont insérées et engendre des œuvres architecturales que l'on pourrait, à la limite, qualifier d'égocentriques.

Selon les chercheurs cités précédemment, on ne réussit plus à apprécier une œuvre architecturale si elle n'est pas indexée sur la fluctuation des goûts⁴⁸²; on n'arrive plus à la comprendre sans la replacer dans la production architecturale du concepteur qui, seule, parvient à lui donner un sens quelconque et à 'justifier' l'innovation. Ce qui compte

⁴⁷⁹ Auxquelles Caniggia (2000) assigne les épithètes d'illusoires, de parasitaires et de velléitaires.

⁴⁸⁰ Marie-Christine Gangneux est architecte et enseignante à l'école nationale supérieure de Paris-Belleville. Ses propos sont cités dans les actes du colloque Typologie de l'habitat ancien (p.133).

⁴⁸¹ Ces paroles semblent faire écho au diktat de Ruskin : « Il ne faut jamais chercher l'originalité et le changement pour eux-mêmes, si bons soient-ils [...] Les formes déjà connues de l'architecture sont assez bonnes pour nous et pour de bien meilleurs qu'aucun de nous : il sera grand temps de chercher à les améliorer [ou à les remplacer] quand nous les saurons employer telles qu'elles sont. » (1980, p.215)

⁴⁸² Un jugement porté sur une œuvre architecturale, s'il repose sur l'identité du concepteur ou sur les goûts du moment, ne saurait être qu'éphémère. Peu importe ce que l'on pense de l'objet architectural au moment de sa conception; le véritable jugement sera posé par la postérité, à travers l'acceptation ou le refus que la culture collective opposera à cet objet et par le biais de son éventuelle intégration à un processus typologique (dans la mesure où d'autres concepteurs choisiront de s'en inspirer).

aujourd'hui, c'est la signature, l'appartenance de l'objet produit au monde de son auteur. À défaut de faire partie intégrante d'un cadre bâti, l'édifice se doit de faire partie d'une œuvre architecturale. S'il est 'anonyme', il n'a pas de valeur propre, ni de signification.

Caniggia (2000) propose un remède à cette crise généralisée de la façon de faire et de comprendre le bâti⁴⁸³; il considère que l'on peut tirer de l'observation des objets architecturaux existants un savoir objectif, susceptible de guider les choix et les décisions dans le domaine de l'aménagement. Il lui apparaît que l'élaboration de projets d'architecture devrait être réalisée dans une confrontation incessante entre ce qui est déjà et ce que nous faisons. Dans cette optique, il s'agirait de procéder à une lecture continue du cadre bâti existant, afin de permettre la production d'objets architecturaux conçus d'une façon qui ne soit ni velléitaire, ni individualiste.

Or, cette lecture qui serait à même de la faire? Cette connaissance, résultant de l'observation, qui serait mieux outillé que l'historien pour la développer? Il s'agit là d'un axe de questionnement extrêmement riche; il pourrait nous amener à évaluer dans quelle mesure le regard du chercheur en patrimoine pourrait s'avérer apte à enrichir la compréhension que le concepteur architectural a du bâti existant. Il nous amènerait en outre à vérifier si, ultérieurement, cette compréhension est susceptible de porter fruit dans le cadre d'un processus créatif et, conséquemment, si elle peut avoir une incidence sur la conception du bâti.

Afin d'explorer ce terrain d'investigation, nous pourrions proposer une expérimentation qui aurait pour objectif d'exemplifier la synergie pouvant potentiellement exister entre concepteur architectural et historien de l'architecture. L'expérience se déroulerait comme suit : le concepteur, par l'observation du bâti existant, procéderait dans

⁴⁸³ Cette crise serait généralisée puisqu'elle toucherait, selon lui, aussi bien la pratique que l'enseignement de la composition architecturale.

un premier temps au repérage de séries d'éléments visuels qui l'interpellent et stimulent son sens créatif. Ces collections d'éléments pourraient englober aussi bien des configurations de bâtiments et d'artéfacts, que des agencements d'espaces ou de volumes, des schémas figurant la répartition des pleins et des vides au sein de façades ou d'ouvertures, etc. Il élaborerait ainsi un échantillonnage regroupant les composantes d'un environnement construit qui lui apparaissent comme étant significatives.

Il s'agirait, en somme, pour le concepteur de glaner des sources d'inspiration à même le patrimoine vernaculaire au sens large, c'est-à-dire au sein de tout ce qui a été légué par les générations précédentes⁴⁸⁴. Il nous apparaît ici légitime d'autoriser la sélection d'éléments appartenant à des époques antérieures et, dans cette quête, de laisser le concepteur remonter dans le temps, aussi loin qu'il le désire. Ainsi, tout élément considéré par l'observateur comme étant d'intérêt en soi pourra être pris en considération, tant et aussi longtemps qu'il provient de l'environnement bâti sur lequel le concepteur prétend intervenir.

Dans le cadre de l'expérimentation proposée, l'échantillonnage élaboré par le concepteur constituerait un corpus de base à partir duquel l'historien proposerait une interprétation. L'apport de ce dernier consisterait à mettre en lumière les influences ayant façonné les éléments sur lesquels le concepteur a porté son choix, et à enrichir ce corpus par l'ajout de spécimens ayant des corrélations avec les éléments sélectionnés. Il proposerait une lecture, une organisation intelligible, de ce corpus élargi en identifiant des

⁴⁸⁴ Soulignons ici un élargissement de la notion de patrimoine puisque la frontière entre bâtiment patrimonial et architecture vernaculaire s'estompe progressivement. Selon Choay (1999), il y aurait d'une part expansion du champ chronologique dans lequel s'inscrivent les éléments patrimoniaux, les frontières de leur domaine se déplaçant vers un passé sans cesse plus proche du présent. D'autre part, il y aurait expansion typologique du patrimoine puisqu'une diversité d'édifices modestes, ni mémoriaux, ni prestigieux sont maintenant intégrés au corpus patrimonial.

types et en élaborant une typologie dans le but de faire émerger un sens à partir de la diversité répertoriée.

Il serait alors intéressant d'évaluer dans quelle mesure le concepteur arrive à appréhender l'organisation proposée par l'historien pour explorer des gammes de variations sur un même thème⁴⁸⁵. De fait, il s'agirait pour le concepteur d'approfondir divers filons typologiques ou d'en créer de nouveaux, de façon à diversifier l'arborescence typologique.

Par le biais de cette nouvelle façon de sélectionner, regrouper et utiliser des sources d'inspiration, il y aurait *réappropriation*, par le concepteur, de formes architecturales appartenant au passé, non pas dans le but de les copier, mais plutôt dans le but de les transformer, de les adapter, de les faire évoluer. Dans la mesure où les spécimens faisant office de sources d'inspiration font partie de la production architecturale de générations antérieures, il est impératif qu'il n'y ait pas de confusion entre les notions de 'type' et de 'modèle'; il tombe sous le sens qu'il n'est ni souhaitable ni possible de reproduire des éléments anciens, tels quels, dans un contexte contemporain.

Il s'agirait en fait de vérifier si des sources d'inspiration, glanées au sein du patrimoine vernaculaire, peuvent constituer les catalyseurs d'une production authentique; nous chercherions à découvrir dans quelle mesure le concepteur peut développer la capacité de se référer à la typologie, de manière à ce que l'héritage légué par les générations antérieures apparaisse en filigrane dans son œuvre. Comme Carpo (2001) le constate, lorsqu'on travaille à partir de sources d'inspiration diverses, il peut y avoir sélection de certains aspects qui, une fois disjointes de l'original, sont manipulés et incorporés de

⁴⁸⁵ Nous verrons de quelles façons à la prochaine section.

différentes façons dans un nouveau contexte créatif⁴⁸⁶. Les éléments ainsi empruntés se font abstraits et, en quelque sorte, invisibles.

La signification d'un tel processus de *réappropriation* résiderait dans la possibilité d'entériner une meilleure concordance entre l'objet architectural et son contexte, dans l'établissement de corrélations plus étroites au sein des composantes du cadre bâti. La démarche du concepteur en viendrait à être axée vers la production d'innovations, non pas étrangères au contexte et faisant uniquement référence à l'œuvre du concepteur, mais ancrées dans le bâti existant. Bref, nous poserions l'hypothèse selon laquelle l'œuvre architecturale, élaborée à partir de l'exploration d'un système typologique, serait rattachée à un milieu construit au sein duquel elle trouverait sa signification.

Indubitablement, les opposants à la réintroduction de l'usage des typologies dans le processus de conception architecturale seront légion. Certains pourront arguer qu'une telle approche, basée sur de constantes références au passé, reviendrait à adhérer aux visées du postmodernisme. D'autres prétendront qu'une approche basée sur l'implication d'une structure typologique équivaldrait à retomber dans l'académisme et à recopier inlassablement les modèles du passé. Nous nous appliquerons ci-dessous à réfuter ces deux arguments.

Comme nous l'avons vu précédemment, la vague postmoderniste avait entraîné une résurgence de l'intérêt porté aux typologies d'éléments architecturaux appartenant à des époques révolues. On en était venu à plaquer sur une architecture contemporaine des éléments-types glanés hors contexte (et relevant d'une conjoncture historique autre) dans l'illusion de créer un effet d'*authenticité*. L'axe de réflexion et d'investigation que nous cherchons à mettre en lumière serait complètement dissocié de cette approche qui était, somme toute, basée sur la reproduction. Il s'agirait ici d'avoir recours à la notion de

⁴⁸⁶ Notons cependant que, lorsque Carpo (2001) fait ce constat, il se réfère à la production médiévale.

typologie en évitant les égarements, pourrions-nous dire, du mouvement postmoderne⁴⁸⁷; cette notion serait non pas basée sur une nostalgie du passé, mais plutôt explorée dans une optique de continuité de l'évolution des formes architecturales. L'architecture vernaculaire servirait ici de point de départ à un processus créatif mené dans le souci constant d'enrichir la source d'inspiration, et non point de la dénaturer.

Quant à un prétendu retour vers l'académisme, nous considérons qu'il serait erroné de présumer que la typologie est nécessairement un carcan qui entrave le processus d'idéation, interdisant au concepteur de donner libre cours à son imagination. Selon Pinon (1991), le type ne peut constituer un frein à la création, puisqu'il est 'vague' par définition, signification en concordance avec celle que Quatremère de Quincy préconisait bien avant lui. Il ne saurait, bien évidemment, être question d'émuler les concepteurs du passé. D'ailleurs, qui songerait même à suggérer au concepteur contemporain d'adhérer à une approche comparable à celle sur laquelle Jean-Nicolas-Louis Durand fondait son enseignement? Il ne s'agit pas ici de prescrire, mais plutôt d'intégrer à la pratique architecturale les connaissances pouvant découler de l'interprétation du patrimoine. L'utopie d'une typologie universelle qui vaudrait pour tous est loin derrière nous; en ce sens, l'organisation proposée par l'historien serait bien évidemment évolutive. Non seulement le concepteur est-il libre arbitre dans la délimitation de son champ de référence, mais, nous l'avons vu, la démarche typologique de l'historien conduit quant à elle à l'élaboration de modèles en perpétuelle évolution.

La démarche typologique se ferait par le biais d'un processus itératif de proposition / critique / remaniement, impliquant tour à tour le *typologue* et le concepteur. À ce propos Reichlin (1985) est formel: « The typological approach has contributed, and will continue

⁴⁸⁷ Égarements dus à une *décontextualisation* de l'élément architectural ou de la source d'inspiration.

to contribute, a great deal to architecture but only on the condition that it remains a constant subject of discussion » (p.36).

Aux dires de nombre de chercheurs, la démarche typologique offre pour la conception architecturale des avantages inappréciables (Reichlin, 1985; Pinon, 1991, Caniggia, 2000). Dans le contexte d'une éventuelle collaboration concepteur / historien, il serait loisible d'évaluer les possibilités de ré-adhérer à un processus typologique. Il s'agirait, comme nous l'avons indiqué, d'évaluer dans quelle mesure la connaissance construite par l'historien de l'architecture est à même de contribuer au processus de conception du bâti d'aujourd'hui. Dans le cas contraire, serait-ce à dire qu'elle est irrémédiablement confinée au domaine de la réflexion, et exclue du domaine de l'action?

Pour notre part, nous considérons que le fait de formaliser une structure typologique, entérinant (hypothétiquement) la poursuite d'un processus typologique, serait susceptible d'être bénéfique. Cette démarche constituerait un pas contribuant à franchir le fossé existant entre compréhension stérile et compréhension féconde. L'établissement d'un pont allant de la connaissance vers l'action nous semble ardemment souhaitable puisque, comme le constate Barelkowsky (2006), l'étude de l'histoire de l'architecture est superfétatoire si elle ne débouche pas sur une application concrète des notions développées.

Bien qu'une éventuelle ré-adhésion à un processus typologique ne soit assurément pas la panacée, il est permis d'imaginer qu'elle permettrait dans une certaine mesure d'enrichir le cadre bâti d'éléments dotés de meilleures corrélations, aussi bien avec les bâtiments existants qu'avec ceux à venir. Ainsi les objets construits seraient perçus, comme le formule si bien Larochelle (2000), en tant que résultante « d'un processus historique de diversification et de spécialisation des formes, où le présent s'explique par le passé et conditionne le devenir » (p.i).

12.2 L'approfondissement et la diversification de filons typologiques

Suite aux considérations dont nous avons fait état à la section précédente, quant à une possible articulation entre démarche typologique et conception architecturale, il apparaît opportun de soulever le questionnement suivant : dans la mesure où des systèmes typologiques pourraient contribuer à baliser la démarche du concepteur architectural, l'informatique pourrait-elle constituer un outil favorisant l'approfondissement et la diversification des filons typologiques?

Casakin et Dai (2002) se sont penchés sur la question du rôle des typologies dans le cadre d'un processus de conception. Ils considèrent que ces dernières devraient cesser d'être utilisées à 'huis clos' par l'historien comme outil d'analyse et de classification; il faudrait, selon eux, chercher à transcender le caractère normatif qui leur était naguère associé et en faire des outils de référence pour le concepteur. C'est dans cette optique qu'ils ont œuvré à formaliser des typologies architecturales de façon à les rendre aptes à contribuer à la résolution de problèmes de conception. L'équipe de chercheurs a élaboré un environnement numérique permettant au concepteur d'avoir recours à la connaissance typologique par le biais de processus interactifs basés sur la perception visuelle. Suite à ces travaux, ils en sont venus à la conclusion suivante:

« Since conceptual designs are based on fuzzy and ambiguous knowledge, typology is of great assistance for representing knowledge in a schematic and conceptual level, as is required at [the first] stage of the design process. Far from being an obstacle to develop an original solution, using typological knowledge is believed to support the development of a designer's personal intentions. » (Casakin et Dai, 2002, p.3)

Ainsi, non seulement le recours à l'outil informatique pour la formalisation de typologies est-il possible, il apparaît même comme étant riche de potentiel. Dans le cadre de leurs expérimentations, Casakin et Dai (2002) ont décrit les types par le biais

d'ensembles de règles de composition. Afin d'explorer un nouvel axe de développement dans ce domaine, tout en mettant à contribution ce qui ressort des études de cas que nous avons menées, nous suggérons de décrire les types par le biais de procédures génératrices. À partir du corpus élaboré en partenariat par le concepteur et l'historien, le développeur procéderait au repérage de ce qui est constant et de ce qui varie⁴⁸⁸ afin d'en décrire la nature et les interconnexions, sous forme d'algorithmes, par le biais d'un langage de programmation 3D.

Il s'agirait d'une approche similaire au formalisme introduit par Minsky (1975) il y a quelques décennies. Ce dernier a réfléchi à l'implémentation d'une méthode flexible pour rendre compte des complexités inhérentes à la définition d'un type dans un langage interprétable par l'ordinateur. Il a proposé le recours à des 'structures' composées de *slots* et de *slots fillers*⁴⁸⁹ ayant pour mandat de décrire les caractéristiques implicites et explicites du type⁴⁹⁰. L'aisance avec laquelle il était permis de modifier le contenu des *slots* constitue en somme l'équivalent de la liberté d'action de l'individu qui a le loisir de donner, de façon itérative, de nouvelles valeurs en argument à une procédure de programmation 3D.

Des approches de ce type permettent au concepteur d'explorer, de façon intuitive, des gammes de variations possibles à l'intérieur d'un cadre prédéterminé. La modification des valeurs assignées aux caractéristiques explicites mène à l'interpolation, tandis que la variation des valeurs assignées aux caractéristiques implicites mène à une diversification des ramifications de la structure arborescente qui constituent le système typologique. Par le biais de l'interpolation, il est ainsi possible d'appréhender non seulement ce qui *fut* mais

⁴⁸⁸ Respectivement les caractéristiques implicites et les caractéristiques explicites.

⁴⁸⁹ Nous utilisons ces termes anglais, faute d'une traduction adéquate.

⁴⁹⁰ Selon ce formalisme, une *slot* peut être remplie ou vide. Le *slot filler* peut être une valeur entrée manuellement, une valeur par défaut, un algorithme pour déterminer la valeur adéquate ou une autre 'structure'.

également ce qui *aurait pu être*. Par le biais de la diversification des filons typologiques, il est envisageable d'explorer ce qui pourrait être dérivé de l'existant, en somme ce qui pourrait *advenir* de ces formes architecturales.

Cette nouvelle piste d'investigation que nous traçons revient à pousser plus avant le raisonnement qui a été déployé dans le cadre du présent travail de recherche: l'exploration d'un système typologique n'aurait plus pour objectif de contribuer au processus de reconstruction de la connaissance, mais plutôt d'enrichir un processus créatif. Il y aurait mutation d'un 'espace de simulation' vers un 'espace de conception'.

Dans le cadre du processus de conception, le concepteur pourrait explorer un environnement numérique et avoir recours à la méthode heuristique pour développer des configurations inédites⁴⁹¹. Il y aurait génération d'une multiplicité de cas de figure, tous rattachés, d'une façon ou d'une autre, à la structure arborescente du système typologique. L'apport de l'outil informatique se situerait au niveau de l'enrichissement du processus d'idéation par la succession rapide d'alternatives diverses venant étoffer le répertoire d'images du concepteur. Ces images, dans lesquelles apparaîtrait en filigrane l'influence du passé, permettraient le développement de concepts nouveaux basés sur une corrélation entre le bâti existant et l'intention de l'individu appelé à y intervenir. Comme le constate Kalay (2004), les technologies numériques ont la faculté d'amener le concepteur à aborder son rôle sous une optique entièrement nouvelle:

« The search for the roles that technology can play in the architectural design process may actually change how the built environment is conceived [...] because computers, much more so than any other tool, have the power to

⁴⁹¹ Notons ici la possibilité de poursuivre le processus typologique en faisant intervenir le hasard; l'utilisateur choisirait et modifierait les sous-ensembles de caractéristiques dont les valeurs seraient attribuées par le biais des procédures de sélection aléatoires.

change the tasks they are applied to, creating new roles for themselves along the way.» (p.75)

Il serait intéressant de porter notre réflexion sur les jalons d'une éventuelle collaboration théoricien / praticien; le théoricien étant l'individu qui élabore des typologies (ici à partir d'un corpus de spécimens appartenant au cadre bâti existant), le praticien étant l'individu qui conçoit le bâti contemporain. Goethe (1878) disait « L'homme d'action est toujours sans conscience; il n'y a de conscience que chez le contemplatif » (p.421). Dans la mesure où le rôle de l'historien peut être assimilé à celui du contemplatif, et où le rôle du concepteur peut être assimilé à celui de l'homme d'action, il y aurait ici possibilité d'entreprendre une fascinante odyssée en quête d'un amalgame liant les bénéfices de la contemplation et de l'action.

Bien que la programmation informatique ne soit pas nécessairement étrangère au champ de compétences de l'architecte⁴⁹², cette synergie devrait englober une tierce personne, en l'occurrence le développeur informatique, c'est-à-dire un individu possédant les compétences techniques nécessaires au développement des environnements numériques permettant le processus exploratoire. Dans un tel contexte, il pourrait s'avérer captivant d'observer les interactions théoricien / praticien / développeur. Mamykina et ses collaborateurs (2002) se sont penchés sur ce type d'échanges. Selon eux, pour que des environnements numériques soient susceptibles d'appuyer une démarche créative, il est essentiel qu'utilisateurs et développeurs travaillent de pair à leur élaboration évolutive. La qualité de la communication s'avère ici le facteur clé; idéalement, le rôle du développeur serait de comprendre les démarches respectives du *typologue* et du concepteur architectural, de proposer des méthodes pour traduire leurs idées en procédures exécutables par

⁴⁹² La programmation est à la portée du concepteur architectural, comme le démontrent notamment les travaux de Alisa Andrasek, Mike Silver et Greg Lynn, dont il a été question en introduction.

l'ordinateur et, finalement, de rendre le processus informatique intelligible⁴⁹³. Inversement, le *typologue* et le concepteur architectural devraient, quant à eux, bien saisir les potentiels et limitations de l'outil informatique.

Dans le cadre du questionnement et des expérimentations proposés ci-dessus, nous pourrions porter notre intérêt sur la démarche du concepteur architectural qui entreprend un processus créatif à la recherche d'une solution finie et réalisable, pouvant être insérée dans un cadre bâti existant. Nous pourrions nous interroger sur l'incidence que la synergie proposée pourrait avoir sur la production architecturale contemporaine. Or, bien que cette question constitue en soi un champ d'interrogation extrêmement riche, notre intérêt pourrait également porter sur une recherche formelle en vue de faire émerger la diversité pouvant potentiellement résulter de l'exploration des filons typologiques identifiés par l'historien.

Référons-nous ici à la démarche artistique des photographes Bern et Hilla Becher qui ont oeuvré à assembler des collections de photographies de bâtiments et structures industrielles⁴⁹⁴. Par le biais de séries de 6, 9, 12 ou 15 photos, ils ont procédé à la juxtaposition d'éléments architecturaux ayant la même fonction et présentant des similitudes au niveau de la configuration. Il s'agissait pour eux de capturer l'essence du bâtiment ou de l'artefact par la comparaison entre les similarités, au niveau de l'ensemble, et les particularités des divers cas de figure. La valeur de l'œuvre de ces deux artistes réside dans la consistance des séries, dans le fait que la juxtaposition des divers clichés est plus signifiante que la somme des photos individuelles. Leur talent, reconnu internationalement, transparait dans leur aptitude à élaborer en quelque sorte un système, puisqu'on retrouve ici encore la dualité entre caractéristiques implicites et caractéristiques explicites.

⁴⁹³ Le rôle que nous envisagerions dans ce contexte est celui du développeur. Notre intérêt se situerait au niveau de l'exploration algorithmique.

⁴⁹⁴ Des séries de photographies réalisées par Bern et Hilla Becher (2004) sont présentées à l'annexe S.

Nous pourrions donc embrasser simultanément deux axes de questionnement concomitants, en l'occurrence: l'exploration d'un espace de conception basé sur un système typologique peut-elle constituer une démarche féconde pour le concepteur architectural? Et, parallèlement, permet-elle à 'l'explorateur' d'aspirer, de prétendre, à un type d'expression artistique similaire à celui des Becher?

Dans un cas comme dans l'autre, il s'agit de déterminer si l'exploration algorithmique est susceptible d'enrichir une démarche créative. Nous pouvons supposer qu'il serait possible de répondre par l'affirmative dans la mesure où le contrôle du concepteur et de l'historien s'opère au niveau de la structure du système typologique, laissant ensuite à l'aléatoire le soin de dérouler quelques trajectoires dans l'espace de simulation. En fait, il s'agit moins, dira Quéau (1986), de «contempler des formes finies, que de goûter des trajectoires imprévisibles et cependant formelles» (p.163).

Si nous entreprenions cette nouvelle recherche, nous serions amenés à vérifier dans quelle mesure la richesse géométrique des types proposés par le *typologue*, jumelée à la variété des valeurs symboliques pouvant être affectées aux divers caractéristiques implicites et explicites, rendrait possible un processus exploratoire à des fins créatives. Nous pourrions poser l'hypothèse selon laquelle cette démarche serait apte à stimuler la créativité aussi bien du concepteur architectural que de l'artiste désireux d'explorer un espace de conception architecturale.

Il y aurait ainsi mise à contribution de ce que Lévy (1990) appelle « l'imagination assistée par ordinateur » pour enrichir l'expérience vécue par l'individu, et pour bonifier l'appréciation faite par celui-ci, face à la résultante du processus créatif. Il s'agirait en somme de vérifier si l'exploration d'un espace de conception basé sur un système

typologique peut contribuer à donner libre cours au *flux de créativité*⁴⁹⁵ du concepteur, si elle est apte à faire naître «le sentiment de plaisir qui accompagne la création authentique, lorsque l'intelligence de l'individu est sollicitée dans ce qu'elle a de plus passionnel»⁴⁹⁶.

⁴⁹⁵ C'est-à-dire un état dans lequel entre un individu lorsqu'il est complètement absorbé par l'activité qu'il accomplit, lorsque chaque action, mouvement et/ou pensée suit inévitablement le ou la précédente (Csikszentmihályi, 1997).

⁴⁹⁶ Selon la formulation de Clergue (1997, p.140).

Conclusion

Au moment d'introduire le sujet du présent travail de recherche, nous nous sommes interrogés à savoir si l'outil informatique pouvait amener le concepteur architectural à créer et/ou à apprendre différemment. Au fil de la démarche, nous avons précisé notre axe de questionnement, ce qui nous a amenés à nous détourner du domaine de la création pour nous concentrer sur celui de la cognition (entendu au sens de la compréhension du sujet humain face à une connaissance modélisée).

La problématique que nous avons mise en relief se situait au niveau de la connexité pouvant potentiellement exister entre patrimoine architectural et informatique. Nous avons soulevé la question suivante: dans quelle mesure et de quelles façons l'informatique peut-elle contribuer à ce que le processus d'élaboration de la connaissance, entrepris par l'historien de l'architecture, et le processus d'appréhension de cette dite connaissance par l'apprenant, s'opèrent tous deux de façon dynamique et itérative?

Nous nous sommes intéressés au processus de construction des savoirs relatifs au patrimoine architectural. Comme nous l'avons indiqué à plusieurs reprises, il n'était pas question, dans le cadre de notre démarche, de chercher à mettre en œuvre des moyens informatiques pour rendre compte d'une *vérité* dévoilée par l'historien omniscient; il s'agissait plutôt de formaliser un savoir en constante mouvance. Nous avons cherché à démontrer les possibilités d'avoir recours à des moyens informatiques pour diffuser les connaissances développées par l'historien de l'architecture, et ce, tout en tenant compte de l'évolution de l'interprétation qui est faite des biens patrimoniaux.

D'autre part, conformément à une vision du processus de reconstruction de la connaissance évoquant le bricolage (Papert 1981; Lévy, 1990), nous avons cherché à réunir tout un ensemble de 'matériaux' et à implémenter des 'outils' que l'apprenant puisse manier et manipuler. Nous avons cherché à amener l'individu à reconstruire la connaissance par le biais d'une diversité d'actions aptes à affecter directement un environnement numérique. Notre démarche nous a amenés à mettre à contribution des moyens informatiques pour inciter l'apprenant à appréhender certaines facettes du patrimoine, et

donc lui permettre d'enrichir sa sensibilité face au legs architectural transmis par les générations antérieures.

Notre intérêt a porté de façon spécifique sur les typologies d'artéfacts patrimoniaux. Nous avons posé l'hypothèse selon laquelle des environnements numériques basés sur la réciprocité entre modèle conceptuel et un système génératif pourraient être aptes à enrichir et bonifier ces processus de construction et de reconstruction d'une connaissance. Nous avons cherché à formaliser un segment donné d'un processus typologique et certaines facettes d'un savoir-faire artisanal, afin de mettre en relief le potentiel de l'outil informatique dans le domaine de la diffusion de l'interprétation qui est faite des biens patrimoniaux. Par le biais de nos études de cas, nous croyons avoir contribué à démontrer qu'il était possible d'augmenter, dans une certaine mesure, l'*enseignabilité* des systèmes typologiques.

La démarche que nous venons de décrire succinctement nous a permis d'enrichir notre compréhension quant aux modes d'acquisition de savoirs nouveaux relatifs au bâti existant. Cependant, lorsque l'on traite d'architecture, il semble que l'on revienne inéluctablement vers le domaine de la création. Cette propension nous a amenés, au chapitre précédent, à tracer certaines pistes de recherche dans l'optique d'établir un pont entre patrimoine et conception, un lien entre passé, présent et avenir.

Au terme de ce parcours, qui nous a conduits de la problématique à l'hypothèse pour nous mener ensuite en terrain d'expérimentations, nous souhaitons réaffirmer l'indéfectible conviction qui nous a animés tout au long de nos travaux, soit l'importance prépondérante que toute société devrait accorder à son patrimoine bâti. Nous nous référons ici, d'une part, à la nécessité de documenter ce patrimoine et de diffuser l'interprétation qui en est faite. Nous nous référons, d'autre part, à la responsabilité qui incombe au concepteur architectural; toute personne appelée à intervenir sur un environnement bâti est tenue de mettre à profit les enseignements qui lui sont prodigués par le chercheur en patrimoine, et d'exploiter ces connaissances de façon consciente et articulée.

La question fondamentale qui se pose ici est: Qu'entendons-nous faire du passé? La conservation du patrimoine a-t-elle pour ultime objectif de le mettre en vitrine pour l'offrir à la vue du spectateur? Le patrimoine exerce indéniablement un attrait. On peut, en effet, s'interroger sur le pourquoi de l'engouement du grand public pour les secteurs urbains dits historiques. Certes, il s'agit d'environnements qui bien souvent ont été 'enjolisés' – parfois au détriment de leur authenticité – pour en faire des produits de consommation destinés aux touristes. Cependant, au-delà des aspects pittoresques qui peuvent momentanément nous séduire, n'avons-nous pas confusément conscience d'une qualité qui se dégage de ces environnements? Ces secteurs 'historiques' présentent pour la plupart un cadre bâti qui, s'il n'est pas nécessairement homogène, constitue à tout le moins un cadre cohérent caractérisé par une harmonie à travers laquelle transparaît souvent la diversité des empreintes laissées par les générations successives. Chaque époque, par le biais d'objets architecturaux élaborés par des concepteurs anonymes, a laissé un témoignage de la culture collective qui lui était propre.

Indéniablement, le patrimoine bâti possède une force de témoignage que nous aurions tort de négliger. Comme le constate Choay (2006), l'aventure de l'humanité est fondée sur, et nourrie par, la mémoire du passé matériel. Les générations successives doivent nécessairement s'approprier ce passé matériel pour être en mesure de le transformer au gré de leurs identités respectives et permettre l'évolution de leur cadre de vie.

Nonobstant ces considérations (qui pourront faire figure de lieux communs), il est notoire que, au cours du XXe siècle, certaines sociétés occidentales ont fait relativement peu de cas du legs architectural transmis par les générations antérieures et de la pérennité de ces environnements 'stratifiés'. « La manie du gigantisme brutal et inarticulé est un phénomène de notre époque », écrivait Krier en 1975 (p.174). Il semble en effet que le

modernisme en architecture⁴⁹⁷ soit drapé d'une certaine prétention, et teinté d'une arrogance latente, comme si, en matière d'élaboration du cadre bâti, l'homme moderne savait plus et savait mieux que ses prédécesseurs, comme s'il lui était loisible d'opérer des ruptures où bon lui semblait et d'anéantir des portions du paysage urbain.

Au fil des décennies, nous avons assurément tiré des leçons de la modernisation à outrance. Il y a maintenant une considération de plus en plus marquée pour le patrimoine bâti; on cherche à le 'mettre en valeur'. Cette déférence est cependant sélective; alors que le monument historique suscite habituellement le respect, l'architecture vernaculaire est encore parfois mésestimée. Il semble que l'on prenne davantage en considération la valeur économique rattachée au patrimoine (et liée à l'industrie touristique) que sa valeur contextuelle. À l'extérieur des 'arrondissements historiques', ce qui n'est pas novateur apparaît souvent comme étant dépassé⁴⁹⁸. Les reliquats du passé, lorsque anonymes, sont symbole de désuétude, faisant en sorte qu'il semble approprié de les remplacer par des éléments plus contemporains.

On constate, depuis l'avènement de l'ère du numérique, une surenchère de l'appétence à innover, et ce, même au mépris du contexte existant. Il y a un engouement marqué pour les formes non-orthodoxes; l'outil informatique est utilisé pour élaborer des constructions aux linéaments inédits, s'éloignant autant que faire se peut des formes architecturales dites traditionnelles. On cherche à exploiter le potentiel des nouvelles technologies et à laisser émerger et s'épanouir une nouvelle forme d'esthétique que l'on pourrait ici qualifier de triomphante. Bien que le patrimoine soit respecté et 'mis en valeur',

⁴⁹⁷ L'expression 'modernisme architectural' est ici utilisée par opposition au processus traditionnel d'élaboration de la forme architectural qui était basé sur la transformation progressive.

⁴⁹⁸ Le 'vieux' déplaît, dira Krier (1975), parce qu'il est associé à la désuétude de l'objet utilitaire et au naufrage de l'organisme humain.

la production architecturale contemporaine est parfois axée sur le contraste; on cherche à se dissocier du contexte, à opérer une rupture avec le passé.

Lorsqu'on observe la production architecturale 'assistée par ordinateur', on pourrait aller jusqu'à dire que, dans certains cas, il ne semble pas s'agir d'entités architecturales destinées à être insérées dans un cadre bâti existant⁴⁹⁹. Le projet architectural semble consister à élaborer un objet sculptural qui sera déposé, voire parachuté, dans un contexte qui n'a pas (ou peu) été considéré en tant que composante du processus de conception⁵⁰⁰. Et on 'déblaie' – parfois allègrement – des portions du cadre bâti existant pour ménager une place à ces sculptures novatrices, qui sont l'expression même de l'ère du numérique

Il serait cependant judicieux de garder en mémoire que ce patrimoine que nous meurtrissons parfois ne nous appartient pas, à nous acteurs du moment présent, plus qu'il n'appartient à nos descendants. Si le fait d'effacer l'ardoise peut contribuer au sentiment de notre propre importance, cette action ne nous laisse-t-elle pas, dans une certaine mesure, désarmés? Un milieu de vie dissocié de son passé ne s'en trouve-t-il pas, par le fait même, appauvri? Quoi qu'on en dise, il y a quelque chose d'éminemment déstabilisant pour l'observateur à contempler un cadre bâti dépouillé de son histoire, un milieu urbain nivelé, dans lequel l'apport des prédécesseurs a été gommé. Le spectacle d'un environnement, voué aux fluctuations des goûts du moment, éveille subrepticement en nous un doute angoissant, puisqu'on peut supposer que notre propre contribution sera, elle aussi, effacée par le ressac.

Inversement, il semble sécurisant, pour le sujet humain qui évolue dans un cadre bâti, de constater que chaque génération a laissé derrière elle son empreinte, et que cette contribution a été valorisée par les successeurs. Il ne s'agit pas de tomber dans ce que

⁴⁹⁹ Nous nous référons ici aux concepts architecturaux élaborés par le biais de systèmes génératifs basés sur des algorithmes, et non au dessin assisté par ordinateur dans son ensemble.

⁵⁰⁰ Quelques exemples de cette tendance sont présentés à l'annexe R.

Choay (2006) appelle le ‘fétichisme du patrimoine’, une approche fondée sur une *hypervalorisation* des témoignages du passé, et qui constitue en soi une aporie. Sans verser dans la nostalgie et le passéisme, on peut en venir à considérer le cadre bâti qui nous entoure comme le témoignage ‘vivant’ d'un processus qui se déploie dans le temps et, incidemment, comme une source d'inspiration.

Certes, en matière d'architecture et d'urbanisme, les contraintes et les enjeux sont différents de ce qu'ils étaient par le passé. Il ne saurait être question de construire ou de planifier comme le faisaient nos ancêtres; l'homme moderne a d'autres visées, il est mû par d'autres ambitions. Cependant, bien que nous soyons manifestement différents, nous pouvons nous interroger sur l'acuité de cette différence. N'y a-t-il pas une constante dans ce à quoi nous aspirons? Ne nous apparaît-il pas que, comme par le passé, la forme architecturale devrait continuer à évoluer de façon progressive plutôt que de subir sporadiquement des ruptures? Le cadre bâti dans lequel nous évoluons, notre existence durant, n'est-il pas comparable à toutes choses auxquelles nous accordons une valeur en nos vies, les relations que nous établissons avec autrui, les connaissances que nous acquérons, qui toutes – ou la plupart – sont basées sur un processus graduel?

Il appartient à chaque génération d'étoffer progressivement le patrimoine qui lui a été transmis, de prendre en considération, pour l'enrichir, ce que ses prédécesseurs ont laissé derrière eux. Or, pour que le concepteur bâtisse dans le respect de ce qui est existant, pour qu'il tire profit des enseignements que peuvent lui livrer les formes du passé, il lui faut préalablement connaître et valoriser le patrimoine propre à la société à laquelle il appartient. Il appert que, si l'on néglige parfois l'apport potentiel des biens patrimoniaux dans la production architecturale contemporaine, c'est peut-être faute de savoir en reconnaître la valeur. Lorsque nous cherchons obscurément à nous dissocier d'un contexte, d'une façon de faire, d'un passé, c'est bien sûr par désir de nouveauté, mais ça peut être également par ‘ignorance’.

L'outil informatique, nous semble-t-il, pourrait constituer un vecteur de diffusion apte à contrer, dans une certaine mesure, cette inculture. L'ordinateur apparaît comme étant un formidable outil offrant au concepteur l'opportunité d'élaborer des œuvres architecturales qui démontrent au public les prouesses pouvant être accomplies par le génie créatif de l'humain, secondé par les technologies numériques. Soit, mais l'apport de cet outil dans le domaine de l'architecture peut consister parallèlement, et même inversement pourrions-nous dire, à amener le concepteur à mieux connaître, comprendre et apprécier ses racines. C'est précisément cette potentialité que nous avons cherché, dans le cadre de nos réflexions et expérimentations, à investiguer et à exemplifier.

Il nous apparaît que l'ordinateur peut inciter un individu, appelé à intervenir sur un cadre bâti existant, à prendre conscience de l'historicité des lieux et à fonder sa démarche créative sur des acquis. Une telle prise de conscience pourrait le disposer à réinvestir un rôle de concepteur architectural en tant qu'agent de diffusion et d'enrichissement de la culture matérielle propre à sa communauté. Dans ce contexte, il serait loisible au concepteur d'entreprendre une démarche non pas axée essentiellement sur une quête de l'originalité, sur un désir d'innover, mais sur le respect inventif du bâti existant. En somme, l'ordinateur, selon l'optique privilégiée, constitue un outil pouvant concourir à accentuer les ruptures au sein du processus d'évolution des formes architecturales ou, au contraire, un outil pouvant contribuer à en assurer la continuité.

Il semble que notre insatiable attrait pour la nouveauté puisse à certains moments nous égarer, égarement se traduisant par une certaine incohérence du cadre bâti contre laquelle s'insurge Caniggia (2000). Bien qu'une rupture avec le passé puisse sous une certaine optique sembler envisageable, voire bénéfique, la continuité des événements, elle, ne saurait être interrompue; nous avons reçu en héritage un cadre bâti et, inéluctablement, un jour viendra où nous aussi lèguerons un patrimoine, quel qu'il soit.

Élargissons notre perspective et demandons-nous dans cent ans, dans deux cents ans, par exemple, quel regard nos descendants porteront sur notre production du bâti⁵⁰¹. Celui-ci sera-t-il représentatif de ce que nous étions et de comment nous vivions? Bien qu'en regard de la culture de l'instantané, il puisse sembler candide de ne pas se contenter d'être un acteur du moment présent et de chercher à construire pour la postérité, il semble opportun de se questionner sur les caractéristiques de la place que nous aurons occupée dans la succession des générations.

Avant de créer, il faut savoir être, disait Dinu Bumbaru⁵⁰². Le nouvel outil que l'ère du numérique a placé entre nos mains pourrait-il nous amener à mieux comprendre ce que nous sommes et ce que nous avons été? Cette introspection n'est-elle pas essentielle à la démarche de tout individu appelé à intervenir sur le bien collectif que constitue le cadre bâti?

Certes, pour *apprécier* notre patrimoine et en tirer les enseignements qu'il peut nous livrer, l'ordinateur ne nous est pas indispensable; les générations antérieures s'en sont d'ailleurs fort bien passées. Il appert cependant que maintenant la donne est différente; en raison des bouleversements survenus dans le monde contemporain, jamais la mémoire des villes et des bâtisseurs n'avait été aussi menacée. C'est pourquoi il apparaît primordial de saisir l'opportunité que nous avons de nous approprier ce nouvel outil mis à notre disposition. Cet outil, nous le façonnons à notre convenance; il aura l'utilité que nous jugerons souhaitable de lui donner. Or, parmi ses multiples usages, nous pouvons le mettre à contribution pour étoffer nos connaissances en matière de patrimoine, pour affiner la

⁵⁰¹ Ici se pose bien évidemment le problème de la survivance : ce qui aura survécu à l'épreuve du temps et ce qui aura été jugé digne d'être conservé.

⁵⁰² Dinu Bumbaru est directeur d'Héritage Montréal et secrétaire général du Conseil International des monuments et sites. Cette phrase, faisant partie de sa réflexion sur le patrimoine architectural montréalais, apparaît sur le site suivant: http://www.culturemontreal.ca/assemblee/0402_candidatures/203bumbaru.htm.

perception que nous avons de ce qui nous entoure, pour développer notre conscience de la potentialité qui gît au sein des cadres bâtis existants.

Bien évidemment, pour comprendre et apprécier ce qui nous entoure, nous aurons toujours le loisir de lire et d'observer. Il nous apparaît cependant que, dans le domaine du patrimoine architectural, l'informatique offre un potentiel indéniable au niveau de la diffusion de connaissances évolutives, potentiel qui transcende la vision rétrograde d'un savoir définitif et pour ainsi dire cristallisé. Il offre en outre un rôle nouveau à l'apprenant; d'observateur et lecteur 'passif', le voilà sujet actif et cogitant qui procède à une démarche itérative l'amenant à agir / observer / réfléchir.

L'approche qui a été proposée dans le cadre de la présente recherche, centrée sur l'*enseignabilité* des systèmes typologiques, ne constitue bien évidemment qu'une des multiples possibilités qui s'offrent à nous de mettre à profit le potentiel de l'outil informatique. De par le monde, nombre de chercheurs œuvrent à développer de nouvelles façons de faire, aptes à véhiculer les interprétations qui nous sont proposées d'une réalité, aussi riche qu'hétérogène, constituée par le patrimoine architectural. Ces équipes relèvent un défi de taille; elles cherchent à formaliser une connaissance en constante mouvance à l'aide de technologies en perpétuelle évolution. Arriveront-elles à élaborer des outils qui amèneront les concepteurs architecturaux à modifier le regard qu'ils portent sur leur propre patrimoine? L'ordinateur contribuera-t-il à établir un pont entre la production des générations antérieures et celle des générations subséquentes? La question demeure bien évidemment ouverte; l'histoire reste à écrire.

Bibliographie

- Ackermann, P. (2005). Interactive simulations. Total interaction. G. M. Buurman. Basel, Birkhauser: 275-289.
- Adams, A. (1996). Architecture in the family way : doctors, houses, and women, 1870-1900. Montréal, McGill-Queen's University Press.
- Affleck, J., Kvan T. (2005). Reinterpreting Virtual Heritage CAADRIA 2005 : Proceedings of the 10th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, New Delhi
- Ahmed, I., Blustein, J. (2005). Navigation in Information Space. Proceedings of 2nd International Conference on Web Based Communities Algarve.
- Akgun, Y. (2003). An Interactive Database (HizmO) for Reconstructing Lost Modernist Izmir. Digital Design : 21th eCAADe Conference Proceedings, Graz.
- Akin, Ö. and H. Moustapha (2004). Formalizing Generation and Transformation in Design. Design Computing and Cognition DCC'04 Proceedings, Cambridge, MIT.
- Alain, M. Savin, et al. (1956). Propos. Paris, Gallimard.
- Amadiou, F. and A. Tricot (2006). "Utilisation d'un hypermédia et apprentissage : deux activités concurrentes ou complémentaires?" Psychologie Française: Apprentissage et hypermédia **51**(1): 5-23.
- Anders, P. (2000). "Defining architecture: defining information." ACADIA Quarterly **19**(1): 3-7.
- Andreewsky, E. (1991). Systémique & cognition. Paris, Dunod.
- Angulo, A. (2006). Optimization in the Balance between the Production Effort of E-learning Tutorials and their related Learning Outcome. Proceedings of the 10th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, Santiago de Chile.
- Argan, G. C. (1965). "On the Typology of Architecture." Architectural Design **33**(12): 564-565.
- Arnold, D. (2002). Reading architectural history. Londres, Routledge.
- Asojo, A. O. (2000). "Design algorithms after Le Corbusier." ACADIA Quarterly **19**(4): 17-24.
- Bachelard, G. (1936). La dialectique de la durée. Paris, Boivin.
- Balacheff, N. (2006). Apprentissage, éducation et formation. Communication et connaissance: supports et médiations à l'âge de l'information. J.-G. Ganascia. Paris, CNRS 126-130.

- Balandier, G. (1994). Ordre et désordre: le point de vue anthropologique. Les défis de la complexité: Vers un nouveau paradigme de la connaissance? D. d. Béchillon. Paris, L'Harmattan.
- Bales, R. F. (1999). Social interaction systems: Theory and measurement. New Brunswick Transaction.
- Banham, R. (1960). Theory and design in the first Machine Age. London, Architectural Press.
- Bar-Yam, Y. (1997). Dynamics of complex systems. Reading, Mass., Addison-Wesley.
- Barcet, A., C. Le Bas, et al. (1985). Savoir-faire et changements techniques : essai d'économie du travail industriel. Lyon, Presses universitaires de Lyon.
- Barelkowski, R. (2004). The Optimization of Assumptions of the Reconstruction of Monumental Objects of Romanesque and Gothic Architecture - Computer Aided Archeological and Architectural Research. Architecture in the Network Society : 22nd eCAADe Conference Proceedings Copenhagen.
- Barnard, Y. F. and J. Sandberg (2001). A Modelling Framework for the Design and Evaluation of Learning Environments from the Learner's Point of View. Multimedia learning : cognitive and instructional issues. J.-F. Rouet, J. Levonen and A. Biarreau. Amsterdam, Pergamon: 155-166.
- Barrios, C. (2005). Transformations on Parametric Design Models. Computer Aided Architectural Design Futures 2005 : Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Vienne.
- Basque, J. and K. Lundgren-Cayrol (2003). Les "TIC", nouveaux médias d'apprentissage? Montréal, Télé-Université.
- Batie, D. L. (1997). "The incorporation of construction history in architectural history: the HISTCON interactive computer program." Automation in Construction 6(4): 275-285.
- Beaud, M. (2003). L'art de la thèse : comment préparer et rédiger une thèse de doctorat, un mémoire de DEA ou de maîtrise ou tout autre travail universitaire. Paris, La Découverte.
- Becher, B., H. Becher, et al. (2004). Typologies. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Beitia, S. S., Zulueta, A., Barrallo, J. (1995). The Virtual Cathedral - An Essay about CAAD, History and Structure. Multimedia and Architectural Disciplines : Proceedings of the 13th European Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe, Palerme.
- Bergamasco, M., A. Frisoli, et al. (2002). Haptics Technologies and Cultural Heritage applications. Proceedings of Computer Animation, Genève.
- Bernhardt, U. and C. Le (2002). Le Corbusier et le projet de la modernité : la rupture avec l'intériorité. Paris, L'Harmattan.

- Besnier, J.-M. (1996). Les théories de la connaissance : un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir. Paris, Flammarion.
- Blomfield, R. T. (1908). The mistress art. London,, Arnold.
- Blondel, J.-F. and J.-F. Blondel (1973). Discours sur la nécessité de l'étude de l'architecture ; De l'utilité de joindre à l'étude de l'architecture celle des sciences et des arts qui lui sont relatifs. Genève, Minkoff Reprint.
- Booth, D. W. and D. Boulerice (2004). Relevé architectural et informatique: L'exemple du Portail royal de Chartres. 72e Congrès de l'Acfas, Montréal.
- Booth, W. C., G. G. Colomb, et al. (1995). The craft of research. Chicago, University of Chicago Press.
- Borie, A. (1991). Typologie des maisons ottomanes traditionnelles. Recherches sur la typologie et les types architecturaux : actes de la table ronde internationale. J.-C. Croizé, J.-P. Frey and P. Pinon. Paris, L'Harmattan: 169-178.
- Borillo, M. and J.-P. Goulette (2002). Cognition et création : explorations cognitives des processus de conception. Sprimont, Mardaga.
- Boudon, P. (1992). Le paradigme de l'architecture. Candiac, Québec, Éditions Balzac.
- Boudon, P. (2002). Éléments pour une 'simulation' scientifique des 'opérations' de conception. Cognition et création : explorations cognitives des processus de conception. M. Borillo and J.-P. Goulette. Sprimont, Mardaga: 49-64.
- Bouffard, T. (1998). Système de soi et métacognition. Métacognition et compétences réflexives. L. Lafortune, P. Mongeau and R. Pallascio. Montréal, Éditions Logiques: 203-222
- Boulting, N. (1976). The law's delay. The future of the past. J. Fawcett. Londres, Thames & Hudson: 9-34.
- Briggs, M. S. (1974). The architect in history. New York, Da Capo Press.
- Burry, M. (2005). Digitally Sponsored Convergence of Design Education, Research and Practice. Computer Aided Architectural Design Futures, Vienne.
- Buurman, G. M. (2005). Total interaction : theory and practice of a new paradigm for the design disciplines. Basel, Birkheuser.
- Caelen, J. (2006). Interfaces Homme-Machine. Communication et connaissance: supports et médiations à l'âge de l'information. J. G. Ganascia. Paris, CNRS 79-87.
- Caldas, L. G. and L. K. Norford (2003). "Shape Generation Using Pareto Genetic Algorithms : Integrating Conflicting Design Objectives in Low-Energy Architecture." Internationa journal of architectural computing **01**(04): 504-515.
- Caniggia, G. and G. L. Maffei (2000). Composition architecturale et typologie du bâti. Versailles, Ville recherche diffusion.

- Carpo, M. (2001). Architecture in the age of printing : orality, writing, typography, and printed images in the history of architectural theory. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Carr, E. H. (2002). What is history? Reading Architectural History D. Arnold. Londres, Routledge: 14-23.
- Castex, J. (2002). "La critique des types a-t-elle une influence sur l'histoire de l'architecture? ." Cahiers de la recherche architecturale et urbaine **9-10**: 57-68.
- Cattaneo, M., J. Trifoni, et al. (2002). Le patrimoine mondial de l'Unesco : les monuments. Paris, Gründ.
- Champion, E., B. Dave, et al. (2003). Interaction, Agency and Artefacts, Digital Design - Research and Practice. Proceedings of the 10th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Tainan.
- Chase, S., Ahmad, S. (2005). Grammar Transformations: Using Composite Grammars to Understand Hybridity in Design. Learning from the Past a Foundation for the Future : Special publication of papers presented at the CAAD futures 2005 conference Vienne.
- Chase, S. C. (1999). Grammar Based Design: Issues for User Interaction Models. Media and Design Process, proceedings of ACADIA '99, Salt Lake City.
- Chen, H.-S., Tseng, L.-T., Li, C.-H. (2005). CaseBox: a Tool for Case-based Learning. Digital Design: The Quest for New Paradigms, 23rd eCAADe Conference Proceedings, Lisbonne.
- Chevallier, D. (1989). "Le programme savoir-faire et techniques " Terrain **12**: 138-141.
- Chevallier, D. (1991). "Des savoirs efficaces." Terrain **16**: 5-12
- Chien, S. F. and U. Flemmings (1997). Information navigation in generative design systems. CAADRIA '97 Proceedings, Taipei, Hu's Publisher.
- Choay, F. (1992). L'allégorie du patrimoine. Paris, Seuil.
- Clerget, M. (1991). Systèmes experts. Savoir faire et pouvoir transmettre : transmission et apprentissage des savoir-faire et des techniques. D. Chevallier. Paris, Editions de la Maison des sciences de l'homme: 189-196.
- Clergue, G. (1997). L'apprentissage de la complexité. Paris, Hermes.
- Colakoglu, B., Dionyan, S. (2005). A Parametric Form Generator - ConGen. Digital Design: The Quest for New Paradigms : 23rd eCAADe Conference Proceedings Lisbonne.
- Colquhoun, A. (1969). "Typology and Design Method." Perspecta **12**: 71-74.
- Comte, A. and F. Khodoss (1982). Cours de philosophie positive : première et deuxième leçons. Paris, Hatier.
- Conway, H. and R. Roenisch (2005). Understanding architecture: An introduction to architecture and architectural history. Londres, Routledge.

- Corbusier, L. (1960). Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme. Paris,, Vincent Fréal.
- Corona-Martínez, A., L. Vigo, et al. (2000). Seminario/Taller de Investigación Proyectual: Estructura de taller activo para enseñar a proyectar asistido por la Tipología y el CAD. Sigradi, Rio de Janeiro.
- Corvol, A., P. Hoffsummer, et al. (2002). Les charpentes du XIe au XIXe siècle : typologie et évolution en France du nord et en Belgique. Paris, Monum : Éd. du patrimoine.
- Croizé, J.-C. (1991). La typologie comme objet méthodologiquement construit. Recherches sur la typologie et les types architecturaux : actes de la table ronde internationale. J.-C. Croizé, J.-P. Frey and P. Pinon. Paris, L'Harmattan: 42-46.
- Csikszentmihalyi, M. (1997). Creativity : flow and the psychology of discovery and invention. New York, HarperPerennial.
- Darin, M. (1991). L'entresol de l'immeuble haussmannien: un élément typologique faible. Recherches sur la typologie et les types architecturaux : actes de la table ronde internationale. J.-C. Croizé, J.-P. Frey and P. Pinon. Paris, L'Harmattan: 199-209.
- Dave, B. (2005). Labyrinthine Digital Histories. Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Vienne.
- Davies, R. L. (1961). The education of an architect : an inaugural lecture delivered at University College London, 10 Nov. 1960. London, [s.n.
- Day, A. (1992). Multimedia Tools for the Investigation of Architectural History. CAAD Instruction: The New Teaching of an Architect? eCAADe Conference Proceedings Barcelone.
- De Bono, E. (1973). Lateral thinking: creativity step by step. New York, Harper Colophon Books.
- de Vries, E. and A. Tricot (1998). Évaluer l'utilisation d'hypermédias: intérêts et limites des variables de performance. Les hypermédias : approches cognitives et ergonomiques. A. Tricot and J.-F. Rouet. Paris, Hermes: 175-190.
- Deloche, B. (1983). "Modèles, types et variantes dans le mobilier domestique : essai de formalisation d'une démarche " Milieux (15-16) : 78-85.
- Deloche, B. (1991). Pour une atypologie systématique. Recherches sur la typologie et les types architecturaux : actes de la table ronde internationale. J.-C. Croizet, J.-P. Frey and P. Pinon. Paris, L'Harmattan: 121-130.
- Deschamps, J. (1994). Les révolutions scientifiques et leur contexte. Les défis de la complexité: Vers un nouveau paradigme de la connaissance? D. d. Béchillon. Paris, L'Harmattan: 83-100.
- Deslauriers, J.-P. (1988). Les Méthodes de la recherche qualitative. Sillery, Presses de l'Université du Québec.

- Doucet, J. (1994). Avant-propos. Les défis de la complexité: Vers un nouveau paradigme de la connaissance? D. d. Béchillon. Paris, L'Harmattan: 9-11.
- Dumas, J. S. and J. Redish (1999). A practical guide to usability testing. Exeter ; Portland, OR, Intellect.
- Duprat, B. (1991). Problèmes et méthodes des classifications morphologiques. Recherches sur la typologie et les types architecturaux : actes de la table ronde internationale. J.-C. Croizé, J.-P. Frey and P. Pinon. Paris, L'Harmattan: 97-106.
- Durand, J. N. L. (1975). Précis des leçons d'architecture données à l'École royale polytechnique ; partie graphique des cours d'architecture faits à l'École royale polytechnique depuis sa réorganisation : précédé d'un sommaire des leçons relatives à ce nouveau travail. s.l., Uhl Verlag.
- El-Hakim, S., L. Gonzo, et al. (2007). "Detailed 3D Modelling of Castles." International Journal of Architectural Computing, **5**(2): 200-220.
- Espagnat, B. d. (1990). Penser la science, ou, Les enjeux du savoir. Paris, Dunod.
- Farel, A. (1991). Le troisième labyrinthe : architecture et complexité. Montreuil/Bois, Editions de la Passion.
- Fernández-Ruiz, J. A., Gómez-Robles, L. (2004). La representación gráfica de las ciudades del pasado. SIGraDi 2004 : Proceedings of the 8th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, Porte Alegre.
- Flemming, U. (1987). "More than the sum of parts: the grammar of Queen Anne houses." Planning and Design **14**: 323-350.
- Foni, A. E., G. Papagiannakis, et al. (2007). "Time-Dependant Illumination and Animation of Virtual Hagia-Sophia." International Journal of Architectural Computing **5**(2): 284-301.
- Franck, K. A. and L. H. Schneekloth (1994). Ordering space : types in architecture and design. New York, Van Nostrand Reinhold.
- Friedman, Y. (1971). Pour une architecture scientifique. Paris, P. Belfond.
- Gagnon, Y.-C. (2005). L'étude de cas comme méthode de recherche : guide de réalisation. Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec.
- Goethe, J. W. v. and J. Porchat (1878). Oeuvres: Pensées 1815-1832 Paris, Hachette.
- Golvin, J.-C. (1998). Réflexion relative au rôle de l'image de restitution : environnement, idée-image, patrimoine. L'historien et l'image : de l'illustration à la preuve H. Almeida-Topor. Metz, Centre de recherche Histoire et civilisation de l'Université de Metz.
- Gombrich, E. H. (2002). In search of cultural history. Reading architectural history. D. Arnold. Londres, Routledge: 164-172.

- Goode, T. (1992). "Typological Theory in the United States: The Consumption of Architectural "Authenticity" " Journal of Architectural Education **46**(1): 2-13.
- Granger, G. G. (1982). "Modèles qualitatifs, modèles quantitatifs dans la connaissance scientifique." Sociologie et sociétés **14**(1): 7-15.
- Grasl, T., Falkner, C., Kühn, C. (2006). Easy access classes for three-dimensional generative design - Using a collaborative environment for e-learning. Communicating Space(s) : 24th eCAADe Conference Proceedings, Volos.
- Groner, R., M. Groner, et al. (1983). Methods of heuristics. Hillsdale, N.J., L. Erlbaum Associates.
- Gropius, W. (1951). In search of better Architecture Education. Congrès Internationaux d'Architecture Moderne Zurich
- Guba, E. G. et Y. S. Lincoln (1994). Competing Paradigms in Qualitative Research. Handbook of Qualitative Research. N. K. Denzin et Y. S. Lincoln. Thousand Oaks, Sage Publications: 105-117.
- Guilford, J. P. (1967). The nature of human intelligence. Toronto, McGraw-Hill.
- Guillaume, J. (1985). Le système de l'escalier: grille d'analyse et vocabulaire international. L'escalier dans l'architecture de la renaissance. A. Chastel et J. Guillaume. Paris, Picard: 207-314.
- Gül, L. F., Maher, M. L. (2006). The Impact of Virtual Environments on Design Collaboration. Communicating Space(s): 24th eCAADe Conference Proceedings, Volos.
- Hayes, J. R. (1978). Cognitive psychology: thinking and creating. Homewood, Dorsey Press.
- Hosking, J. G., Mugridge, W. B., Buis, M. (1987). "FireCode: a case study in the application of expert-systems techniques to a design code." Environment and Planning B: Planning and Design **14**: 267-280.
- Ibrahim, M., Krawczyk, R. Schipporeit, G. (2003). CAD Smart Objects: Potentials and Limitations. Digital Design: 21th eCAADe Conference Proceedings, Graz.
- Irwin, J. K. (2003). Historic preservation handbook. New York, McGraw-Hill.
- Janssen, P., Frazer, J., Ming-xi, T. (2002). "Evolutionary Design Systems and Generative Processes " Applied Intelligence **16** (2): 119-128.
- Jemtrud, M., M. Brooks, et al. (2006). Intelligent Infrastructure Enabled Participatory Design Studio Communicating Space(s): proceedings of the 24th eCAADe conference, Volos.
- Joly, P. (1991). L'origine philosophique de la notion de type en matière d'habitation. Recherches sur la typologie et les types architecturaux: actes de la table ronde internationale. J.-C. Croizet, J.-P. Frey and P. Pinon. Paris, L'Harmattan: 143-146.

- Jonassen, D., M. Davidson, et al. (1995). "Constructivism and Computer-Mediated Communication in Distance Education." The American Journal of Distance Education 9 (2): 7-26.
- Jonassen, D. H., C. Carr, et al. (1998). "Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking." TechTrends 43 (2): 24-32.
- Jonassen, D. H. et S. M. Land (2000). Theoretical foundations of learning environments. Mahwah, L. Erlbaum Associates.
- Jonassen, D. H., K. L. Peck, et al. (1999). Learning with technology : a constructivist perspective. Upper Saddle River, N.J., Merrill.
- Kabata, M., Koszewski, K. (2005). A Model of Dispersed Historic Architectural Knowledge Base. Digital Design: The Quest for New Paradigms, 23rd eCAADe Conference Proceedings, Lisbonne.
- Kalay, Y. E. (2004). Architecture's new media: principles, theories, and methods of computer-aided design. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Kepczynska-Walczak, A. (2005). A Method Proposed for Adoption of Digital Technology in Architectural Heritage Documentation. Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Vienne.
- Kimpel, D. (1996). Structure et évolution des chantiers médiévaux. Chantiers médiévaux. F. Aceto. Saint-Léger-Vauban, Zodiaque: 11-52.
- Kolodner, J. L. et M. Guzdial (2000). Theory and Practice of Case-Based Learning Aids. Theoretical foundations of learning environments. D. H. Jonassen et S. M. Land. Mahwah, L. Erlbaum Associates: 215-242.
- Koning, H. and J. Eizenberg (1981). "The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses." Environment and Planning B8: 295-323.
- Kos, J. (2007). History and 3D City Models: An Analysis of Digital Representations of the City Evolution. CAADRIA 2007: Proceedings of the 12th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, Nanjing.
- Kouzeleas, S. (2004). Applications of acoustic and geometric simulation of halls with the aid of acoustic simulation plate-form adaptable in a CAD system. Acoustics 2004, Aristotle University of Thessaloniki, Grèce.
- Krause, J. (2003). Reflections: The Creative Process of Generative Design in Architecture. Generative Arts Conference, Milan.
- Krier, R. (1980). L'espace de la ville : théorie et pratique. Bruxelles, Archives d'architecture moderne.
- Kvale, S. (1996). Interviews: an introduction to qualitative research interviewing. Thousand Oak, Ca: Sage Publications.

- Lakroum, M. (1998). Le traitement informatique des données iconographiques. L'historien et l'image: de l'illustration à la preuve. Actes du colloque tenu à l'Université de Metz, Centre de recherche Histoire et civilisation de l'Université de Metz.
- Lalande, A. (1968). Vocabulaire technique et critique de la philosophie. Paris, Presses universitaires de France.
- Land, S. M. et M. J. Hannafin (2000). Student-Centered Learning Environments. Theoretical foundations of learning environments. D. H. Jonassen et S. M. Land. Mahwah, L. Erlbaum Associates: 1-23.
- Lansdale, M. W. et T. C. Ormerod (1994). Understanding interfaces: a handbook of human-computer dialogue. Londres, Academic Press.
- Larochelle, P. (2000). Préface à la traduction française. Composition architecturale et typologie du bâti. Versailles, Ville recherche diffusion.
- Le Moigne, J. L. (1977). La théorie du système général: théorie de la modélisation. Paris, Presses universitaires de France.
- Le Moigne, J. L. (1990). La modélisation des systèmes complexes. Paris, Dunod.
- Le Moigne, J. L. (1995). Les épistémologies constructivistes. Paris, Presses universitaires de France.
- Le Moigne, J. L. (2001). Le constructivisme. Paris, L'Harmattan.
- Lee, E., Paterson, I., Maver, T. (2000). Visualisation of Historic Village of New Lanark. Constructing the digital Space: 4th SIGRADI Conference Proceedings, Rio de Janeiro.
- Lestage, P. (1994). Complexité et structures cérébrales: Piaget et Prigogine. Les défis de la complexité: Vers un nouveau paradigme de la connaissance? D. d. Béchillon. Paris, L'Harmattan: 173-194.
- Lévy, P. (1990). Les technologies de l'intelligence. Paris, La Découverte.
- Lévy, P. (1997). L'intelligence collective: pour une anthropologie du cyberspace. Paris, La Découverte.
- Liu, M. (1997). Fondements et pratiques de la recherche-action. Paris, L'Harmattan.
- Locke, J., P. Coste, et al. (2004). Essai philosophique concernant l'entendement humain. Paris, Champion.
- Luckman, J. (1967). "An approach to management of design." Operational Research Quarterly 18 (4): 345-358.
- Manning, P. K. (1982). Qualitative Methods. Qualitative Methods. R. B. Smith et P. K. Manning. Cambridge, Ballinger. 2: 1-29.

- Markus, T. A. (1994). Social Practice and building typologies. Ordering space : types in architecture and design. K. A. Franck et L. H. Schneekloth. New York, Van Nostrand Reinhold: 147-163.
- Marrou, H.-I. (1973). De la connaissance historique. Paris, Éditions du Seuil.
- Marsault, X. (2003). Generation of textures and geometric pseudo-urban models with the aid of IFS. Symposium Chaos et complexité dans les arts et l'architecture Université des Sciences de Vienne.
- Martens, B. et M. Stellingwerff (2005). Creating Physical Models Using Virtual Reconstructions: Mixed CAM-techniques for a Viennese Synagogue Scale-model. Proceedings of the 9th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, Lima.
- Maturana, H. R. et F. J. Varela (1987). The tree of knowledge: the biological roots of human understanding. Boston, New Science Library.
- Maykut, P. et R. Morehouse (1994). Beginning qualitative research: a philosophic and practical guide. Londres, Falmer Press.
- Mayor, F. (1994). La mémoire de l'avenir. Paris, Éditions Unesco.
- McKernan, J. (1996). Curriculum action research : a handbook of methods and resources for the reflective practitioner. Londres, Kogan Page.
- Merleau-Ponty, M. (2004). The world of perception. New York, Routledge.
- Merriam, S. B. (2002). Qualitative research in practice: examples for discussion and analysis. San Francisco, Jossey-Bass.
- Michalewicz, Z. et D. B. Fogel (2004). How to solve it: modern heuristics. New York, Springer.
- Miles, M. B. et A. M. Huberman (2003). Analyse des données qualitatives. Paris, De Boeck Université.
- Minier, P. (1998). La métacognition selon une approche constructiviste sociale Métacognition et compétences réflexives. L. Lafortune, P. Mongeau et R. Pallascio. Montréal, Éditions Logiques: 261- 280.
- Minsky, M. L. (1975). A framework for Representing Knowledge. The psychology of computer vision. P. M. Winston. New York, McGraw-Hill: 211-277.
- Mitchell, W. J. (1990). The logic of architecture: design, computation, and cognition. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Moholy-Nagy, S., D. F. Anstis, et al. (1967). Architectural History and the Student Architect. Journal of the Society Of architectural historians 26 (3).
- Moles, A. A. et É. Rohmer (1990). Les sciences de l'imprécis. Paris, Seuil.
- Moneo, R. (1978). On Typology. Oppositions 13 (22-45).
- Monnier, G. (1994). Histoire de l'architecture. Paris, Presses universitaires de France.

- Monreal, A., Jacas, J. (2004). Computer aided generation of architectural typologies. Special Edition of the Journal of Mathematics & Design 4 (1): 73-82.
- Morin, E. (1994). Les idées. Les défis de la complexité: Vers un nouveau paradigme de la connaissance? D. d. Béchillon. Paris, L'Harmattan: 195-206.
- Müller, P., Wonka, P., Haegler, S., Ulmer, A., Van Gool, L. (2006). "Procedural Modeling of Buildings." Consulté le 22 octobre 2007, <http://delivery.acm.org/10.1145/1150000/1141931/p614muller.pdf?key1=1141931&key2=3311603911&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=40003339&CFTOKEN=69979702>.
- Newell, A. (1990). Unified theories of cognition. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Oechslin, W. (1986). Premises for a Resumption of the Discussion of Typology. Assemblage 1: 37-54.
- Okamura, T., N. Fukami, et al. (2007). Digital Resource Semantic Management of Islamic Buildings Case Study on Isfahan Islamic Architecture Digital Collection. International Journal of Architectural Computing 5 (2): 356-373.
- Oppenheimer, T. (1997) The computer delusion. The Atlantic Monthly 280 (1).
- Paillé, P. et A. Mucchielli (2003). L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales. Paris, Armand Colin.
- Pal, V. et K. Pappmicheal (2000). Integrated decision-making: the building design advisor. ACADIA Quarterly 19 (4): 14-17.
- Panerai, P. (1979). Typologies. Les cahiers de la recherche architecturale 5.
- Papagiannakis, G. et N. Magnenat-Thalmann (2007). Mobile Augmented Heritage: Enabling Human Life in Ancient Pompei. International Journal of Architectural Computing 5 (2): 396-415.
- Papert, S. (1981). Jaillissement de l'esprit : ordinateurs et apprentissage. Paris, Flammarion.
- Parlett, M. et D. Hamilton (1976). Evaluation as illumination: A new approach to the study of innovative programmes. Evaluation Studies Review Annual. G. Glass: 140-157.
- Patton, M. Q. (1980). Qualitative evaluation methods. Beverly Hills, Sage Publications.
- Paulin, M. (1991). Problèmes d'interprétation d'une typologie morphologique. Recherches sur la typologie et les types architecturaux : actes de la table ronde internationale. Paris, L'Harmattan: 107-120.
- Pavlidis, G., D. Tsiafakis, et al. (2007). Preservation of Architectural Heritage Through 3D Digitization. International Journal of Architectural Computing 5 (2): 222-237.
- Payssé, M., Portillo, J., Barneche, V., Carmona, L., Cardozo, J., Luna, F., Sánchez, A., Agriela, V., Scarpatti, M (2003). La Muy Fiel y Reconquistadora Ciudad de San

- Felipe y Santiago de Montevideo. SIGraDi 2003: Proceedings of the 7th Iberoamerican Congress of Digital Graphics, Rosario.
- Pho, D.-H. (1997). Description informatique de l'évolution historique d'un bâtiment: une modélisation de la transformation. Montréal, Université de Montréal.
- Pinon, P. (1991). La typologie entre pratique de la connaissance et théorie du projet. Recherches sur la typologie et les types architecturaux: actes de la table ronde internationale. J.-C. Croizet, J.-P. Frey et P. Pinon. Paris, L'Harmattan: 54-58.
- Plan-Construction (1979). Typologie opérationnelle de l'habitat ancien, (1850-1948) Actes du colloque du 10 janvier 1979 à l'abbaye de Royaumont. Paris, Plan construction.
- Polanyi, M. (1967). The Tacit Dimension. Chicago, University of Chicago.
- Popper, K. (1972). Of Clocks and Clouds. Objective Knowledge. Oxford, Oxford University Press.
- Porada, S. (2002). Chantier de l'imaginaire. Cognition et création: explorations cognitives des processus de conception. M. Borillo et J.-P. Goulette. Sprimont, Mardaga: 217-234.
- Portella, E. (1992). Entre savoirs: l'interdisciplinarité en acte: enjeux, obstacles, perspectives. Toulouse, Érès.
- Poulot, D. (1998). Patrimoine et modernité. Paris, Harmattan.
- Pouts-Lajus, O., Riché-Magnier M. (1998). Les multiples usages des technologies à l'école. L'école à l'heure d'internet: Les enjeux du multimédia dans l'éducation. Paris, Nathan: 67-89.
- Quatremère de Quincy, A. C. et S. Younés (1999). The true, the fictive, and the real: the historical dictionary of architecture of Quatremere de Quincy. Londres, A. Papadakis.
- Rau-Chaplin, A. (1997). Graphic support for a World-Wide-Web based architectural design service. Computer Networks and ISDN Systems 29 (14): 1611-1623.
- Reichlin, B. (1985). Tipo et tradizione del moderno. Casabella (509-510): 32-39.
- Resnick, L. B. (1987). Education and learning to think. Washington, D.C., National Academy Press.
- Richter, K., Donath, D. (2006). Towards a Better Understanding of the Case-Based Reasoning Paradigm in Architectural Education and Design. Communicating Space(s): 24th eCAADe Conference Proceedings, Volos.
- Riegl, A. (1996). The Modern Cult of Monuments: Its Essence and its Development. Historical and philosophical issues in the conservation of cultural heritage. N. S. Price, M. K. Talley et A. Melucco Vaccaro. Los Angeles, Getty Conservation Institute.

- Rossi, A., P. Eisenman, et al. (1982). The architecture of the city. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Rouet, J.-F., J. Levonen, et al. (2001). Multimedia learning: cognitive and instructional issues. Amsterdam, Pergamon.
- Roussou, M., Drettakis, G. (2003). Photorealism and Non-Photorealism in Virtual Heritage Representation. First Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage. Brighton.
- Rowe, P. G. (1987). Design thinking. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Rubin, H. J. et I. Rubin (2005). Qualitative interviewing: the art of hearing data. Thousand Oaks, Sage Publications.
- Ruskin, J. et M. Proust (1980). Les sept lampes de l'architecture. Paris, Les Presses d'aujourd'hui.
- Salomon, G. (1997). Of mind and media: How culture's symbolic forms affect learning and thinking. Phi Delta Kappan 78 (5): 375-380.
- Schank, R. C., Cleary, C. (1995). Making Machines Creative. The creative cognition approach S. M. Smith, Ward, T. B. Finke, R. A., Cambridge, MIT Press: 229-248.
- Scheurer, F. (2005). Turning the Design Process Downside-up. Proceedings of the 11th International CAAD Futures Conference, Vienne.
- Schlimme, H. (2002). Les restitutions d'édifices en trois dimensions: Une façade non-réalisée pour Saint-Charles-aux-Quatre-Fontaines. Les cahiers de la recherche architecturale. 9-10: 109-112.
- Schneekloth, L. H. et K. A. Franck (1994). Type: Prison or Promise? Ordering space : types in architecture and design. K. A. Franck et L. H. Schneekloth. New York, Van Nostrand Reinhold: 15-38.
- Schnotz, W. (2001). Sign systems, Technologies, and the Acquisition of Knowledge. Multimedia learning : cognitive and instructional issues. J.-F. Rouet, J. Levonen et A. Biardeau. Amsterdam, Pergamon: 9-30.
- Schön, D. A. (1983). The reflective practitioner: how professionals think in action. New York, Basic Books.
- Schubiger, C. (2005). Interaction design: definition and tasks. Total interaction. G. M. Buurman. Basel, Birkhauser: 341-351.
- Schuller, T. (1988). Pot-Holes, caves and lotusland: some observations on case study research. Conducting qualitative research. R. G. Burgess. Greenwich, Jai Press. 1: 59-71.
- Sdegno, A. (2003). 3D Reconstruction of Classical Architecture Computer Aided Design Techniques for the Digital Representation of Ancient Buildings. Proceedings of the 8th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, Bangkok.

- Seebohm, T. (2001). The Ideal Digital Design Curriculum: Its Bases and its Content. 19th eCAADe Conference Proceedings, Helsinki.
- Sekler, E. (1980). "Formalism and the polemic use of history." Harvard Architectural Review 1.
- Senyapili, B. (2005). A System Model for Identifying Historic Buildings by Using Multiple Typologies. Learning from the Past a Foundation for the Future: Special publication of papers presented at the CAAD futures 2005 conference.
- Shelby, L. R. (1964). The role of the Master Mason in Mediaeval English Building. Speculum 39 (3): 387-403.
- Sidiropoulos, G. (2006). 3D Visualization in Historical Geography : The case of Ancient Agora of Athens. Communicating Space(s): 24th eCAADe Conference Proceedings, Volos.
- Simon, H. A. (1969). The sciences of the artificial. Cambridge, M.I.T. Press.
- Springer, G. et D. P. Friedman (1989). Scheme and the art of programming. Cambridge, McGraw-Hill.
- Stake, R. E. (1995). The art of case study research. Thousand Oaks, Sage Publications.
- Stern, R. A. M. (1980). Architecture, History, and Historiography at the End of the Modernist Era. Symposium History in Architectural Education Cincinnati.
- Stiny, G. et W. J. Mitchell (1978). The Palladian Grammar. Environment and Planning B5: 5-18.
- Strauss, A. L. et J. M. Corbin (1990). Basics of qualitative research: grounded theory procedures and techniques. Newbury Park, Sage Publications.
- Strehlke, K., Loveridge, R. (2005). The Redefinition of Ornament. Computer Aided Architectural Design Futures 2005: Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Vienne.
- Swenarton, M. (1987). The role of history in architectural education. Architectural History 30.
- Tabary, J. C. (1991). Cognition, systémique et connaissance. Système & cognition. E. Andreewsky. Paris, Dunod: 51-100.
- Tidafi, T. (1996). Moyens pour la communication en architecture: proposition de la modélisation d'actions pour la figuration architecturale. Montréal, Université de Montréal.
- Tricot, A. et J.-F. Rouet (1998). Les hypermédias : approches cognitives et ergonomiques. Paris, Hermes.
- Tsai, D. E. (1997). The Palladio Web Museum - A Heterogeneous Database of Architecture and History. CAAD Futures 1997 : Conference Proceedings, Munich.

- UNESCO (1990). Convention et recommandations de l'UNESCO relatives à la protection du patrimoine culturel, UNESCO.
- Valéry, P. et J. Hytier (1975). Œuvres. Paris, Gallimard.
- Van Der Maren, J. M. (1997). La recherche qualitative peut-elle être rigoureuse? Recherche qualitative 17.
- Veltman, K. H. (2000). "Frontiers in Conceptual Navigation for Cultural Heritage ", consulté le 3 mai 2007.
<http://www.mmi.unimaas.nl/people/Veltman/books/2000%20Frontiers%20book%20March%202004.pdf>.
- Von Foerster, H. (1981). Observing systems. Seaside, Intersystems Publications.
- Wallas, G. (1926). The art of thought. Londres, J. Cape.
- Walliser, B. (1977). Systemes et modèles: introduction critique à l'analyse de systèmes: essai. Paris, Éditions du Seuil.
- Walsh, W. H. (1984). An introduction to philosophy of history. Westport, Greenwood Press.
- Wang, C.-S. et T. K. Shis (2004). An Efficient Content-Based Retrieval System for Large Image Database Multimedia Systems and Content-Based Image Retrieval S. Deb. Hershey, Idea Group Publishing 249-276.
- Waterworth, J. (2002). Conscience, action et conception de l'espace virtuel: relier les technologies de l'information, l'esprit et la créativité. Cognition et création: explorations cognitives des processus de conception. M. Borillo et J.-P. Goulette. Sprimont, Mardaga: 119-152.
- Watkin, D. (2005). A history of Western architecture. New York, Watson-Guption Publications.
- White, H. V. (1985). Tropics of discourse : essays in cultural criticism. Baltimore, John Hopkins University Press.
- White, M., P. Petridis, et al. (2007). Multimodal Mixed Reality Interfaces for Visualizing Digital Heritage. International Journal of Architectural Computing 5 (2): 322-337.
- Whitehead, B. et M. Z. Eldars (1965). The planning of single-storey layouts. Building Science 1 (2): 127-139.
- Winograd, T. et F. Flores (1989). L'intelligence artificielle en question. Paris, Presses universitaires de France.
- Wölfflin, H. (1996). Principle of Art History. Historical and philosophical issues in the conservation of cultural heritage. N. S. Price, M. K. Talley et A. Melucco Vaccaro. Los Angeles, Getty Conservation Institute.
- Woodbury, R. F. et A. L. Burrow (2003). Notes on the Structure of Design space. International journal of architectural computing 4 (1): 518-532.

- Yin, R. K. (2003). Case study research: design and methods. Thousand Oaks, Sage Publications.
- Zhang, Y. J., Y. Y. Gao, et al. (2004). Object-Based Techniques for Image Retrieval. Multimedia Systems and Content-Based Image Retrieval D. Sagarmay. Hershey, Idea Group Publishing, 156-181.

ANNEXES

Sommaire

Annexe A : Extraits du système de l'escalier.....	A-3
Annexe B : La typologie en tant qu'outil d'aide à la compréhension.....	B-5
Annexe C : Exemple d'épure	C-11
Annexe D : Exemples de modèles symboliques	D-12
Annexe E : Exemples de modèles symboliques imposant une forte charge cognitive à l'interlocuteur	E-14
Annexe F : Mode de formalisation des typologies imposant une forte charge cognitive à l'interlocuteur	F-15
Annexe G : Richesse géométrique des artefacts appartenant aux corpus	G-17
Annexe H : Travaux de recherche ayant servis d'assise aux études de cas	H-23
Annexe I : Modèles symboliques.....	I-26
Annexe J : Exemples de roses gothiques	J-28
Annexe K : Exemples d'études géométriques	K-29
Annexe L : Exemples de différents styles de code de programmation.....	L-32
Annexe M : Types de représentation	M-46
Annexe N : Questionnaire portant sur l'exploration de l'environnement numérique « La charpente ».....	N-47
Annexe O : Processus cyclique et itératif de la recherche-action	O-50
Annexe P : Liste des informants	P-51
Annexe Q : Exemples d'interpolation.....	Q-53
Annexe R : Exemples d'architecture numérique	R-58
Annexe S : L'oeuvre de Hilla et Berhart Becher	S-60

Note: L'annexe T est une séquence animée. Celle-ci est disponible en activant le fichier intitulé "Annexe T".

Annexe A

Extrait du Système de l'Escalier, d'après J. Guillaume.

L'escalier (*staircase / die Treppe, die Stige / scala / escalera*) est formé de marches (*step / die Stufe / gradino, scalino / escalon*), ce qui le distingue de la rampe (*ramp / die Rampe / rampa / rampa*).

Les paliers (*landing / das Podest / ripiano di arco, pianerottolo / mesa, rellano*) se trouvent au niveau des étages, les repos (*half-landing / der Absatz / ripiano di sosta, pianerottolo / meseta, descanso*) entre les étages. Dans un escalier intérieur, volées, paliers et repos sont logés dans une cage (*stair cage, stair well / das Treppenhaus / gabbia / cage*).

Les marches possèdent un dessus : le giron (*trawl / der Aufritt / pedata / huella, peldaño*) et, le plus souvent, un devant : la contremarche (*riser / die Setzstufe / alzata / contrahuella, tabica*).

A. FORMES SIMPLES

1. Escaliers droits
L'escalier droit (*straight / gerade / diritta / recta*) se développe dans une seule direction. Il peut être rectiligne ou courbe.

2. Escaliers en équerre
L'escalier en équerre (*quarter-turn / die Winkeltreppe / a quadrada, a gomito / a escuadra*) a un retour à 90°.

Il est constitué par deux volées droites séparées par un repos R ou par une seule volée formée de deux parties droites réunies par un quartier-tournant Q (*corner winders / das Wendelstück / pié d'oca*).

3. Escaliers tournants
L'escalier tournant (/ / /) décrit un ou plusieurs tours appelés révolutions (*revolution / die Wendelung* - pour les vis, *der Lauf* - pour les escaliers à retours / *giro, rivoluzione / vuelta*).

Deux types d'escaliers tournants :

3.1. L'escalier en vis
L'escalier en vis (*spiral staircase* - avec noyau, *spiral staircase* - avec jour / *die Wendeltreppe / scala a chiocciola, elicoidal* - avec jour / *caracol, husillo*) est formé par une ou plusieurs volées courbes dont toutes les marches ont un giron à côtés convergents : ce sont des marches groupées (*winders* - avec un noyau, *dancing* ou *balancing steps* avec un jour / *die Wendelstufen / gradini rastremati / escalones de vueltas*).

La cage de l'escalier en vis peut être carrée, polygonale, circulaire, ovale.

3.2. L'escalier à retours
L'escalier à retours (*turning staircase / mehrrangige geradlinige Treppe* - à l'exclusion de l'exemple 6 ci-dessous / *de ida y vuelta*) comporte une à quatre volées par révolution - ou une à quatre parties droites si les repos sont remplacés par des quartiers-tournants Q ou des moitié-tournants M (*halfturn with winders / das Wendelstück / medio vuelta*).

La cage de l'escalier à retours est normalement carrée ou rectangulaire.

I - DISPOSITION DES VOLEES

La volée (*flight / der (Treppen-) arm / rampa, rampante / tramo*) est une partie d'escalier délimitée par des paliers ou des repos. Elle peut être droite, courbe ou, successivement, droite et courbe.

Cette définition abusive de la travée comme « partie d'escalier », propre au français, est logique mais d'un usage peu commode lorsque un étage des escaliers doubles ou triples comportant plusieurs montées. Plus sagement peut-être, les autres langues donnent à la volée la signification concrète d'une série de marches (« escalier » de deux volées à deux montées = français - voir dessin ci-dessous - devenant ainsi un escalier à deux montées et quatre volées).

La volée est double (triple) quand deux (trois) montées (*branche / der (Treppen-) lauf / salita / tiro*) permettent d'aller d'un palier (ou repos) au palier (ou repos) suivant.

• escalier d'une volée à trois montées

• escalier de deux volées à deux montées

La hauteur disponible entre la volée et son couverture (le plus souvent la volée située au-dessus) est l'échappée (*headroom / die Laufhöhe / / luz*).

Lorsqu'elle surplombe un vide, la volée est généralement bordée par un garde-corps appelé rampe d'appui (*banister / das Geländer / parapetto / baranda*).

Fig.

Fig.

• à quatre volées et trois repos (1)

• à trois volées et deux repos (2)

• à deux volées et un repos (3)






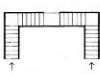
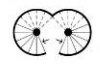
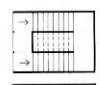

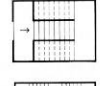
208

J. GUILLAUME


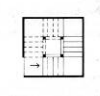








LE SYSTÈME DE L'ESCALIER

209

Source : Guillaume, J., (1985), Le système de l'escalier: grille d'analyse et vocabulaire international, dans A. Chastel et Guillaume J, éditeurs, L'escalier dans l'architecture de la renaissance. Paris : Picard, p.208-209.

<ul style="list-style-type: none"> • à deux volées et un repos (avec jour central) (4) 		Fig. 111 112	<p>2. Escaliers symétriques Les deux départs occupent des positions symétriques. L'escalier peut n'être double que sur une partie de sa hauteur.</p>	Fig.	
<ul style="list-style-type: none"> • à une volée comportant une moitié-tourante M (5) 		48 57	<p>2.1. Doublement de l'escalier droit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • escalier double à montées alignées divergentes ou convergentes. 		71
<ul style="list-style-type: none"> • à une volée comportant deux quartiers-tourants Q (6) 		77	<ul style="list-style-type: none"> • escalier double à montées courbes ou en fer à cheval (horseshoe/ die Hufeisenstiege / a tenaglia / en herradura). 		80 81
<p>L'escalier rampe-sur-rampe (straight flight returning back on itself, dog-leg s'il y a seulement deux volées / die zueinander gegenläufige Treppe / a due rampe parallele /) est un cas particulier d'escaliers à retours : il comporte, par révolution, deux volées droites séparées par un repos (ou deux parties droites réunies par une moitié-tourante), disposées de part et d'autre d'un mur-noyau (ou d'un plan vertical lorsque le support intérieur se réduit à deux noyaux ou disparaît : voir p. 213). Les exemples 3 et 5 ci-dessus sont des escaliers rampe-sur-rampe.</p>			<p>2.2. Doublement de l'escalier en équerre</p>		
<p>B. FORMES COMPLEXES : LES ESCALIERS DOUBLES</p> <p>Les escaliers doubles (triples) comportent deux (trois) montées jumelles. Il existe deux types d'escaliers doubles :</p>			<p>2.3. Doublement de l'escalier en vis (escaliers en vis jumeaux)</p>		303
<p>1. Escaliers à doubles révolutions</p> <p>L'escalier à doubles révolutions (double ramp / die monozentrische doppehlufige Treppe / doppia rivoluzioni / de doble vuelta) comporte deux montées superposées (en fait double révolution au singulier quand les montées ne font qu'une révolution). Les deux départs occupent des positions opposées. L'escalier est double sur toute sa hauteur.</p>			<p>2.4. Doublement de l'escalier à retours :</p> <p>a. Escalier à volées parallèles (doublement de l'escalier rampe-sur-rampe).</p> <ul style="list-style-type: none"> • première volée double • deuxième volée double 		51 289
<ul style="list-style-type: none"> • escalier en vis à doubles révolutions • escalier à retours à doubles révolutions • escalier rampe-sur-rampe à doubles révolutions (escalier en X) 		26 52	<ul style="list-style-type: none"> • Escalier à volées perpendiculaires (doublement de l'escalier à retours à trois volées droites). • une volée centrale puis deux montées divergentes puis parallèles • deux montées divergentes puis parallèles puis convergentes 		253 258
210	J. GUILLAUME		LE SYSTÈME DE L'ESCALIER	211	

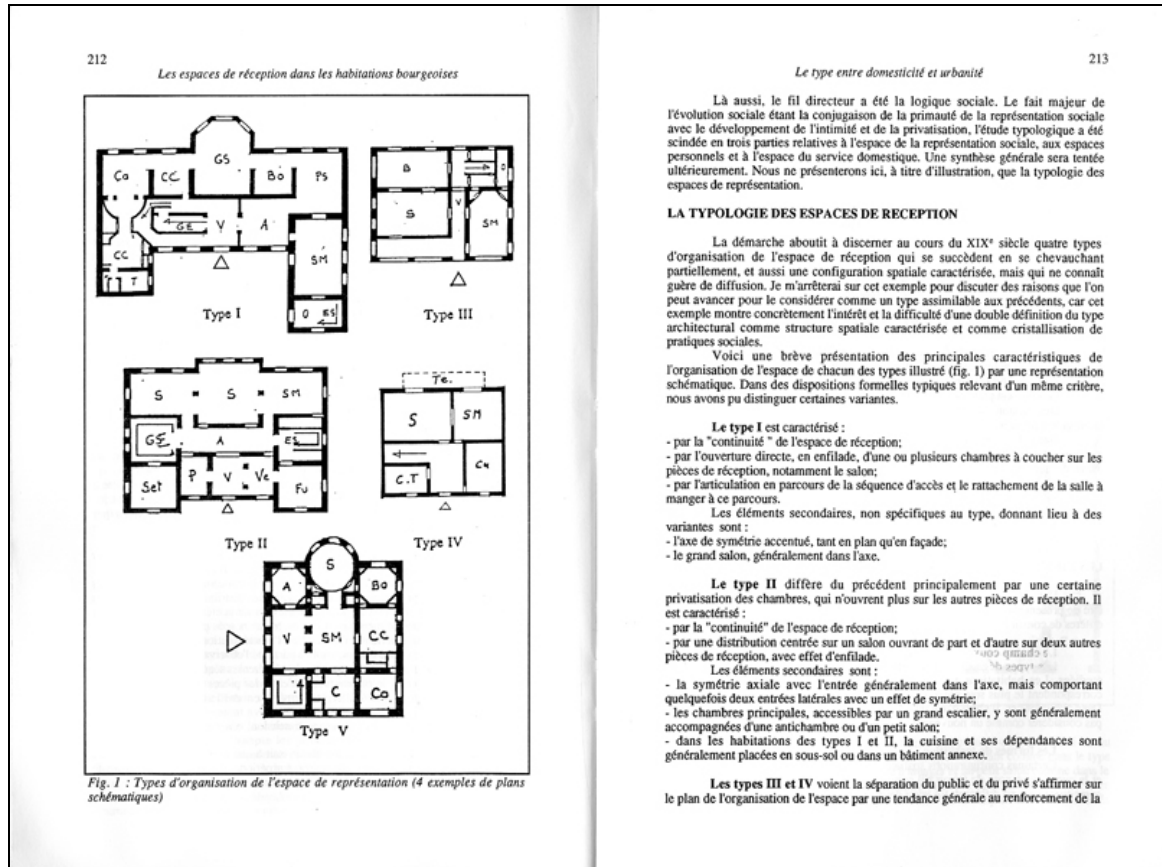
Ibid. p.210-211.

<p>C. FORMES COMPLEXES : LES ESCALIERS CONCENTRIQUES</p> <p>Les escaliers concentriques comportent deux montées dissimilables : la montée principale se développe autour d'un vide central occupé par la montée secondaire.</p>		Fig. 259	<ul style="list-style-type: none"> • escalier à retours à jour porté par quatre piliers (ou escalier à quatre noyaux) • escalier rampe-sur-rampe à deux noyaux 		Fig. 106 272
<p>II - NATURE DU SUPPORT INTÉRIEUR</p> <p>Le problème du support intérieur ne concerne que les escaliers tournants.</p>			<p>Si le jour est très étroit (inférieur à la moitié de la largeur des marches), on peut parler d'un noyau creux (hollow newel / die Hohlpindel / /) constitué par un faisceau de supports (ou par un mur-noyau plein ou ajouré).</p>		300 48
<p>A. SUPPORT CENTRAL</p> <p>1. Noyau (newel / die Spindel, das Kernstück, der Wendelbaum - en bois / anima, nocciolo / nabo, espigon, macho).</p>		36 280	<p>D. AUCUN SUPPORT</p> <p>L'escalier est suspendu (geometrical, flying, cantilevered / frei-tragend / sospeso a sbalzo / volada). Ces escaliers comportent toujours un jour, à l'exception de l'escalier rampe-sur-rampe.</p>		154 293
<p>2. Mur-noyau (solid newel wall, open newel wall / die Trennwand / anima / alma) plein ou ajouré.</p>		164 57	<ul style="list-style-type: none"> • escalier en vis suspendu • escalier à retours suspendu • escalier rampe-sur-rampe suspendu 		119 120 266
<p>B. MUR-NOYAU ENTOURANT UN VIDE</p> <p>Deux types de vide : — ouvert sur toute la hauteur de l'escalier : le vide est un jour (open-well / dies Auge / pozzo, tromba / ogo). — occupé par des petites pièces ou des passages superposés (ou un autre escalier dans le cas des escaliers concentriques).</p>		53 126	<p>E. CAS PARTICULIERS : ESCALIERS LIMITÉS A UNE SEULE RÉVOLUTION</p> <p>Quand l'escalier tournant est limité à une seule révolution, ses supports intérieurs peuvent ne pas s'élever au-dessus du niveau des marches. Dans ce cas, les types A2 et B changent de caractère et constituent donc un nouveau type car la présence d'un mur-noyau n'empêche plus les volées de se développer dans un espace unique (dans le même cas, les types C et D ne changent pas de caractère puisqu'ils permettent toujours l'unification de l'espace de la cage).</p>		116
<p>C. SUPPORTS ESPACÉS</p> <p>Les supports (que l'on peut appeler noyaux) sont des colonnes, des piliers ou des poteaux dans la construction en bois. Ces escaliers comportent toujours un jour, à l'exception de l'escalier rampe-sur-rampe.</p> <ul style="list-style-type: none"> • escalier en vis à jour porté par six colonnes 			212	J. GUILLAUME	
212	J. GUILLAUME		LE SYSTÈME DE L'ESCALIER	213	

Ibid. p.212-213.

Annexe B

La typologie en tant qu'outil d'aide à la compréhension : Exemples de modes de représentations.



Schémas accompagnés de textes explicatifs : Typologie des espaces de réception dans les habitations bourgeoises au XIX^e siècle, d'après C. Bauhain. (Source : Croizé, J.-C. et coll., (1991), Recherche sur la typologie et les types architecturaux, Paris : L'Harmattan, p.212).

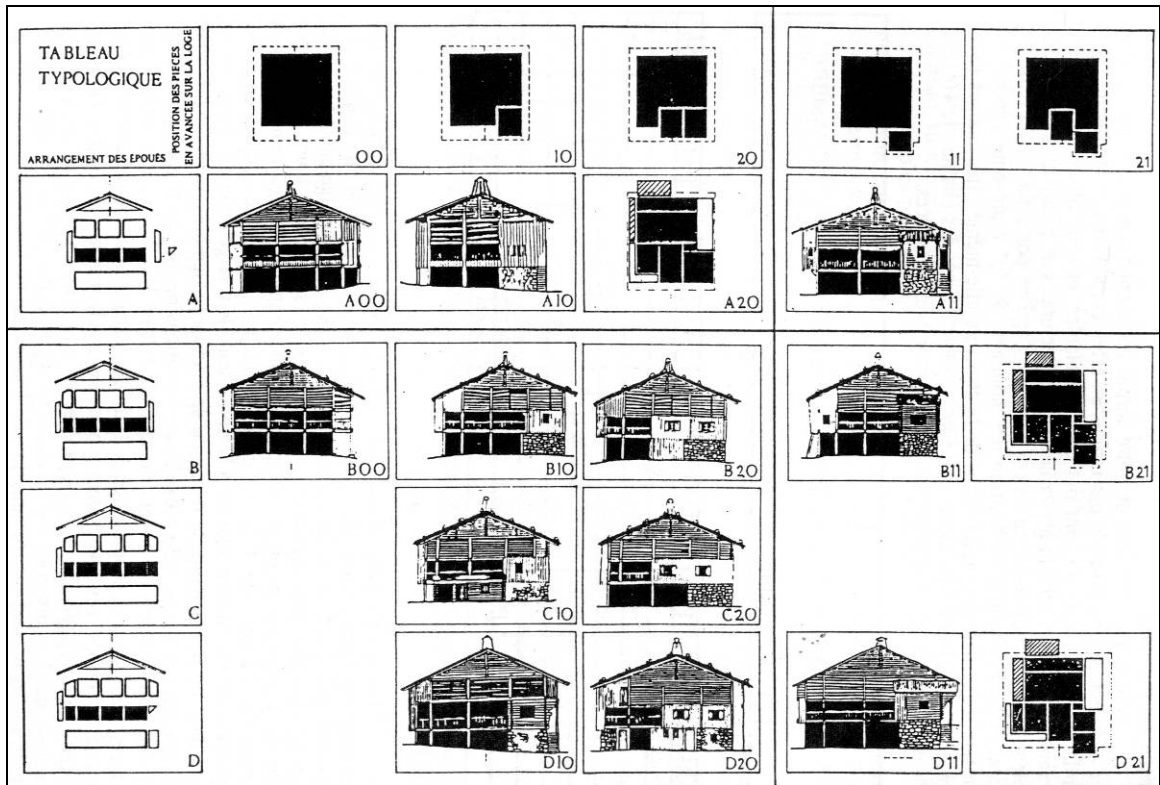
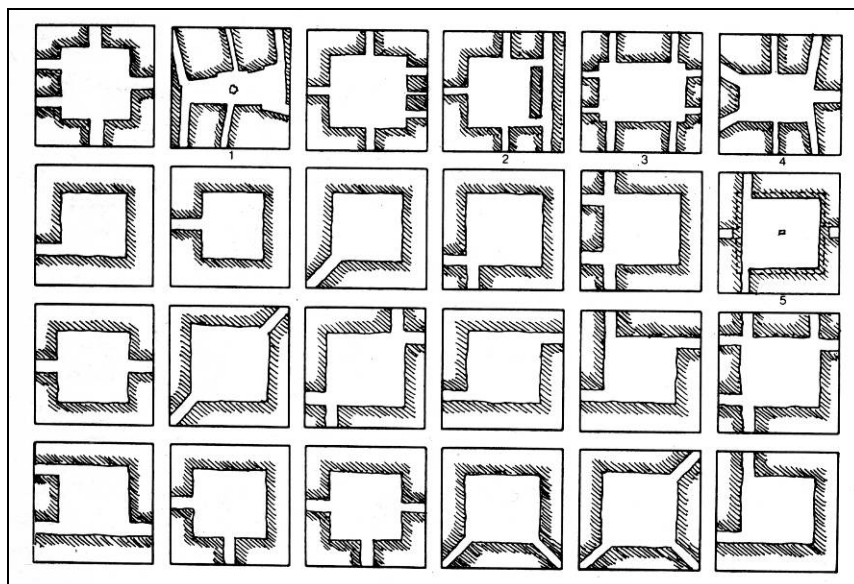
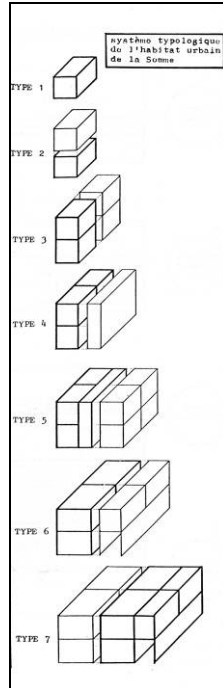


Tableau synoptique : typologie des chalets alpins de Borne, d'après B. Duprat.
 (Source : Croizé, J.-C. et coll., (1991), Recherche sur la typologie et les types architecturaux,
 Paris : L'Harmattan, p.104).

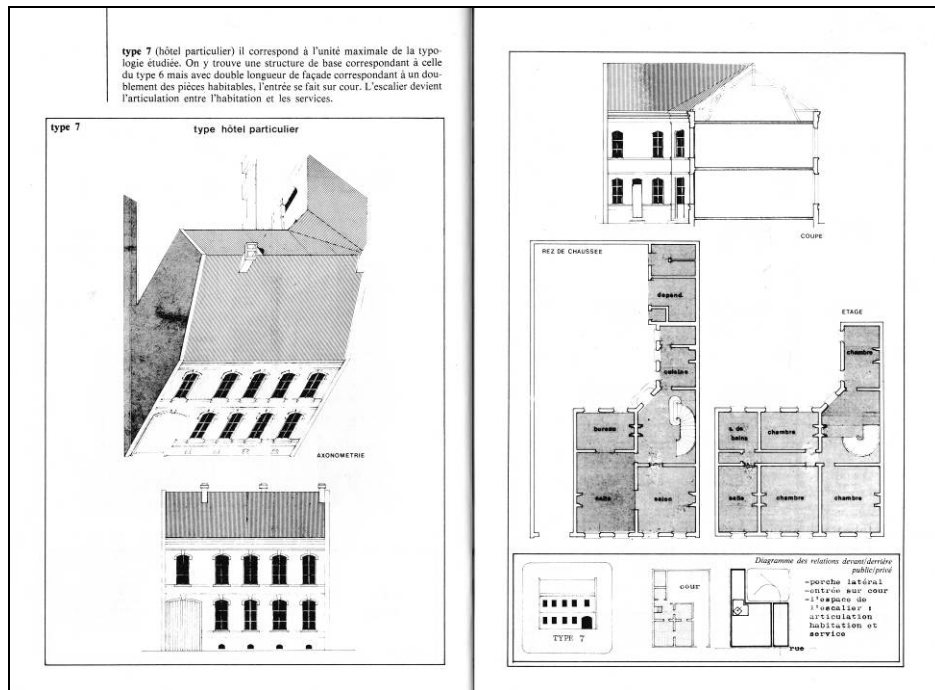


Mise en tableau d'objets entretenant certaines affinités au niveau de la morphologie :
 recueil d'espaces urbains.

(Source : Krier, R., (1980), L'espace de la ville : Théorie et pratique, Bruxelles :
 Archives d'architecture moderne, p.22).



Juxtaposition de schémas : volumétrie de l'habitat urbain de la Somme.
 (Source : Plan-Construction (1979) Typologie opérationnelle de l'habitat ancien, (1850-1948) : actes du colloque du 10 janvier 1979 à l'abbaye de Royaumont, Paris : Plan-Construction, p.21).



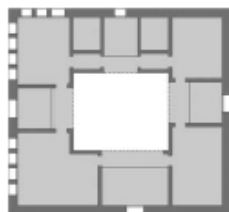
Juxtaposition texte / axonométrie / plan / coupe/ élévation : typologie de l'habitat rural et urbain de la Somme.
 (Source : Plan-Construction (1979) Typologie opérationnelle de l'habitat ancien, (1850-1948) : actes du colloque du 10 janvier 1979 à l'abbaye de Royaumont, Paris : Plan-Construction, p.34-35).



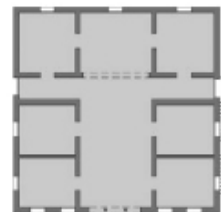
La maison à wan



La maison à riwaq



La maison à cour



La maison aux trois arcs

Juxtaposition photographie / plan / élévation : les demeures traditionnelles au Liban.
(Source :

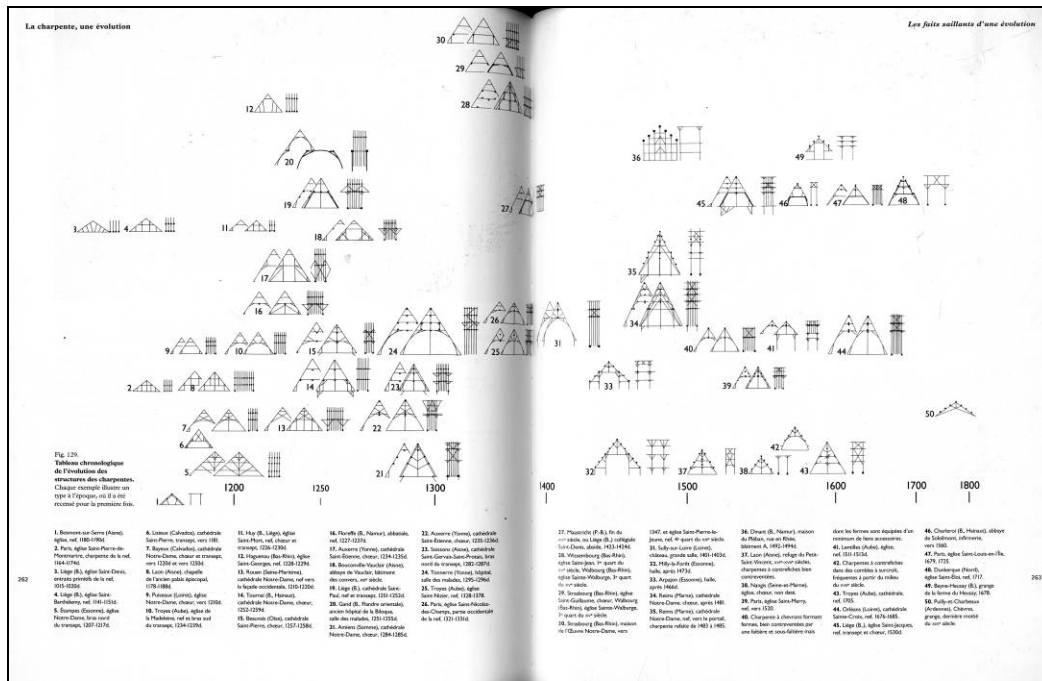
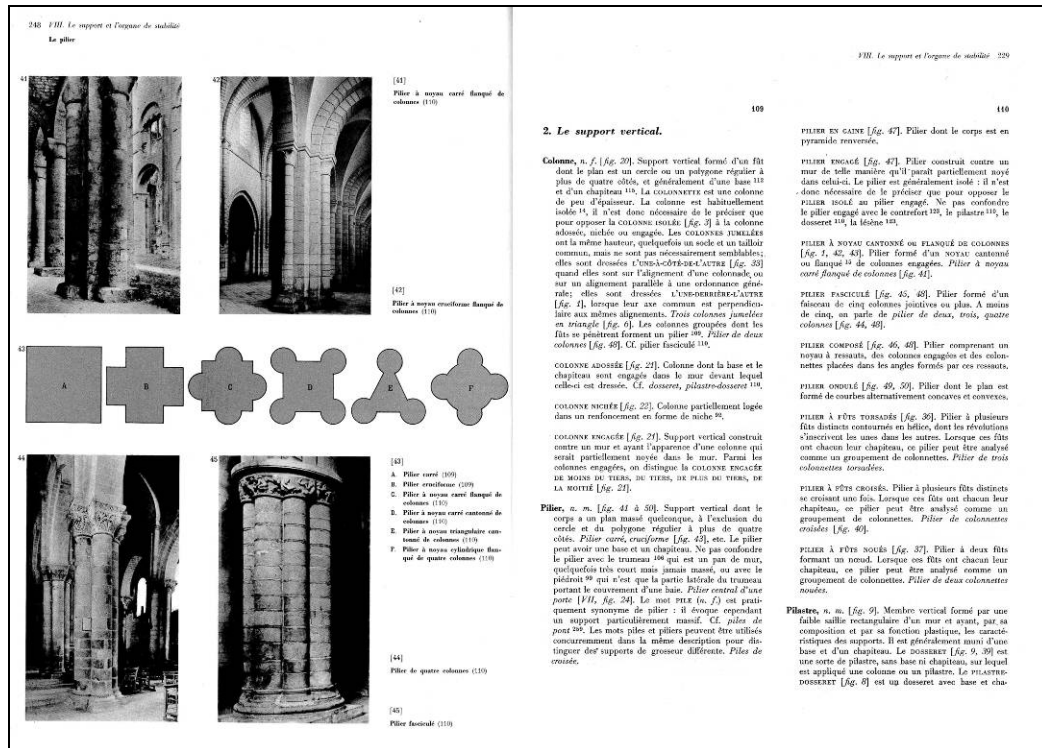
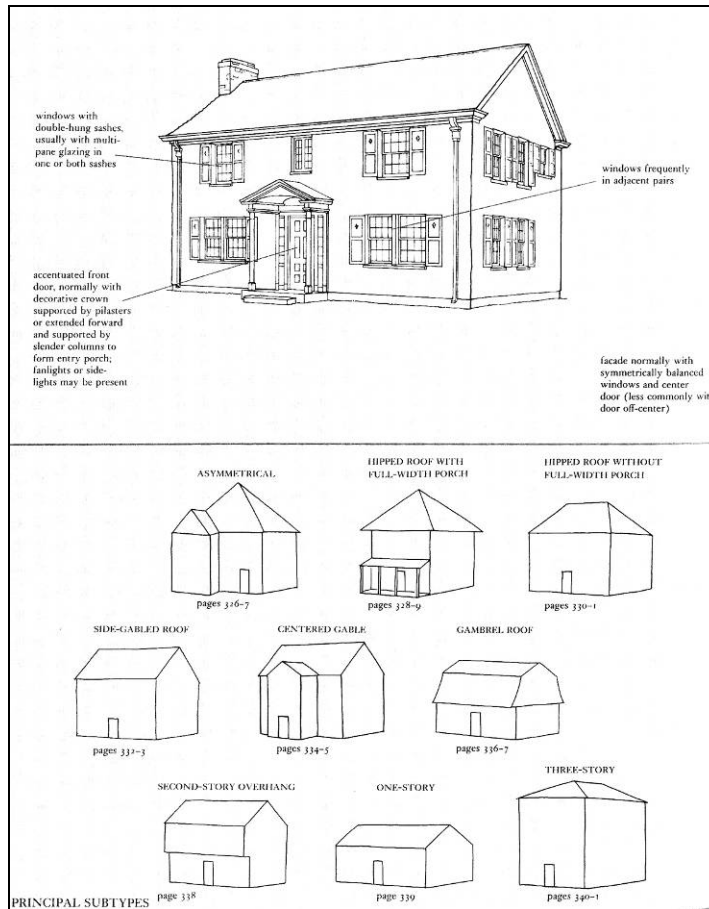


Tableau chronologique : l'évolution des structures de charpentes.
(Source: Corvol, A. et coll., (2002), Les charpentes du XIe au XIXe siècle : typologie et évolution en France du nord et en Belgique, Paris : Éditions du patrimoine, p.262-263).



Correspondance entre texte / photographie / coupe : le support vertical.
(Source : Pérouse de Montclos, J.-M., (1988). Architecture : vocabulaire. Paris : Imprimerie nationale, p.229 et 248)



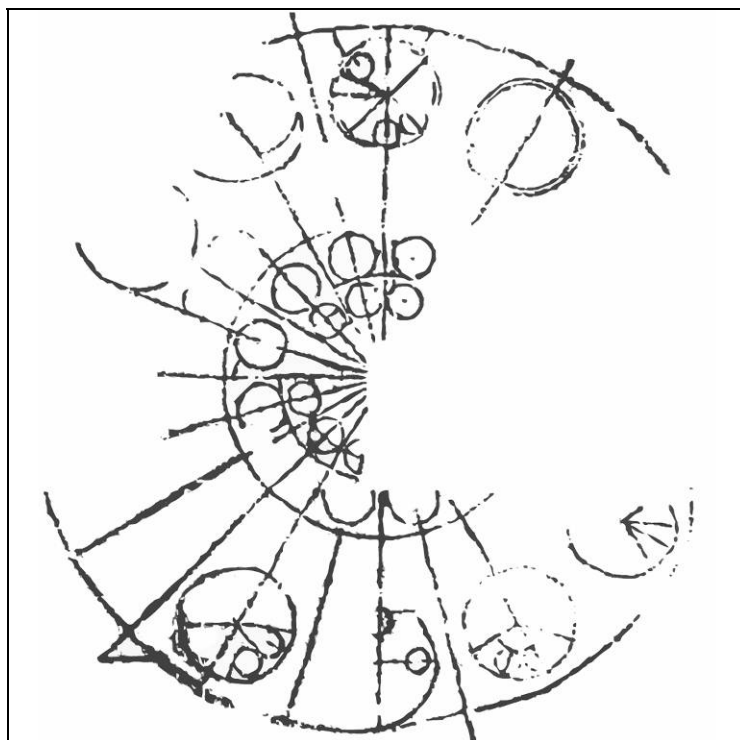
La correspondance entre croquis et tableau chronologique.
 (Source : McAlester, V. et McAlester, L., (1990). A field guide to American houses.
 New York: Knopf, p.320)

COLONIAL REVIVAL SUB-TYPES	YEARS WHEN MOST FREQUENTLY BUILT						
	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940
ASYMMETRICAL		→					
HIPPED ROOF WITH FULL-WIDTH PORCH			→				
SIDE-GABLED & HIPPED WITHOUT FULL-WIDTH PORCH							
with exaggerated details							
with more accurate and/or simpler details							
vernacular brick examples							
Hipped predominate pre-1910, gabled predominate post-1910					ca. 1915- introduction of brick veneer		
ONE-STORY							
GAMBREL OR DUTCH COLONIAL			→				
front or cross gambrel							
side gambrel							
SECOND-STORY OVERHANG							

Ibid. p.325.

Annexe C

Exemple d'épure

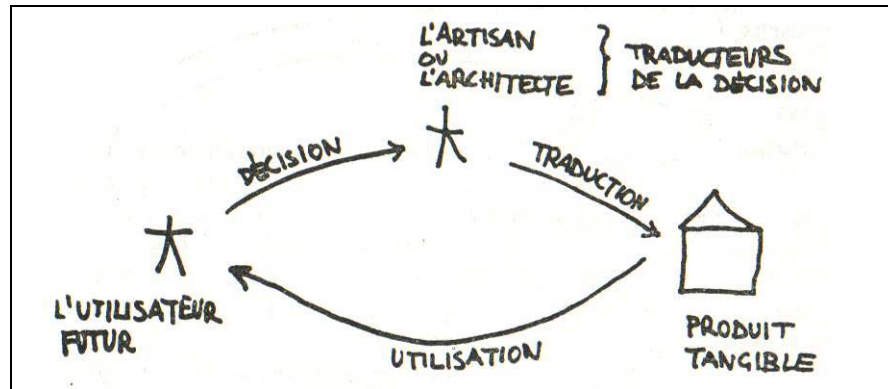


Épure (Cathédrale de Soissons, transept sud).
Dessin de Wolfgang Schöller.

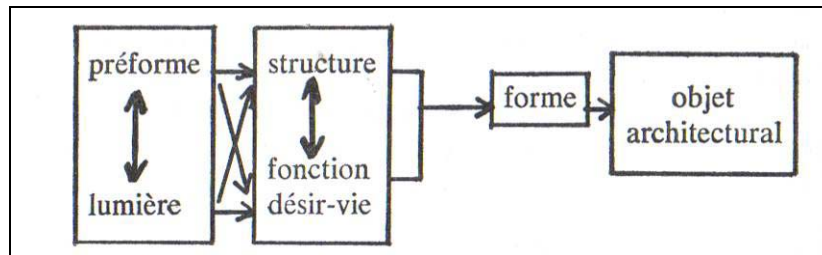
Annexe D

Exemples de modèles symboliques

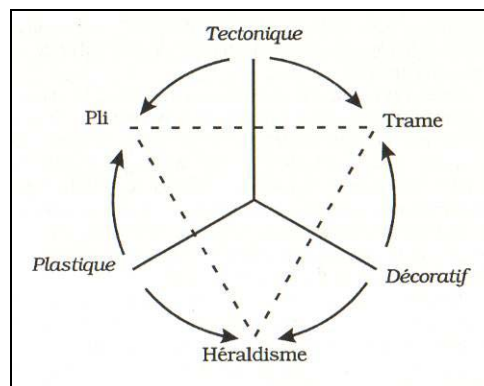
1- Modèles élaborés par des théoriciens de l'architecture :



Source : Friedman, Y., (1971). Pour une architecture scientifique. Paris : P. Belfond, p.17.

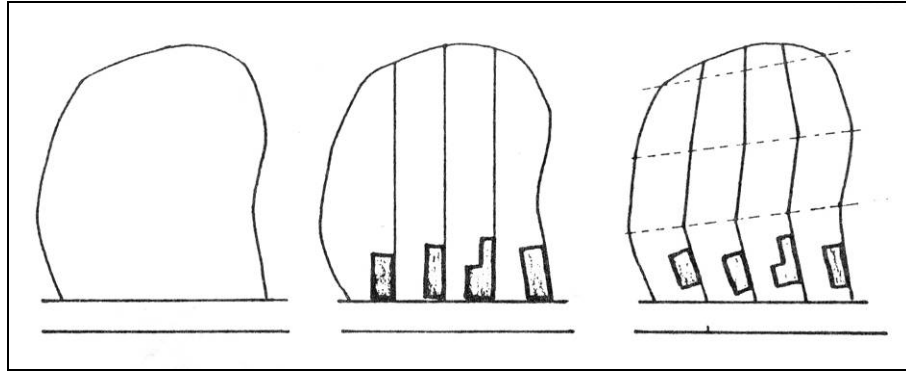


Source : Farel, A. (1991). Le troisième labyrinthe : architecture et complexité. Montreuil : Édition de la Passion, p. 216.



Source : Boudon, P., (1992). Le paradigme de l'architecture. Québec: Éditions Balzac, p.47.

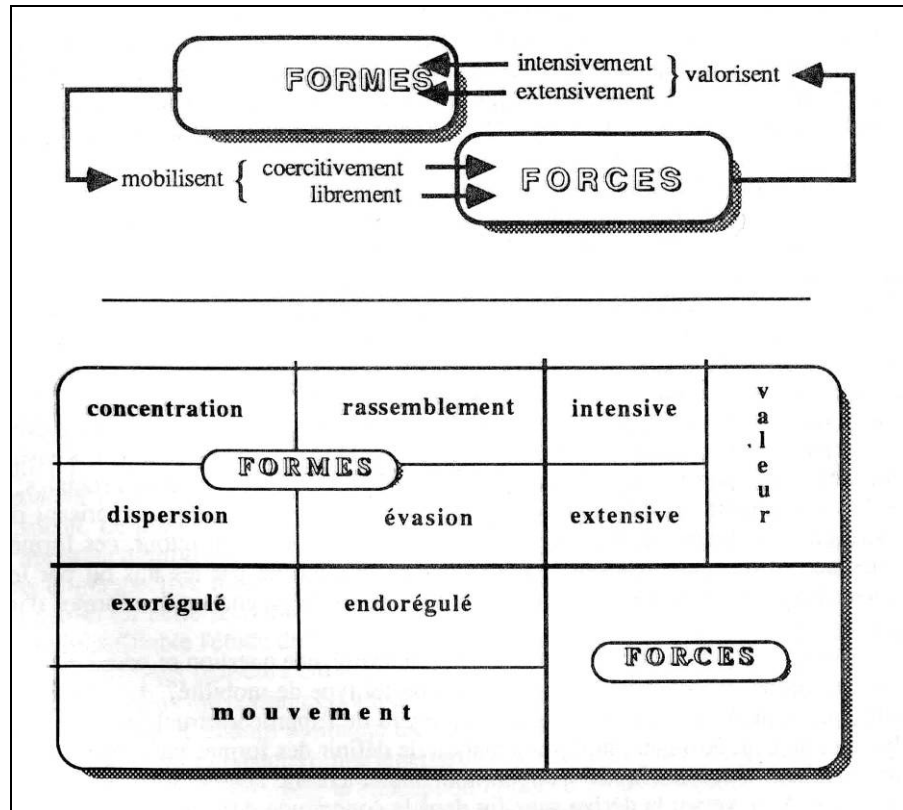
2- Modèles élaborés par des historiens de l'architecture :



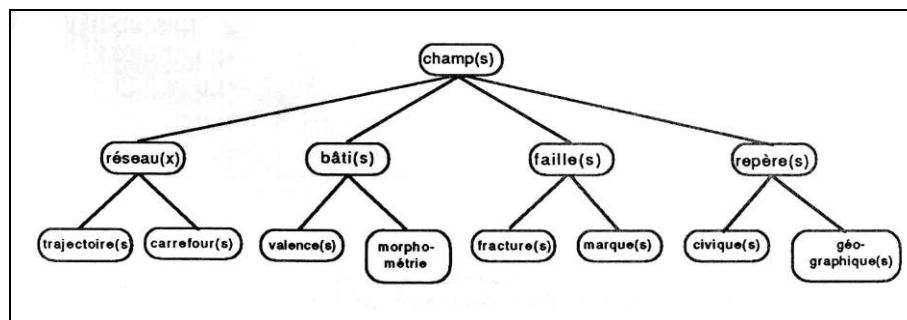
Modèle du lotissement par subdivision de rue d'après M. Tanase.
(Source : Croizé, J.-C. et coll., (1991) Recherche sur la typologie et les types architecturaux,
Paris : L'Harmattan, p.344.)

Annexe E

Exemples de modèles symboliques imposant une forte charge cognitive à l'interlocuteur



Représentation schématique de la dialectique forces/formes, d'après G. Richot.
(Source : Croizé, J.-C. et coll., (1991) Recherche sur la typologie et les types architecturaux, Paris : L'Harmattan, p.228.)

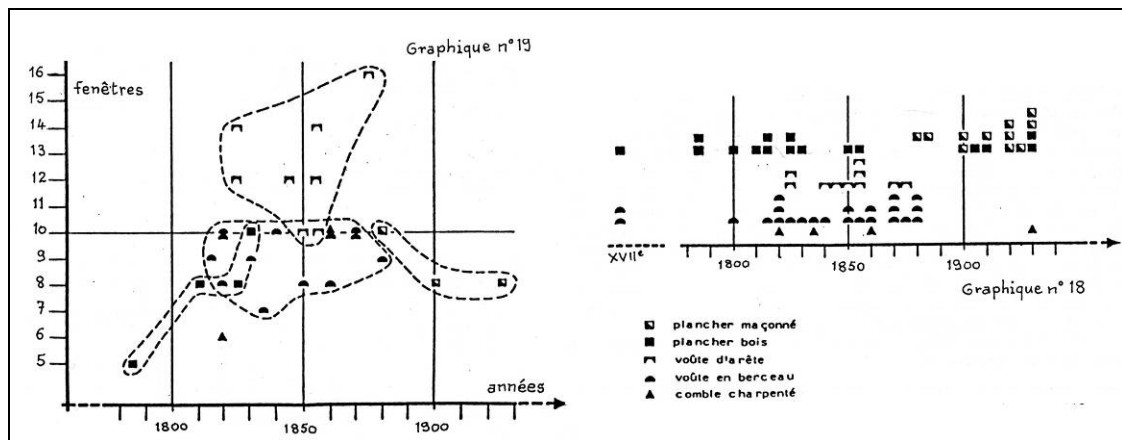


Structure arborescente de la grille de lecture des formes urbaines,
d'après G. Lavigne et G. Huot.
(Source : Croizé, J.-C. et coll., (1991) Recherche sur la typologie et les types architecturaux, Paris : L'Harmattan, p.232.)

Annexe F

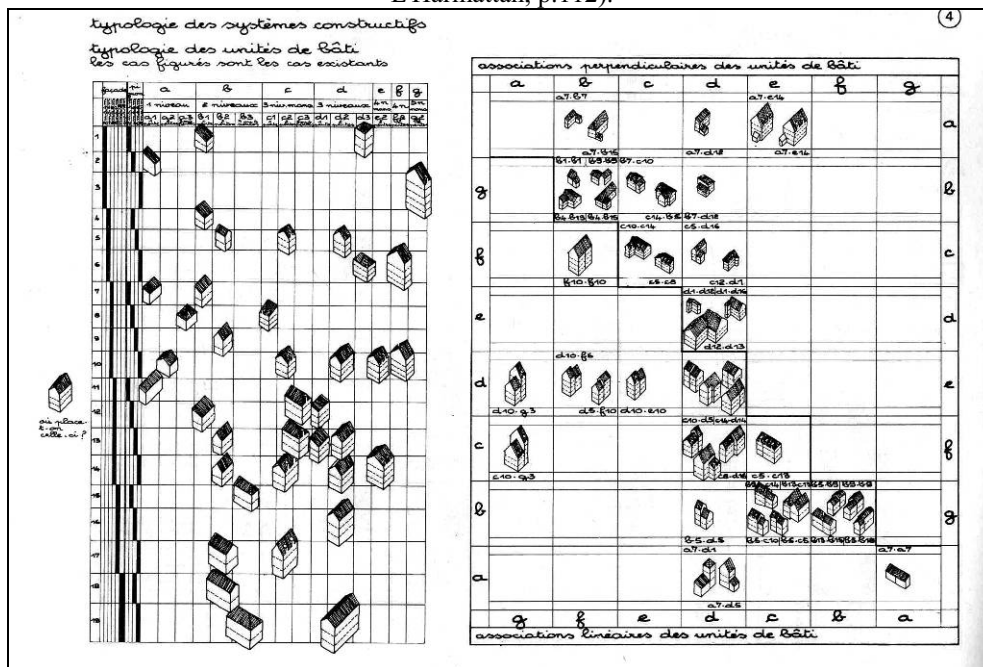
Mode de formalisation des typologies imposant une forte charge cognitive à l'interlocuteur

Exemples dans lesquels l'interprétation qui est faite du corpus peut difficilement être appréhendée d'emblée par l'interlocuteur puisque le mode de représentation impose à l'apprenant une charge cognitive importante.



Histogramme et symbolisme graphique : Les variations chronologiques des couvertements des usines de soie en Ardeche, d'après M. Paulin.

(Source : Croizé, J.-C. et coll., (1991), Recherche sur la typologie et les types architecturaux, Paris : L'Harmattan, p.112).



Source : Duplay, C. et Duplay M., (1985), Méthode illustrée de création architecturale, Paris : Éditions du Moniteur, p.416 (sous la rubrique Typologie).

Définition de l'habitat par critères typologiques

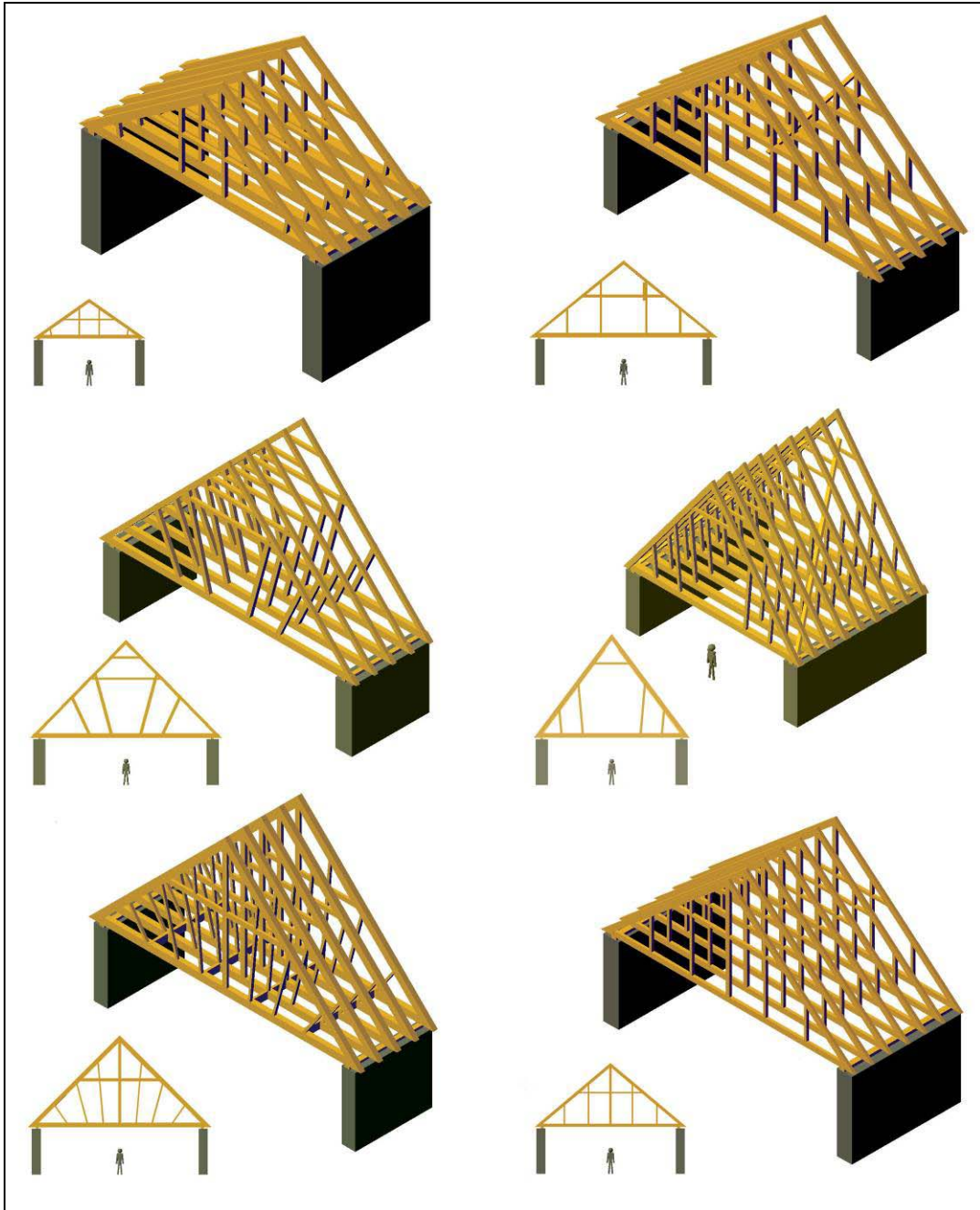
historique	periode	1870-1870	1870-1918	1918-1948					
	relation économique	TEXTILE	PECHE	PORTUAIRE / INDUSTRIEL	INDUSTRIEL	DIVERS			
	savoir bâtir	TRADITIONNEL	REVOLUTION INDUSTRIELLE	MODERNE					
	production	MAISON URBAINE	CORON	RAPPORT	CITE OUVRIERE	SOCIETE HBM	LOTISSEMENT		
	modele de reference	HABITAT TRADITIONNEL	EXTRA REGIONAL	ANGLAIS	INNOVATION				
	reglement urbain	MATERIAUX	EPAISSEUR DES MURS	CONDUITS FUMEE	HAUTEUR BÂTI	AUTRES			
morphologique	environnement	VALLÉE HUMIDE	RIVIERE	LITTORAL	INDUSTRIEL				
	situation	CENTRE ANCIEN	EXTENSION XIX ^e	SUBURBAIN	LOTISSEMENT				
	ilot	MINCE	EPAIS	LINÉAIRE					
	parcelle	PROFONDEUR	FAIBLE	MOYENNE	LONGUE	LARGEUR FAIBLE	MOYENNE	LONGUE	
	implantation du bâti	PARALLELE RUE	PERPENDICULAIRE RUE	FOND DE COUR	JARD DEV+DER	DEVANT	DERRIERE	ANGLE DE RUE	
social	destination originelle	OUVRIERE	EMPLOYES	BOURGEOIS					
architectural	habitat collectif	ACCES RUE	PORCHE	COULOIR RUE/COUR	ESCALIER INT.	ESCALIER EXT.	COURSIVE		
	habitat semi-individuel	MAISON URBAINE	2/2	4/4	EN BANDE	DOS A DOS	FOND DE COUR	TERREPLEIN	2 NIVEAUX
	habitat individuel	<input type="checkbox"/>							
	gabarit	5 X 5	5 X 8	5 X 10	SUPERIEUR				
	nb.pieces/etage	1	2	3	4	5	6		
	niveaux	CAVE	VIDE SANITAIRE	RDC	1	2	3	COMBLE PERDU	COMBLE AMENAGEABLE
	ornementation	FACADE AVANT	FACADE ARRIERE						
	chien-assis	VILLAGEOIS	FIN XIX ^e DEBUT XX ^e						
technique	maçonnerie sous-sol	SILEX	MOELLON CALCAIRE	BRIQUE					
	maçonnerie rdc etages et pans de bois	PAN DE BOIS	MOELLON SILEX	SILEX TAILLE	MOELLON CALCAIRE	PARRAINS	BRIQUE CUITE AU BOIS	BRIQUE CUITE AU CHARBON	BRIQUE SILICO CALCAIRE
	planchers	FERS HOURDES	CHENE	SAPIN					
	escaliers	DROITS	▲ QUARTIER TOURNANT SUP	BALANCE	PALIER INTERMEDIAIRE				
	charpente	CHENE	SAPIN	MIXTE	COYAU				
	couverture	TUILE PLATE	ARDOISE	TUILE MECANIQUE					

Tableau des critères typologique : l'habitat ancien en Haute-Normandie.
 (Source : Plan-Construction (1979) Typologie opérationnelle de l'habitat ancien, (1850-1948) : actes du colloque du 10 janvier 1979 à l'abbaye de Royaumont, Paris : Plan-Construction, p.54-55).

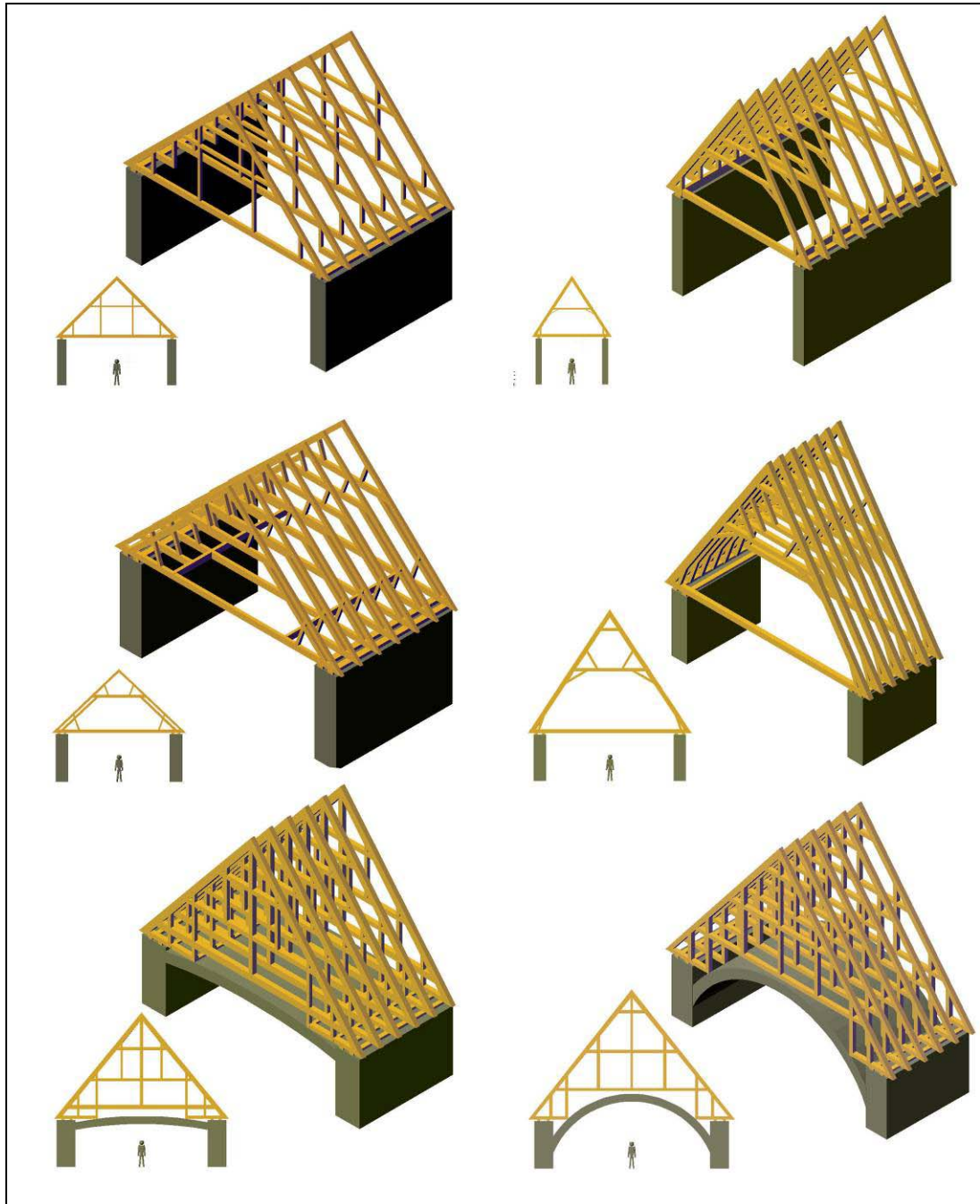
Annexe G

Richesse géométrique des artefacts appartenant aux corpus

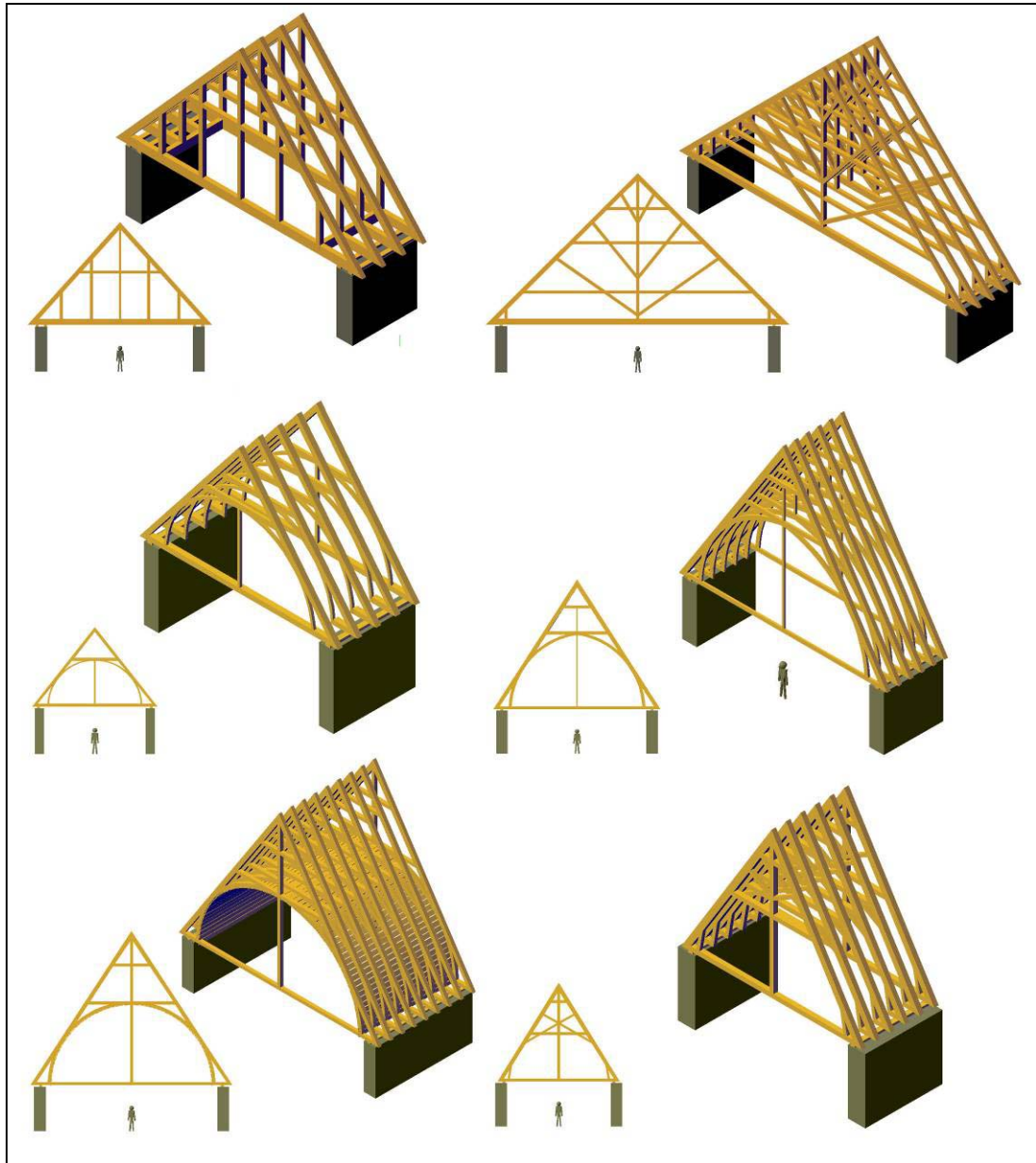
Multiplicité des maquettes numériques pouvant être générées par le système génératif pour illustrer les divers cas de figures appartenant au corpus des charpentes.



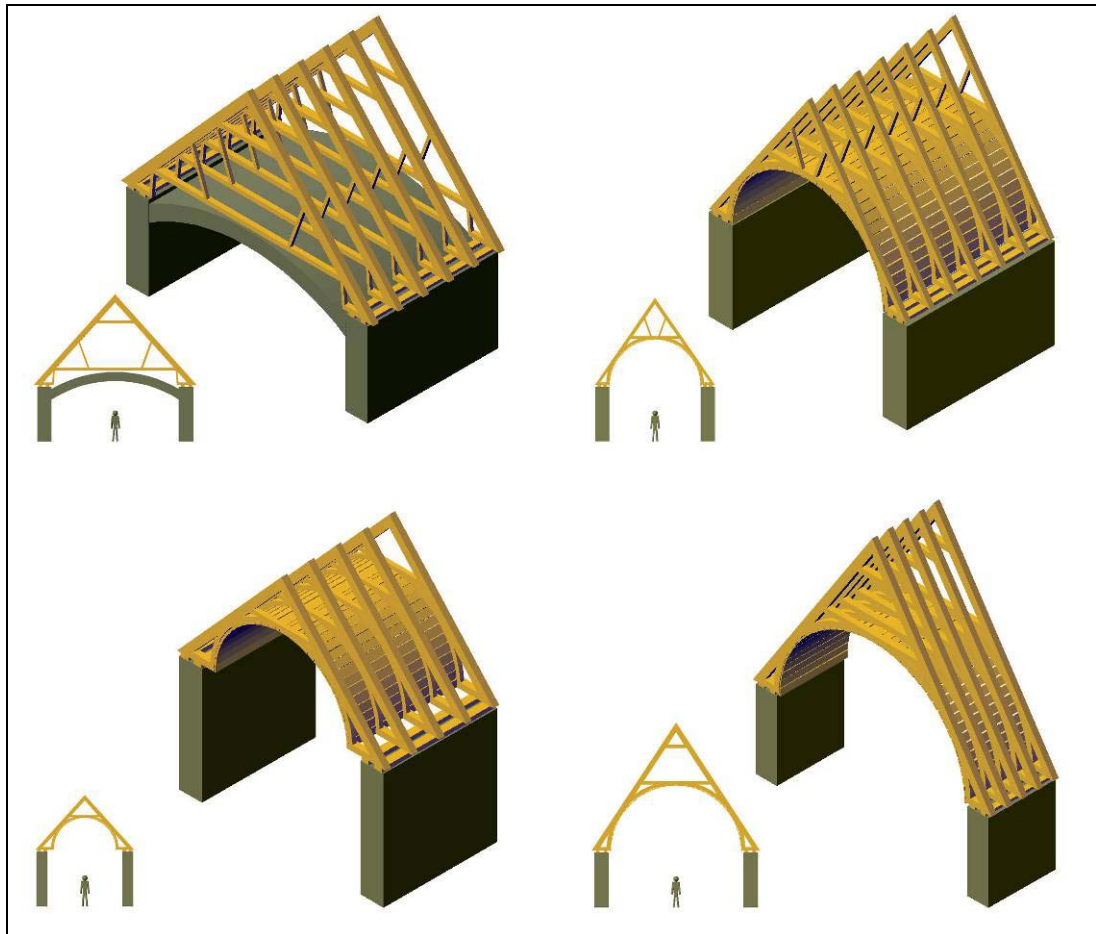
Charpentes à chevrons formant fermes non contreventées avec entrain à chaque ferme.



Charpentes à chevrons formant fermes non contreventées avec alternance de fermes à entrait et de fermes à entrait retroussé.

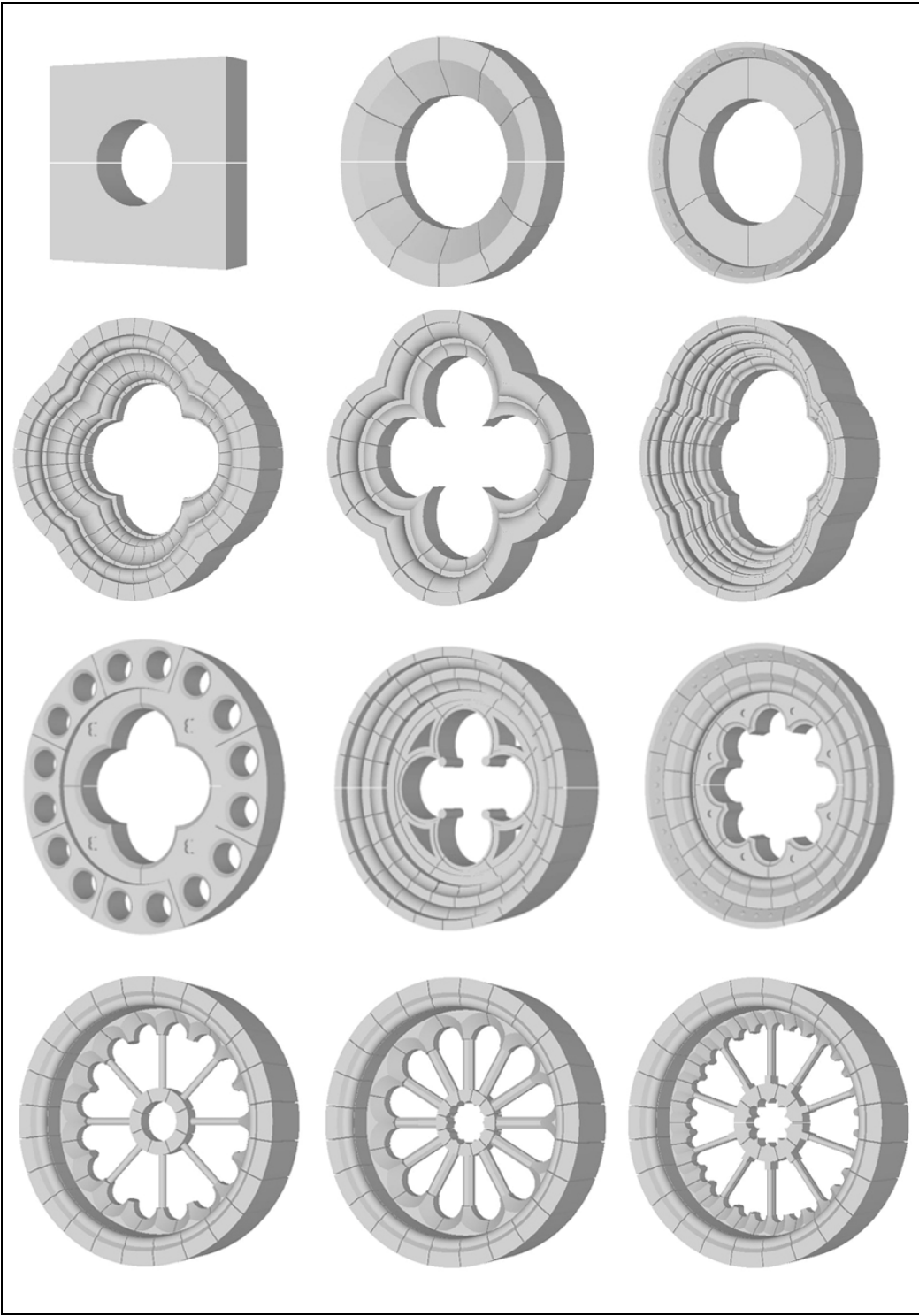


Charpentes à chevrons formant fermes non contreventées avec alternance de fermes à entrait et de fermes à entrait retroussé.



Charpentes à chevrons formant fermes non contreventées avec entrait retroussé à chaque ferme.

Multiplicité des maquettes numériques pouvant être générées par le système génératif pour illustrer les divers cas de figures appartenant au corpus des roses gothiques.

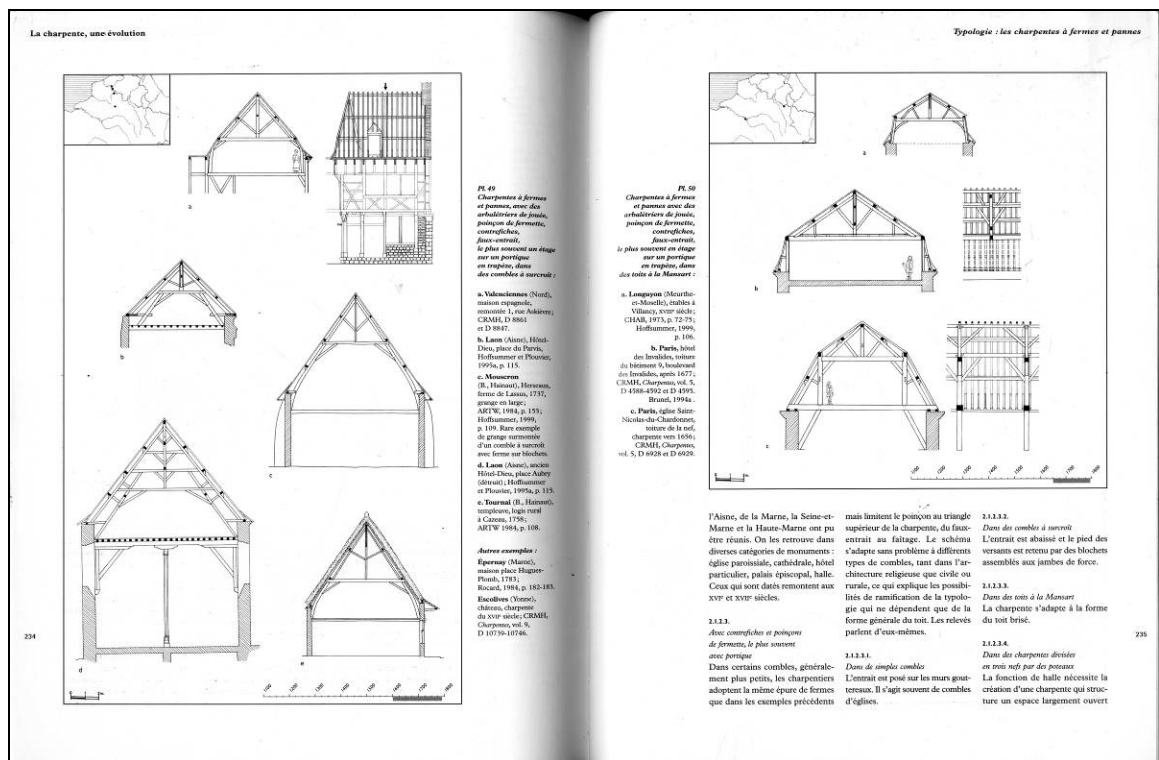


Oculus et petites roses à remplage

Annexe H

Travaux de recherche ayant servi d'assise aux études de cas : Modes de représentation adoptés par les historiens pour diffuser leur interprétation des corpus à l'étude.

1. L'étude menée par Corvol et ses collaborateurs : la correspondance entre textes, schémas, cartes géographiques et lignes de temps.



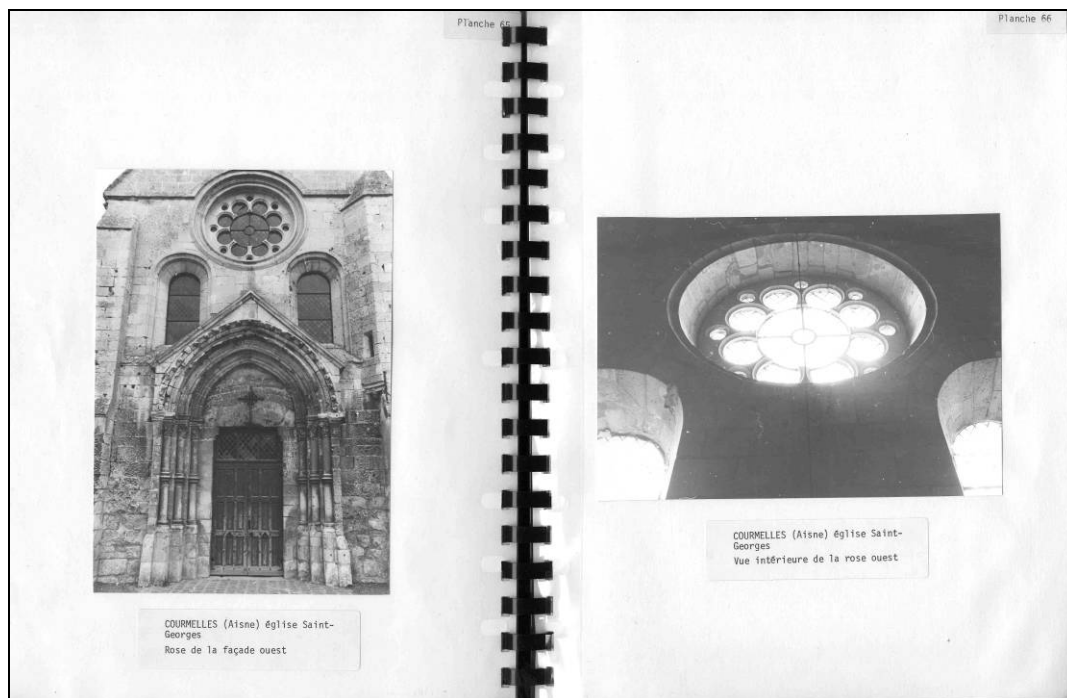
Charpentes à fermes et pannes, avec des arbalétriers de jouée, poinçon de fermette, contrefiches et faux-entrait.

(Source: Corvol, A. et coll., (2002), Les charpentes du XIe au XIXe siècle : typologie et évolution en France du nord et en Belgique, Paris : Éditions du patrimoine, p.234-235).

2. L'étude menée par Hardy (1983) :

Date	Lieu	Dimension	ROSES A MENEAX ET COLONNETTES																			
			1 ZONE dans l'axe			2 ZONES externe interne				3 ZONES peripherie												
			MENEAX	SOMMIERS EN FOURCHE	CLAVEAU	MONTANTS DANS L'AXE	SOMMIERS EN FOURCHE axe diagonal	OEIL POLYLOBE	OEIL REBENTÉ à l'extrados	DALLES CLAVÉES DECOUPÉES	DALLES REBENTÉES pourtour lobe	pourtour bilobe	pourtour trilobe	ÉCOINGON AJOURÉ	COTE RECOUPE	SOMMIERS EN FOURCHE dans l'axe	DANS L'AXE	AXE DIAGONAL	CIRCULAIRE	POLYLOBE	REBENTÉ à l'extrados à l'intérieur et intrados	
II40	SAINT-DENIS	4m60-6m																				
II60	BEAUVAIS	4m12-5m70								X												
II65-II70	PARIS (choeur)	2m85-3m20	X																			
II70-II85	NOYON	3m -4m									X											
II70	ROYE	1m85-2m65																				
II70-II75	PARIS (tribune)	-4m20																				
II75-1200	DAMMARD	3m -3m50																				
II80	PARIS (nef)	3m20-4m		X																		
II80	ROYE-SUR-MATZ	2m30-3m65																				
II80	ETAMPES (choeur)	-3m									X											
II80	ETAMPES (nef)	-3m									X											
II90	SAINTE-MICHEL-EN-TH.	5m20-7m70																				
fin XIIe	CHARS	3m45-6m																				
-1200-	MAREIL-MARLY	2m64-3m30									X											
début XIIIe	BOHAN	3m -4m			X	X																
début XIIIe	LOUVECIENNES	3m72-4m										X										
début XIIIe	LESGES	3m -4m																				
début XIIIe	VORGES										X											
1200	BRAINE	6m20-7m50										X										
1200-1220	NESLES-LA-VALLÉE	3m50-4m75										X										
1200-1225	MEZY-MOULIN	3m80-4m60										X										
1200-1225	CHALONS s MARNE	5m50-6m50										X										
1200-1225	MONS-EN-LAONNOIS	6m -6m70													X							
1200-1225	VAUX-SOUS-LAON																					
1220	PARIS (rose aveugle)	3m -3m50																				
1220-1230	DONNEMARIE	-4m																				

Tableau chronologique des roses à meneaux et colonnettes.



Photographies de la rose de la façade ouest de l'église Saint-Georges, Courmelles. (Source : Hardy, C. (1983), La fenêtre circulaire au XIIe et début du XIIIe siècle en Île-de-France, Thèse de doctorat, Poitiers. Cahier des planches II, planches 65-66).

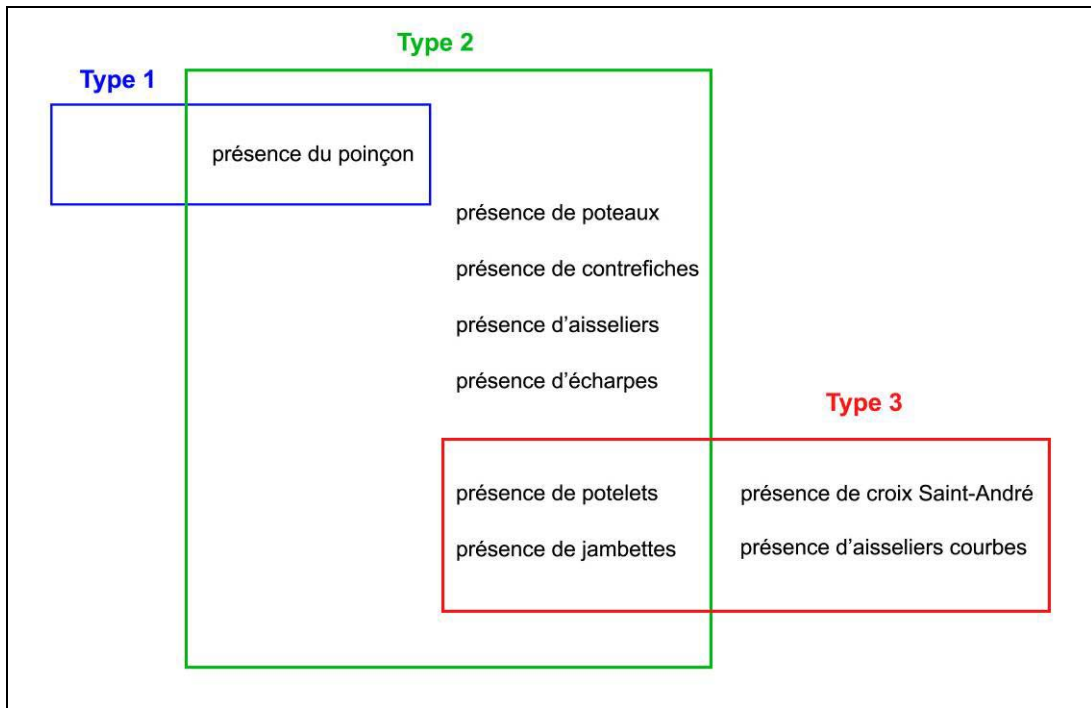
93.	94.
<p>COURMELLES (Aisne), église paroissiale Saint Georges.</p> <p>Rose de la façade occidentale.</p> <p>Construite en même temps que le portail au début du XIIIe siècle. (1)</p> <p>Diamètre du vide : environ 2 mètres 30. (2) Diamètre avec cadre : environ 3 mètres.</p> <p>Bien que très restaurée la façade de cette petite église a conservé ses dispositions d'origine. En 1846, on détruisit l'ancien porche de pierre et l'on restaura le portail (3) mais ce n'est qu'en 1885 que la restauration générale de l'édifice eut lieu sous la direction de Lefèvre-Pontalis (4) qui remplaça l'ancien plafond par un berceau de bois au cintre surbaissé afin de dégager au revers de la façade la petite rose. L'église fut également restaurée après la première guerre mais la rose d'un modèle très simple nous est parvenue dans un état conforme sauf en ce qui concerne l'armature de son oeil. (5)</p> <p>DESCRIPTION PLANCHES 65 et 66</p> <p>Perçement : La baie s'ouvre dans la pleine épaisseur du mur. Son cadre extérieur est composé d'un cercle de claveaux posé en saillie formant un larmier inscrivant un second cercle dont la mouluration forme l'ébrasement et dans l'intrados duquel s'insère le remplage. A l'intérieur l'ouverture circulaire est délimitée par un seul cercle de claveaux posé au niveau du mur et dont l'intrados amorce un profond tableau droit. Les fenêtres plein cintre sous la rose ont également un ébrasement très profond.</p>	<p>Remplage : Le petit châssis de pierre est enchâssé sur l'avant du percement en continuation avec le cadre extérieur. Son remplage est formé d'un rang périphérique de 8 dalles clavées, découpées en redents et dont l'écoinçon est repercé d'un petit trou rond. Ces redents posés dans l'axe maintiennent dans leur rainure l'armature de l'oeil.</p> <p>Vitrage : La vitrerie moderne est fixée selon les dispositions anciennes : les petits médaillons circulaires et les lobes outrepassés sont insérés de l'intérieur dans l'épaisseur de la dalle dont les arêtes sont coupées pour faciliter leur pose alors qu'à l'oeil les panneaux sont accrochés à une armature insérée dans les redents. Cette armature était autrefois divisée par des barlotières en croix.</p> <p>Décor : La fenêtre a un cadre à la plastique accentuée : un cordon torique orne la surface du cercle posé en applique alors que le cercle en récession est profilé d'une baguette précédant le cordon torique entre cavets dégagé sur l'arête et suivi d'une seconde baguette bordant le remplage. Cette mouluration se retrouve aux voussures du portail. La configuration polylobée du châssis est soulignée par le cavet qui profile à l'intérieur comme l'extérieur l'arête des redents et des minuscules oculi qui alternent avec les lobes. Le cadre intérieur est profilé d'une doucine, moulure qu'on retrouve à l'extérieur aux fenêtres en plein cintre.</p> <p>Emplacement: La rose fut conçue en fonction de son ordonnance extérieure. Parfaitement alignée sur un portail en saillie dont le tympan a la même dimension que son diamètre, elle surmonte deux fenêtres en plein cintre dont les archivoltes</p>

95.	96.
<p>sont tangentés à son cadre. Le larmier du pignon, sur lequel elle débordé légèrement, s'incurve en archivolte à son sommet dans une formule assez fréquente dans la région et qui l'intègre pleinement dans une composition très homogène et équilibrée.</p> <p>A l'intérieur la rose qui s'ouvrirait sans doute sous une charpente apparente, surmonte deux fenêtres en plein cintre au-dessus de la porte d'entrée. L'ordonnance de la composition est archaïque et joue uniquement sur la distribution des ouvertures profondes sur le plan d'un mur nu, ce qui contraste avec le décor extérieur.</p> <p>NOTES</p> <p>(1) Le portail actuel aurait remplacé un portail plein cintre dont il ne reste aucune trace depuis les dernières restaurations. Lefèvre-Pontalis "L'église de Courmelles" in <i>Congrès archéologique</i>, 1911, vol. 1, p. 286, date ces remaniements importants à la façade du début du XIIIe siècle et les auteurs se sont ralliés à sa datation. Les dimensions et la mouluration du portail et de la rose montrent qu'ils ont été exécutés en même temps.</p> <p>(2) Lefèvre-Pontalis, E. : <i>L'architecture religieuse dans l'ancien diocèse de Soissons aux XIe et XIIe siècles</i>, vol. 2, planche LIX, no 5.</p> <p>(3) Dossier Piette no 226. Arch. Dépt. de l'Aisne.</p> <p>(4) Lefèvre-Pontalis : "Note sur l'église de Courmelles et sa restauration" in <i>Bulletin de la Société archéologique de Soissons</i>, 2e série, XVII, pp. 55-57.</p> <p>(5) <u>Idem</u> note 2.</p> <p>BIBLIOGRAPHIE</p> <p>LEFEVRE-PONTALIS, E. <i>L'architecture religieuse dans l'ancien diocèse de Soissons aux XIe et XIIe siècles</i>. Paris, ed. Pion, 1896; vol. 2, pp. 139-145.</p>	<p>LEFEVRE-PONTALIS, E. "Note sur l'église de Courmelles et sa restauration" in <i>Bulletin de la Société archéologique, historique et scientifique de Soissons</i>. 2e série, XVII, pp. 55-57.</p> <p>LEFEVRE-PONTALIS, E. "L'église de Courmelles" in <i>Congrès archéologique</i>, 1911, vol. 1, pp. 282-286.</p> <p>MOREAU-NELATON, E. <i>Les églises de chez-nous</i>. L'arrondissement de Soissons. H. Laurens, Paris, 1914, vol. 1, p. 317-319.</p> <p>DOCUMENTS</p> <p>Archives des Monuments Historiques : - Plans et relevés : Brunet, plan no 28,941; 1910.</p> <p>Archives départementales de l'Aisne : - Dossier Piette no 226.</p>

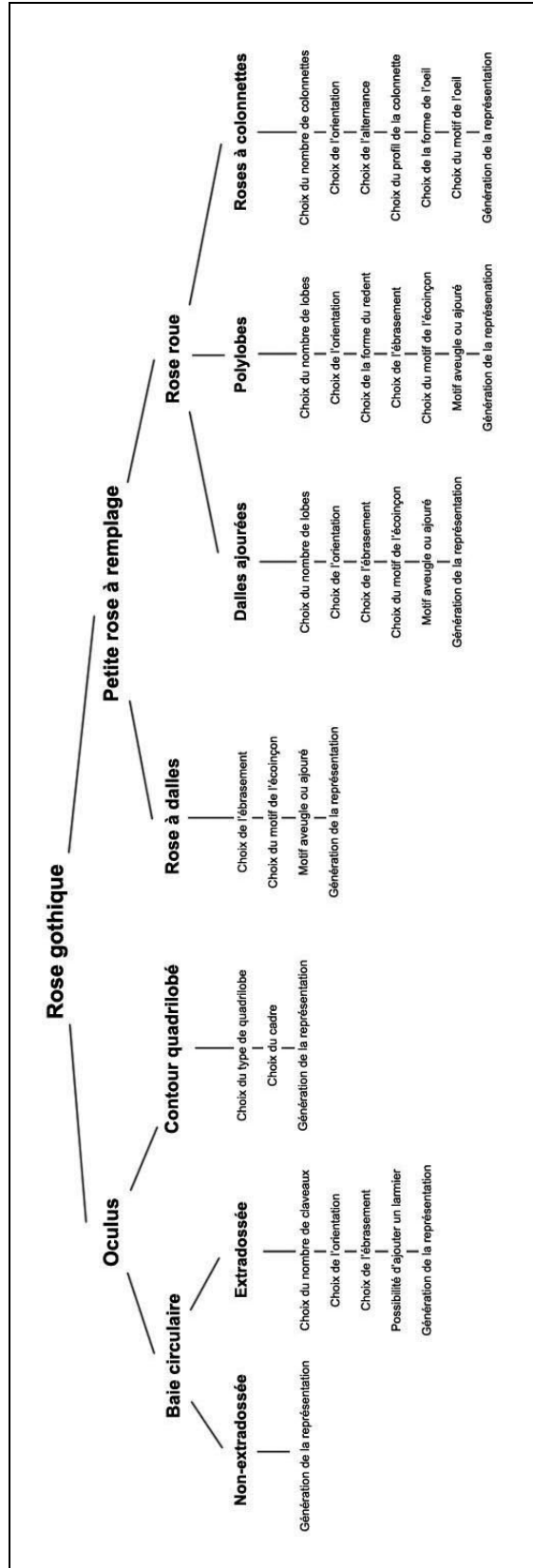
Textes explicatifs portant sur la rose de la façade ouest de l'église Saint-Georges (Courmelles) incluant la description (perçement, remplage, vitrage, décor, emplacement), les notes, la bibliographie et les documents.
(Source : Hardy, C. (1983), La fenêtre circulaire au XIIe et début du XIIIe siècle en Île-de-France, Thèse de doctorat, Poitiers. Catalogue, p. 93-96).

Annexe I

Modèles symboliques

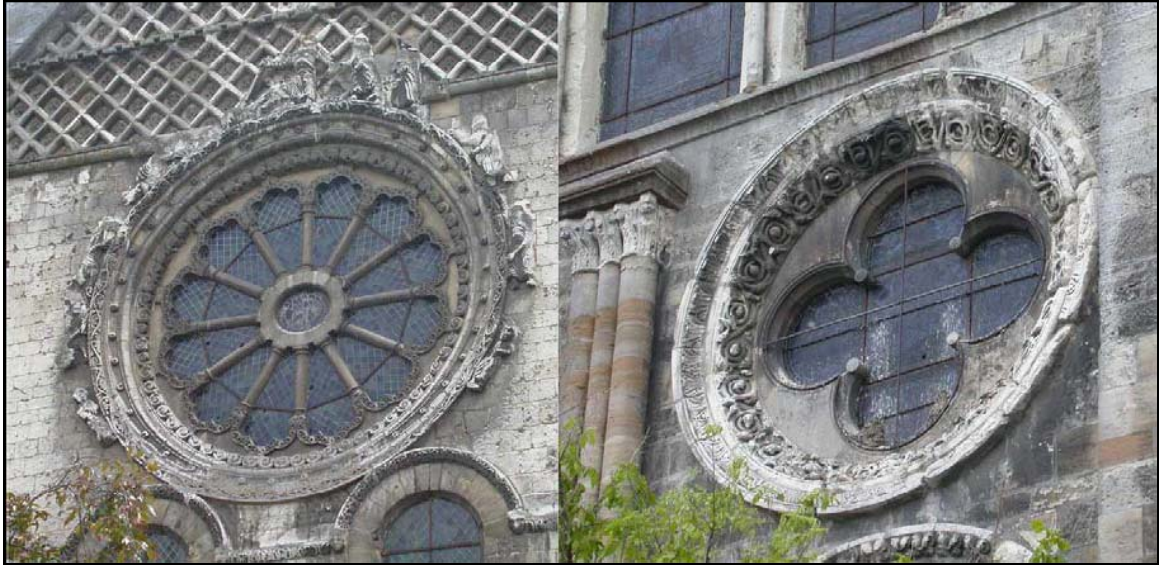


Typologie des charpentes : mise en relation des attributs intrinsèques et des regroupements

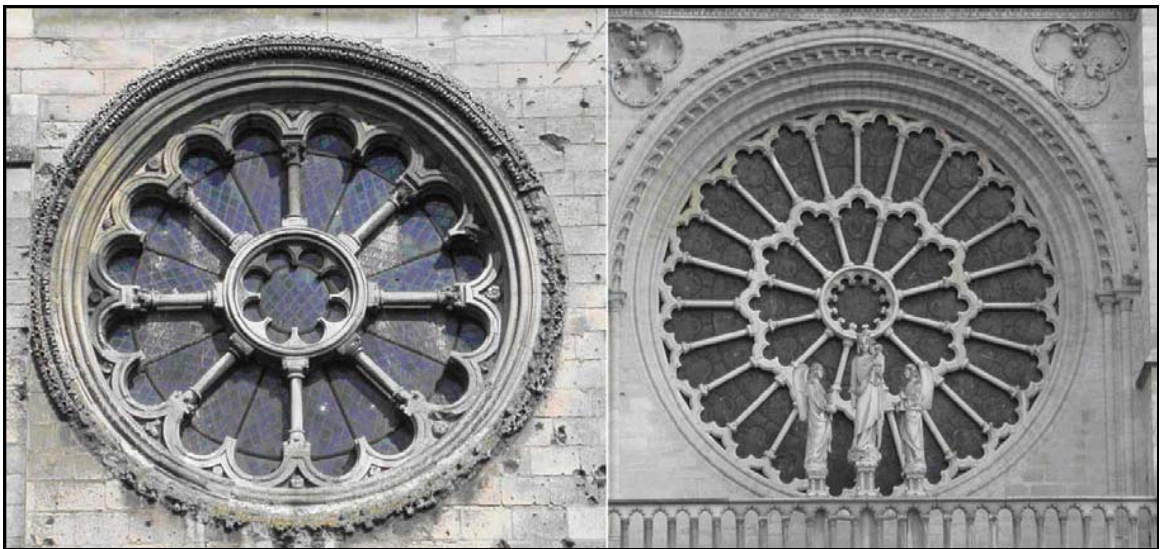


Annexe J

Exemples de roses gothiques



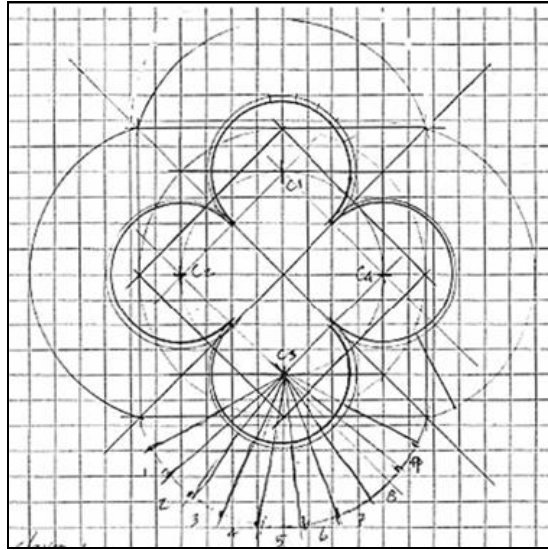
Rose du transept sud, Cathédrale Saint-Étienne, Beauvais (à gauche) et rose côté Est du transept Sud, Notre-Dame-en-Vaux, Châlons-sur-Marne (à droite), photographiées par Dominic Boulerice.



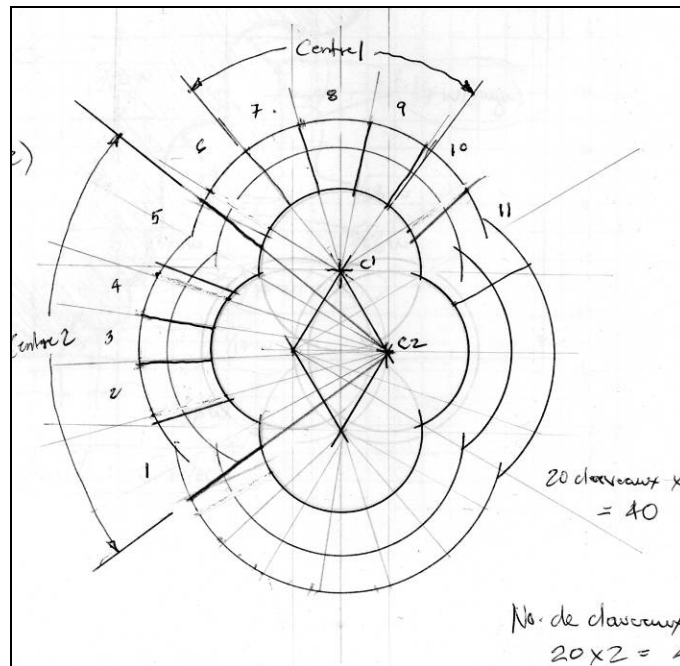
Eastern rose window, Treasure Room of Noyon Cathedral (left) and Western rose window, Paris Cathedral (right), photographs by Dominic Boulerice.

Annexe K

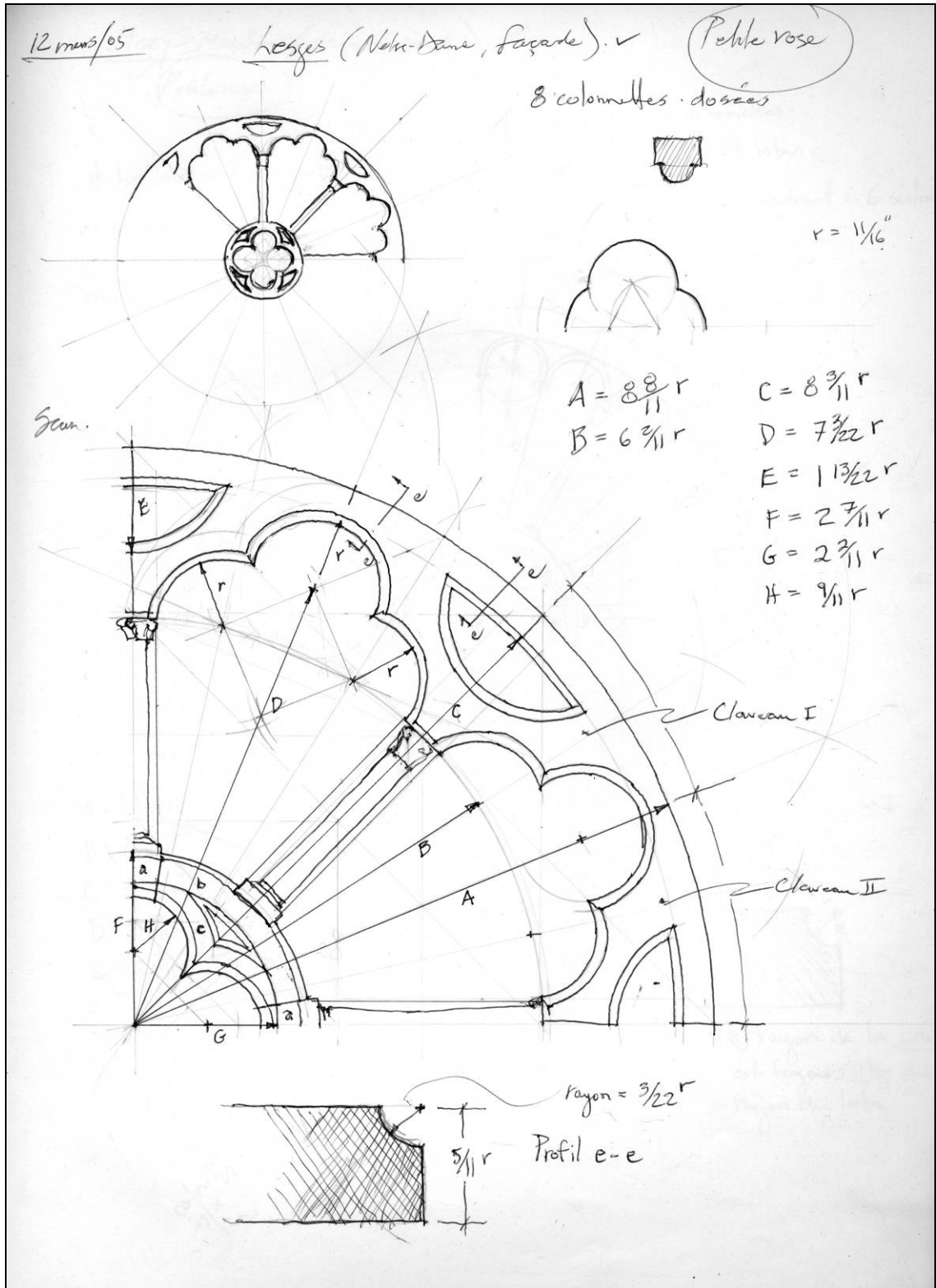
Exemples d'études géométriques



Étude géométrique d'un oculus quadrilobé (Oulchy-le-Château).
Dessin de David W. Booth.



Étude géométrique d'un oculus quadrilobé (Nanteuil, Notre-Dame).
Dessin de David W. Booth.



Étude géométrique d'une petite rose à remplage (Lesges, Notre-Dame, façade).
Dessin de David W. Booth.

15 mars/05

St-Michel-en-Thierache (transept nord)

Rose à remplage mérovingien

Petite

12 colonnettes adossées

lobes ext. comme à Metz-Morli.

$r = \frac{1}{2}''$

$A = 12\frac{1}{4}r$

$D = 6\frac{7}{16}r$

$I = 15\frac{3}{4}r$

$B = 10\frac{1}{16}r$

$E = 3\frac{1}{2}r$

$J = 14r$

$C = 10\frac{1}{2}r$

$F = 3\frac{3}{4}r$

$G = 1\frac{1}{4}r$

$H = \frac{5}{8}r$

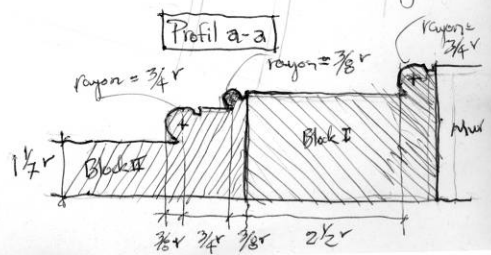
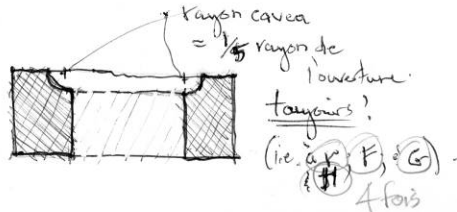
Scan.

Col

Col

Cachre divisée en 40 claveaux.

divisé en 48 claveaux égaux



Étude géométrique d'une petite rose à remplage (St-Michel-en-Thierache, transept nord). Dessin de David W. Booth.

Annexe L

Exemples des différents styles de code de programmation

1) Algorithme codé avec le langage de programmation volumique SGDL : description d'un mur de maçonnerie.

```
(define type-base ;bloc complet
  (lambda (V36) ;ou V4
    (let
      ((f (lambda (n) (vector-ref V36 n))))
      (GDppz_4x (vector (f 0) (f 1) (f 2) (f 3))))))

(define type0 ;2 blocs superposees - division horizontale
  (lambda ( V36)
    (let
      ((f (lambda (n) (vector-ref V36 n))))
      (DLuni
       (GDppz_4x (vector (f 4) (f 5) (f 6) (f 7)))
       (GDppz_4x (vector (f 8) (f 9) (f 10) (f 11))))))

(define type1 ;1 bloc pleine hauteur et 2 avec division hori
  (lambda ( V36)
    (let
      ((f (lambda (n) (vector-ref V36 n))))
      (DLuni
       (GDppz_4x (vector (f 12) (f 13) (f 14) (f 15)))
       (GDppz_4x (vector (f 28) (f 29) (f 30) (f 31)))
       (GDppz_4x (vector (f 32) (f 33) (f 34) (f 35))))))

(define type2 ;2 avec division hori et 1 bloc pleine hauteur
  (lambda ( V36)
    (let
      ((f (lambda (n) (vector-ref V36 n))))
      (DLuni
       (GDppz_4x (vector (f 20) (f 21) (f 22) (f 23)))
       (GDppz_4x (vector (f 24) (f 25) (f 26) (f 27)))
       (GDppz_4x (vector (f 16) (f 17) (f 18) (f 19))))))

(define type3 ;4 blocs
  (lambda ( V36)
    (let
      ((f (lambda (n) (vector-ref V36 n))))
      (DLuni
```

```

(GDppz_4x (vector (f 20) (f 21) (f 22) (f 23)))
(GDppz_4x (vector (f 24) (f 25) (f 26) (f 27)))
(GDppz_4x (vector (f 28) (f 29) (f 30) (f 31)))
(GDppz_4x (vector (f 32) (f 33) (f 34) (f 35))))))
;-----
(define volumetrie-blocs-eg
  (lambda (rendering
          liste1      ;ls vide pour avoir le meme nbr d'arg que volumetrie-blocs-ineg
          liste2      ;liste des V4
          vol-ouverture
          n)          ;compteur
    (letrec
      ((f (lambda (ls2 n compt)
            (if (= (+ 1 n) compt) '()
                (cons (type-base (car ls2))
                      (f (cdr ls2) n (+ 1 compt)))))))
       (rendering (DLpmi (apply DLuni (f liste2 n 1))
                        vol-ouverture)))))) ;retourne un volume
;-----
(define volumetrie-blocs-ineg
  (lambda (rendering
          liste1      ;liste des random
          liste2      ;liste des V36
          vol-ouverture
          n)          ;compteur
    (letrec
      ((f (lambda (a b) ;pour determiner quel type on va prendre
            (cond
              ((= 0 a) (type0 b))
              ((= 1 a) (type1 b))
              ((= 2 a) (type2 b))
              ((= 3 a) (type3 b))
              ((= 4 a) (type-base b))))))
       (ff (lambda (ls1 ls2 n compt)
            (if (= (+ 1 n) compt) '()
                (cons (f (car ls1) (car ls2))
                      (ff (cdr ls1) (cdr ls2) n (+ 1 compt)))))))
       (rendering (DLpmi (apply DLuni (ff liste1 liste2 n 1))
                        vol-ouverture)))))) ;retourne un volume
;-----
(define affichage-progressif
  (lambda (pro-vol      ;procedure de volumetrie (egaux ou inegaux)
          rendering    ;type de rendering
          liste1      ;liste des random
          liste2      ;liste des V4 ou V36

```

```

    vol-ouverture) ;volume de l'ensemble des ouvertures
(letrec
  ((nbr-briques (length liste2))
   (f (lambda (ls1 ls2 n)
        (PIdraw (pro-vol
                  rendering
                  ls1 ls2
                  vol-ouverture
                  n))))
   (ff (lambda (ls1 ls2 compt)
        (if (> compt nbr-briques)
            (PIdraw (pro-vol
                    rendering
                    ls1 ls2
                    vol-ouverture
                    (- compt 1)))
                (begin ;else
                    (f ls1 ls2 compt)
                    (ff ls1 ls2 (+ 1 compt)))))))
   (ff liste1 liste2 1))))

```

2) Algorithme codé avec le langage de description de l'objet Pov-Ray : **description du volume d'une rose gothique.**

```

#include "fichier-a-loader.pov"
// #declare orien = 1;

#include "colors.inc"
// #declare White = rgb <1,1,1>;
// #declare Rouge = rgb <1,0,0>;

background { color White }

camera {
  perspective
  angle 30
  location <5, 0, -9>
  look_at <0, 0, 0> }
/*
  camera {
  // perspective
  angle 30
  location <0, 0, -10>
  look_at <0, 0, 0> }
*/

```

```

#declare pierre =
texture
{ pigment { color Gray } finish {ambient .6
diffuse .5
phong .3 } }

#declare pierrematte =
texture
{ pigment { color Gray } finish {ambient .6
diffuse .5
specular 0.0
roughness 0.0005} }

light_source { <0.5, 0, -2> color White
parallel
point_at <0, 0, 0> }

//DECOUPAGE DES CLAVEAUX

//segment de mortier sur les y positif
#declare segment =
box {<-0.005, 0, -1> <0.005, 5, 1> texture {pierre}}

//fait pivoter le segment le nombre de fois indiqué à l'angle indiqué
#macro joints (angl)
#declare Count=0;
union {
#while (Count < 48) // parce que #while (Count < nbr) ne fonctionne pas
object { segment rotate <0, 0, angl*Count > }
#declare Count=Count+1;
#end }
#end

//fait pivoter l'ensemble des joints pour avoir orientation oblique
#macro jointsObliques (angl)
object { joints (angl) rotate <0, 0, angl/2 > } #break
#end

//Les ROSETTES

#declare boule =
sphere { <0, 0, 0> 0.01 scale <2,2,1> texture { pierre} }

#declare petals =
union {

```



```

object {boule translate <0, 0, 0>}
object {boule translate <0.01, 0, 0>}
object {boule translate <-0.01, 0, 0>}
object {boule translate <0, 0.01, 0>}
object {boule translate <0, -0.01, 0> }

//ici les rosettes sont positionnées à un endroit prédéterminé
// #declare rosette =
// object {object {petals rotate <-45, 0, 0> } translate <0, 1+ (1/32), -(1/32)>}

    #macro rosette (deltay, deltaz) //deplacement en y et z
object {object {petals rotate <-45, 0, 0> } translate <0, deltay, deltaz>}
#end

//ici les rosettes sont disposées uniquement pour un 12 claveaux
#macro troisrosette (deltay, deltaz) //deplacement en y et z
union
{
object { rosette (deltay, deltaz) rotate <0, 0, -7.5> }
object { rosette (deltay, deltaz) rotate <0, 0, 0> }
object { rosette (deltay, deltaz) rotate <0, 0, 7.5> } }
#end

//pour disposer les trio de rosettes sur la périphérie
#macro ensrosettes ( nbr, angl, deltay, deltaz) //
#declare Count=0;
union {
#while (Count < nbr)
object { troisrosette (deltay, deltaz) rotate <0, 0, angl*Count > }
#declare Count=Count+1;
#end }
#end

//DÉFINITION DES CADRES

//Pour l'oculus le cadre a toujours 12 claveaux

#declare cadreOculus =
union {
difference {
cylinder {0.5*z, -(2/32)*z, (1 + (3/32)) texture { pierre} }
cone { -(1/2)*z, (1 + (1/2)), 1*z, 0 texture { pierre}}
cylinder {2*z, -2*z, 1.005 texture {pierre} } //espace pour le mortier
jointsObliques (30) // angle
}
ensrosettes (12, 30, (1+ (1/32)), -(1/32)) // nbr-clav angle deltay delatz

```

```

    }

//pour que les joints ne coincident pas: pivoter 1/24 de tour si orien oblique 4 ou 12
clav
// et 1/48 de tour si 8 clav orien droite

#declare cadre0 =
    #switch (cad) // pour mettre le cadre ou non

        #case( 0 ) sphere { <0, 0, 0> 0 } #break //rien
        #case( 1 ) object {cadreOculus rotate <0, 0, rotcad >} #break
        #case( 2 ) sphere { <0, 0, 0> 0 } #break //rien
        #case( 100 ) sphere { <0, 0, 0> 0 } #break //rien
    #end

//CADRE DE LA PETITE ROSE A REMPLAGE

#declare rangext = //rangée extérieure
union {
    ensrosettes (12, 30, 1.375, -0.375) // nbr-clav angle deltax delatz
difference {
    cylinder {0*z, -(7/16)*z, (1 + (1/2)) texture { pierre} }
    cone { -0.5*z, 1.5, 1*z, 0 texture { pierre} }
    cylinder {2*z, -2*z, (1 + (5/16) + 0.005) texture { pierre} }
    jointsObliques (30) //12 claveaux a 30 degrés
    } }

#declare rangint = //rangée interieure
difference {
union {
    torus {(1 + (1/16)),(1/16) texture { pierrematte}
        rotate <90, 0, 0>
        translate <0, 0, -(7/32)> }

difference {
    cylinder {0*z, -(5/16)*z, (1 + (5/16)) texture { pierre} }
    cylinder {1*z, -2*z, 1 texture { pierre} }
    cone { -1*z, (1 + (7/8)), (7/8)*z, 0 texture { pierre} }
    } }

jointsObliques (7.5) //angle
}
#declare cadre1 = union { object {rangint}
    object {rangext} }
////////////////////////////////////

```

```

#declare chargement =
  #switch ( taille)
  #case( 0 ) #include "rose-A.pov" #break
  #case( 1 ) #include "rose-B.pov" #break
  #end

/*  #declare chargement =
  #switch ( taille)
  #case( 0 ) cadre0 #break
  #case( 1 ) cadre1 #break
  #end
*/
Chargement

```

3) Algorithme codé avec le langage de programmation fonctionnelle Scheme description du volume d'une rose gothique.

```

;-----
;GÉNÉRATION DES VOLUMES DE BASE
;-----
(define segment
  (lambda ()
    (begin
      (declaration "segment"
        '(shpInit (Cube (/ largeur-mortier 2) profTrou profTrou
          (- 0 (/ largeur-mortier 2)) 0 (- 0 profTrou))))))

;volume nul (quand on a rien a soustraire lorsque qu'il n'y a pas d'ébrasement)
(define volVide
  (lambda ()
    (shpInit (Cube 0 0 0 0.1 0.1 0.1))))

(define declaVolVide
  (lambda ()
    (begin
      (declaration "declaVolVide"
        '(shpInit (Cube 0 0 0 0.1 0.1 0.1))))))

;génération du parallélépipède de base pour l'oculus non-extradossé
;centre a l'origine
(define bloc
  (lambda ()
    (begin
      (declaration "bloc"
        '(shpInit (Cube largBlocOcu largBlocOcu 0

```

```
(- 0 largBlocOcu) (- 0 largBlocOcu) profBlocOcu))))))
```

```
;génération du cylindre de base pour l'oculus extradossé
```

```
(define baseOcu  
  (lambda ()  
    (begin  
      (declaration "baseOcu"  
        '(shpInit (Cylinder 0 0 0 0 0 (verifSensZ (- 0 profClav)) (+ ray hautClav) ))))))
```

```
;génération cylindre qui perce le trou
```

```
(define oeil  
  (lambda ()  
    (begin  
      (declaration "oeil"  
        '(shpInit (Cylinder 0 0 (verifSensZ (- 0 profTrou)) 0 0 (verifSensZ profTrou)  
          ray ))))))
```

```
;-----  
;DÉCOUPAGE DES CLAVEAUX
```

```
;-----  
; procédure qui fait pivoter le segment de mortier un nombre de fois donné selon le  
; nbr de claveaux
```

```
;OUTPUT: entite "rotaJoints" ecrite en povray
```

```
(define joints  
  (lambda ()  
    (begin  
      (segment) ;toujours commencer par appeler les volumes dont on a besoin  
      (declaration "rotaJoints"  
        '(rotationObjet '(appelObjetTrans "segment") 0 nbrClav (/ 360 nbrClav)  
          "rotaJoints"))  
      (effacer '(appelObjetTrans "segment"))))
```

```
;procédure qui fait pivoter l'ensemble des joints pour avoir orientation oblique
```

```
;si nécessaire
```

```
;IL FAUT DEFINIR UNE VALEUR 0.00001
```

```
(define ensJoints  
  (lambda ()  
    (begin  
      (joints)  
      (declaration "ensJoints"  
        ;description de l'objet  
        '(if (= 1 orientOculus) ;orientation oblique  
          (shpRotate '(appelObjetTrans "rotaJoints") (list 0 0 (/ (/ 360 nbrClav) 2)))  
          ;else orientation droite  
          (shpRotate '(appelObjetTrans "rotaJoints") (list 0 0 0.00001))))))
```

```
;-----  
;GÉNÉRATION DU VOLUME DE L'OCULUS NON-EXTRADOSE  
;-----
```

```
(define ocuNonExt  
  (lambda ()  
    (begin  
      (bloc) ;appel des volumes utiles  
      (ensJoint)  
      (oeil)  
      (declaration "OcuNonExt"  
        ; description de l'objet  
        '(shpDifference (list "bloc" "oeil" "ensJoint"))))))
```

```
;-----  
;GÉNÉRATION DES VOLUMES DE SOUSTRACTION POUR LES  
ÉBRASEMENTS  
;-----
```

```
;procédure pour calculer le déplacement du cône de soustraction de l'ébrasement  
;(il faut le déplacer sur les Z pour qu'il ait un rayon désiré sur le plan XY)  
;référence p.25  
;INPUT: ;paire de largeur (rayon) et hauteur du cone de soustraction  
;         ;valeur de rayon a obtenir sur le plan XY  
;OUTPUT: valeur du déplacement sur l'axe des Z
```

```
(define reajustEbra  
  (lambda (pa val)  
    (let  
      ((larg (car pa))  
       (haut (cdr pa)))  
      (if (> larg val) (/ (* val haut) larg) ;regle de trois  
          0))) ;else valeur nulle
```

```
;-----  
;définition et placement initial du cône de soustraction pour l'ébrasement  
;intérieur-extérieur  
;INPUT: ;paire de largeur du cône (rayon) et hauteur du cône de soustraction  
;         ;valeur de rayon désiré sur l'axe de XY  
;         ;sens: 0= ébrasement avant 1= ébrasement arrière
```

```
(define reajusPosCone 0)  
(define sensEbra 0)
```

```
(define formEbras
```

```

(lambda (pa val sens distZ)
  (begin
    (set! ebraY (car pa)) ;rayon du cone en Y
    (set! ebraZ (cdr pa)) ;profondeur du cone en Z
    ;distance de deplacement du cone pour avoir le rayon desire sur le plan XY
    (set! reajusPosCone (- ebraZ (reajustEbra pa val)))
    (set! sensEbra sens)
    (set! deplaCone distZ) ; assignation de la distance de deplacement
                          ;selon l'ampleur de l'ebrasement

    (if (= 0 sensEbra) ;ébrasement avant
      (declaration "coneSoustractAv"
        '(shpInit '(Cone 0 0 0 ebraY 0 0 (verifSensZ ebraZ) 0)))
      (declaration "coneSoustractArr"
        '(shpInit '(Cone 0 0 0 ebraY 0 0 (verifSensZ (- 0 ebraZ)) 0))))
    ;-----
    (if (= 0 sensEbra)
      (declaration "formeEbraAvTemp"
        '(shpMove '(appelObjetTrans "coneSoustractAv")
          '(vecInit 0 0 (verifSensZ (- 0 reajusPosCone))))))
      (declaration "formeEbraArrTemp"
        '(shpMove '(appelObjetTrans "coneSoustractArr")
          '(vecInit 0 0 (verifSensZ reajusPosCone))))))
    ;-----
    (if (= 0 sensEbra)
      (declaration "ebAvant"
        '(shpMove '(appelObjetTrans "formeEbraAvTemp")
          '(vecInit 0 0 (verifSensZ (- 0 deplaCone))))))
      (declaration "ebArr"
        '(shpMove '(appelObjetTrans "formeEbraArrTemp")
          '(vecInit 0 0 (verifSensZ (- 0 deplaCone))))))))
    ;-----
    ;génération du volume de soustraction pour l'ébrasement des claveaux
    (define volEbra
      (lambda ()
        (begin
          ;generation du code
          (cond
            ((= 1 ebrasOculus)
              (begin
                (declaVolVide) ;declaration d'un volume vide qui servira dans l'union
                (formEbras ebraClavOcuExt ray 0 distEbrasPetite))) ;ebrasement avant large

            ((= 2 ebrasOculus)
              (begin

```

```

    (formEbras ebraClavOcuExt ray 0 distEbrasGrande ) ;ebrasement arriere
mince
    (formEbras ebraClavOcuExt ray 1 distEbrasPetite) ;ebrasement avant mince
    )))

;déclaration de l'objet
(declaration "volEbra"
'(cond
((= 0 ebrasOculus) (volVide))      ;pas d'ebrasement
((= 1 ebrasOculus)
  (shpUnion (list "declaVolVide" "ebAvant"))))

((= 2 ebrasOculus)
  (shpUnion (list "ebArr" "ebAvant" ))))))

;génération des cônes de soustraction pour l'ébrasement du larmier
(define volEbraLarm
(lambda ()
  (begin
    (retour1)
    (set! ebraY (car ebraLarmOcuExt)) ;rayon du cone en Y
    (set! ebraZ (car ebraLarmOcuExt)) ;profondeur du cone en Z
    (set! reajusPosCone (- ebraZ (reajustEbra ebraLarmOcuExt (+ ray hautClav))))

    (declaration "coneSoustractLarm"
      '(shpInit '(Cone 0 0 0 ebraY 0 0 (verifSensZ ebraZ) 0)))

    (declaration "ebraLarmTemp"
      '(shpMove '(appelObjetTrans "coneSoustractLarm")
        '(vecInit 0 0 (verifSensZ (- 0 reajusPosCone))))))

    (declaration "volEbraLarm"
      '(shpMove '(appelObjetTrans "ebraLarmTemp")
        '(vecInit 0 0 (verifSensZ (- 0 profClav)))))))))

;-----
;GÉNÉRATION DU VOLUME DE L'OCULUS EXTRADOSE
;-----
(define ocuExt
(lambda ()
  (begin
    (baseOcu) ;appel des volumes utiles
    (oeil)
    (ensJoints)
    (volEbra)
    (declaration "ocuExt"

```

```

      '(shpDifference (list "baseOcu"      ;exterieur
                        "oeil"          ;trou
                        "ensJoints"     ;joints
                        "volEbra "      ;ebrasement
      ))))
))))))

;-----
;LE LARMIER
;-----
;generation des rosettes
(define rosettes
  (lambda ()
    (begin

      ;génération des volumes de base pour la rosette
      (declaration "petalTemp"
        '(shpInit '(Cylinder 0 0 0 0 0 (verifSensZ (- 0 profPeta)) rayPeta )))

      (declaration "petal"
        '(shpMove '(appelObjetTrans "petalTemp") '(vecInit 0 rayPeta 0)))

      ; assemblage des volumes de base de la rosette
      (declaration "roset"
        '(rotationObjet '(appelObjetTrans "petal") 0 4 (/ 360 4) "petal"))
        (effacer '(appelObjetTrans "petal")))

      ;inclinaison de la rosette (il faut aussi inverser les angles de rotation)
      (declaration "rosetIncl"
        '(shpRotate '(appelObjetTrans "roset ") (list (verifSensZ -45) 0 0 )))

      ;déplacement de la rosette
      (declaration "rosetInclDep"
        '(shpMove '(appelObjetTrans "rosetIncl")
          '(vecInit 0 posRosesetteY (verifSensZ (- 0 posRosesetteZ)) )))

      ;répartition de trois rosettes sur un claveau du larmier
      (declaration "troisRoset"
        '(rotationObjet '(appelObjetTrans "rosetInclDep")
          (- 0 (/ angPosRos 4)) 2 (/ angPosRos 4) "troisRoset"))
        (effacer '(appelObjetTrans "rosetInclDep")))

      ;répartition des trios de rosettes sur toute la périphérie de la rose
      ;toujours 12 claveaux dans le larmier
      (declaration "rotaTrioRosettes"
        '(rotationObjet '(appelObjetTrans "troisRoset") 0 12 (/ 360 12) "trio"))
        (effacer '(appelObjetTrans "troisRoset")))))

```



```

;-----
;GÉNÉRATION DU LARMIER
;-----

(define larmier
  (lambda ()
    (begin
      ;Calcul de l'angle de rotation du larmier
      ;Il faut pivoter le larmier pour que les joints ne coincident pas avec ceux des
      claveaux
      ;pivoter 1/24 de tour si orientation oblique ET 4 ou 12 clav
      (set! angRotLarmier (if
        (and (= 1 orientOculus)
              (or (= 4 nbrClav) (= 12 nbrClav))) (/ 360 24)
        0) ;else

      (set! orientOculus 1)
      (set! nbrClav 12)
      ;les joints sont regeneres avec le nouveau nbrClav et la nouvelle orientation
      (rosettes)
      (volEbraLarm)

      (declaration "cylLarmierBase"
        '(shpInit (Cylinder 0 0 0      0 0 (verifSensZ (- 0 profLarmier))
                  (+ ray hautClav hautLarmier))))

      (declaration "trouLarmier"
        '(shpInit (Cylinder 0 0 0    0 0 (verifSensZ (- 0 profTrou ))
                  (+ ray hautClav largeur-mortier))))

      (declaration "segmentLarmier"
        '(shpInit '(Cube (/ largeur-mortier 2) profTrou profTrou
                        (- 0 (/ largeur-mortier 2)) 0 (- 0 profTrou))))

      (declaration "jointsLarmierTemp"
        '(rotationObjet '(appelObjetTrans "segmentLarmier")
                        0 nbrClav (/ 360 nbrClav) "jointsLarmier"))
        (effacer '(appelObjet "segmentLarmier")))

      (declaration "larmiTemp1"
        '(shpDifference (list "cylLarmierBase"
                              "trouLarmier"
                              "volEbraLarm"
                              "jointsLarmierTemp"))))
    )
  )

```

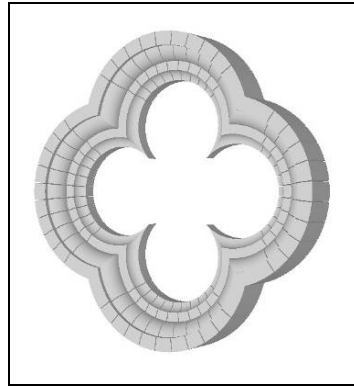
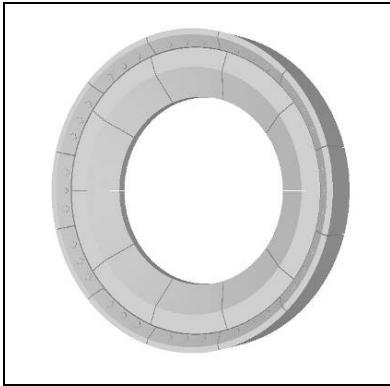
```
;toujours une orientation oblique
(declaration "larmiTemp2"
  '(shpRotate '(appelObjetTrans "larmiTemp1")
    (list 0 0 (/ (/ 360 nbrClav) 2))))

(declaration "larmiTemp3"
  '(shpUnion (list "larmiTemp2" "rotaTrioRosettes")))

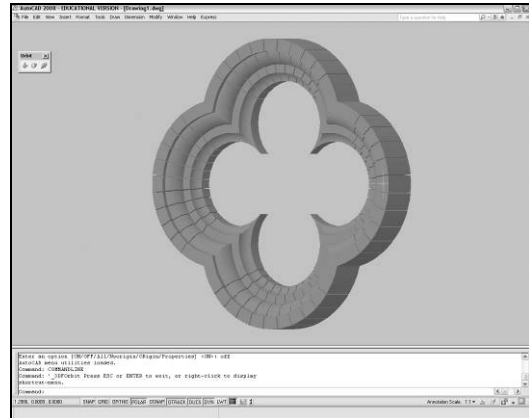
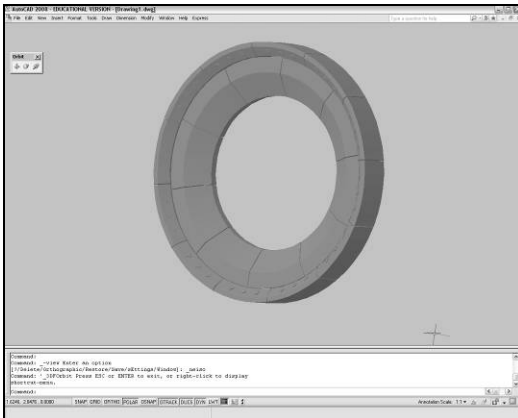
(declaration "Larmier"
  ;angle de rotation adapte selon le nombre de claveaux
  '(shpRotate '(appelObjetTrans "larmiTemp3") (list 0 0 (+ 0.00001
angRotLarmier))))
  )))
```

Annexe M

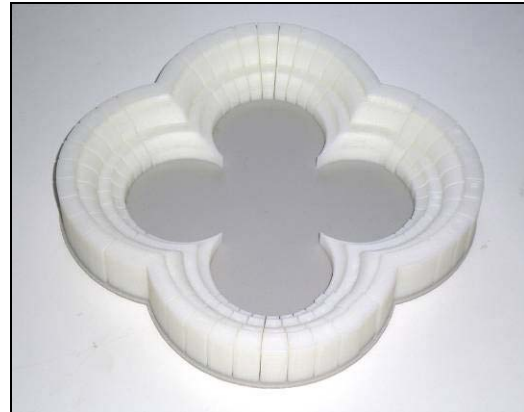
Types de représentation



Images de synthèse



Maquettes numériques 3D



Maquettes obtenues par procédé de *stéréolithographie*.

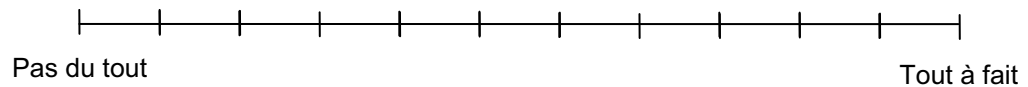
Annexe N

Questionnaire portant sur l'exploration de l'environnement numérique « La charpente »

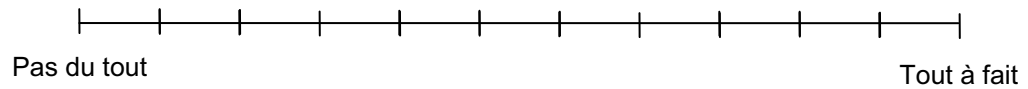
1- Enrichissement du vocabulaire de l'utilisateur

Les termes suivants signifient-ils quelque chose pour vous?

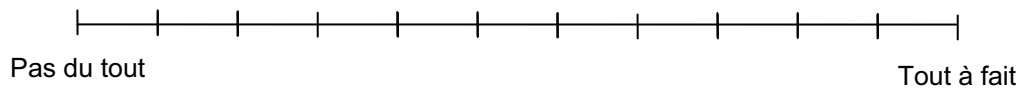
a) Contreventement



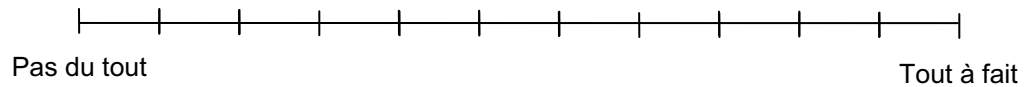
b) Jambettes



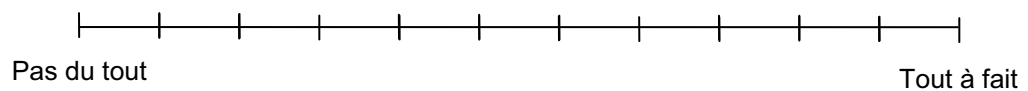
c) Entrait



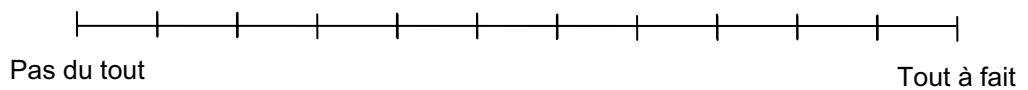
d) Faux-entrait



e) Entrait retroussé



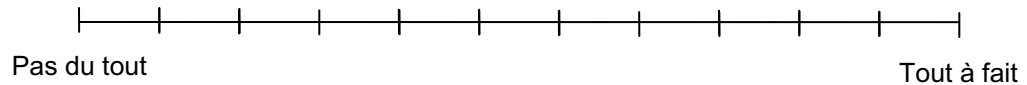
f) Contrefiche



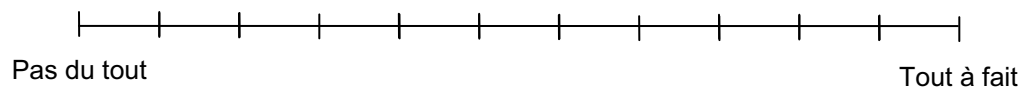
2- Enrichissement du répertoire d'images

Avez-vous en tête une image claire de ce à quoi ressemblent les artéfacts suivants ?

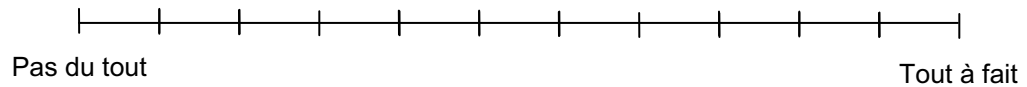
a) une charpente avec écharpes



b) une charpente avec aisseliers courbes



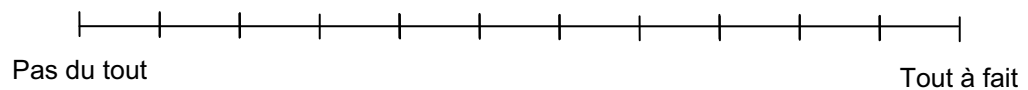
c) une charpente avec poteaux



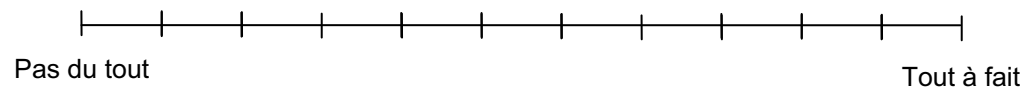
3- Enrichissement de la compréhension

Avez-vous une idée claire de la différence existant :

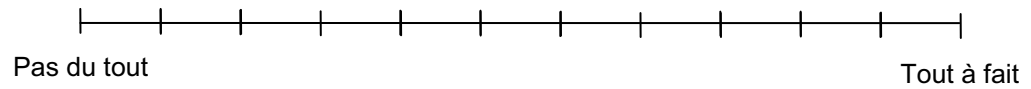
a) entre une charpente avec entrain à chaque ferme et une charpente avec entrain retroussé à chaque ferme?



b) entre une charpente avec poinçons et une charpente sans poinçon?



c) entre une charpente dans laquelle il y a alternance fermes principales / fermes secondaires et une charpente sans alternance?



4- Qu'est-ce qui vous a le plus frappé dans la séance d'utilisation à laquelle vous venez de participer?

5- Comment qualifiez-vous le processus exploratoire que vous venez de mener ?

6- Si vous étiez le concepteur de cet environnement numérique, que modifieriez-vous ?

Commentaires

Annexe O

Processus cyclique et itératif de la recherche-action

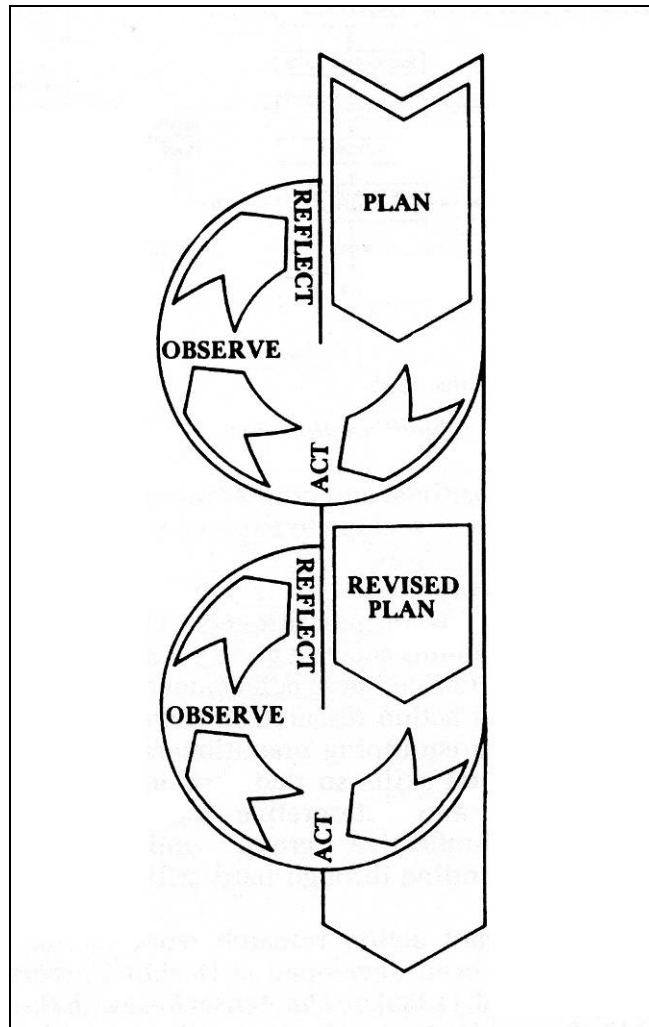


Schéma du processus cyclique et itératif de la recherche-action. (Source : McKernan, J., Curriculum Action Research: A Handbook of Methods and Resources for the Reflective Practitioner, Londres: Kogan Page, p.26. Tiré de McTaggart et al., The Action Research Planner, Victoria: Deakin U. Press, 1982.).

Annexe P

Liste des *informants*

Première étude de cas

Première itération :

- Alexandra Lemieux, étudiante à la maîtrise en conservation de l'environnement bâti.
- Daniel Da Silva, ingénieur de formation, étudiant à la maîtrise en conservation de l'environnement bâti.
- Marie-Pier Lacasse-Labonté, étudiante au baccalauréat en architecture.

Deuxième itération :

- Joëlle Leblanc, étudiante à la maîtrise en conservation de l'environnement bâti.
- Nada El Khoury, doctorante en aménagement.
- Judith Frappier, agente culturelle, étudiante à la maîtrise en Conservation de l'environnement bâti.

Troisième itération :

- Vicky Aura, étudiante à la maîtrise en conservation de l'environnement bâti.
- Dominic Ponce, étudiant à la maîtrise professionnelle en architecture.
- Noémie Nadeau, étudiante à la maîtrise en aménagement.

Deuxième étude de cas

Première itération :

- Carlantonyn Dufault, étudiant à la maîtrise professionnelle en architecture.
- Samir Benkheira, étudiant à la maîtrise en aménagement.
- Riad Djilali, praticien, détenteur d'une maîtrise en conception, modélisation et fabrication assistée par ordinateur.

Deuxième itération :

- Claudine Déom, historienne de l'art, professeure d'histoire de l'architecture.

- Mithra Zahedi, designer spécialisée en architecture et *utilisabilité* des interfaces.
- Hicham Zakaria, architecte de formation, doctorant en aménagement.

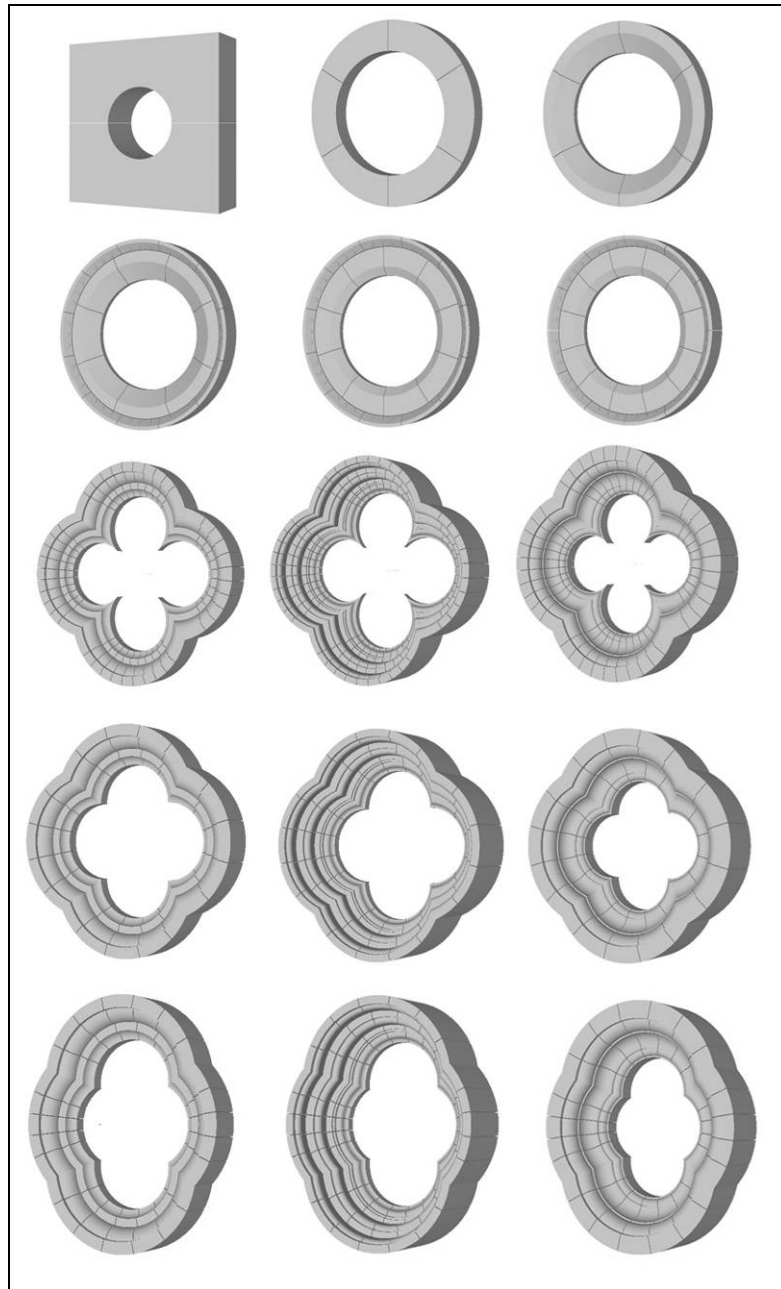
Troisième itération :

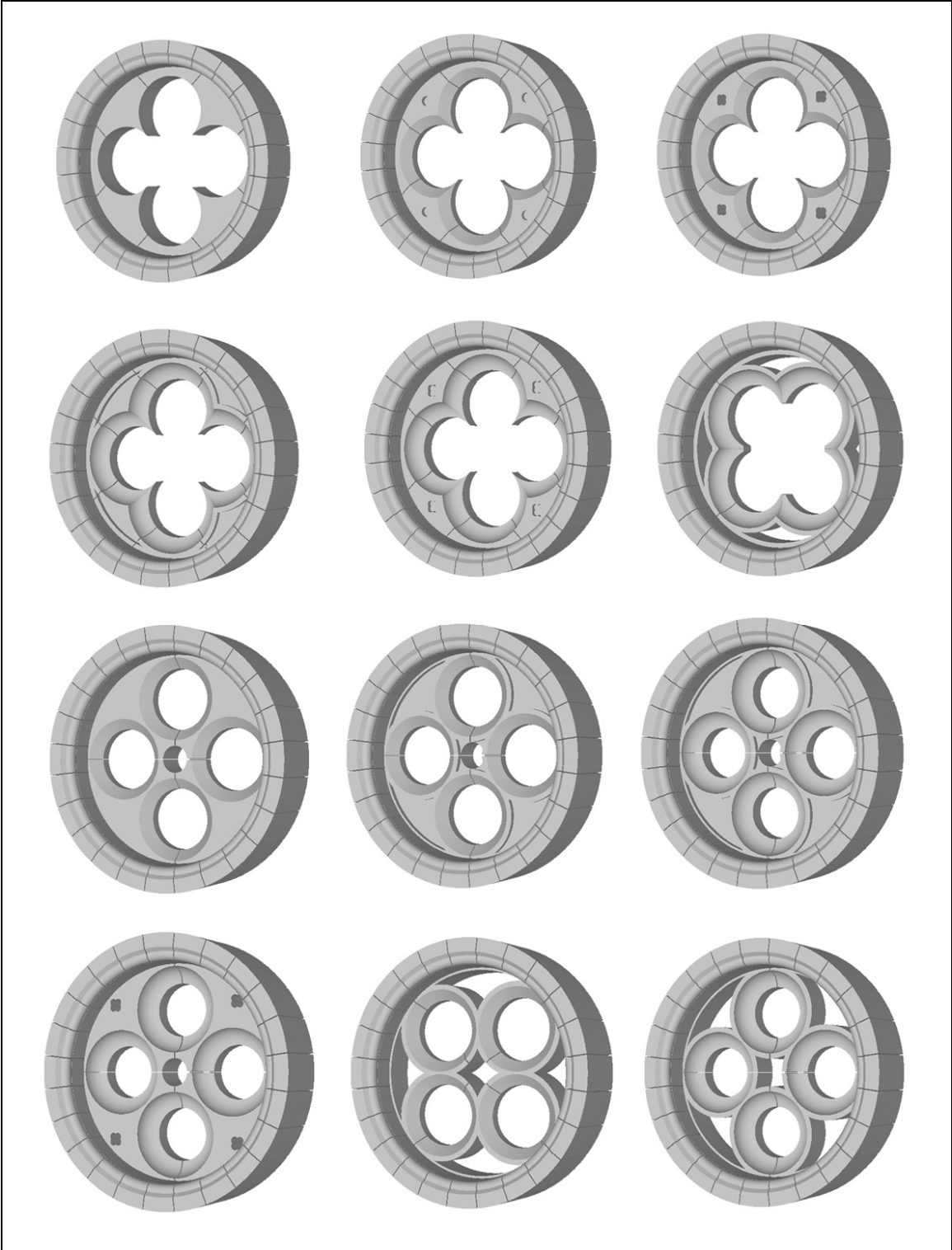
- Juan Torres Michel, architecte de formation, docteur en aménagement.
- Sophie Morin, étudiante à la maîtrise en conservation de l'environnement bâti.
- Carole Espes, étudiante à la maîtrise en conservation de l'environnement bâti.

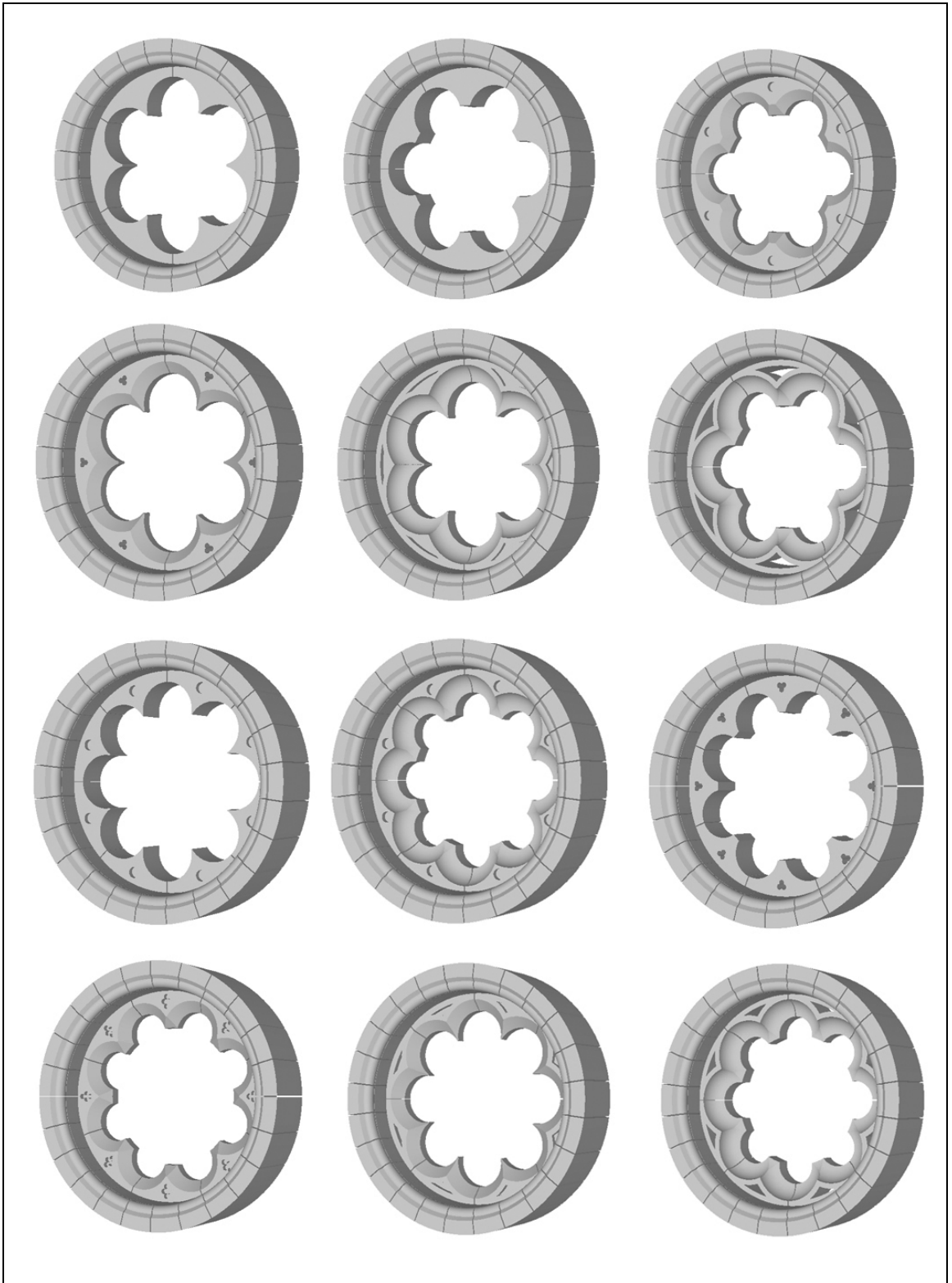
Annexe Q

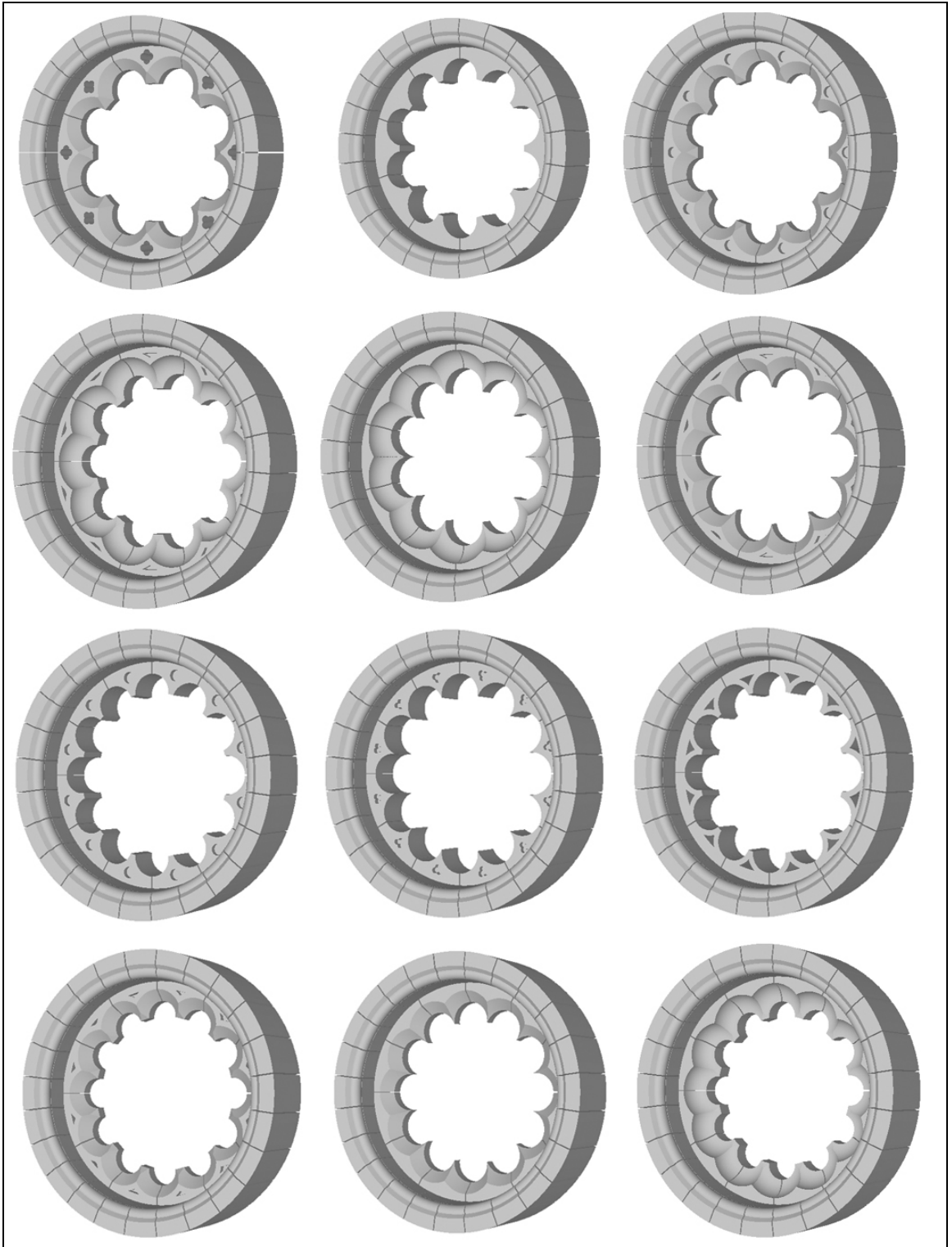
Exemples d'interpolation

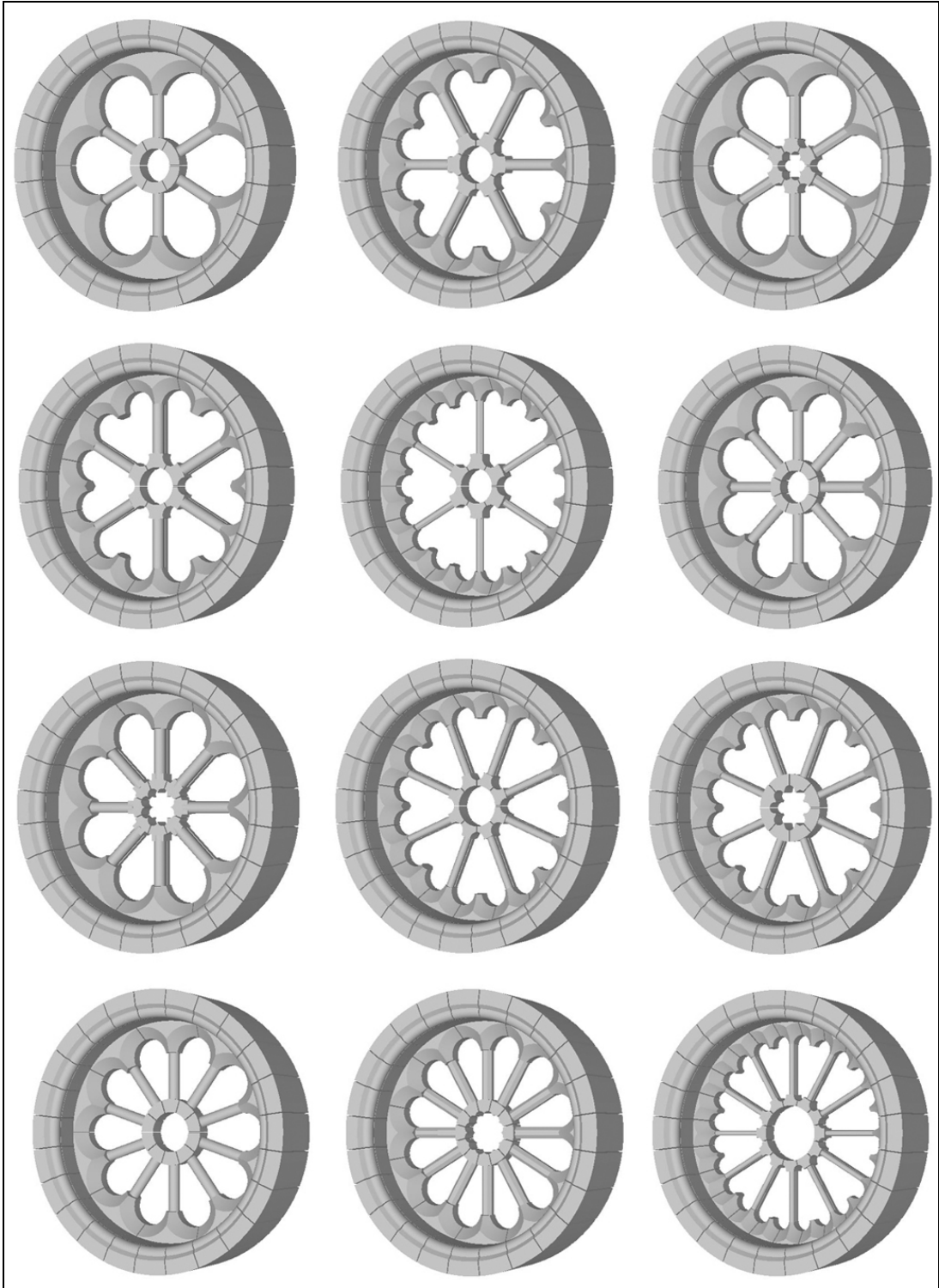
L'environnement numérique élaboré dans le cadre de la deuxième étude de cas offre la possibilité de modifier de façon incrémentale les caractéristiques de l'artéfact, permettant ainsi de visualiser les cas de figures pour lesquels il n'existe pas d'exemples concrets à l'intérieur du corpus.







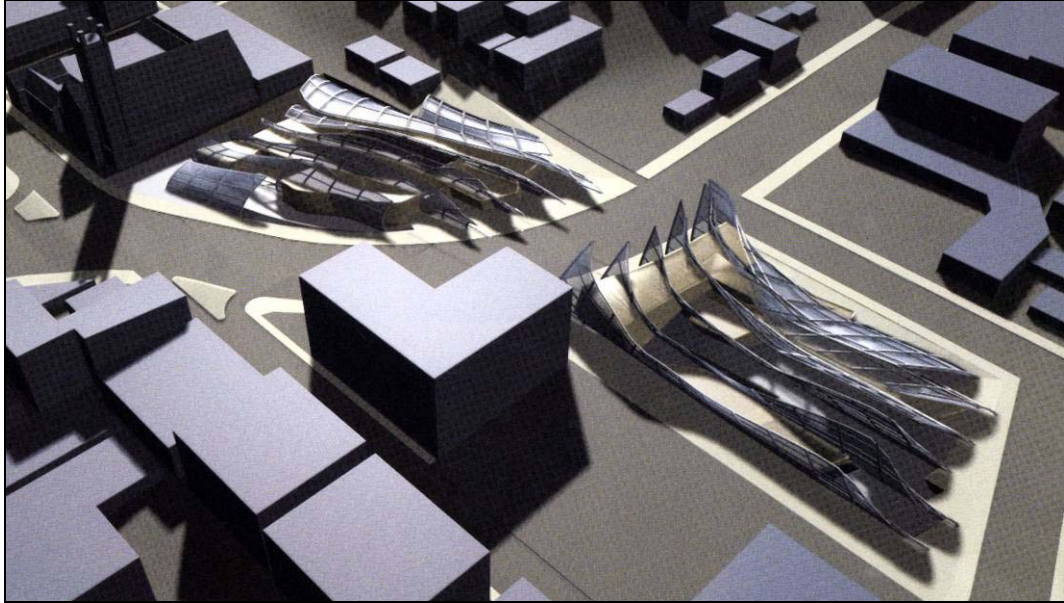




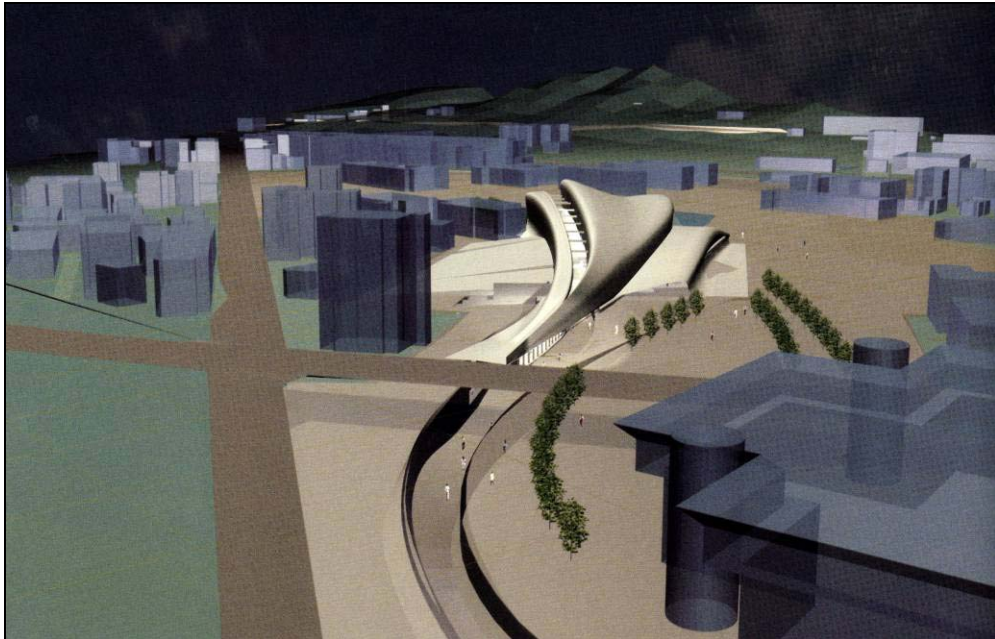
Annexe R

Exemples d'architecture numérique

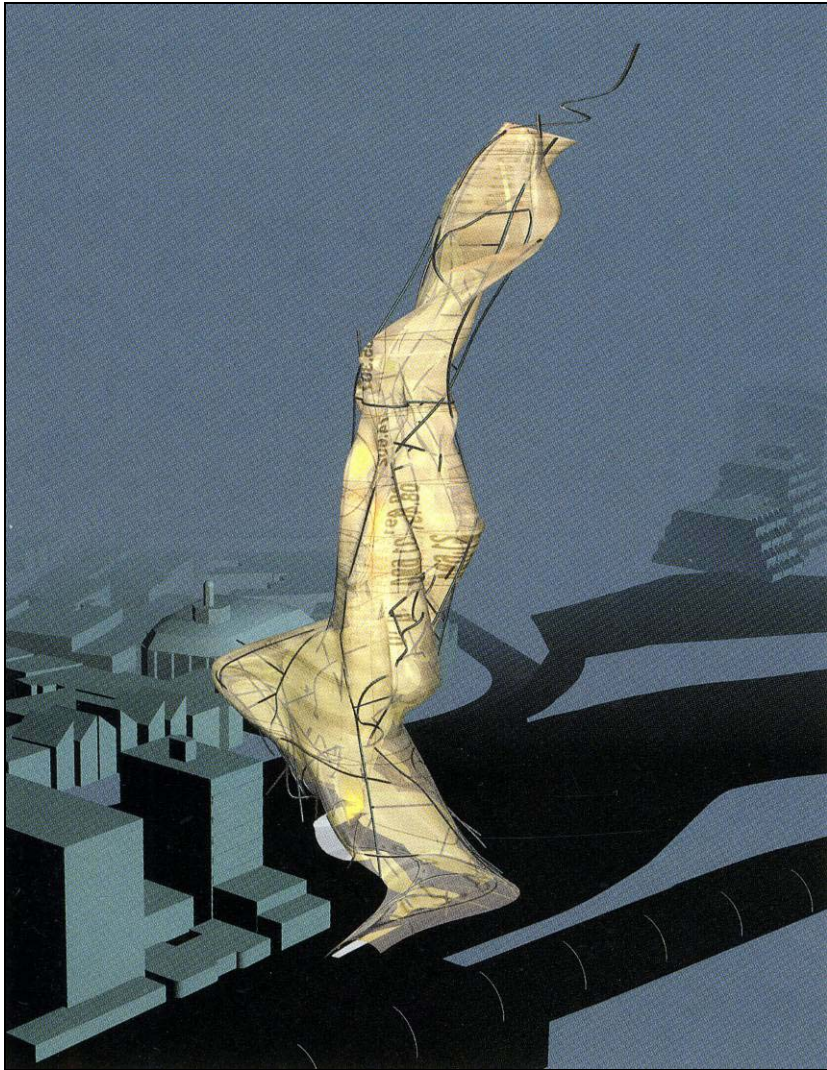
Dans ces exemples l'architecture numérique est conçue en tant qu'œuvre sculpturale insérée dans la trame urbaine, accentuant ainsi la rupture entre passé et présent.



Source : Institut pour les arts vidéo, Chia-Hung Wang. (Source: Defining Digital Architecture, Y.-T. Liu Éd., Basel : Birkhauser, 2002, p.53).



Musée des arts numériques Hsinchu, Peter Eisenman et Yu-Tung Liu. (Source: Defining Digital Architecture, Y.-T. Liu Éd., Basel : Birkhauser, 2002, p.8).



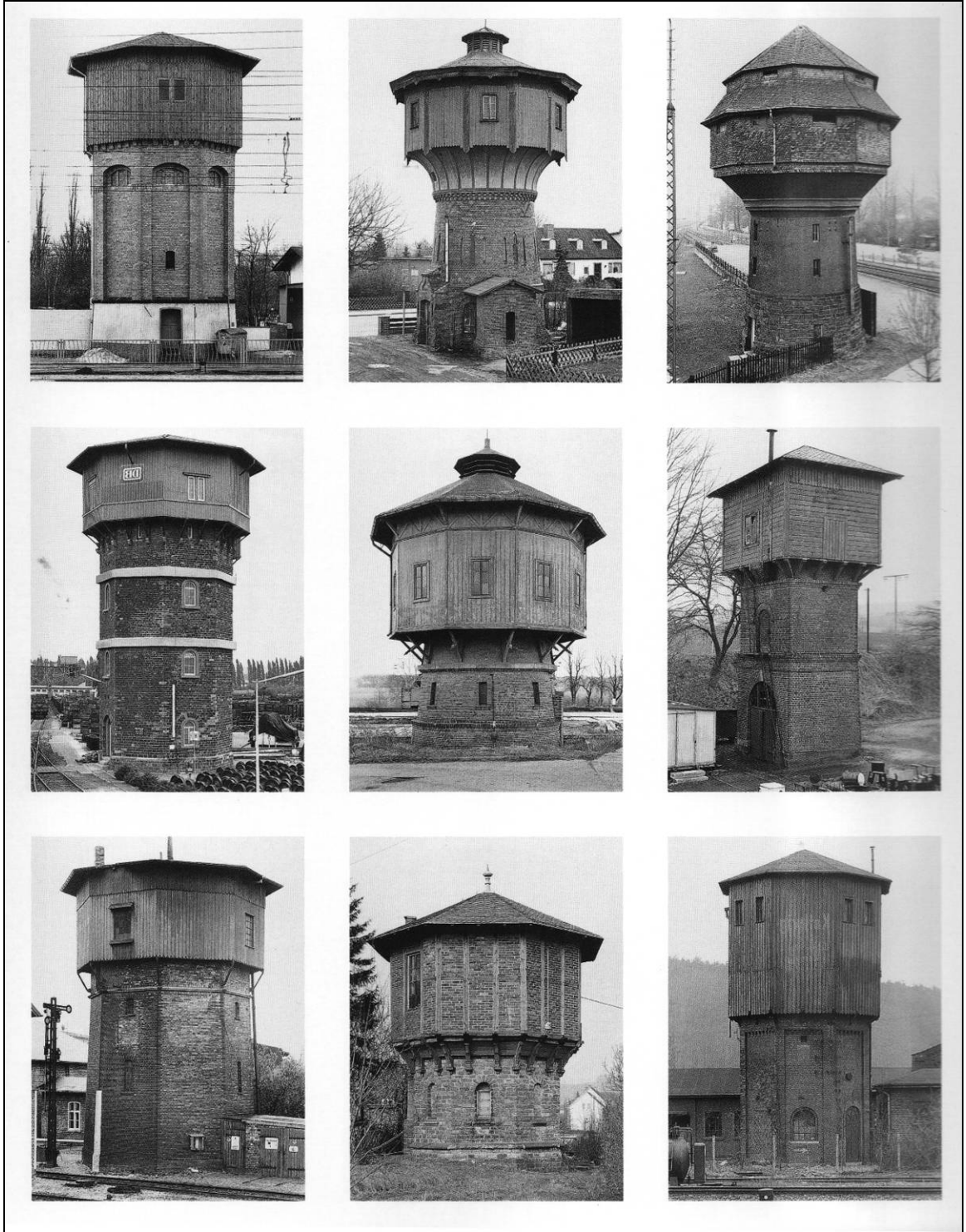
'Beachness' par la firme hollandaise NOX. (Source: Steele, J., Architecture and Computers: Action and reaction in the digital design revolution, New York: Watson-Guption Publications, 2001, p.146).

Annexe S

L'œuvre de Hilla et Bernhard Becher



Becher, B., Becher, H. et Zweite, A., (2004). Typologies. Cambridge : MIT Press, p.8.



Becher, B., Becher, H. et Zweite, A., (2004). Typologies. Cambridge : MIT Press, p.10.



Becher, B., Becher, H. et Zweite, A., (2004). Typologies. Cambridge : MIT Press, p.58.



Becher, B., Becher, H. et Zweite, A., (2004). Typologies. Cambridge : MIT Press, p.111.